



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“Diseño de una red para proveer servicios de voz y datos en
la ciudad de Guayaquil usando el acceso inalámbrico del
estándar WIMAX”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Eduardo Escobar Muentes Jonathan De la Rosa Parra

Pablo Gaviño González

Director de Tesis:

Ing. Juan C. Avilés

Guayaquil – Ecuador

2009

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que de una u otra forma dieron su aporte a la culminación de este proyecto, en especial al Ing. Juan Carlos Avilés por la paciencia brindada y su apoyo incondicional en toda circunstancia.

DEDICATORIA

A mi madre, por estar en todo momento pendiente de mí y esforzarse por enseñarme el camino del bien.

A mi padre, que desde el cielo guía cada uno de mis pasos.

Eduardo Escobar Muentes

DEDICATORIA

A mis padres por haberme
apoyado en todo momento,
a toda mi familia que estuvo
pendiente de mí, a mi abuela
que me mira desde el cielo,
gracias a todos.

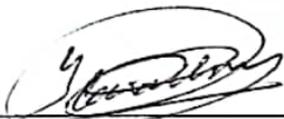
Jonathan De la Rosa Parra

DEDICATORIA

A mis padres por su constante apoyo y ayuda. A mi hermano por haberme acompañado en mi vida universitaria, a mi hermana por estar siempre pendiente de mí. A mis amigos, profesores y compañeros de la ESPOL.

Pablo Gaviño González

TRIBUNAL DE GRADUACION



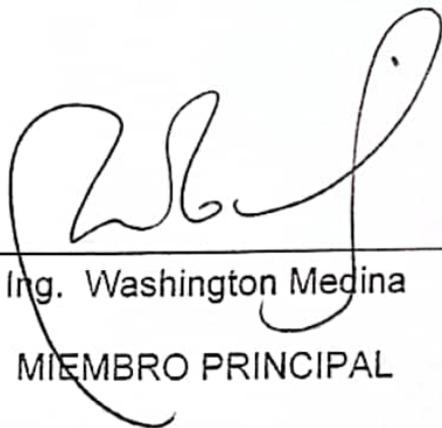
Ing. Holger Cevallos

SU-DECANO DE LA FIEC



Ing. Juan C. Avilés

DIRECTOR DE TESIS



Ing. Washington Medina

MIEMBRO PRINCIPAL



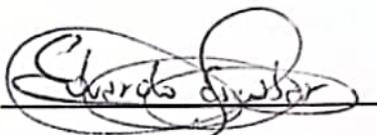
Ing. Ivonne Martín

MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL



Eduardo Escobar Muentes



Jonathan De la Rosa Parra



Pablo Gaviño González

RESUMEN

Con la globalización gradual de los procesos, el despliegue tecnológico de los últimos años, el crecimiento explosivo de Internet y la intensificación de la competencia entre operadores, las telecomunicaciones del siglo XXI han ingresado en un periodo de revolución tecnológica y de mercado, donde el principal referente será la convergencia basada en el protocolo IP. Esta convergencia forzará inevitablemente a los operadores del sector de las telecomunicaciones a acondicionar sus redes como único camino de supervivencia y crecimiento. El operador del futuro será capaz de entregar al cliente una variedad de servicios, apoyado sobre la base de una única infraestructura convergente que hoy se lo conoce como red de nueva generación (NGN). Esta premisa originó la idea del proyecto "Diseño de una red para proveer servicios de voz y datos en la ciudad de Guayaquil usando el acceso inalámbrico del estándar WiMAX" como solución a la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones en esta ciudad, en razón de que esta no ha podido ser atendida totalmente por los operadores ya establecidos. El diseño planteado puede ser considerado por un nuevo operador o por un operador ya establecido que pretenda realizar una instalación inicial o una migración hacia una red tipo NGN.

El actual trabajo de tesis se ha estructurado en cinco capítulos y anexos, finalizando con un conjunto de conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo Uno se describe el estándar WiMax, sus diferentes versiones y aplicaciones, principalmente en lo relacionado con la solución propuesta en el presente documento.

En el capítulo Dos se analiza la competencia y la situación de las telecomunicaciones del país, incluyendo una estimación de los clientes potenciales para la ciudad de Guayaquil, lugar donde se brindara una gama de servicios.

En el capítulo Tres se describe detalladamente la propuesta de red incluyendo el diseño del núcleo (Core), la red de transporte y la red de acceso con sus respectivos esquemas de conexión de usuario final. Se incluye también la ubicación de las estaciones bases y su centro de gestión. La descripción incluye el plan de uso de frecuencias y la predicción de cobertura, con ayuda de una herramienta de simulación, para todas y cada de las estaciones de base que se proyectan instalan durante el primer año de operaciones.

En el capítulo Cuatro se revisa el estado actual de asignación de la banda de frecuencias de 3,5 GHz por parte de la Autoridad Reguladora y se resume brevemente los aspectos regulatorios que rigen en el país en lo concerniente a los servicios que se planean ofrecer.

Finalmente en el capítulo Cinco se presenta un análisis financiero del proyecto para 10 años, en el cual se detallan sus costos, así como también el tiempo de recuperación del capital y la rentabilidad del mismo, usando una proyección de mercado, inversiones y demás variables económicas aplicables.

Es deseo de quienes hemos redactado este documento, que el mismo sirva como una contribución tanto a la formación como de ayuda en la toma de decisiones y que se convierta en un beneficio para el desarrollo del Sector en general de la Sociedad de la Información en nuestro país.

Eduardo Escobar

Jonathan De La Rosa

Pablo Gaviño

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
ÍNDICE GENERAL	XI
ABREVIATURAS	XIV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XXVI
INTRODUCCION	XXVIII
CAPITULO I	
MARCO TEÓRICO	1
1.1.- TECNOLOGIA WIMAX INTRODUCCIÓN	1
1.1.1.- CARACTERISTICAS Y VENTAJAS	4
1.1.2.- SEGURIDAD.....	8
1.1.3.- NIVELES DE SERVICIO.....	10
1.1.4.- IEEE 802.16, ESTÁNDARES EUROPEOS Y.....	11
AMERICANOS	11
1.1.5.- COMPARACION DE WIMAX CON WIFI Y OTRAS.....	14
TECNOLOGÍAS DE ACCESO INALÁMBRICO	14
1.2.- PROTOCOLOS.	19
1.3.- APLICACIONES DEL ESTÁNDAR WIMAX EN EL USO	24
COMERCIAL.....	24
1.3.1.- ACCESO INALÁMBRICO TRADICIONAL DE BANDA	25
ANCHA.	25
1.3.2.- SERVICIO PORTADOR: PTP/PMP. ACCESO	25
INALÁMBRICO A ISP, WI-FI.....	25

1.3.3.- VoIP	26
1.4.- TIPOS DE PROPAGACION: LOS, NLOS	27
1.4.1.-TECNOLOGIA OFDM(Multicanalización Ortogonal por_División de Frecuencia) 30	
1.4.2.- MODULACION ADAPTIVA: BPSK, QPSK, QAM	36
1.4.3.- TECNICA DE CORRECCION DE ERRORES.....	44
1.4.4.- CONTROL DE POTENCIA.....	44
1.4.5.- SISTEMA DE ANTENAS. ARREGLO ADAPTIVO	45
CAPITULO II	
ANALISIS DE MERCADO.....	47
2.1.- ANALISIS DE MERCADO EN EL ECUADOR.....	47
2.2.- LA COMPETENCIA DEL MERCADO DE TELECOMUNICACIONES EN EL.....	51
ECUADOR.	51
2.3.- MERCADO POTENCIAL.....	57
CAPITULO III	
DISEÑO DEL SISTEMA.....	62
3.1.- DESCRIPCION DEL SISTEMA	62
3.2.- DISEÑO DEL NUCLEO (CORE).....	70
3.3.- RED DE TRANSMISIÓN o TRANSPORTE.....	102
3.4.- RED DE ACCESO. ESQUEMAS DE CONEXIÓN DE	106
USUARIOS.	106
3.5.- UBICACIÓN DE ESTACIONES DE BASE Y NUCLEO	130
3.6.- PLAN DE FRECUENCIAS	133
3.7.- PREDICCIÓN DE COBERTURA.....	140
CAPITULO IV	
MARCO REGULATORIO.....	177

4.1.- ASPECTOS REGULATORIOS.....	177
4.2.- SERVICIO PORTADOR.	179
CAPITULO V	
ANALISIS FINANCIERO.....	185
5.1.- INVERSION Y GASTOS.....	185
5.2.- FLUJO DE CAJA PROYECTADO.	191
5.3.- EVALUACIÓN FINANCIERA.....	191
5.3.1 RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....	192
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	194
ANEXOS	199
ANEXO A	
SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE COBERTURA RADIOMOBILE.....	200
ANEXO B	
FACTORES APLICABLES PARA CÁLCULO DE LAS TARIFAS POR USO DE FRECUENCIAS	202
ANEXO C	
PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE EQUIPOS.....	204
ANEXO D	
PRIMA POR RIESGO DE MERCADO.....	226
BIBLIOGRAFÍA.....	231

ABREVIATURAS

BER	Bit Error Rate – Tasa de error de bit.
BPSK	Binary Phase Shift Keying – Cambio de fase en Binario.
BRAS	Broadband remote access server – Servidor de acceso remoto para banda ancha.
BW	Bandwidth – Ancho de banda.
BWA	Broadband Wireless Access – Ancho de Banda de Acceso Inalámbrico.
CIR	Committed Information Rate – Velocidad de información dedicada o comprometida
CPE	Customer Premise Equipment – Equipo Local del cliente.
DL	DownLink – Enlace de descarga.
DSP	Digital Signal Processing – Procesamiento Digital de señal.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute – Instituto Europeo de estandars de Telecomunicaciones.
FEC	Forward Error Correction – Envío de corrección de error.
GPS	Global positioning system – Sistema de posicionamiento global.
HFC	Hybrid Fiber Coaxial – Híbrido Fibra - Coaxial.
IEEE	Institute of electrical and electronics engineers – Instituto de ingenieros en electricidad y electrónica.
IETF	Internet Engineering Task Force – Grupo de trabajo de

ingeniería en Internet.

- ISI** InterSymbol Interference – Interferencia Intersimbólica.
- LAN** Local Area Network – Red de area Local.
- LOS** Line of sight – Línea de vista.
- MPLS** Multiprotocol Label Switching – Conmutación de Etiquetas multiprotocolo.
- NAT** Network Address Translation – Traducción de Dirección de Red.
- NGN** Next Generation Network – Nueva Generación de Redes.
- NLOS** Non line of sight – No línea de vista.
- OFDM** Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.
- OFDM** Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.
- OLOS** Obstructed Line Of Sight – Línea de vista obstruida.
- Q** Quadrature – Cuadratura.
- QAM** Quadrature amplitude modulation – Modulación de amplitud modulada en cuadratura.
- QAM** Quadrature Amplitude Modulation – Modulación de amplitud de cuadratura.
- QPSK** Quadrature Phase Shift Keying – Cambio de fase en cuadratura.
- QPSK** Quadrature Phase Shift Keying – Modulación por desplazamiento de fase.

- RADIUS** Remote Authentication Dial-In User Server – Servidor de autenticación Dial-In remota para usuarios.
- RF** Radiofrequency – Radio Frecuencia.
- RX** Receptor – Receptor.
- SIP** Session Initiation Protocol – Protocolo de Inicio de Sesión.
- SNR** Signal to Noise Ratio – Relación señal a ruido.
- TX** Transmisor – Transmisor.
- UDP** User Datagram Protocol – Protocolo Datagrama de usuario.
- UL** UpLink – enlace se subida.
- VoIP** Voice over Internet protocol – Voz sobre el protocolo de Internet.
- WiMAX** Worldwide interoperability for microwave access – Interoperabilidad mundial para el acceso por microondas.
- WLAN** Wireless Local Area Network – Red de Área Local Inalámbrica.
- WMAN** Wireless metropolitan area network – Red inalámbrica de área metropolitana.
- WPAN** Wireless personal area network – Red inalámbrica de área personal.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1.- TIPO DE MODULACIÓN DE ACUERDO A RANGO.....	5
FIGURA 1.2.- EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE ACCESOS INALÁMBRICOS.	12
FIGURA 1.3.- COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	17
FIGURA 1.4.-PROTOCOLOS DE BACKBONE.....	20
FIGURA 1.5.- CONEXIÓN PUNTO A PUNTO.	26
FIGURA 1.6.- CONEXIÓN PUNTO A MULTIPUNTO.	26
FIGURA 1.7.- TRANSMISIÓN LOS.	27
FIGURA 1.8.- NLOS PROPAGACIÓN.....	28
FIGURA 1.9.- UBICACIÓN DE LAS ANTENAS PARA LOS Y NLOS.....	29
FIGURA 1.10.- REPRESENTACIÓN DE TRES PORTADORAS ORTOGONALES.....	32
FIGURA1.11.- FLUJO DE DATOS CONVERTIDOS A SÍMBOLOS.....	34
FIGURA1.12.- MODALIDAD ÚNICA PORTADORA Y MODALIDAD OFDM.....	34
FIGURA 1.13.- RADIO DE CELDA RELATIVO PARA MODULACIÓN ADAPTATIVA.....	37
FIGURA 1.14.- MODELO DE UN SISTEMA DE MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN DIGITAL.....	38
FIGURA 1.15.- CONSTELACIÓN DE SEÑALES CONSISTENTE EN DOS PUNTOS DE MENSAJE.....	38
FIGURA 1.16.- TRANSMISOR (TX) BPSK.....	39
FIGURA 1.17.- RECEPTOR (RX) BPSK.	39
FIGURA 1.18.- PUNTOS DE DIAGRAMA SEÑAL ESPACIO EN QPSK.....	40

FIGURA 1.19.- ESQUEMA DE GENERACIÓN DE SEÑAL QPSK.....	41
FIGURA 1.20.- ESQUEMA DE RECEPTOR DE SEÑAL QPSK.	41
FIGURA 1.21.- CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES Y EFICIENCIA ESPECTRAL.....	42
FIGURA 1.22. DIAGRAMA SEÑAL ESPACIO PARA M-ARY QAM PARA M=16.	43
FIGURA 1.23. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN MODULADOR QAM.....	44
FIGURA 2.1.- CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN EN ECUADOR	48
FIGURA 2.2.- NÚMERO DE USUARIOS TELEFONÍA FIJA.....	49
FIGURA 2.3.- PENETRACIÓN DE TELEFONÍA FIJA.....	49
FIGURA 2.4.- NÚMERO DE USUARIOS TELEFONÍA MÓVIL.	49
FIGURA 2.5.- PENETRACIÓN DE TELEFONÍA MÓVIL.....	49
FIGURA 2.6.- NÚMERO DE USUARIOS INTERNET	50
FIGURA 2.7.- PENETRACIÓN DE INTERNET.	50
FIGURA 2.8.- ENLACES DE SERVICIO PORTADOR.....	50
FIGURA 2.9.- USUARIOS DE SISTEMA TRONCALIZADO.	50
FIGURA 2.10.- NÚMERO DE USUARIOS DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES POR SECTOR.....	52
FIGURA 2.11.- CRECIMIENTO DE LA TELECOMUNICACIONES.....	55
FIGURA 2.12.- COBERTURA INICIAL DEL PROYECTO.....	60
FIGURA 3.1.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.	64
FIGURA 3.2.- RED FÍSICA MULTISERVICIO.....	67
FIGURA 3.3.- RED MULTISERVICIO (ARQUITECTURA LÓGICA).....	68

FIGURA 3.4.- PRINCIPALES COMPONENTES DEL NUCLEO (CORE).....	71
FIGURA 3.5.- CONEXIONES EN EL NÚCLEO.....	72
FIGURA 3.6.- PROTOCOLOS DE SEÑALIZACIÓN PARA EL SERVICIO DE TELEFONÍA	75
FIGURA 3.7.-. CONTROL DE COMUNICACIONES ENTRE LA RED PSTN Y NGN.....	76
FIGURA 3.8.- LLAMADA ENTRE DOS CLIENTES PROPIOS.	76
FIGURA 3.9.- LLAMADA HACIA UN OPERADOR EXTERNO.....	77
FIGURA 3.10.- LLAMADA INTERNACIONAL.	78
FIGURA 3.11.- SALIDA INTERNACIONAL.	78
FIGURA 3.12.- INTERCONEXIÓN CON OTRAS OPERADORAS.....	79
FIGURA 3.13.- PROCESO DE REGISTRO Y AUTENTICACIÓN DE UN CLIENTE PROPIO INTERNET.....	85
FIGURA 3.14.- FLUJO DE DATOS HACIA INTERNET.	86
FIGURA 3.15.- PROCESO DE REGISTRO Y AUTENTICACIÓN DE UN CLIENTE DE ISP TERCERO DE INTERNET.....	87
FIGURA 3.16.- FLUJO DE DATOS HACIA OTRO ISP.	87
FIGURA 3.17.- PROCESO DE VALIDACIÓN DEL SERVICIO VPN.	91
FIGURA 3.18. FLUJO DE DATOS DE UN SERVICIO VPN.....	91
FIGURA 3.19.- SEGMENTACIÓN DE VLANS POR SERVICIOS.....	94
FIGURA 3.20.- DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES DE BASE A DIFERENTES ENRUTADORES DE AGREGACIÓN.....	96
FIGURA 3.21.- VLANS STACKING.	97

FIGURA 3.22.- VLANS EN EL NÚCLEO	98
FIGURA 3.23.- CONSIDERACIONES DE RUTEO.	100
FIGURA 3.24.- ESQUEMA DE LA RED DE TRANSPORTE.	102
FIGURA 3.25.- ENLACE DE FIBRA DE BS SAN FRANCISCO A NÚCLEO.	103
FIGURA 3.26.- ENLACE DE FIBRA DE BS CERRO MAPASINGUE A NÚCLEO.....	104
FIGURA 3.27.- ENLACE DE FIBRA DE BS CERRO JORDÁN A NÚCLEO.....	104
FIGURA 3.28.-ESQUEMA GENERAL DEL TRANSPORTE DE LA RED.	105
FIGURA 3.29. ESQUEMA DE CONEXIÓN DE USUARIOS.	106
FIGURA 3.30.- COMPONENTES DE LA RED DE ACCESO.....	108
FIGURA 3.31.-CONEXIÓN CON CPE OUTDOOR.....	110
FIGURA 3.32.-CONEXIÓN CON CPE OUTDOOR PARA EDIFICIOS.....	110
FIGURA 3.33.-CONEXIÓN CON CPE OUTDOOR CONFIGURACIÓN MULTI DWELLING UNIT.....	114
FIGURA 3.34.- SOFTSWITCH SOFTX3000 DE HUAWEI.....	117
FIGURA 3.35.- UMG8900 MEDIA GATEWAY	119
FIGURA 3.38. CISCO CATALYST 4507R.....	123
FIGURA 3.39.- TARJETAS SUPERVISORAS WS-X4516-10GE V-10GE	123
FIGURA 3.40. CISCO ROUTER 7200.....	125
FIGURA 3.41.- TARJETA FAST ETHERNET INPUT/OUTPUT CONTROLLER.....	125
FIGURA 3.42.- TARJETA NETWORK PROCESSING ENGINE.....	126
FIGURA 3.43.- CISCO ROUTER 7606.....	126

FIGURA 3.45.- TARJETA ENHANCED FLEXWAN MODULE (WS-X6582-2SPA).	127
FIGURA 3.46.- TARJETA SPA INTERFACE PROCESSOR.	127
FIGURA 3.47.- TARJETA CATALYST 6500 SUPERVISOR ENGINE 32.	128
FIGURA 3.48.- CISCO ASA5520-BUN-K9.	128
FIGURA 3.49.- RADIO BASE MACROMAX DE AIRSPAN.	129
FIGURA 3.50.- CPE'S DE LA MARCA AIRSPAN.	130
FIGURA 3.51.- ESTACIÓN DE BASE MAPASINGUE	131
FIGURA 3.52.- ESTACIÓN DE BASE CERRO JORDAN.	132
FIGURA 3.53.- ESTACIÓN DE BASE SAN FRANCISCO.	132
FIGURA 3.54.- UBICACIÓN DEL NÚCLEO.	133
FIGURA 3.55.- BANDAS DE FRECUENCIA 3,5 GHZ	134
FIGURA 3.56.- PLANEACIÓN DE FRECUENCIA.....	135
FIGURA 3.57.- SECTORIZACIÓN.....	137
FIGURA 3.58.- PROYECCIÓN DE COBERTURA DEL PROYECTO.....	139
FIGURA 3.59.- PATRÓN DE IRRADIACIÓN DE ANTENA.....	141
FIGURA 3.60.- PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN DE LA RED.....	142
FIGURA 3.61.- VISTA DE GUAYAQUIL CON BASE DE DATOS DEL PROGRAMA SIMULADOR.....	146
FIGURA 3.62.- UBICACIÓN DE BS MAPASINGUE EN SIMULADOR.....	143
FIGURA 3.63.- UBICACIÓN REAL DE ESTACIÓN DE BASE CERRO MAPASINGUE.	144
FIGURA 3.64.- PARÁMETROS DE BS MAPASINGUE SECTORES A Y D (1).	144

FIGURA 3.65.- PARÁMETROS DE BS MAPASINGUE SECTORES A Y D (2).	145
FIGURA 3.66.- PARÁMETROS DE COBERTURA BS MAPASINGUE SECTORES A Y D.	145
FIGURA 3.67.- ESTACIÓN DE BASE MAPASINGUE. SECTORES A Y D.....	146
FIGURA 3.68.- PARÁMETROS DE BS MAPASINGUE SECTORES B Y C (1).	146
FIGURA 3.69.- PARÁMETROS DE BS MAPASINGUE SECTORES B Y C (2).	147
FIGURA 3.70.- PARÁMETROS DE COBERTURA BS MAPASINGUE SECTORES B Y C.	147
FIGURA 3.71.- ESTACIÓN DE BASE MAPASINGUE. SECTORES B Y C.....	148
FIGURA 3.72.- PATRÓN DE IRRADIACION DE LA BS MAPASINGUE CUATRO SECTORES.....	148
FIGURA 3.73.- VISUALIZACIÓN DE HORIZONTE BS MAPASINGUE.	149
FIGURA 3.74.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR A DE BS MAPASINGUE.....	150
FIGURA 3.75.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR A EN BS. MAPASINGUE.....	150
FIGURA 3.76.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR B DE BS MAPASINGUE.....	151
FIGURA 3.77.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR B EN BS. MAPASINGUE.....	151
FIGURA 3.78.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR C DE BS MAPASINGUE.	152
FIGURA 3.79.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR C EN BS MAPASINGUE.....	152
FIGURA 3.80.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR D DE BS MAPASINGUE.	153
FIGURA 3.81.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR D EN BS	

MAPASINGUE.....	153
FIGURA 3.82.- UBICACIÓN DE LA EB SAN FRANCISCO 300 EN SIMULADOR.....	154
FIGURA 3.83.- UBICACIÓN REAL DE LA ESTACIÓN SAN FRANCISCO 300.	155
FIGURA 3.84.- PARÁMETROS DE BS SAN FRANCISCO 300 SECTORES A Y D (1).....	155
FIGURA 3.85.- PARÁMETROS DE BS SAN FRANCISCO 300 SECTORES A Y D (2).....	156
FIGURA 3.86.- PARÁMETROS DE COBERTURA BS SAN FRANCISCO 300 SECTORES A Y D.....	156
FIGURA 3.87.- ESTACIÓN DE BASE SAN FRANCISCO 300 SECTORES A Y D.	157
FIGURA 3.88.- PARÁMETROS DE BS SAN FRANCISCO 300 SECTORES B Y C (1).....	157
FIGURA 3.89.- PARÁMETROS DE BS SAN FRANCISCO 300 SECTORES B Y C (2).....	158
FIGURA 3.90.- PARÁMETROS DE COBERTURA BS SAN FRANCISCO 300 SECTORES B Y C.....	158
FIGURA 3.91.- ESTACIÓN DE SAN FRANCISCO 300. SECTORES B Y C.....	159
FIGURA 3.92.- PATRÓN DE IRRADIACION DE LA BS SAN FRANCISCO CUATRO SECTORES.....	159
FIGURA 3.93.- VISUALIZACIÓN DE HORIZONTE BS SAN FRANCISCO 300.....	160
FIGURA 3.94.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR A DE BS SAN FRANCISCO.	161
FIGURA 3.95.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR A EN BS SAN FRANCISCO.....	161
FIGURA 3.96.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR B DE BS SAN FRANCISCO.	162
FIGURA 3.97.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR B EN BS SAN	

FRANCISCO.....	162
FIGURA 3.98.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR C DE BS SAN FRANCISCO.	163
FIGURA 3.99.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR C EN BS SAN FRANCISCO.....	163
FIGURA 3.100.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR D DE BS SAN FRANCISCO.....	164
FIGURA 3.101.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR D EN BS SAN FRANCISCO.....	164
FIGURA 3.102.- UBICACIÓN DE LA EB CERRO JORDÁN EN SIMULADOR.	165
FIGURA 3.103.- UBICACIÓN REAL DE BS JORDÁN.	165
FIGURA 3.104.- PARÁMETROS DE BS C. JORDÁN SECTORES A Y D (1).....	166
FIGURA 3.105.- PARÁMETROS DE BS C. JORDÁN SECTORES A Y D (2).....	166
FIGURA 3.106.- PARÁMETROS DE COBERTURA BS C JORDÁN SECTORES A Y D....	167
FIGURA 3.107.- ESTACIÓN C.JORDÁN. SECTORES A Y D.....	167
FIGURA 3.108.- PARÁMETROS DE BS C. JORDÁN SECTORES B Y C (1).....	168
FIGURA 3.109.- PARÁMETROS DE BS C. JORDÁN SECTORES B Y C (2).....	168
FIGURA 3.110.- PARÁMETROS DE COBERTURA BS C JORDÁN SECTORES B Y C....	169
FIGURA 3.111.- PARÁMETROS DE COBERTURA BS C JORDÁN SECTORES B Y C... 169	
FIGURA 3.112.- PATRÓN DE IRRADIACION DE LA BS C JORDÁN CUATRO SECTORES.....	169

FIGURA 3.113.- VISUALIZACIÓN DE HORIZONTE BS C. JORDÁN.....	170
FIGURA 3.114.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR A DE BS C. JORDÁN..	171
FIGURA 3.115.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR A EN BS C JORDÁN.....	171
FIGURA 3.116.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR B DE BS C. JORDÁN.	172
FIGURA 3.117.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR B EN BS C. JORDÁN.....	172
FIGURA 3.118.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR C DE BS C. JORDÁN.....	173
FIGURA 3.119.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR C EN BS C. JORDÁN.....	173
FIGURA 3.120.- UBICACIÓN DE RECEPTOR EN SECTOR D DE BS C. JORDÁN.....	174
FIGURA 3.121.- RESULTADO DE SIMULACIÓN ENLACE SECTOR D EN BS C. .. JORDÁN.....	174
FIGURA 3.122.- VISTA DE LAS TRES BS Y RECEPTORES DE PRUEBA EN SIMULADOR.....	175
FIGURA 3.123.- PATRÓN DE IRRADIACIÓN DE LAS TRES BS CON CUATRO SECTORES.....	175
FIGURA 5.1.- EQUIPO TERMINAL (CPE) INSTALADO.....	186

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1.- RESUMEN DE ALCANCE Y CAPACIDAD DE ANTENAS INTELIGENTES USADAS EN EL ESTANDAR WIMAX.....	8
TABLA 1.2.- RELACIÓN DE ESTÁNDARES EUROPEOS Y AMERICANOS PARA REDES INALÁMBRICAS.....	13
TABLA 1.3.- COMPARACIÓN DE WIMAX CON OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO INALÁMBRICO.....	15
TABLA 1.4.- COMPARACIÓN ENTRE WIMAX Y WI-FI.	16
TABLA 1.5.- COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.	17
TABLA 1.20.- TABLA DE PUNTOS DE DIAGRAMA SEÑAL ESPACIO EN QPSK.....	40
TABLA 1.21.- FORMULAS PARA CÁLCULO DE BER QPK.	40
TABLA 1.9.- EFICIENCIA DE ANCHO DE BANDA PARA SEÑAL M-ARY PSK.	42
TABLA 2.1.- PROVEEDORES DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR.....	52
TABLA 2.2.- USUARIOS PROYECTADOS.	59
TABLA 2.3.- SERVICIOS A SER OFERTADOS.....	61
TABLA 3.1.- VLANS EN EL NÚCLEO.	99
TABLA 3.2. ANCHO DE BANDA REQUERIDO PARA LOS PRIMEROS AÑOS DE OPERACIÓN.....	116
TABLA 3.3.- CONFIGURACIÓN SOFTX3000.....	118

TABLA 3.4.- CONFIGURACIÓN UMG8900.	121
TABLA 3.5.- COMPARACIÓN ENTRE SWITCH DE LA FAMILIA CATALYST 4500	122
TABLA 3.6.- RESUMEN DE FUNCIONES DEL CISCO ASA5520-BUN-K9.....	128
TABLA 3.7.- PARÁMETROS CONSIDERADOS EN LA SIMULACIÓN DE COBERTURA.	140
TABLA 4.1.- FRECUENCIAS CONCESIONADAS A PROVEEDORES DE TELECOMUNICACIONES.....	185
TABLA 5.1.- COSTOS DE EQUIPOS DE ACCESO Y BACKHAUL.....	187
TABLA 5.2.- INVERSIÓN EQUIPOS DEL CORE.....	188
TABLA 5.3.- LICENCIAS Y GASTOS OPERATIVOS.	189
TABLA 5.4.- RESUMEN DE COSTOS POR AÑO.	190
TABLA 5.5.- FLUJO DE CAJAS PROYECTADO.	191
TABLA 5.6.- CALCULO DEL TIR.....	192
TABLA 5.7.- CALCULO DEL VAN.....	193

INTRODUCCION

En la actualidad, los sistemas de telecomunicaciones inalámbricos en el Ecuador han tenido un gran éxito en el mercado local y se siguen extendiendo ampliamente al igual que en todo el mundo. Entre los sistemas de mayor crecimiento que usan tecnología inalámbrica se encuentran la telefonía móvil celular, el Acceso fijo inalámbrico (FWA), las redes inalámbricas de área personal "WPAN" (Bluetooth, 802.15) y de área local "WLAN" (WiFi, 802.11a/b/g) que trabajan en la sub bandas de frecuencias de 800 MHz, 1900 MHz, 3.5 GHz, 2.4 GHz y 5.8 GHz. Estas tecnologías inalámbricas se encuentran en un continuo desarrollo con el objetivo de maximizar el uso de los recursos de frecuencia para facilitar a los operadores de telecomunicaciones de provisión de conexiones cada vez con mayores velocidades y seguridad.

Actualmente, un estándar de mucha aplicación para sistemas fijos (IEEE802.16D) y móviles (IEEE802.16E) lo constituye el IEEE 802.16, conocido como WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) que brinda una alternativa más económica para los servicios de acceso de última milla para Internet aplicable para la transmisión de datos punto a punto y punto multipunto, Voz (incluyendo VoIP), televisión digital y videoconferencias en tiempo real. El estándar IEEE 802.16 que se

implementó inicialmente en 1999 y se terminó en el 2001, continua evolucionando, debido a la enorme aceptación que ha alcanzado. Esta popularidad creciente de las redes inalámbricas de alta velocidad ha sido la razón impulsadora de muchos otros desarrollos tales como por ejemplo las antenas de banda ancha de mayor eficiencia y bajo costo.

El presente trabajo se lo orienta al diseño de una red de acceso inalámbrico en la ciudad de Guayaquil para la provisión simultánea de los servicios de voz, transmisión de datos y de acceso a internet que pueda soportar un creciente número de usuarios. Las características de Wimax lo hacen ideal para despliegues de acceso inalámbrico tipo celular que facilita la escalabilidad y provisión de servicios.

Se consideró que el planteamiento de este trabajo tiene validez y viabilidad dada la existencia de una demanda no satisfecha por los operadores incumbentes y el potencial gran crecimiento que tendrá la implementación de las redes basadas en la tecnología IP.

La solución planteada considera la implementación de una red de nueva generación NGN, basada en la tecnología IP, con recursos tecnológicos y aplicaciones de última generación tales como un Softswitch, equipos Media Gateway, y Servidores de aplicación de alto manejo de tráfico así como

conectividad de bases basada en fibra óptica. La ubicación de las estaciones de base concentradoras de tráfico en cada área de la ciudad y el plan de frecuencias usado se diseñó en función de la cobertura geográfica de clientes potenciales, la demanda de tráfico proyectada de los usuarios y la capacidad de las bases.

Se estimó necesario una revisión de los aspectos regulatorios relevantes para visualizar el entorno regulatorio bajo el cual se ofrecerían los servicios considerados.

Finalmente se valora la viabilidad económica del proyecto total. Esta valoración permite identificar la contribución individual de cada uno de los servicios y diseñar una estrategia de captación de mercado y diseño de nuevos productos.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1.- TECNOLOGIA WIMAX INTRODUCCIÓN

La tecnología de acceso inalámbrica en banda ancha se utiliza en el Ecuador desde hace unos pocos años tanto en el entorno urbano como en el rural. El éxito de esta tecnología en las bandas licenciadas¹ no ha sido especialmente significativo, dado que los costes de licencias y equipamiento han hecho que su desarrollo haya sido muy limitado.

El estándar desarrollado por el IEEE, IEEE802.16 promete un nuevo escenario. Se trata de un estándar que garantiza, entre otros, la interoperabilidad entre equipos de diferentes proveedores y posibilita la inversión en infraestructuras de red y equipamiento de usuario, así como trabajar en bandas de frecuencia no licenciadas.

WiMax o interoperabilidad global para acceso por microondas, es el nombre que se le da al grupo 16 que trabaja sobre la directiva IEEE 802 que se especializa en acceso inalámbrico punto a punto de banda ancha.

¹ Fuera de las bandas de frecuencias 2.4 GHz y 5.8 GHz

Se pronostica, que en poco tiempo, esta tecnología dominará las redes inalámbricas de banda ancha y se convertirá en una alternativa a las tecnologías celulares, gracias a que también permite movilidad entre los usuarios de la misma red.

Actualmente se observa operadores muy comprometidos a trabajar con esta tecnología por lo que se espera un rápido despliegue de este tipo de equipos. WiMAX facilita no solo la provisión de acceso de banda ancha directamente a los hogares y oficinas en forma inalámbrica, sino que permitirá cubrir a comunidades ubicadas en zonas geográficas de difícil acceso y/o muy retiradas, en razón de sus propiedades de transmisión tipo LOS y NLOS, evitando cableado de muy difícil despliegue y escasamente rentable.

Wimax Forum.

Es un consorcio dedicado exclusivamente a buscar coincidencias entre los fabricantes de componentes Wimax, operadores y Asociaciones de entes reguladores de Telecomunicaciones, estos últimos como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Objetivos del Wimax Forum.

- Conseguir la interoperabilidad entre los productos de diferentes fabricantes, de forma que se realicen procesos de certificación funcional más allá del cumplimiento del estándar. Esto conduce a una mayor seguridad por parte de los usuarios al momento de utilizar dispositivos procedentes de diferentes fabricantes.
- Reducir los costes. Muchos fabricantes adoptaran soluciones homogéneas que garanticen la interoperabilidad y mayores volúmenes de producción, gracias a la utilización de una tecnología de base homogénea, lo que provocará una minimización de costes.
- Promover en el mercado un estándar para comunicaciones inalámbricas. Potenciar acciones que conviertan a WiMAX en el estándar para la banda ancha en el ámbito metropolitano, en forma equivalente de lo que hoy es WiFi para entornos de Área Local.

Definición de la tecnología Wimax.

- Wimax es un estándar robusto y confiable basado en el estándar IEEE802.16. La IEEE formó su propio grupo de desarrollo y de investigación, denominado grupo 16, sobre el estándar 802 que trata todo lo relacionado a acceso a banda ancha inalámbrica.

- Wimax permite acceso a última milla, para servicios de Banda Ancha Inalámbrica, conectividad Fija, nomádica y eventualmente móvil, con velocidades de conexión muy por encima de las tecnologías tradicionales de este tipo.
- Su uso no implica tener línea de vista desde la estación de base hasta el usuario final. Permite tener un radio de cobertura de hasta 50 Kms con línea de vista (LOS-Line of Sight) dependiendo de las condiciones de propagación y del modo de transmisión.
- Soporta la provisión simultánea de diferentes tipos de servicios, tales como voz, datos, acceso a Internet, video en demanda.

1.1.1.- CARACTERISTICAS Y VENTAJAS

Tecnologías fundamentales.

El estándar 802.16a tiene tres opciones para la capa física (PHY):

- OFDM² con 256 subportadoras. Ésta es la única opción soportada por ETSI en Europa (HiperMAN).
- OFDM con 2048 subportadoras.
- Portadora única.

² OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) es un método de modulación digital en el que se usa una gran cantidad de subportadoras, ortogonales y separadas con frecuencias únicas, para transportar datos.

Una de las características más relevantes de WiMAX es su capacidad de adaptar el tipo de modulación dependiendo de las condiciones del enlace. Por ejemplo para conexiones cercanas, la modulación que emplea la radio base con el suscriptor es *64QAM*, modulación con la que se puede proveer las máximas velocidades (throughput) de transferencia de datos, mientras que en conexiones de mayor distancia, en razón de una disminución de la relación de señal a ruido, se puede re-seleccionar a las modulación *16QAM* o *QPSK*, que proveen la misma probabilidad de error pero con una menor velocidad.

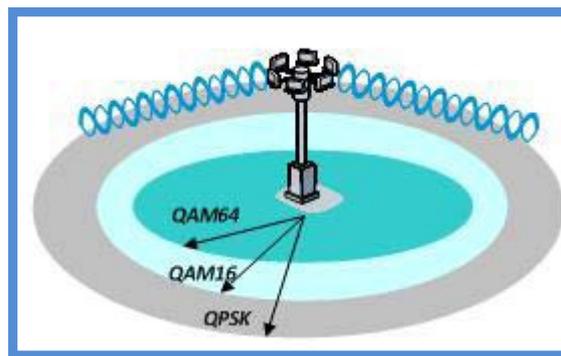


Figura 1.1.- Tipo de modulación de acuerdo a rango

La modulación en la capa física está basada en OFDMA que se combina con una capa MAC centralizada para la asignación optimizada de recursos y soporte de calidad de servicio (QoS).

Los diferentes tipos de servicios (VoIP, conectividad de mejor esfuerzo-best effort, CIR, etc.) pueden definirse de forma individual para cada usuario. La

capa física OFDMA PHY está igualmente adaptada a entornos de propagación sin línea de vista directa (NLOS) en la banda entre 2GHz y 22 GHz.

La modulación OFDMA es bastante robusta contra las interferencias producidas por la dispersión de retardos debidos a las reflexiones generadas en ambientes de NLOS. Simultáneamente se emplea una modulación adaptativa, aplicada a cada suscriptor de manera individual, de acuerdo con la capacidad de su canal específico. OFDMA puede proporcionar una eficiencia espectral de 3-4 bits/s/Hz.

Ventajas de Wimax.

Se puede resumir las siguientes ventajas de WiMax:

- Velocidad de conexión (tasa de transmisión) de hasta 75 Mbps, distribuida entre varios usuarios.
- Menores costos de implementación de la infraestructura. Menores costos facilitan la conexión de comunidades aisladas o rurales.
- Provisión simultánea de múltiples servicios: Voz sobre IP, Video Conferencias, Acceso a Internet y Mensajería Instantánea, Video Online (Video Streaming), Aplicaciones Interactivas.
- Escalabilidad de la RED. Permite al Operador crecer en función de la

demanda potencial, sin necesidad de preocuparse por la interoperabilidad entre sus equipos Wimax.

Adicionalmente en el Foro WiMAX se puede observar los resultados de simulación y la comparación para tres sistemas de aplicación móvil: WiMAX 802.16d, 1xEVDO Rev A y Rev B, y HSDPA/HSUPA (HSPA), donde se muestra que WiMAX 802.16d tiene una ventaja sobre los otros dos tipos de sistema en cuanto a la eficiencia espectral (bps/Hz) y sobretodo la velocidad (throughput) por canal y por sector tanto del Enlace de Bajada Downlink (DL) como del Enlace de Subida Uplink (UL). La eficiencia espectral para WiMAX fijo es más de 2 veces mayor que EVDO Rev B y HSPA tanto en DL como UL. Con el mismo ancho de banda el Throughput en DL es más de 3 veces mayor, y el UL es casi el doble.

Soporte para antenas inteligentes.

Una característica importante del WiMAX es que soporta varias técnicas avanzadas de antenas, elementos esenciales para lograr una alta eficiencia espectral, fiabilidad y capacidad. Entre las técnicas que soporta se puede mencionar:

- Formación de haz (Beam forming).- Se aplica con Antenas inteligentes, que proporcionan una ganancia adicional. Permite cubrir grandes distancias o incrementar la cobertura en interiores, mientras reduce la interferencia entre células y mejora la reutilización de frecuencias.
- Transmisión por diversidad y MIMO (Multiple Input Multiple Output).- Se aplica con antenas múltiples para mejorar la fiabilidad y la capacidad.

<i>Resumen de Alcances y Capacidades</i>		
Entorno de Aplicación	Tamaño de celda	Capacidad
Urbano en interior (NLOS)	1Km	21 Mbps por canal 10 Mhz
Suburbano en interior (NLOS)	2,5 Km	22 Mbps por canal 10 Mhz
Suburbano exterior (LOS)	7 km	22 Mbps por canal 10 Mhz
Rural interior	5 Km	4,5 Mbps por canal 3,5 Mhz
Rural exterior	15 Km	4,5 Mbps por canal 3,5 Mhz

Tabla 1.1.- Resumen de alcance y capacidad de antenas inteligentes usadas en el estándar WIMAX

1.1.2.- SEGURIDAD.

A diferencia de las tecnologías WLAN, WiMAX se presenta como una solución robusta en materia de seguridad. WiMAX proporciona un nivel de control de acceso al medio (MAC) que utiliza un mecanismo de concesión-requerimiento (grant-request) para autorizar el intercambio de datos. El mecanismo permite un mejor aprovechamiento del recurso radioeléctrico así

como el control individual del tráfico de cada usuario. Esto simplifica el soporte de servicios que requieran comunicaciones en tiempo real como la de voz.

La seguridad ha sido uno de los mayores problemas encontrados por los usuarios en las WLAN. Las versiones iniciales disponían de mecanismos de seguridad poco elaborados, y era relativamente sencillo que personas no autorizadas consiguieran el acceso a estas redes.

WiMAX propone una serie de características muy completas en materia de seguridad:

- Autenticación de usuario en base al protocolo EAP (Extensible Authentication Protocol).
- Autenticación del terminal por intercambio de certificados digitales que impiden la conexión de terminales no autorizados.
- Cifrado de las comunicaciones utilizando algoritmos como el DES (Data Encryption Standard) o el AES (Advanced Encryption Standard), que son mucho más robustos que el WEP (Wireless Equivalent Privacy) utilizado inicialmente en las WLAN. Adicionalmente cada servicio es cifrado con una asociación específica de clave pública/clave privada.

1.1.3.- NIVELES DE SERVICIO.

Uno de los aspectos más atractivos para los proveedores de servicio y los usuarios es la capacidad de WiMAX para proporcionar diferentes niveles de servicio (SLA-Service Level Agreement). Esta capacidad permite atender simultáneas diferentes tipos de clientes para un mismo servicio. Por ejemplo, para una estación de base con una capacidad de hasta 75 Mbps (802.16a), se puede combinar 1 Mbps garantizado para clientes del segmento empresarial con velocidades de 128 Kbps en modalidad “máximo esfuerzo” para clientes del segmento residencial.

El esquema de modulación en la estación base se asigna dinámicamente, dependiendo de las condiciones de propagación (distancia al cliente, clima, interferencia existente, así como de otros factores transitorios). Esta flexibilidad permite a los proveedores de servicio adaptarse a las necesidades de las áreas de distribución específicas, haciendo que WiMAX sea rentable en una gran variedad de áreas geográficas.

WiMAX permite diferenciar calidad de servicio en términos de latencia y tasa de errores. Esta capacidad permite adecuar dichos parámetros³ al tipo de transmisión.

³ Las comunicaciones en tiempo real de audio/vídeo son muy exigentes en cuanto a la latencia y menos exigente en cuanto a errores de transmisión, sin embargo en la mayoría de otro tipo de comunicaciones ocurre lo opuesto.

1.1.4.- IEEE 802.16, ESTÁNDARES EUROPEOS Y AMERICANOS

A pesar de que el proyecto del estándar IEEE802.16 se inició en 1988, el trabajo principal se desarrolló entre los años 2000-2003. El objetivo del proyecto fue desarrollar un estándar aplicable en el ámbito metropolitano para acceso en banda ancha, inalámbrico, masivo y a los menores precios posibles.

WiMAX engloba tres versiones del estándar IEEE802.16, cada una de ellas con sus propias características y campo de aplicación:

- IEEE802.16: Se publicó en abril de 2002 como un estándar orientado a conexiones inalámbricas fijas, en condiciones de visión directa para la “última milla”. Se aplica a conexiones punto-multipunto, con antenas direccionales y sin movilidad. Las antenas permanecen fijas. Esta versión del estándar se ha diseñado para bandas entre 10GHz y 66 GHz.
- IEEE802.16a: Fue publicado en abril de 2003, siendo esta versión la que ha sido rápidamente adoptada como tecnología predominante en BWA (Broadband Wireless Access). Se aplica a conexiones inalámbricas en la banda de 2GHz a 11 GHz donde existen

segmentos de banda que no requieren licencia de operación⁴, las denominadas “bandas de frecuencia no licenciadas”. Normalmente se utiliza en conexiones punto-multipunto así como la posibilidad de redes malladas, y no requiere línea de vista directa entre la estación de base y el equipo terminal del cliente final. Trabaja internacionalmente en las bandas licenciadas de 3,5 GHz y 10,5 GHz (en EEUU, 2.5-2.7 GHz) y en las bandas no licenciadas de 2.4 GHz y 5.8 GHz (5.725-5.825 GHz).

- IEEE802.16e: Agrega movilidad, posibilitando comunicaciones en vehículos moviéndose con una velocidad máxima de 120 Km/h. Trabaja en las bandas 2-6 Ghz tanto licenciadas como no licenciadas.



Figura 1.2.- Evolución de los estándares de accesos inalámbricos.

⁴ En el Ecuador, el Organismo Regulador de Telecomunicaciones, mediante la última resolución, dispuso que los equipos que trabajan en estas bandas especiales sean registradas si el uso es del tipo privado. En el caso de que el uso sea para la provisión de Servicios de Telecomunicaciones, cada empresa Operadora deberá previamente obtener la Licencia de Servicio respectiva.

Desde el inicio del proyecto, en el desarrollo del estándar 802.16, a diferencia del 802.11a, se ha buscado la compatibilidad entre los estándares americanos y europeos.

<i>Relación y Estándares Europeos y Americanos para redes Inalámbricas</i>		
U.S.	Tipo de Red	Europa
IEEE 802.20 (Mobile - Fi)	WAN	3GPP, EDGE
IEEE 802.16 (Wimax)	MAN	ETSI Hiperman, Hiperfacces
IEEE 802.20 (Wi- Fi)	LAN	ETSI Hiperlan
IEEE 802.20 (Bluetooth)	PAN	ETSI Hiperlan

Tabla 1.2.- Relación de estándares europeos y americanos para redes inalámbricas.

A pesar de que, incluso con la versión móvil 802.16e, WiMAX no se puede facilitar una cobertura tan amplia como la que proporcionan las soluciones 2G/3G, la tecnología permite mayores velocidades, y una cobertura suficiente, que podría ser una alternativa y/o complemento a las redes celulares en ciertas zonas. Un aspecto importante del 802.16x es que define una capa MAC (Media Access Control) que soporta especificaciones de diferentes capas físicas (PHY). Esta característica fundamental permite a los fabricantes de equipos diferenciarse sin dejar de ser interoperables; por ejemplo, la adecuación de equipos para una determinada banda de frecuencias.

1.1.5.- COMPARACION DE WIMAX CON WiFi Y OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO INALÁMBRICO

WiMAX contempla los estándares 802.16, 802.16a y 802.16e, teniendo los tres un ámbito de aplicación en redes de área metropolitana (Metropolitan Area Networks - MAN). Con el 802.16 se consiguen alcances de (8 Km) con antenas omnidireccionales (48 Kms con antenas direccionales,) siendo su radio de aplicación práctico de (1,6-4,8 km). En el caso del 802.16a la cobertura práctica de la celda es de (6,4-9,6 km) mientras que para el 802.16e se sitúa por debajo de los (4,8 km). Tanto el 802.16a como el 802.16e pueden trabajar en condiciones cercanas a línea de vista (Near Line Of Sight-NLOS).

La capacidad de tráfico total se sitúa en un máximo de 134 Mbps para el 802.16, 75 Mbps para el 802.16a y 15 Mbps para el 802.16e. El ancho de banda de cada canal se puede escalar entre 1.5 y 20 MHz, excepto para el 802.16e que solo permite entre 1.5 y 5 MHz.

Comparación de tecnologías de acceso inalámbricas Estándares IEEE					
	802.11	802.16	802.16a	802.16e	802.20
Estado	Completo	Dic.2001	ene-03	ene-04	ETA 05-06
App Designado	LAN	MAN	MAN	MAN	WAN
Rango	Más de 300 pies optimizada para LAN	Más de 5 millas de cobertura de celdas 1-3 millas de Radio	Más de 25 millas de cobertura de celdas 4-6 millas de Radio	Cobertura de celdas 1-3 millas de Radio	
Condiciones de canal	LOS cuando outdoors	LOS	NLOS	NLOS	NLOS
Espectro	2.4 GHz No licenciada	10-66 GHz Licenciada	2-11 GHz Licenciada	2-4 GHz Licenciada No licenciada	< 3.5 GHz Licenciada
Soporte de Movilidad	Roaming Local			Pedestrian	Mobil vehicular
Roaming	Portable	Reparado	Reparado	Mobile	global
Canalización	20 Mhz	Escalable 1,5 a 20 MHz	Escalable 1,5 a 20 MHz	Escalable 1,5 a 5 MHz wl subcanales	1.25 a 5 MHz
Eficiencia Espectral	< 2.7 bps/Hz 54 Mbps	< 4.8 bps/Hz 134 Mbps	< 3.75 bps/Hz 75 Mbps	< 3 bps/Hz 15 Mbps	< 1.25 bps/Hz <6 Mbps
Tasa de Bit	20 MHz BW	20 MHz BW	20 MHz BW	20 MHz BW	20 MHz BW

Tabla 1.3.- Comparación de Wimax con otras tecnologías de acceso inalámbrico.

WiMAX incorpora facilidades no previstas en WiFi (802.11)⁵, entre ellas se destaca la Calidad de Servicio (QoS). WiMAX provee características de funcionalidad Clase Portador (Carrier Class) para los operadores de servicios de telecomunicaciones. Proporciona mayor alcance, mayor anchura de banda y capacidad de prestar diferentes calidades de servicio por perfiles de usuario.

WiFi está basado en una tecnología de radio limitada a un punto de acceso y sus receptores. Todos ellos deben estar, ubicados en una periferia que no sobrepase los 100 metros en línea de vista, es decir, que entre el punto de acceso y el receptor no existan obstáculos ni muros.

El Fórum WiMAX presenta al estándar 802.16 como una tecnología complementaria al Wi-Fi. Wi-Fi proporciona accesos en ámbito de Red Local

⁵ La calidad de servicio si es contemplada en la versión en desarrollo 802.11e

(Hotspots) mientras que WiMAX se presenta como una solución en la creación de redes metropolitanas (MAN) que, entre otros, proporcionan Servicio Portador (backhaul) para la interconexión de hotspots WiFi y conectividad inalámbrica de última milla para instalaciones de DSL. WiFi fue concebido para ser un estándar muy simple y orientado al gran consumo mientras que WiMAX es un estándar altamente complejo, aplicable para Operadores de Telecomunicaciones con clase de Portador (Carrier Class) que puede proveer un área de servicio de hasta 50km con LOS y permite conectividad sin línea de vista directa (OLOS - Obstructed Line Of Sight) en rangos de distancia más pequeños. Como se mencionó anteriormente, la tecnología basada en Wimax permite tasas de transmisión de hasta 134 Mbit/s, que puede soportar una combinación grande de servicios para negocios y hogares.

Comparativas entre WIFI y WIMAX			
	802.11	802.16	Técnico
Rango	* Optimizada para usuarios dentro de 100 metros de radio. * Adherir puntos de acceso con antenas de alta ganancia para mayor cobertura.	* Optimizada para usuarios dentro de 100 metros de radio. * Adherir puntos de acceso con antenas de alta ganancia para mayor cobertura.	* 802.16 Phytolera 10 multicaminos mas cubiertos con un retraso que 802.11.
Cobertura	Optimizada para ambientes interiores	* Optimizada para ambientes exteriores (árboles, construcciones). * Soporte estándar para avanzada técnica de antenas mesh.	* 802.16 ; 256 OFDM (Vs. 64 OFDM). * Modulación Adaptiva
Escalabilidad	* Arreglado en ancho de canal para 20MHz.	* Canal b/w es flexible de 1,5 Mhz a 20 MHz para ambas bandas libres. * Rehúso de frecuencia. * Planificación de Habilitación de celdas para proveer servicios comerciales.	* Solamente 3 no sobrelapan canales de 802.11 b; 5 para 802,11. * 802.16: limitado solamente por espectro disponible.
Tasa de bit	* 2,7 bps/Hz picos por data; arriba de 54 Mbps en canal de 20 MHz.	* 3,8 bps/Hz picos por data; arriba de 54 Mbps en 20 MHz. * 5 bp/ Hz tasa de bit ; 100 Mbps en canal de 20 MHz.	* 802,16: 256 OFD (Vs. 64 OFDM)
Qos	* No soporta QoS hoy. * Trabajando con 802,11e para regularizar.	* Qos designado par Voz/ video, servicios diferenciales	* 802,11 : Contención basada en MAC (CSMA). * 802,16 : petición de concesión MAC

Tabla 1.4.- Comparación entre WIMAX y WI-FI.

Fuente Wimax Forum

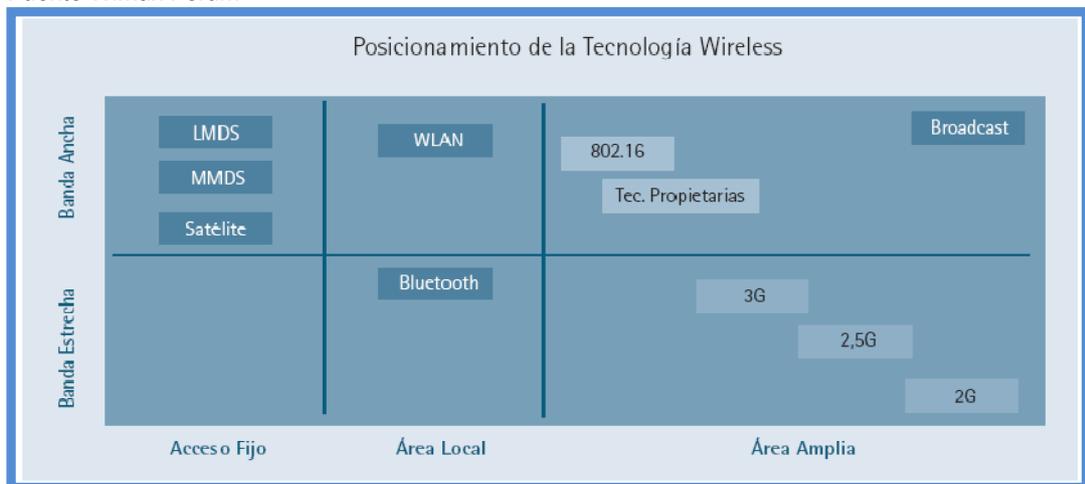


Figura 1.3.- Comparación de tecnologías inalámbricas.

Comparativa de Tecnologías Wireless, Eficiencia Espectral			
Estandar	Ancho de banda del canal	Velocidad	Eficiencia en Bits/ Hz
802,11a	20 MHz	21 MHz	2,7 bps/Hz
802,16a	10.20 MHz	70 Mbps	5 bps/Hz
EDGE 200 KHz	3,5 ; 7,14 MHz	1,19 Mbps	
CDMA 2000	384 Kbps	2 Mbps	1,16 bps /Hz

Tabla 1.5.- Comparación de tecnologías inalámbricas.

Como se aprecia en la Tabla 1.5, los estándares IEEE en tecnología inalámbrica de banda ancha poseen una eficiencia espectral muy alta. Así, el estándar 802.11a alcanza los 2,7 bps/Hz trabajando a velocidades de 54 Mbps, el estándar 802.16a alcanza los 5 bps/Hz trabajando a 70 Mbps, mientras que tecnologías como el EDGE, o el CDMA2000 se sitúan en 1,9 y 1,6 bps/Hz respectivamente. El uso de ranuras de tiempo (“time slots”) en el 802.16 le permite una mayor eficiencia espectral frente al 802.11

Mientras que el 802.16 ha sido concebido como una tecnología de Backend, la versión 802.16e tiene la capacidad de adaptarse a ordenadores personales en un entorno de movilidad, y posee características de calidad de servicio capaces de soportar voz. La especificación 802.16a puede usar diferentes alternativas en capa física (PHY), siendo la modulación OFDM de 256 puntos la alternativa más usada puesto que, proporciona alcances superiores a las WLANs que, se basan en una modulación OFDM de 64 puntos.

Actualmente la tendencia⁶ se inclina hacia la apertura de aplicaciones en espectro no licenciado, destinado especialmente a nuevos entrantes.

Tecnología 802.20.

La misión del 802.20 consiste en el desarrollo de una interfaz de aire, basado en paquetes optimizado para transportar servicios IP. Permitirá el despliegue de redes inalámbricas de banda ancha, a nivel mundial, siempre activa e interoperable, que cumpla con las necesidades de los mercados residencial y

⁶ La FCC (Federal Communications Commission, EEUU) está liberando progresivamente más espacio radioeléctrico para redes inalámbricas. La competitividad comercial de los servicios móviles podría desplazarse hacia bandas no licenciadas. En Europa se está actuando mucho más lentamente..

En ciertos ámbitos, WiMAX representa una seria amenaza para la 3G, debido a sus capacidades de anchura de banda, alcance y capacidad para soportar voz con calidad de servicio. Estas características lo convierten en una alternativa tecnológica a las redes móviles. Los operadores móviles, que están integrando en sus ofertas WiFi tanto en espectro licenciado como no licenciado podrían tener dificultades a la hora de acomodar WiMAX. Como ha ocurrido con WiFi, les podría resultar más interesante canibalizar parte de su propia oferta, antes que dejar que operadores independientes lo hagan por ellos, especialmente cuando la demanda por mayores velocidades de comunicación les obliguen a incorporar IP completamente en sus sistemas.

de negocios. El estándar está previsto para trabajar en bandas licenciadas (entre ellas 3,5GHz) y promete soportar un mayor número de usuarios simultáneos que los sistemas móviles, proporcionando una mayor eficiencia⁷ espectral y menor latencia. El estándar ha sido pensado desde el principio para soportar comunicaciones IP, esto es, VoIP (voz sobre IP), aplicaciones nativas IP y aplicaciones de respuesta rápida como juegos en red, transacciones financieras etc.

Las tecnologías 3G también incorporan soporte de IP, pero adecuando sus tecnologías y dejando la integración total IP a la llegada de 4G.

1.2.- PROTOCOLOS.

Protocolos de Backbone.

Los protocolos de backbone o mejor conocidos como protocolos de la red de transporte tienen el objetivo de corregir los errores que sufren los paquetes de aplicaciones en tiempo real a lo largo de la red debido principalmente a los retardos y a la variación en el retardo (jitter).

⁷ Existen opiniones en el sentido que Mobile-Fi tendrá el doble de eficiencia espectral que los sistemas celulares, ofreciendo baja latencia y calidad de servicio por lo que proporcionará una experiencia similar a la de las conexiones cableadas.

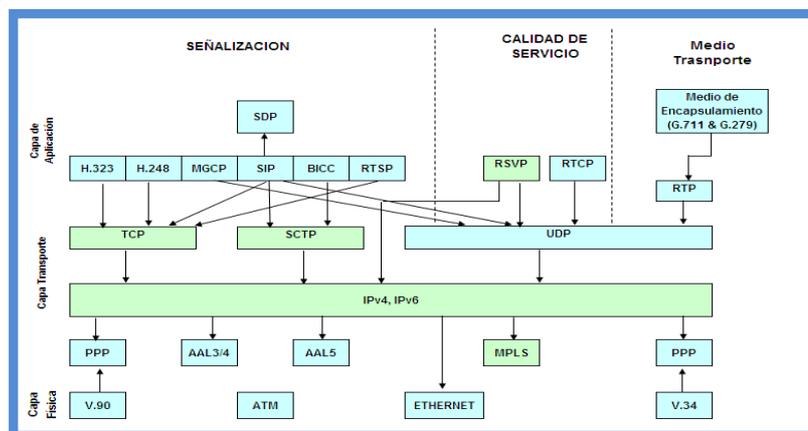


Figura 1.4.-Protocolos de Backbone.

Tres son los protocolos de Backbone más empleados en la integración de voz, video y multimedia sobre una infraestructura IP.

- RTP (Real Time Protocol)
- RTCP (Real Time Control Protocol)
- RTSP (Real Time Streaming Protocol)

Protocolo de Transporte en Tiempo Real (RTP-Real Time Protocol).

RTP es un estándar RFC1889⁸ reproducido por el IETF⁸, que permite proveer servicios de audio y video en tiempo real de extremo a extremo sobre una red IP.

⁸ RFC = Request for Comments. IETF=Internet Engineering Task Force

El protocolo RTP está orientado a asegurar una QoS para servicios del tipo tiempo-real. Incluye la identificación de la carga útil (payload), la numeración secuencial, la medición de tiempo y el reporte de la calidad (función del protocolo RTCP). Entre sus funciones se encuentran la memorización de datos, la simulación de distribución interactiva, el control y mediciones de aplicaciones.

RTP es un protocolo de transporte (capa 4) y trabaja sobre UDP de forma que establece una verificación (checksum) para detección de error y la posibilidad de multicanalización de puerto (port UDP). Las sesiones de protocolo RTP pueden ser multicanalizadas, recurriendo para ello a un doble direccionamiento mediante las direcciones IP y el número de puerto en UDP

Protocolo de control en tiempo real (RTCP-Real Time Control Protocol).

Este protocolo complementa a RTP facilitando la comunicación entre extremos para intercambiar datos, monitorear la calidad de servicio y obtener información acerca de los participantes en la sesión. RTCP se fundamenta en la transmisión periódica de paquetes de control a todos los participantes en la sesión usando el mismo mecanismo RTP de distribución de paquetes de datos. El protocolo UDP dispone de distintos puertos (UDP Port) como mecanismo de identificación de protocolos. La función primordial de RTCP es

la de proveer una realimentación de la calidad de servicio; se relaciona con el control de congestión y flujo de datos. RTCP involucra varios tipos de mensajes:

- Send report.- para emisión y recepción de estadísticas (en cualquier tiempo) desde emisores activos.
- Receiver Report.- para recepción de estadísticas desde emisores no activos.
- Source Description.- para un identificador de nivel de transporte denominado CNAME (Canonical Name).
- Bye.- para indicar el final de la participación.
- Application.- para aplicaciones específicas.

Protocolo de Flujo de Datos en Tiempo Real (RTSP-Real Time Streaming Protocol).

RTSP es un protocolo no orientado a conexión, en lugar de eso el servidor mantiene una sesión asociada a un identificador. En la mayoría de casos RTSP usa TCP para datos del control del reproductor y UDP para los datos de audio y video.

Protocolos de Aplicación.

Protocolo SIP (Protocolo por Inicio de Sesión).- Se trata de un protocolo, elaborado por el IETF, que opera a nivel de aplicación y que es empleado para realizar el control de llamadas multimedia y servicios telefónicos avanzados. Se encarga de establecer, modificar y terminar sesiones multimedia o llamadas con uno o más participantes. Se basa en http⁹, empleado tradicionalmente en Internet, por lo que hereda muchas de sus características. Se basa en una arquitectura cliente/servidor en la que todos los procesos intercambian mensajes en forma de peticiones y respuestas entre una entidad cliente y otra que funciona como servidor.

Los usuarios se identifican por medio de direcciones similares a las actuales direcciones de correo electrónico y disponen de gran movilidad, puesto que la red se encarga de localizarlos cuando se requiere establecer una comunicación con ellos. En este sentido, parece fácil su integración en el futuro escenario de las comunicaciones móviles.

⁹ Hyper Text Transfer Protocol

H.323.- Forma parte de una familia de recomendaciones realizadas por la ITU-T. Conocida con el nombre de *H.32x*, especifica como proveer servicios multimedia sobre diversas redes. En concreto *H.323* trata sobre la transmisión de audio, video y datos en tiempo real haciendo uso de redes de conmutación de paquetes. Especifica los componentes, protocolos y procedimientos que permiten proveer servicios de comunicaciones multimedia (audio, video y datos sobre redes de paquetes), incluyendo las basadas en tecnología IP. Aunque es un estándar para todo el rango de comunicaciones multimedia, su mayor reconocimiento ha sido como fundamento de soluciones de voz sobre IP (VoIP).

1.3.- APLICACIONES DEL ESTÁNDAR WIMAX EN EL USO COMERCIAL.

La interface de aire WIMAX se utiliza principalmente para el acceso inalámbrico de clientes para la oferta de diferentes servicios comerciales. Los principales servicios que se ofrecen corresponden a Acceso a Internet, Telefonía local y de larga distancia internacional, servicio portador en sus modalidades Punto a Punto y Punto Multipunto y finalmente conexiones de última milla para terceras empresas. El porcentaje de estas aplicaciones lo establece el mercado de local, siendo el acceso a internet, el mayor.

1.3.1.- ACCESO INALÁMBRICO TRADICIONAL DE BANDA ANCHA.

Estos son los servicios de acceso inalámbrico de última milla que normalmente se utilizan para el acceso a internet, telefonía fija local y de larga distancia internacional. Este tipo de acceso se aplica principalmente a los sectores Residencial, SOHO (Small Office, Home Office) y Pymes (Pequeñas y medianas empresas).

1.3.2.- SERVICIO PORTADOR: PTP/PMP. ACCESO INALÁMBRICO A ISP, WI-FI.

En este segmento de aplicaciones están inmersas principalmente las compañías que requieren de enlaces de mediana capacidad, o empresas que tienen infraestructura tecnología (IT). Entre los ejemplos de conexión se puede citar:

Conexiones punto a punto.- Conexión directa entre sucursales de una misma empresa, usando la estación de base¹⁰ como elemento intermedio de conexión inalámbrica.

¹⁰ Las estaciones de base se pueden conectar con el centro de Gestión mediante una red cableada, enlaces de radio PTP (Punto a Punto) en la banda de microondas, o emplear la capacidad de la Base WiMAX para estos circuitos PTP. En este último caso, las estaciones base soportan su propia conexión dividiendo el ancho de banda disponible entre el dedicado a las comunicaciones de usuarios y el dedicado a la conexión ya sea con el centro de Gestión o con otras estaciones de base.

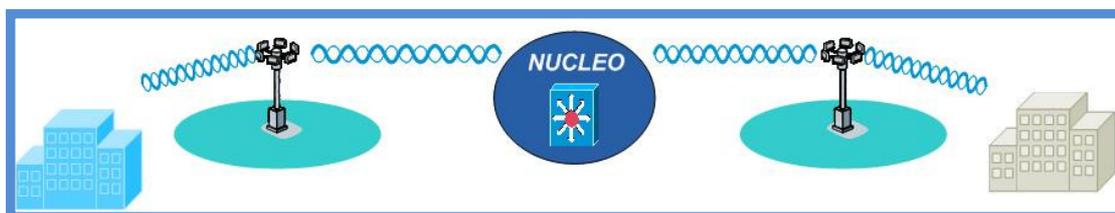


Figura 1.5.- Conexión punto a punto.

Conexiones punto multipunto.- Conexión entre una matriz y varias sucursales usando la estación de base como elemento.

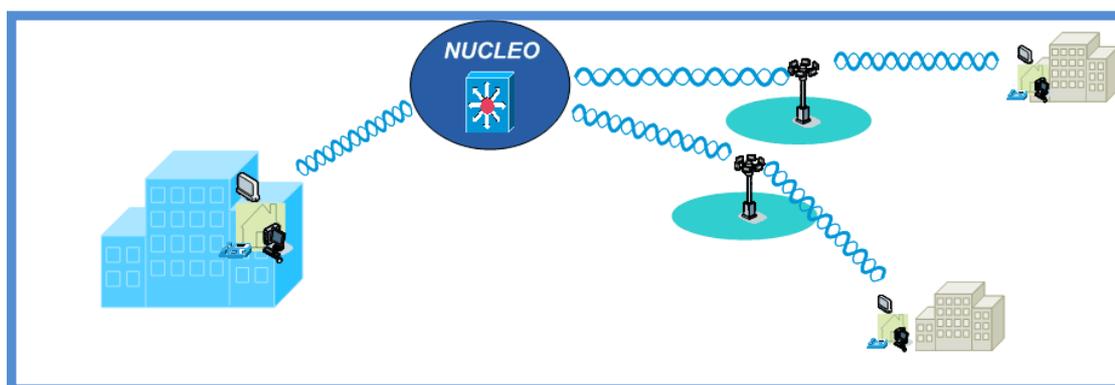


Figura 1.6.- Conexión punto a multipunto.

1.3.3.- VoIP.

Actualmente la mayoría de las aplicaciones de telefonía se implementan con VoIP. Los accesos de última milla inalámbrica sirven para el transporte de señales desde el teléfono IP o POTS (usando un IAD) desde el usuario final hasta la estación de base y desde allí hasta el núcleo de la red que contiene el softswitch que controla el servicio telefónico. Muchas empresas requieren este tipo de conexión para aplicaciones telefónicas tipo Centrex.

1.4.- TIPOS DE PROPAGACION: LOS, NLOS.

El canal de radio de un sistema de comunicación inalámbrico es a menudo descrito como de tipo LOS o NLOS. En un enlace LOS, una señal viaja a través de un camino directo y sin obstáculos desde el transmisor al receptor. El enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel se encuentre libre de cualquier obstrucción. (Ver figura 1.7). Si este criterio no se cumple, entonces se produce una significativa reducción en el nivel de intensidad de la señal recibida.

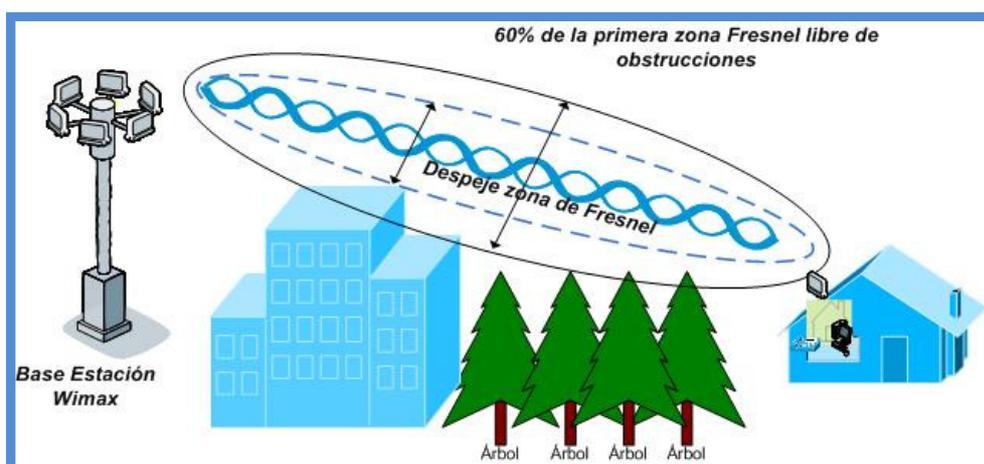


Figura 1.7.- Transmisión LOS.

En un enlace NLOS, una señal alcanza el receptor a través de reflexiones, difracciones y dispersiones. La señal que llega al receptor está formada por una composición de señales que llegan a través de las anteriores formas de propagación (reflexiones, dispersiones y difracciones). Estas señales tienen

diferentes retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativa frente a la señal que se transmite por el camino directo.

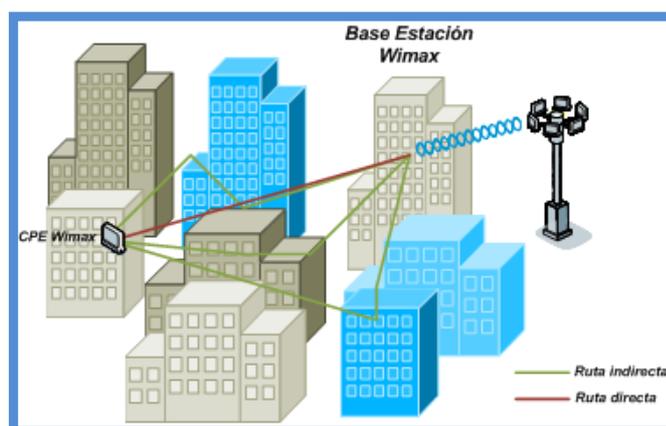


Figura 1.8.- NLOS Propagación.

El fenómeno de la multitrayectoria (multipath) puede causar que la polarización de la señal cambie, de tal manera que el re uso de frecuencias, que normalmente se hace en los despliegues LOS, puede ser problemático en el caso de los enlaces tipo NLOS.

Hay varias ventajas que hacen a los despliegues NLOS deseables. Por ejemplo, estrictos requerimientos de planificación y restricciones en la altura de la antena, a menudo no permiten a la antena ser posicionada para una conexión LOS. Para ciertos despliegues tipo celular contiguo a gran escala, donde el re uso de frecuencia es crítico, disminuir la altura de la antena es una ventaja para reducir la interferencia co-canal entre células adyacentes, sin embargo esto a menudo obliga a las estaciones base a operar en

condiciones de NLOS, ya que se generalmente se pierde parte de la visibilidad directa con el receptor.

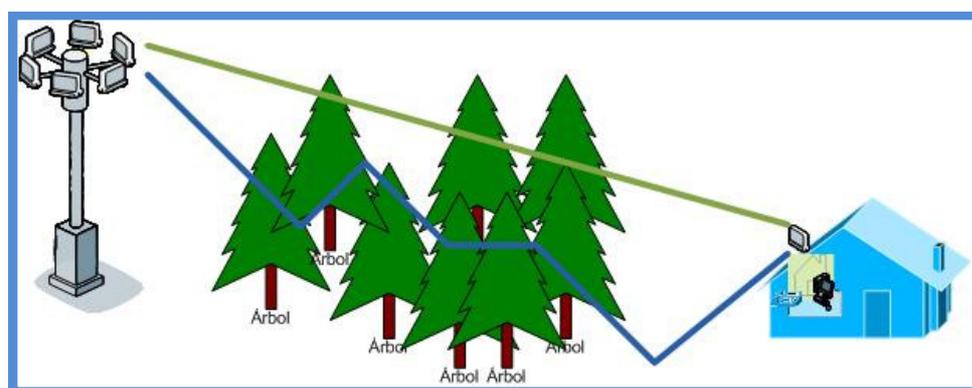


Figura 1.9.- Ubicación de las antenas para LOS y NLOS.

La tecnología NLOS también reduce los gastos de instalación debido a la facilidad de ubicación de los CPE externos. La tecnología NLOS y las características mejoradas en WiMAX hacen posible el uso de equipos CPE interiores (indoor CPE). Este nuevo esquema tiene dos principales retos: primeramente superar las pérdidas de penetración y segundo, cubrir distancias razonables con transmisores de baja potencia. WiMAX hace esto posible.

La tecnología WiMAX, resuelve o minimiza los problemas resultantes de las condiciones NLOS mediante el uso de:

- Modulación OFDM.

- Sub-Canalización.
- Diversidad en la transmisión y en la recepción.
- Diferentes tipos de modulación digital (Adaptativa).
- Técnicas de corrección de errores.
- Control de Potencia.
- Sistemas de arreglos de antenas adaptativas (Adaptive Array System).

1.4.1.- TECNOLOGIA OFDM. (Multicanalización Ortogonal por División de Frecuencia)

Este sistema de modulación consiste en enviar la información sobre un conjunto de portadoras “separadas” en frecuencia¹¹, reduciendo el problema de propagación multitrayectoria. Lo que diferencia OFDM de otros procedimientos de multicanalización en frecuencia es la ortogonalidad entre estas portadoras, generado por un “espaciamiento” óptimo entre ellas. Este espaciamiento consiste en que la separación espectral entre portadoras consecutivas es siempre la misma e igual al inverso del periodo de símbolo, de forma que la señal OFDM se puede expresar, en notación compleja, como:

$$S(t) = \sum_{i=-N/2}^{N/2-1} d_i * \exp \left[j2\pi \left(f_c + \frac{i}{T} \right) t \right] \quad (1)$$

¹¹ Se reparte la información entre todas las portadoras, de forma que aunque la velocidad de modulación del conjunto sea muy elevada, la velocidad individual de cada portadora individual es pequeña,

Donde: f_c Frecuencia central.
 T Periodo.
 D_i Amplitud del símbolo.
 $s(t)$ Señal OFDM en el tiempo.

Al sistema de modulación se le denomina ortogonal porque las señales pasabanda que representan las portadoras son ortogonales entre sí por lo que no se interfieren en el proceso de la demodulación. El proceso de demodulación se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\int_0^T S(t) * \exp\left[-j2\pi\left(f_c + \frac{i}{T}\right)t\right] = d_k * T \quad (2)$$

Señal OFDM.

En la figura 1.10 se aprecia portadoras de un sistema de modulación. El grafico en el tiempo se observa que en el periodo de una portadora caben varios periodos de las otras portadoras, alineadas todas en fase, mientras que en la representación espectral el máximo de cada portadora coincide con un nulo de las demás. En principio, podría parecer que modular y demodular una señal OFDM requiere tantas cadenas transmisoras y receptoras como portadoras tuviese el multicanalizador. Si esto fuera así, el sistema sería inviable.

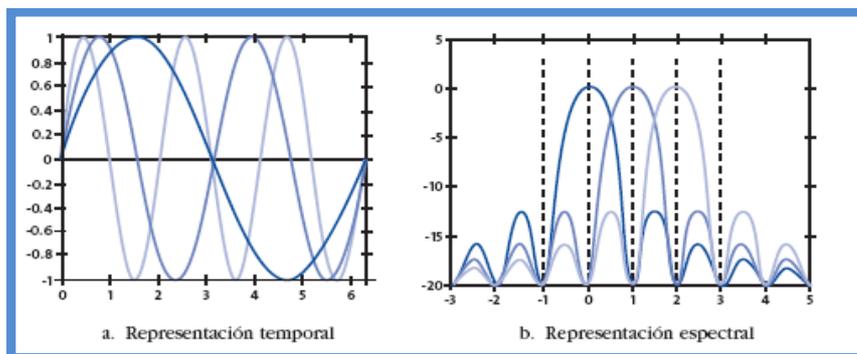


Figura 1.10.- Representación de tres portadoras ortogonales.

Afortunadamente, sólo se requiere una cadena en cada sentido de transmisión, que modula o demodula todas las portadoras a la vez. Si se examina la ecuación (1), se comprueba que una señal OFDM es la transformada inversa de Fourier de los coeficientes D_i , y estos se los obtiene de la transformada directa de $s(t)$. Por consiguiente, la acción de modular y demodular todas las portadoras a la vez de una señal OFDM consiste básicamente en aplicar los algoritmos de la transformada rápida de Fourier, muy conocidos y fáciles de implementar en los procesadores digitales. La ortogonalidad también proporciona la ventaja adicional de proveer un mecanismo para eliminar, o reducir tanto como se quiera, el problema de la interferencia por propagación multitrayecto. Este mecanismo consiste en ampliar la duración correspondiente al periodo símbolo mediante un tiempo de guarda superior al máximo retardo diferencial entre los trayectos significativos. Durante la ampliación temporal se repite, o amplía, parte del propio símbolo (extensión cíclica).

En lo que se refiere a la modulación de las portadoras (símbolo D_i de la ecuación (1)), cada portadora se modula con una información diferente¹². Se suelen reservar algunas portadoras para transmitir información de sincronismo y ecualización espectral, o bien para establecer canales de servicio. Aplicaciones de este tipo de modulación se encuentra en el caso del estándar WLAN IEEE 802.11a hay 48 portadoras de datos y cuatro de servicio, los periodos de símbolo y guarda son 4 y 0,8 μ s, respectivamente, y la modulación puede ser BPSK, QPSK, 16-QAM o 64-QAM.

La tecnología de multicanalización por división en frecuencia ortogonal (OFDM), proporciona al operador la forma de superar los retos de la propagación en entornos NLOS. La señal OFDM ofrece la ventaja de ser capaz de operar con un retardo de ensanchamiento mayor en este tipo de entorno.

Debido al tiempo de duración de símbolo OFDM y al uso de un prefijo cíclico, la forma de onda OFDM elimina los problemas de interferencia entre símbolos (ISI) y la dificultad de la ecualización adaptativa. En razón de que la señal OFDM está compuesta por una multitud de portadoras ortogonales de banda estrecha, el manejo del "fading" se localiza en el conjunto de portadoras, que son relativamente fáciles de ecualizar, en lugar de una sola

¹² Por facilidad de implementación, el sistema de modulación suele ser el mismo para todas ellas, tal como QPSK o n2-QAM

portadora. Un ejemplo de esto se muestra a continuación, donde se compara el envío en paralelo de la información en una señal OFDM y el envío en serie en una simple señal portadora.

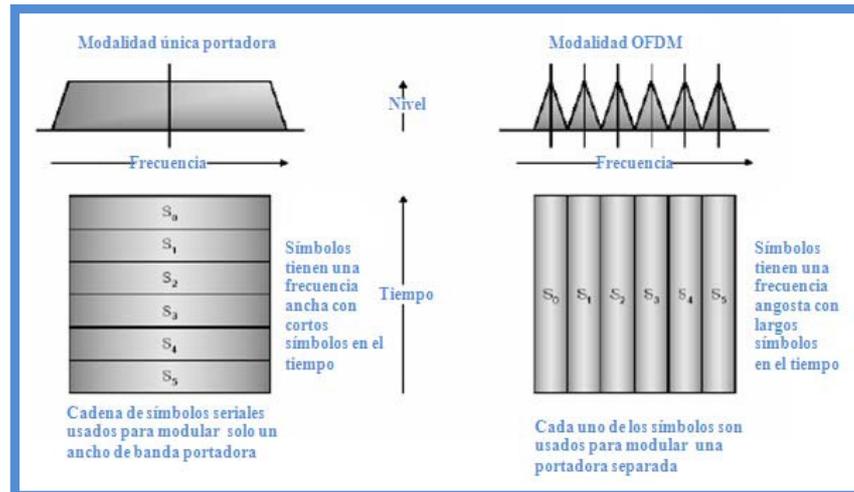


Figura1.11.- Flujo de datos convertidos a símbolos

La habilidad para superar el retardo de ensanchamiento, la multitrayectoria y la interferencia entre símbolos permite una mayor velocidad de salida ("throughput").

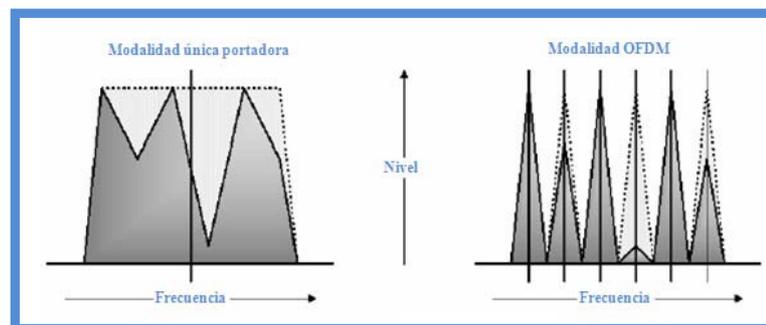


Figura1.12.- Modalidad única portadora y Modalidad OFDM.

Por las razones indicadas, los recientes estándares internacionales tales como la IEEE 802.16, el ETSI BRAN, han establecido a la modulación OFDM como la elección tecnológica preferida.

Se debe mencionar que la OFDM se utiliza también en otras aplicaciones de comunicaciones tales como ADSL por ejemplo, donde se le conoce como DMT (Discrete Multitone).

Sub-Canalización.

La sub-canalización permite que el enlace sea balanceado de tal forma que la ganancia del sistema es similar en ambos enlaces (ascendente y descendente). La sub-canalización concentra la transmisión de potencia en unas pocas portadoras OFDM, que es la forma de incrementar la ganancia del sistema y que puede ser usada para extender el alcance del sistema, superar las pérdidas de penetración, o reducir el consumo de potencia del CPE. La sub-canalización en el enlace ascendente es opcional en WiMAX.

Diversidad en la transmisión y la recepción.

Los esquemas de diversidad son usados para operar bajo condiciones de multitrayectoria (muti-path) y de reflexiones de la señal que ocurren en

condiciones de NLOS. Operación con diversidad es una característica opcional en WiMAX.

Los algoritmos de diversidad ofrecidos por WiMAX, tanto en transmisión como en recepción incrementan la disponibilidad del sistema. En este caso, WiMAX utiliza la codificación en espacios de tiempo para proporcionar una fuente de transmisión independiente que reduce el desvanecimiento (fading) y la interferencia.

1.4.2.- MODULACION ADAPTIVA: BPSK, QPSK, QAM

Los sistemas Wimax utilizan un tipo de modulación digital que varía dependiendo de las condiciones de la relación señal ruido (SNR) que existe en el enlace de radio. Cuando el enlace presenta una alta calidad (SNR alto) utiliza la modulación QAM dando al sistema la mayor capacidad. Si la SNR disminuye (por ejemplo cuando el usuario se encuentra alejado de la estación de base), el sistema puede cambiar a un esquema de modulación menor (QPSK o BPSK) para mantener la calidad y estabilidad del enlace a cambio de una menor velocidad.

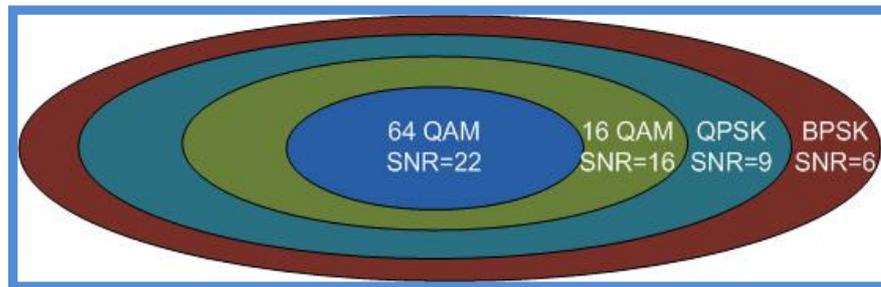


Figura 1.13.- Radio de celda relativo para modulación adaptativa.

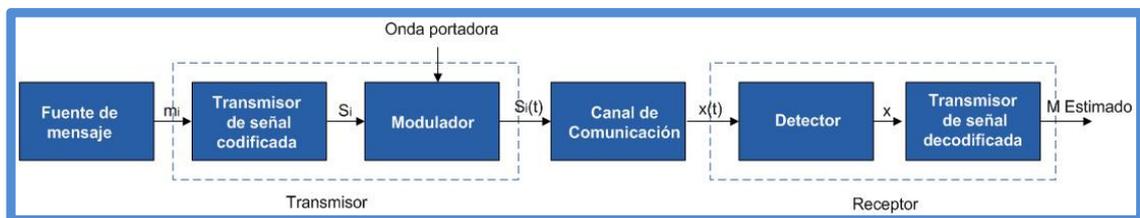


Figura 1.14.- Modelo de un sistema de modulación y demodulación digital

BPSK.

Un sistema PSK binario coherente es aquel donde los números binarios 1's y 0's se representan por señales sinusoidales $s_1(t)$ y $s_2(t)$ cuyas fases varían en los valores 0 y π :

$$s_1(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t)$$

$$s_2(t) = \sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t + \pi) = -\sqrt{\frac{2E_b}{T_b}} \cos(2\pi f_c t)$$

Donde $0 \leq t \leq T_b$ y E_b es la energía de la señal transmitida por bit.

Un sistema BPSK se caracteriza por tener un diagrama señal espacio¹³ de una sola dimensión (N=1) con una constelación de señales consistente en dos puntos de mensaje.

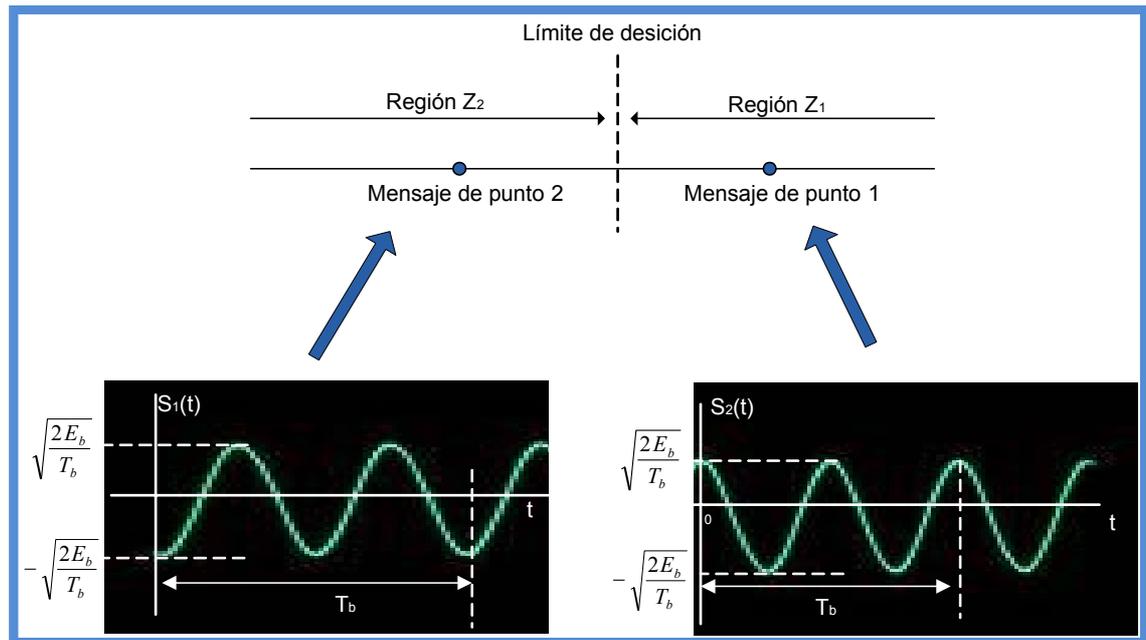


Figura 1.15.- Constelación de señales consistente en dos puntos de mensaje.

La probabilidad promedio de error de símbolo o equivalentemente el BER para la modulación BPSK viene dado por la expresión:

$$P_e = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right)$$

¹³ Los estados posibles en una modulación digital se pueden describir usando un diagrama señal espacio (constelación).

Los esquemas de transmisión y recepción coherente para una modulación BPSK se muestran en las figuras 1.16 y 1.17.

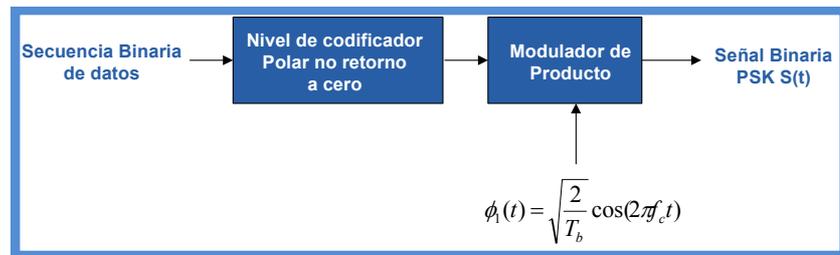


Figura 1.16.- Transmisor (Tx) BPSK.

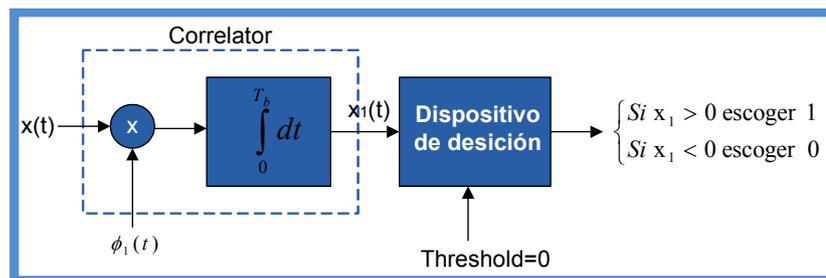


Figura 1.17.- Receptor (Rx) BPSK.

QPSK.

En este tipo de modulación digital la fase de la portadora puede tomar cuatro valores, esto es:

$$S_i(t) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos \left[2\pi f_c t + (2i-1)\frac{\pi}{4} \right] & , 0 \leq t \leq T \\ 0, & \text{en otro lado} \end{cases}$$

Se puede reescribir la ecuación anterior en una forma que permita dibujar los puntos en un diagrama señal espacio:

$$S_i(t) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos\left[(2i-1)\frac{\pi}{4}\right] \cos(2\pi f_c t) - \sqrt{\frac{2E}{T}} \operatorname{sen}\left[(2i-1)\frac{\pi}{4}\right] \operatorname{sen}(2\pi f_c t)$$

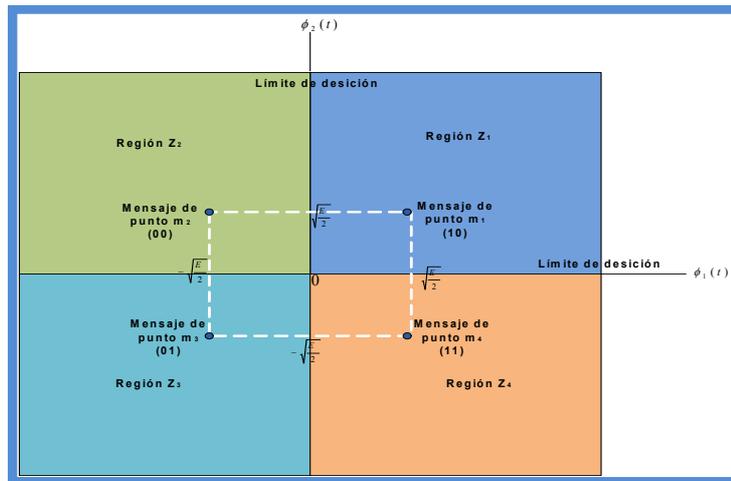


Figura 1.18.- Puntos de diagrama señal espacio en QPSK.

Código Gray Entrada Dibit	Fase de señal QPSK (radianes)	Coordenadas de puntos de mensajes	
		Si1	Si2
10	$\pi/4$	$+\sqrt{E/2}$	$-\sqrt{E/2}$
00	$3\pi/4$	$-\sqrt{E/2}$	$-\sqrt{E/2}$
01	$5\pi/4$	$-\sqrt{E/2}$	$+\sqrt{E/2}$
11	$7\pi/4$	$+\sqrt{E/2}$	$+\sqrt{E/2}$

Tabla 1.20.- Tabla de Puntos de diagrama señal espacio en QPSK.

BER QPSK	$P_e \cong \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$	<i>Codificación Gray</i>
		$\frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right)$

Tabla 1.21.- Formulas para cálculo de BER QPK.

Los esquemas de generación y recepción coherente se muestran en las figuras 1.19 y 1.20.

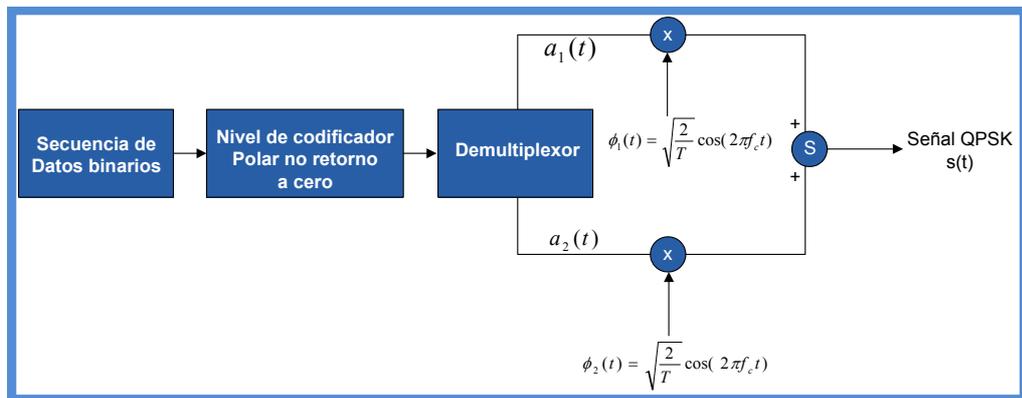


Figura 1.19.- Esquema de Generación de señal QPSK.

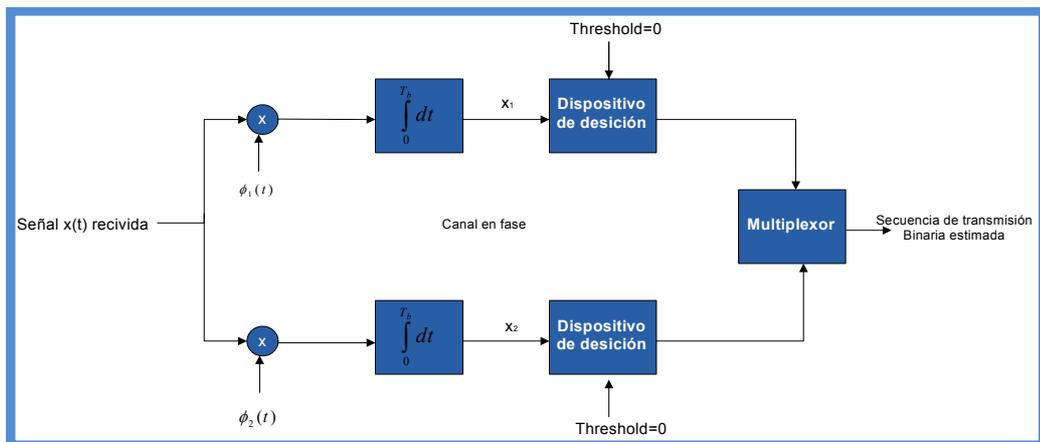


Figura 1.20.- Esquema de Receptor de señal QPSK.

Se tienen las variaciones QPSK Offset, $\pi/4$ Shifted QPSK y DQPSK. Las características espectrales y eficiencia espectral tanto de BPSK como de QPSK se las puede apreciar del gráfico correspondiente de una señal M-ary PSK.

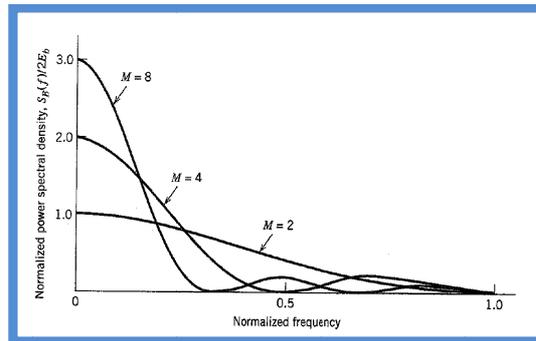


Figura 1.21.- Características espectrales y eficiencia espectral

Eficiencia de ancho de banda para señal M-ary PSK						
M	2	4	8	16	32	64
ρ (bits/s/Hz)	0,5	1	1,5	2	2,5	3

Tabla 1.9.- Eficiencia de ancho de banda para señal M-ary PSK.

QAM.

La modulación de amplitud en cuadratura es un sistema de modulación en el cual los datos modulan la amplitud de dos ondas sinusoidales con una diferencia de fase de 90 grados.

$$S_k(t) = \sqrt{\frac{2E_0}{T}} a_k \cos(2\pi f_c t) - \sqrt{\frac{2E_0}{T}} b_k \sin(2\pi f_c t), \quad 0 \leq t \leq T$$

$$k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Siendo a_k y b_k enteros. En tal diagrama los puntos se arreglan en una rejilla cuadrada con igual espaciado horizontal y vertical (otras configuraciones diferentes a una cuadrada son también posibles). En una comunicación QAM

cuadrada, el número de puntos en la rejilla será generalmente una función de la potencia de 2 (2, 4, 8, etc). Las configuraciones más comunes son 16-QAM, 64-QAM, 128-QAM y 256-QAM.

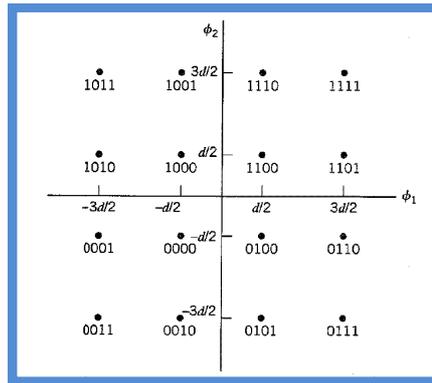


Figura 1.22. Diagrama señal espacio para M-ary QAM para M=16.

Mientras más alto es el orden de la modulación QAM, mayor será la velocidad de transmisión de datos pero también aumenta la probabilidad de error por lo que se hace necesario compensarlo con un aumento en la energía promedio. La probabilidad de error para M-ary QAM viene dada por la expresión:

$$P_e \cong 2 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{M}} \right) \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{3E_{av}}{2(M-1)N_0}} \right)$$

Donde E_{av} es la energía promedio

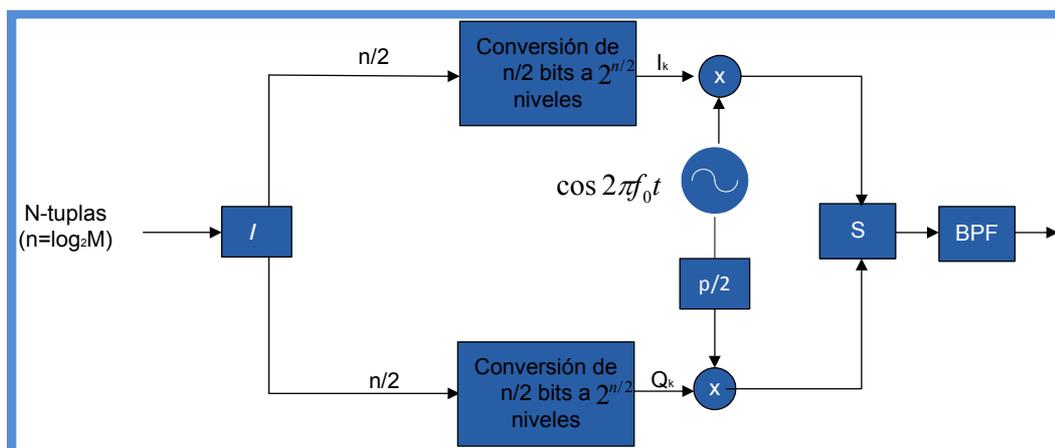


Figura 1.23. Diagrama de bloques de un modulador QAM.

1.4.3.- TECNICA DE CORRECCION DE ERRORES.

Las técnicas de corrección de errores se incorporan en Wimax para mejorar los requerimientos de relación señal ruido. El FEC (Forward error Control), Strong Reed Solomon, la codificación convolutiva y otros algoritmos son usados para detectar y corregir errores, mejorando la velocidad de salida (throughput). Estas técnicas de corrección ayudan a recuperar tramas erróneas que pueden haber sido perdidas por desvanecimientos o ráfagas de errores. El ARQ (Automatic repeat request) es usado para corregir errores que no pueden ser corregidos por el FEC.

1.4.4.- CONTROL DE POTENCIA.

Los algoritmos de control de potencia son usados para mejorar el rendimiento del sistema. Estos son implementados por la estación de base, la cual envía

información sobre el control de potencia a cada CPE para que regule su nivel de potencia de transmisión, de forma que el nivel recibido en la estación de base sea de un nivel predeterminado. En ambientes con cambios dinámicos por desvanecimiento (fading) este nivel predeterminado significa que el CPE sólo puede transmitir suficiente potencia para llegar a este requerimiento. El control de potencia reduce sobre todo el consumo de potencia del CPE y la potencial interferencia con otras estaciones base co-localizadas. Para LOS, la potencia transmitida por el CPE es aproximadamente proporcional a la distancia a la estación base. Para NLOS esto depende altamente del nivel de obstaculización existente.

1.4.5.- SISTEMA DE ANTENAS. ARREGLO ADAPTIVO

Los sistemas de arreglo de antenas adaptivas (Adaptive Array Antenna) son una parte opcional del estándar 802.16. Estos sistemas representan actualmente la más avanzada tecnología de antenas inteligentes (Smart Antennas). Estos, tienen propiedades de conformar haces (beamforming) que permiten orientar el haz principal de la antena hacia una determinada localización. Esto significa que mientras están transmitiendo, la señal puede ser limitada a la dirección requerida por el receptor. Estos sistemas también tienen propiedades de supresión de la interferencia co-canal con lo cual consiguen además mejorar la relación señal ruido SNR. El uso de estas antenas va ligado normalmente al empleo de la tecnología 'MIMO' (Multiple

Input/Multiple Output). Esta tecnología presenta una serie de ventajas sobre el procesamiento de diferentes señales. La principal es la diversidad de antenas y la multicanalización espacial. Al usar varias antenas separadas espacialmente, MIMO ofrece la capacidad de recibir datos coherentemente desde varios caminos o rutas (multipath). Esta información es procesada gracias al uso de procesadores digitales DSP's con elevadas capacidades de procesamiento. En el enlace de bajada (downlink) la amplitud y la fase de las señales enviadas desde el arreglo de antenas de la estación de base es ajustada de forma que se combinan coherentemente en el CPE. Esta tecnología adaptativa mejora la SNR.

En el enlace de subida (uplink), la señal enviada por el CPE a la BTS (Base Station), experimenta un procesamiento espacio-tiempo donde la BTS ajustará la ganancia y fase de cada antena. Otra de las ventajas que añaden este tipo de sistema, es que gracias a no necesitar emplazamientos relativamente altos para conseguir la cobertura adecuada, se evita el "bombardear" a los sistemas adyacentes con lo cual se mejora el factor de rehuso de frecuencia, o lo que es lo mismo se consigue aumentar la capacidad de la red.

CAPITULO II

ANALISIS DE MERCADO

2.1.- ANALISIS DE MERCADO EN EL ECUADOR

Las telecomunicaciones se han convertido actualmente en un punto crucial del desarrollo económico y social de todos los países. Se ha demostrado que la libre competencia, una regulación sólida, así como las nuevas tecnologías benefician a los consumidores finales y a las sociedades en su conjunto fortaleciendo una tendencia de conseguir precios bajos, productos y servicios nuevos y mejores.

Desde el año 2001, momento de la apertura del mercado de las telecomunicaciones en el Ecuador, el número de empresas y servicios se multiplicaron en el país. Así, en un periodo de aproximadamente 7 años, han iniciado operaciones: una nueva empresa de telefonía móvil avanzado, tres empresas proveedoras de servicios en la banda de 3.5 GHz, un número interesante de proveedores de Servicios de Valor Agregado, principalmente el de acceso a Internet y una empresa que provee acceso internacional mediante un cable submarino directamente instalado en las costas ecuatorianas. De todos los servicios disponibles, el de la telefonía celular es que ha tenido el mayor crecimiento tanto en número de usuarios y de ingresos produciendo un cambio radical en la distribución del mercado. Así

mientras en el año 2001 los ingresos de la telefonía fija representaban el 60% del mercado total versus la telefonía móvil que representaba un 31%, a finales del 2007 los ingresos de las móviles superan a las fijas en una proporción de casi 4 a 1. Se estima que para el 2010 la telefonía móvil seguirá liderando el mercado con el 61% de participación.

Otro servicio que se espera tenga un importante crecimiento en el mercado lo representa el Acceso a Internet, el mismo que impulsado por el inicio de operaciones de una salida internacional submarina generará un aumento de la penetración mayor al 15% para el año 2010.

Algunas estadísticas de servicios de telecomunicaciones en el Ecuador hasta diciembre 2007 se muestran en las figuras 2.1 a 2.10.

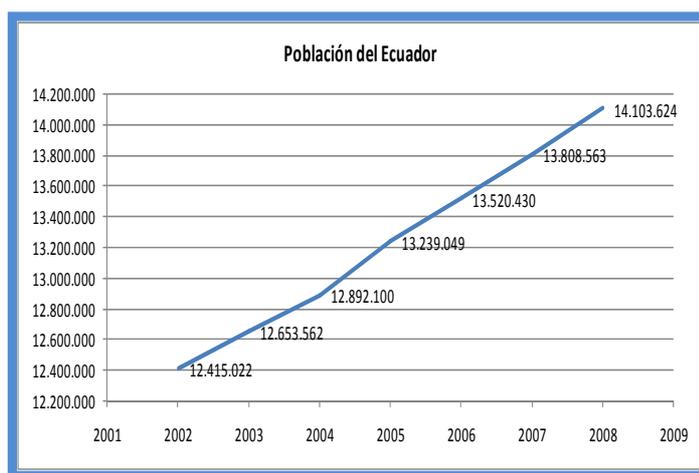


Figura 2.1.- Crecimiento de la población en Ecuador

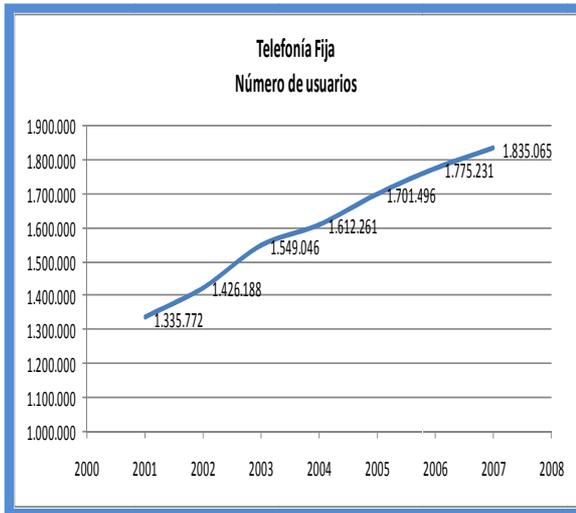


Figura 2.2.- Número de usuarios Telefonía Fija.

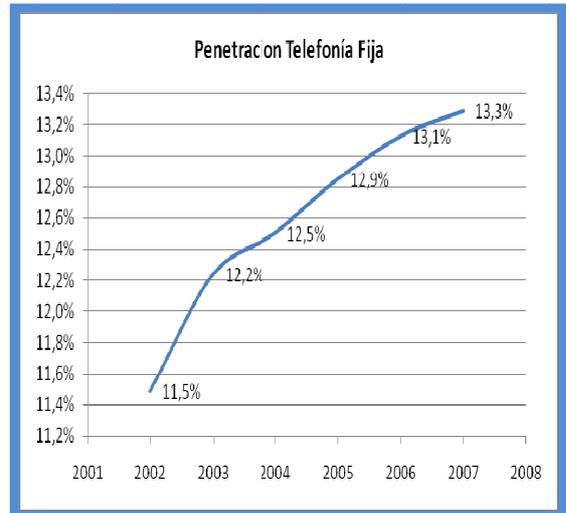


Figura 2.3.- Penetración de Telefonía Fija.

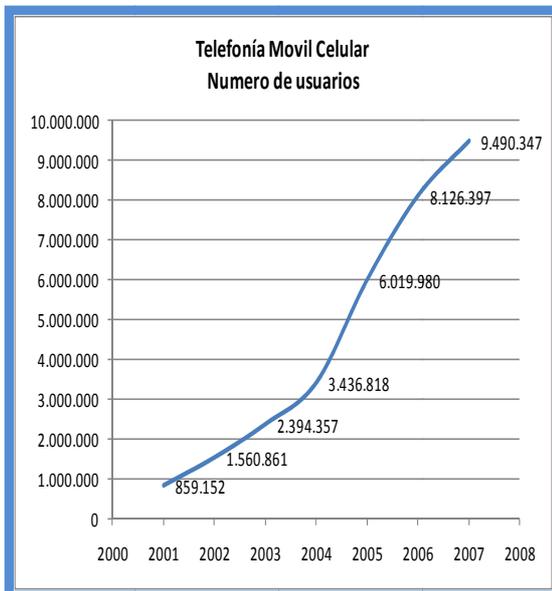


Figura 2.4.- Número de usuarios Telefonía Móvil.

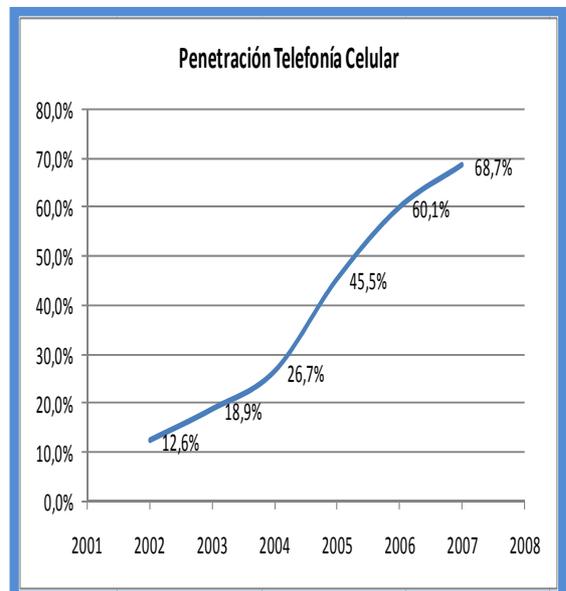


Figura 2.5.- Penetración de Telefonía Móvil.

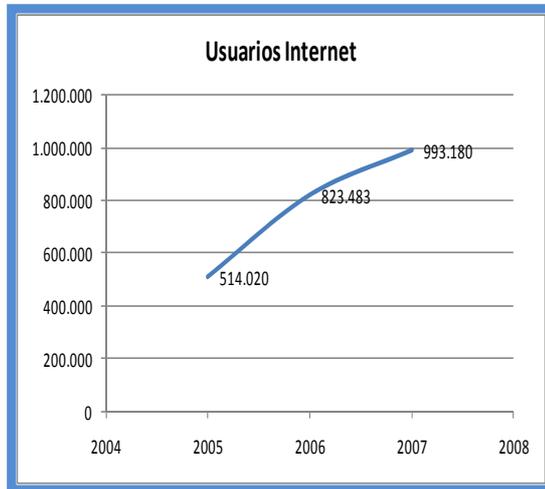


Figura 2.6.- Número de usuarios Internet.

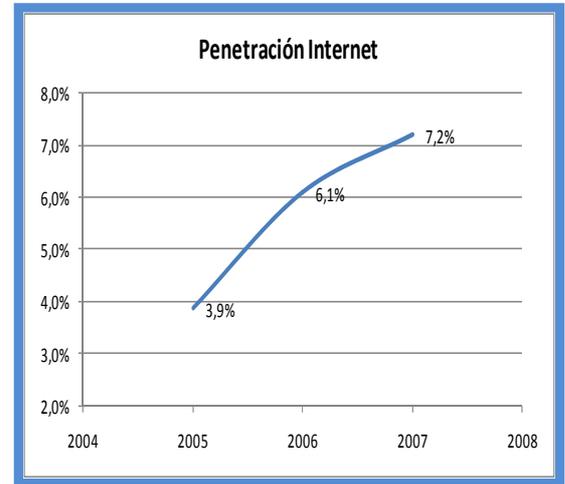


Figura 2.7.- Penetración de Internet.

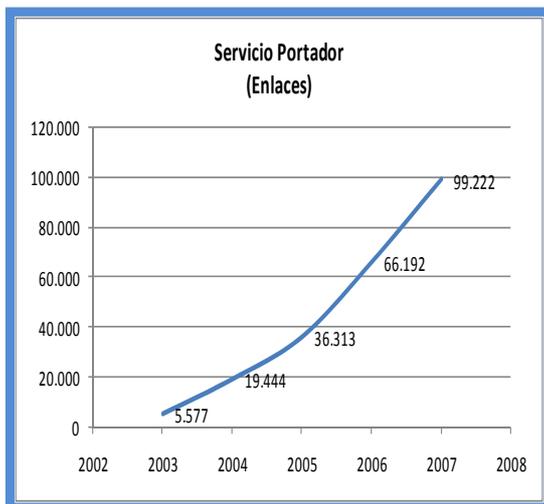


Figura 2.8.- Enlaces de servicio Portador.

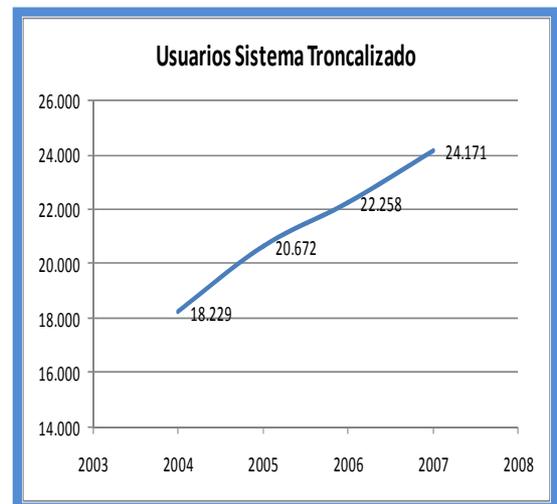


Figura 2.9.- Usuarios de sistema Troncalizado.

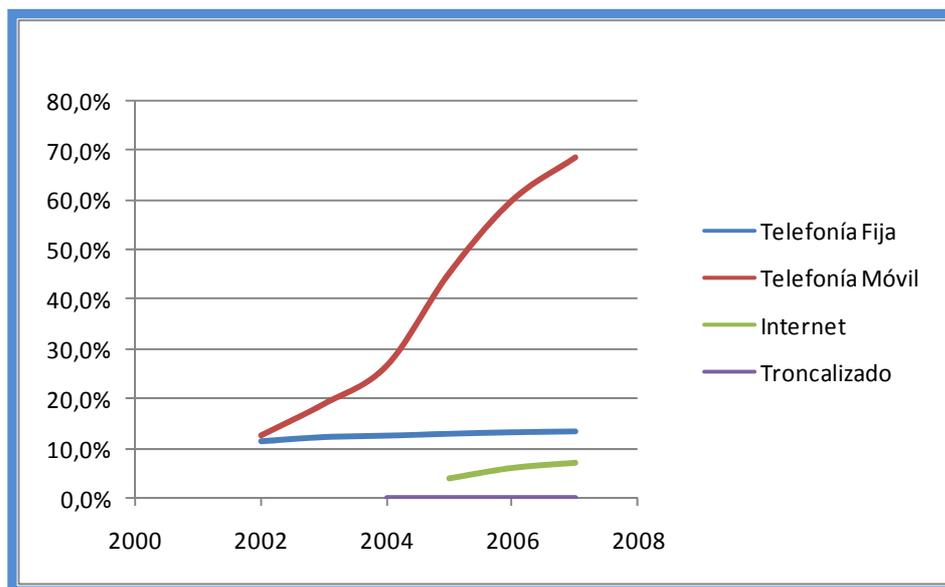


Figura 2.10.- Número de usuarios de servicios de telecomunicaciones por sector.

2.2.- LA COMPETENCIA DEL MERCADO DE TELECOMUNICACIONES EN EL ECUADOR.

Al momento, en el transcurso del año 2009 hay más de 100 operadores habilitados para prestar servicios de telecomunicaciones en Ecuador, distribuidos según el tipo de servicios de la siguiente manera:

Operadores de telefonía fija local y larga distancia. CNT, Etapa Telecom, Linkotel, Ecuador Telecom (Telmex), Setel.	Operadores de servicio portador: 18 Conecel (Porta), Ecuador Telecom (Telmex), Etapa, Grupo Bravco, Megadatos, Otecel (Movistar), CNT, Punto Net, Setel, Suratel, Telconet, Transelectric, Global Crossing
Operadores de telefonía móvil celular y servicio móvil avanzado : 3 Otecel (Movistar), Conecel (Porta), Telecsa (Alegro).	Operadores de valor agregado: 144 Proveedores de Servicio Internet – ISP:113 Proveedores de Audio Texto: 27 Otros: 4

Tabla 2.1.- Proveedores de servicios de Telecomunicaciones en el Ecuador.

Los más representativos como Proveedores de Servicio Portador y de Acceso a Internet, por la cantidad de suscriptores que poseen, son: CNT, Suratel, Alegro, Megadatos, Lutrol, Punto Net, Telconet, Panchonet, Etapa Telecom, Ecuador Telecom (TELMEX), Porta, Movistar y Satnet.

La operadora incumbente CNT, continúa con el mayor número de abonados de telefonía fija en sus regiones de cobertura, seguidos por la empresa Etapa.

En el mercado de la telefonía de larga distancia internacional permanece todavía como líder CNT, seguidos por los operadores celulares. Actualmente toda empresa poseedora de una licencia de telefonía fija o celular está autorizado para cursar tráfico telefónico internacional a sus propios abonados.

Las operadoras SETEL, del grupo TV Cable, y Ecuador Telecom (Telmex) han orientado la prestación de sus servicios de telefonía, usando arquitecturas basadas en redes NGN. Ecuador Telecom está actualmente instalando agresivamente una red HFC en Guayaquil y Quito para un estimado de 900.000 abonados sobre los que proveerá servicios triple play, mientras que TV Cable compite en precios con una oferta similar.

El mercado del servicio de acceso a Internet es grande en proveedores, más de 100, donde se destacan 15 empresas (ISPs). El servicio Portador de banda ancha se concentra actualmente en cuatro operadores: Telconet con infraestructura IP y SDH, C.N.T. con su acceso xDSL, Suratel, una empresa del grupo TV Cable con su acceso de cable-módem y Ecuador Telecom con su red HFC y servicios con red NGN. Estos cuatro operadores concentran alrededor del 80% del mercado. Al momento, Suratel, en razón de su introducción temprana de servicios, lidera el mercado. El resto de operadores consolida el 20% del mercado en forma dispersa. En este último grupo se encuentran, Alegro, Etapa, Porta, Movistar entre los más representativos (Las empresas celulares están incursionando muy agresivamente en la provisión de servicio portador y acceso a internet). Tanto Etapa Telecom como CNT están actualmente migrando su oferta de servicios sobre redes tipo NGN, esta ultima combinando accesos alámbricos con inalámbricos en la banda de 3.5 GHz.

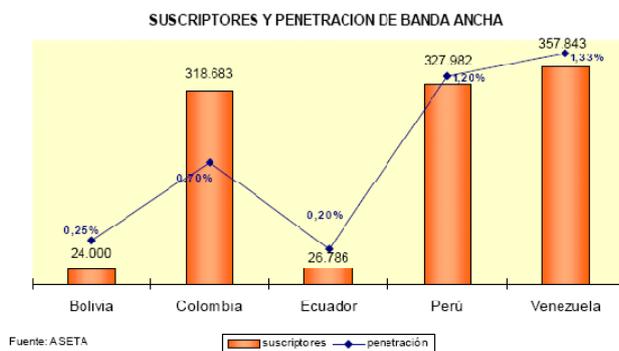
La franja de los servicios de datos empresariales, está atendida por operadores como: Telconet, Global Crossing (Impsat), CNT, Suratel, Megadatos, Access RAM, entre otros. El mercado de la televisión por suscripción es liderado por TV Cable, seguido de Univisa, Ecuador Telecom (TELEMEX), etc.

Los otros servicios que hacen parte de la cadena de suministro de servicios de banda ancha, como son el Hosting, los data centers, los portales de e-commerce, y en general los de contenido, permanecen en una fase incipiente.

El acceso a Internet en el Ecuador se encuentra en una franca fase de despegue con un alto potencial para el desarrollo de accesos de Banda Ancha y telefonía IP. La penetración actual de Internet en Ecuador es la menor, respecto a los países andinos¹⁴, tanto en banda angosta como en banda ancha. Actualmente las conexiones de Cable Modem superan a las de xDSL, sin embargo, se espera que en corto plazo la relación se invierta.

El servicio clásico de transmisión de datos punto a punto, basado principalmente en enlaces de radio en la banda de 900 MHZ, para conexiones dedicadas a usuarios corporativos o grandes clientes, ha sido desplazado muy rápidamente por sistemas de acceso inalámbricos en las bandas de 3.5 GHz y 5.8 GHz que combinado con servicios portadores

14 Fuente ASETA.



usando fibra óptica permite capacidad de transporte nacional e internacional de muy variada velocidad

La siguiente gráfica muestra el estado de madurez y el tamaño relativo de los diferentes servicios que conforman el mercado de las telecomunicaciones en el Ecuador a finales del 2006.

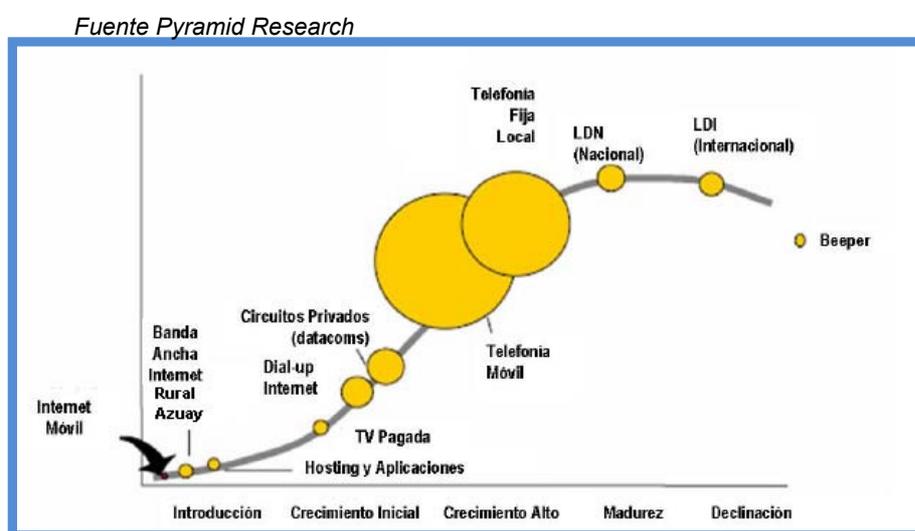


Figura 2.11.- Crecimiento de la Telecomunicaciones.

Teniendo en cuenta el grado de madurez de los servicios de la telefonía tanto fija como móvil y la relativa pequeña penetración del servicio de acceso a internet, es en este último donde surgen las mayores oportunidades. Las nuevas tendencias apuntan hacia la provisión de paquetes (Bundle) de servicios como el “Triple Play”, que integran la telefonía, el Internet y la TV.

El creciente mercado de banda ancha ofrece grandes oportunidades para el sector, esto es, para los proveedores de tecnología, servicios profesionales, software y en particular para los operadores de telecomunicaciones que en el caso de los incumbentes aprovecharan fundamentalmente su infraestructura alámbrica ya implementada en la provisión de los nuevos servicios. Los operadores entrantes, como los de televisión por suscripción, los de servicios de acceso a Internet, con proyectos de implementación de infraestructura tanto alámbrica como inalámbrica tendrán las mejores oportunidades de beneficiarse de la ola de la banda ancha.

Los operadores que no poseen infraestructura alámbrica pueden actualmente hacer uso de tecnologías de acceso inalámbrico como WiMax que se presenta como una alternativa con un gran potencial de éxito en la provisión de los servicios de banda ancha.

El inicio de operaciones del operador de acceso al backbone internacional de Internet en el Ecuador desde noviembre del 2007 y la implementación de los nuevos proyectos de infraestructura de servicios portador y acceso empujará hacia la baja los costos de los servicios con el consecuente beneficio del usuario final.

Otra tecnología que está surgiendo de manera agresiva es el de la telefonía IP¹⁵, innovadora modalidad que incursionó inicialmente en el mercado de larga distancia internacional. Esta modalidad será de gran importancia no solo en el mercado internacional sino en los mercados domésticos. En Ecuador los nuevos operadores habilitados para servicio telefónico local y LDI han adquirido plataformas NGN cuyo principal elemento lo constituye un Softswitch. Algunos analistas internacionales como IDC, prevén un crecimiento anual acumulado de este servicio del 50% a escala global en los próximos 5 años. La telefonía IP, gradualmente reemplazará a la telefonía convencional TDM, propiciando un nuevo mercado, el cual se combinará con la telefonía móvil, mediante el surgimiento de una nueva arquitectura de red llamada IP Multimedia Subsystem – IMS.

2.3.- MERCADO POTENCIAL.

La estimación de la cantidad de usuarios potenciales de telecomunicaciones para la ciudad de Guayaquil aplicable se aproxima considerando el aporte de telecomunicaciones al PIB y el consumo promedio de telecomunicaciones¹⁶.

¹⁵ El tráfico de voz basado en la conmutación tradicional TDM está cayendo a una tasa anual del 5% (en el Ecuador, para el tráfico internacional cursado en el 2004 correspondió a 1.258 millones frente a 1.216 millones del 2005). Esta tendencia es irreversible y obedece al hecho de que la tecnología de la telefonía IP es cada vez más sólida e irrumpe con muy bajos precios. En la medida que los operadores incumbentes acojan la tecnología y los países clarifiquen la normatividad alrededor de la telefonía IP, ésta ganará cada vez una mayor penetración de mercado. Se proyecta crecimientos anuales del 30%-35% a nivel internacional para esta tecnología

¹⁶ Se considera en el cálculo dólares del año 2000 tanto para el PIB como para el consumo promedio

$$\text{Numero de Usuarios (Objetivo)} = \frac{\text{PIB Telecomunicaciones (\$)}}{\text{Consumo Promedio (\$/Usuario)}}$$

De estos usuarios potenciales se estima el número de usuarios potenciales a nivel nacional:

$$\text{Usuarios potenciales} = \text{Usuarios objetivo} - \text{Abonados totales de telefonía fija y móvil}$$

Se considera que un 30% de los usuarios potenciales totales corresponden a la ciudad de Guayaquil y que estos se repartirán en un 95% en las empresas de telefonía, valor agregado y portadores ya establecidos por lo que queda un 5% para la nueva empresa EGDTelecom. En la tabla 2.2 se puede observar la proyección de demanda para los primeros 10 años de operación.

Durante la fase inicial del diseño se ha proyectado ofrecer los servicios en los sectores de mayor crecimiento de la ciudad de Guayaquil, como son la zona industrial de las vía a Daule, Perimetral y alrededores, así como la zona céntrica de la urbe, este último lugar donde la regeneración urbana no facilita la expansión de redes alámbricas, lo cual es una gran oportunidad para el modelo de negocio escogido.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
				0	1	2	3	4	5
PIB (Millones *)	20.747	21.555	22.127	23.067	23.943	24.853	25.798	26.778	27.795
PIB Telecomunicaciones (Millones *)	788	819	841	877	910	944	980	1.018	1.056
Consumo Prom. Telecom (Dolares*/Año)	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Población (INEC)	13.200.000	13.383.480	13.569.510	13.758.127	13.949.365	14.143.261	14.339.852	14.539.176	14.741.271
Usuarios Objetivo (Fijo + Movil)		11.701.540	12.011.595	12.521.981	12.997.817	13.491.734	14.004.420	14.536.588	15.088.978
Usuarios Telefonía fija	1.701.496	1.775.231	1.835.065	1.871.766	1.895.163	1.918.853	1.942.839	1.967.124	1.991.713
Usuarios Totales celular	6.019.980	8.126.397	9.490.347	9.857.735	10.239.345	10.635.728	11.047.546	11.475.122	11.919.344
		1.799.912	686.183	792.480	863.308	937.153	1.014.125	1.094.341	1.177.921
Backlog Guayaquil					302.158	328.003	354.944	383.019	412.272
Mercado Potencial (5%)					15.108	16.400	17.747	19.151	20.614
Usuarios Proyectados					3.022	4.920	6.212	7.660	9.276

(*) Dolares año 2000

Tabla 2.2.- Usuarios proyectados.

Las áreas de interés de cobertura inicial para los dos primeros años de servicio se los puede observar en la figura 2.12. En razón de los costos de los equipos de acceso se prefiere inicialmente captar clientes a quienes se les pueda proveer simultáneamente los servicios de telefonía y acceso a internet.

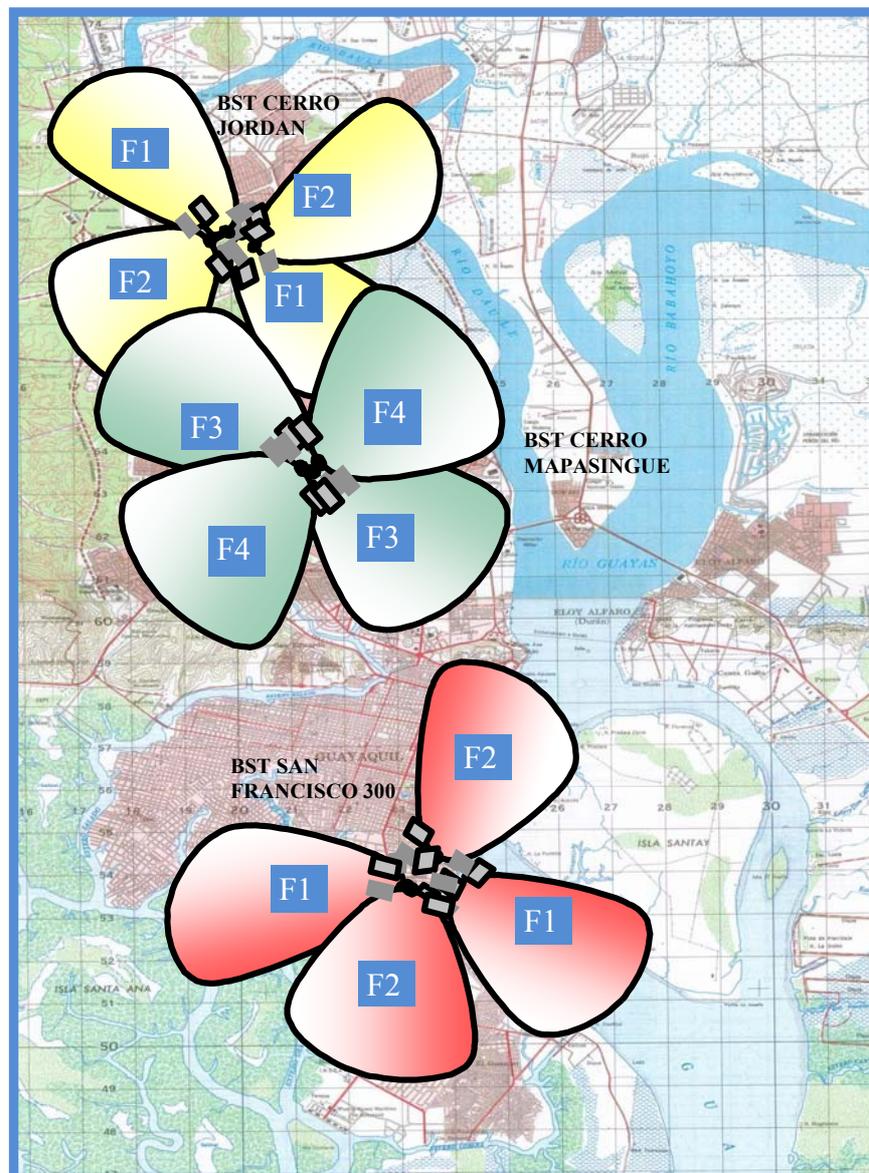


Figura 2.12.- Cobertura inicial del proyecto.

Los planes que se ofrecerán con sus precios se registran en la tabla 2.3. Se considera que estos precios son muy competitivos respecto de los operadores establecidos.

Servicio	Precio
Acceso a Internet	
Residencial 1 (100Kbps/75Kbps)	15,00
Residencial 2 (300Kbps/75Kbps)	17,00
Soho's (500 kbps/175Kbps)	60,00
Pyme's (700 kbps/175Kbps)	130,00
Corporativo (1100kbps/300Kbps)	200,00
Cyber-Locutorio (1100kbps/300Kbps)	150,00
Ultima milla (otros ISPs)	
Servicio ultima milla	55,00
Telefonía local	
Residencial 1	10
Residencial 2	10
Soho's	25
Pyme's	40,00
Corporativo	47,00
Cyber-Locutorio	45,00
Telefonía Internacional	
Plan 1 (300 min para EEUU y España)	15,00
Plan 1 (500 min para EEUU y España)	25,00
Transmisión de datos (VPNs)	
Servicio VPNs	150,00
Web Hosting	
Alojamiento y correo	55,00

Tabla 2.3.- Servicios a ser ofertados.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1.- DESCRIPCION DEL SISTEMA

La tecnología para la provisión de los servicios de telecomunicaciones ha evolucionado hacia redes basadas en conmutación de paquetes por lo que el diseño propuesto se basa fundamentalmente sobre una plataforma IP¹⁷. La principal ventaja de contar con una red integrada para proveer servicios múltiples es su simplicidad y facilidad en la gestión de operación y mantenimiento.

El modelo de arquitectura seguido es el de una red de nueva generación (NGN) que facilita la creación y la implementación de nuevos servicios bajo la premisa de una independencia de las capas de transporte y acceso (incluyendo los terminales de los usuarios finales). La arquitectura de la red se ha diseñado a partir de interfaces y protocolos abiertos basados en normas o estándares. Esta forma de estructura permite una gran flexibilidad para el desarrollo de nuevos servicios para responder rápidamente a las exigencias del mercado y a los requerimientos de servicio de terceras

¹⁷ Actualmente en el Ecuador, la infraestructura disponible para los servicios de telefonía fija se compone en alto porcentaje en tecnologías y sistemas basados principalmente en conmutación de circuitos

empresas para aquellos casos en que el operador tenga una política de alquiler de su red. Las partes que conforman el sistema lo constituyen:

Núcleo (CORE).

El núcleo corresponde a la parte central de la red. Está conformada por elementos de conmutación de paquetes que permiten el enrutamiento de los datos (incluye telefonía) entre abonados del propio sistema o de sistemas externos. En el núcleo se instala la central telefónica (softswitch), los enrutadores (routers), conmutadores de capa dos y tres (switches L2/L3), cortafuegos (firewall), granja de servidores para servicios de valor agregado y administrativos y los sistemas de seguridad para la protección del tráfico de datos. En el núcleo se tiene la conexión de salida hacia la nube de Internet, la interconexión con otros operadores de servicio telefónico y el centro de gestión de red (NOC).

La Red de Transporte.

Es una red de alta capacidad que conecta las estaciones de base con el núcleo. Para el diseño del proyecto, se consideró la implementación de un cableado de fibra óptica (1GigaBitEthernet) teniendo como respaldo (Backup) enlaces de radio con tecnología IP.

Red de acceso.

Consiste en la combinación de equipos de concentración y terminación de usuario. Los principales componentes son las estaciones de base que concentran el tráfico así como los dispositivos CPE (Customer Premise Equipment) instalados en el sitio del usuario final. Las estaciones de base y CPEs cumplen con lo siguiente: certificación del Foro WIMAX para operar en la banda de frecuencias de 3.5 GHz, el estándar IEEE 802.16 con esquema FDD, canales con anchura de banda de 3.5 MHz, cobertura tipo NLOS (Non Line of Sight) y LOS (line of Sight) de alrededor de 8 y 40 Km aproximadamente.

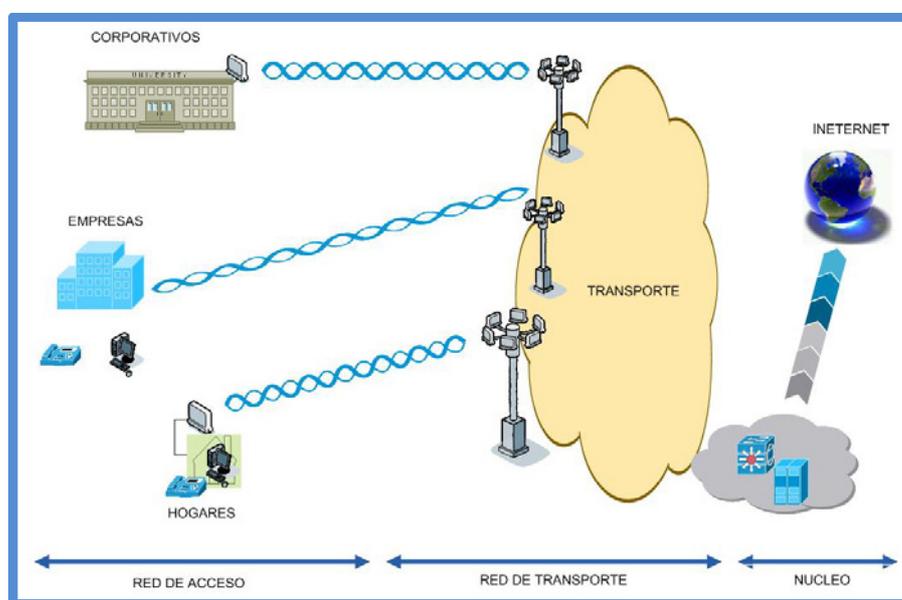


Figura 3.1.- Descripción del sistema.

Un diagrama específico aplicable al proyecto se muestra en la figura 3.1. Para el caso del diseño actual se ha considerado una red de transporte tipo estrella, aun cuando esta puede formar un anillo para proveer una mayor confiabilidad a la red.

Objetivos del diseño.

Se proyectará una red multiservicio con mínima inversión para atender una proyección de demanda en la ciudad de Guayaquil, esto es, la provisión de servicios de telecomunicaciones para 15.000 clientes en un periodo de 10 años. La red debe poseer las características de máxima disponibilidad, escalabilidad y facilidad de gestión.

La red facilitará la provisión de lo siguiente:

- Servicios de Telefonía Local y Larga Distancia Internacional (LDI) para clientes residenciales y corporativos en la ciudad de Guayaquil. Los clientes podrán realizar llamadas internacionales, locales a otros usuarios de la misma red y llamadas a abonados de otras empresas de telecomunicaciones.
- Acceso a la nube de Internet y servicios de valor agregado tanto a clientes propios como a clientes de otros proveedores de servicio.

- Provisión de redes privadas virtuales (VPN) y enlaces punto a punto para clientes corporativos.
- Interconexión con las empresas incumbentes de telefonía tanto fija como móvil celular (CNT, Ecuador Telecom (Telmex), Linkotel, Porta, Otecel y Telecsa).

El modo de funcionamiento de la red para la provisión de los servicios se implementará usando VLANs (Redes de área local virtuales), esto es, se asignará una Vlan para cada uno de los diferentes servicios ofrecidos. Se escogió este esquema en razón de que por un lado las estaciones de base no disponen de una capacidad grande de enrutamiento y por otro lado, una operación solo en capa 2 (sin vlans) expone a la red más fácilmente a problemas de tormentas de difusión de paquetes (broadcast) generalizados.

Los esquemas de solución se muestran en la figuras 3.2 y 3.3.

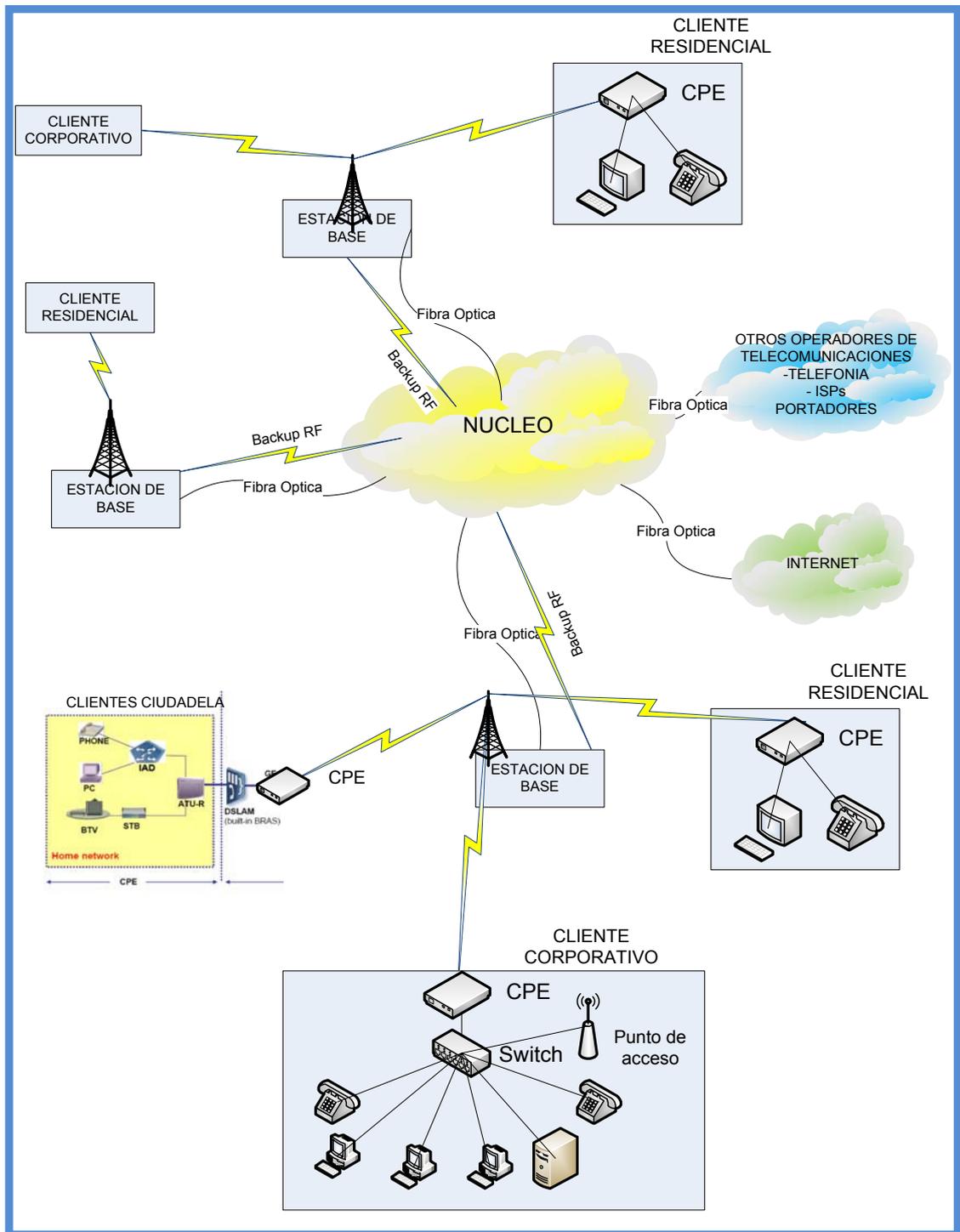


Figura 3.2.- Red Fisica Multiservicio.

Todo el tráfico de los clientes o subscribers (propios o de terceros), ubicados en un área determinada, se concentra en una estación de base. De esta manera se divide la cobertura de la ciudad por áreas. Generalmente y dado que las coberturas de las diferentes estaciones de base se superponen, ciertas áreas de la ciudad son cubiertas por más de una estación.

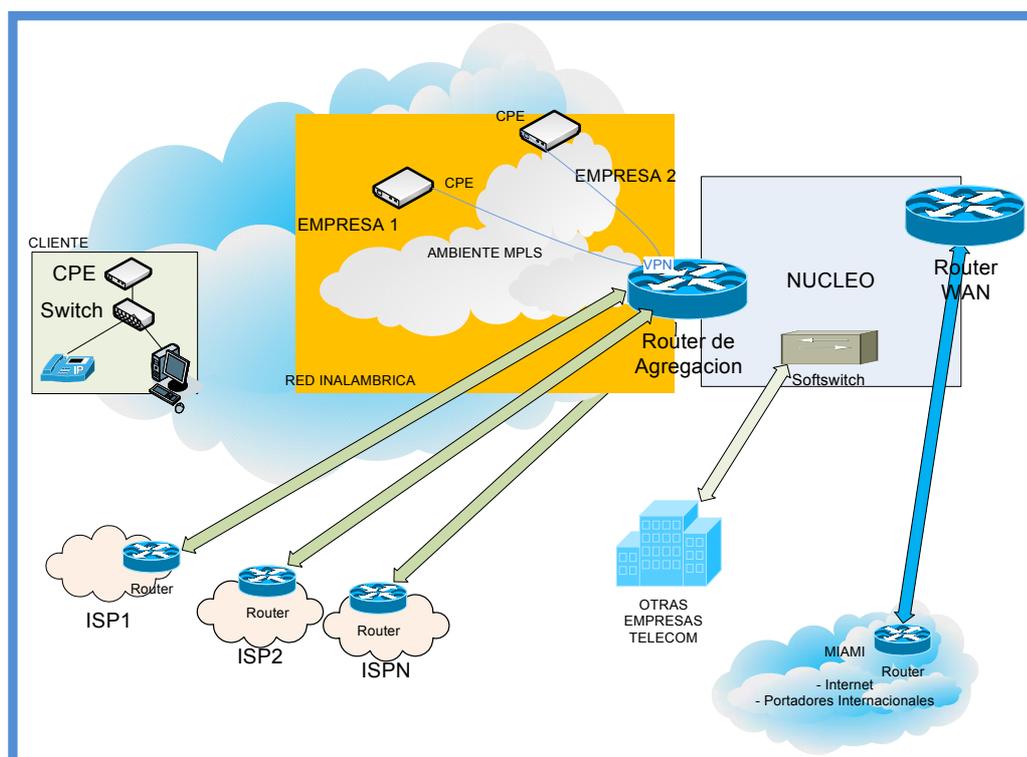


Figura 3.3.- Red Multiservicio (Arquitectura Lógica)

En el sitio de cada cliente se instala un equipo CPE (Customer Premise Equipment) que se conecta en forma inalámbrica con la estación de base usando sub bandas de frecuencia en la banda de 3.5 GHz. El tráfico concentrado en las bases es transportado vía fibra óptica hacia los enrutadores de agregación instalados en el núcleo en una configuración tipo

estrella (esto es, desde cada estación de base hasta el núcleo), donde los paquetes son clasificados según el perfil del cliente. Se ha proyectado la utilización de un enlace inalámbrico punto a punto IP en la banda de 15 GHz, por cada una de las estaciones de base, como respaldo en caso de interrupción de la conectividad de la fibra óptica.

El tráfico del servicio de acceso a Internet de los clientes propios se enrutan hacia/desde la nube de internet usando los enrutadores del núcleo enlazado con un enrutador localizado en las facilidades del proveedor del servicio en Miami (por ejemplo UUnet), mientras que el tráfico de los clientes de terceros ISPs se deriva desde el núcleo hacia los routers de dichos ISPs locales.

La provisión de telefonía a los clientes propios de EGDTelecom se lo realizará utilizando un softswitch como elemento central. La interconexión telefónica con abonados de otros operadores de telecomunicaciones se lo implementará mediante de enlaces E1's.

Las conexiones para un cliente corporativo serán ofrecidas usando conexiones VPN MPLS usando el router de agregación y los enrutadores ubicados en cada una de las oficinas del cliente.

En el núcleo de la red, los enrutadores de agregación tienen conectividad con un servidor AAA (Accounting, Availability, Authorization) que permite autenticar o identificar al suscriptor y autorizar los servicios contratados. Este servidor permite la conectividad con el enrutador de borde (ISP backhaul router) que a su vez enruta el tráfico hacia los otros ISPs, socios de EGDTelecom en el Ecuador. Las conexiones de enlace (backhaul) con estos ISPs socios son también implementados usando ya sea enlaces punto a punto inalámbricos en la banda de 15 GHz o enlaces de fibra óptica. Si el cliente es propio, el tráfico es dirigido hacia el enrutador VoIP que se enlaza con el enrutador del proveedor de servicio de nube de internet en Miami.

3.2.- DISEÑO DEL NUCLEO (CORE).

Los elementos más importantes dentro del núcleo en el presente proyecto son:

- Softswitch: Huawei SoftX3000
- Pasarela de medios (Media GateWay): Huawei UMG 8900
- Routers de Agregación: Cisco 7200/7600
- Routers WAN (Internet, VoIP internacional, otros ISPs) : Cisco 7200/7600
- Switches Ethernet de capa 2 y 3 : Cisco 3750/Tellabs 8606, Cisco 4507R
- Granja de Servidores: AAA, DHCP, WEB, DNS, etc

- Cortafuegos (Firewalls) : Cisco ASA5520-BUN-K9.

La arquitectura del núcleo para la oferta de los servicios se indica en las siguientes figuras.

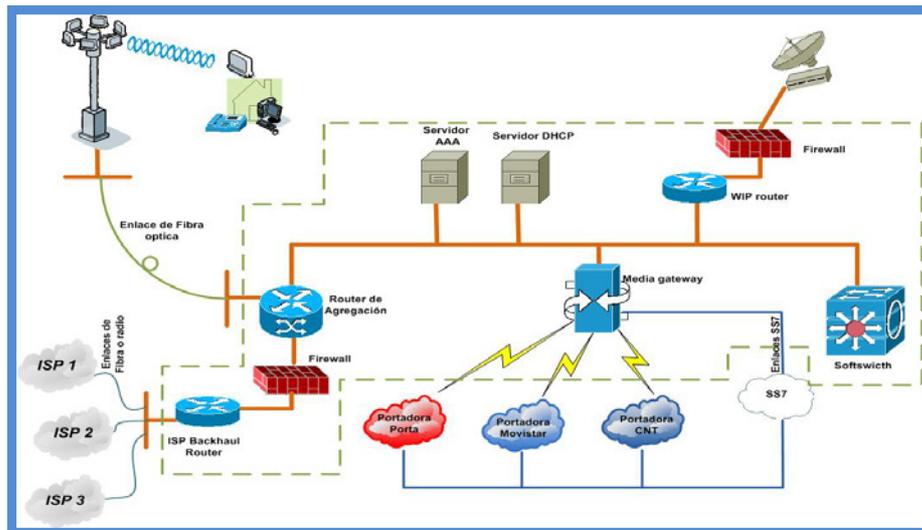


Figura 3.4.- Principales componentes del Núcleo (Core).

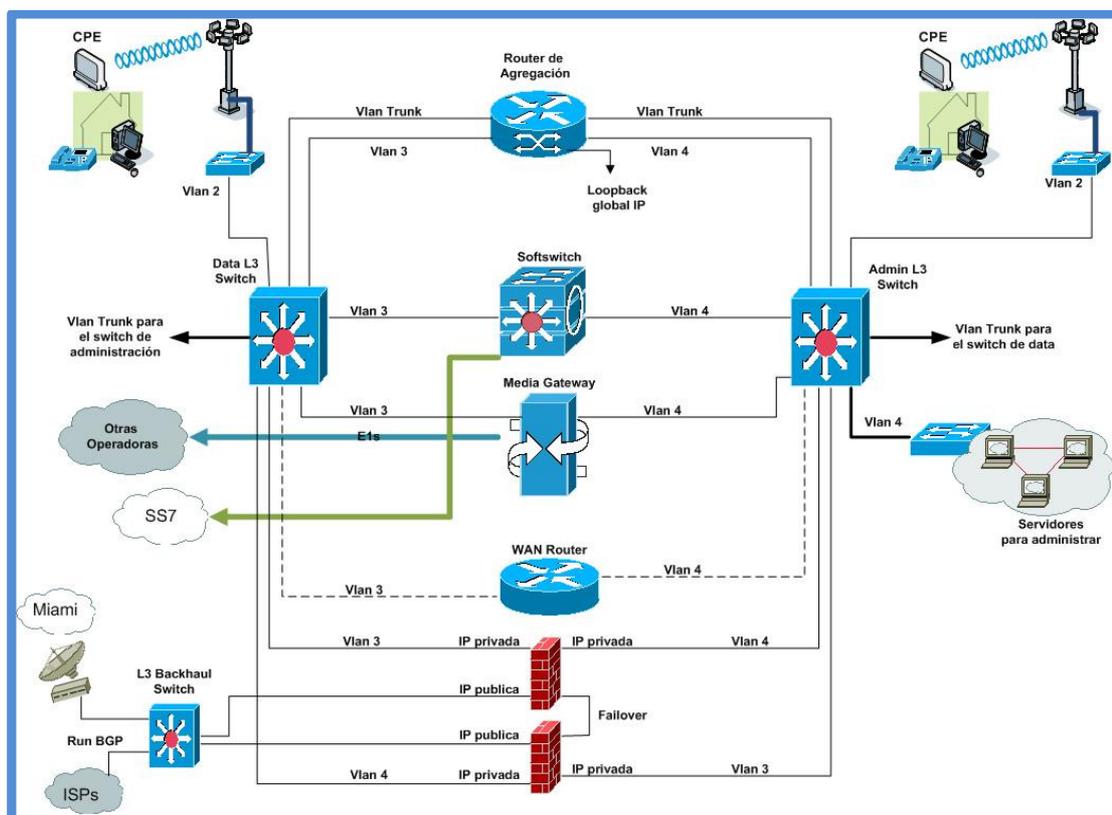


Figura 3.5.- Conexiones en el Núcleo.

El servicio de telefonía será manejado por el Softswitch SofXt3000 que incluye la pasarela de señalización (Signaling Gateway) y un controlador de pasarela (Gateway Controller también llamado Call Agent). La interfase para conexiones con los operadores de telecomunicaciones externos se lo realiza mediante una pasarela de medios (Media Gateway). Este dispositivo se encarga de implementar en tiempo real las funciones de control de llamadas, control de conexión, interconexión con otros dispositivos MG, asignación de recursos, procesamiento de protocolos, enrutamiento, autenticación, tarificación, etc. Permite la provisión de servicios básicos de voz, servicios

multimedia y provee interfaces de programación de aplicaciones (API) para interconexión con dispositivos Servidores de Aplicación.

El switch core es el encargado de brindar conectividad a todos los dispositivos del núcleo considerados en el diseño, distribuyéndose el tráfico en función del servicio requerido.

El router de agregación se encarga de concentrar el tráfico proveniente desde las diferentes estaciones de base y enrutarlos adecuadamente.

Los Firewalls son los dispositivos encargados de brindar seguridad a la red para impedir el ingreso de intrusos. Estos dispositivos contarán con funcionalidad NAT.

El VoIP Backhoul router (enrutador de borde) se encargara de encaminar el tráfico ya sea a los otros ISP o hacia la salida internacional para el Internet.

Los diferentes servidores cumplirán funciones específicas de acuerdo a sus requerimientos. Entre los servidores más importantes están: AAA (para validación y autenticación de clientes), DHCP (para asignación dinámica de direcciones IP), QoS Broker (Servidor de QoS), DNS (Resolución de direcciones), etc.

A continuación se describe el funcionamiento de dichos elementos en los respectivos servicios de voz y datos ofertados.

Servicio de Telefonía Local y Larga Distancia Internacional (VoIP).

El servicio tanto de telefonía local como de larga distancia internacional será manejado por el Softswitch que permite el intercambio de flujos de voz tanto entre dos abonados propios de EGDTelecom como entre un abonado propio y un abonado externo (cliente de un operador de telecomunicaciones externo). Dado de que el softswitch tiene conectividad con los CPEs, un equipo IAD o directamente un teléfono IP se debe instalar en el lado del abonado que le permita realizar las llamadas. La interconexión¹⁸ entre operadores será implementada mediante señalización SS7 usando enlaces de conexión E1's.

En el presente diseño, el softswitch, para el servicio de telefonía manejará los siguientes protocolos:

- H.248 para controlar las pasarelas de medios (media gateway MGW)
- SIP para controlar los teléfonos IP.

¹⁸ Alternativamente también se puede usar IP directamente.

- BICC o SIP-T para señalizar entre Controladores de Medios (MGC) o entre softswitch y servidores SIP Proxy
- H.323 o SIP para el control de llamadas internacionales a sus propios abonados

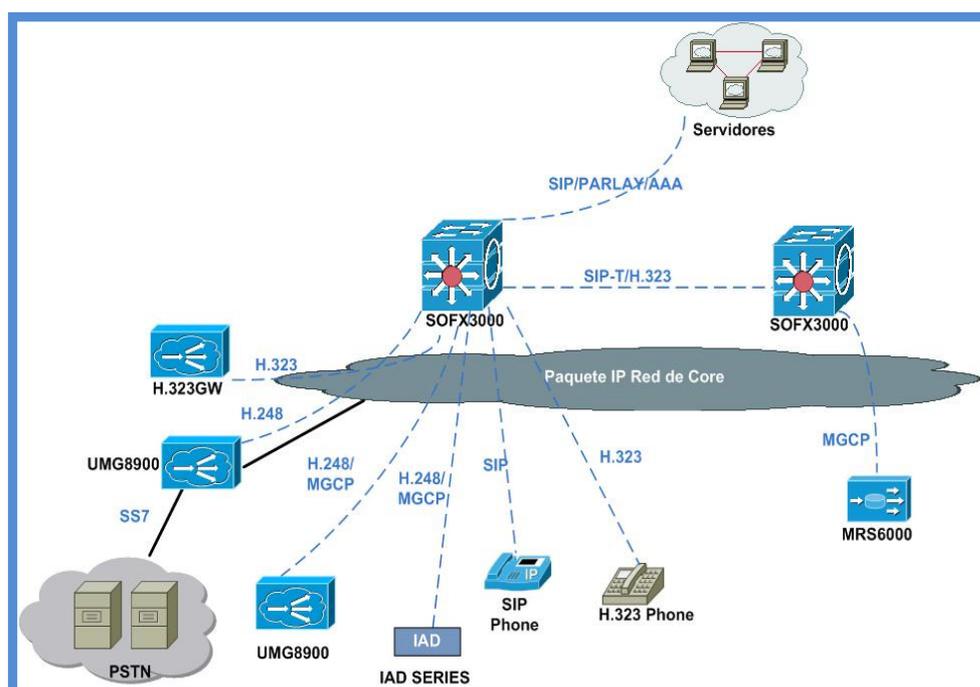


Figura 3.6.- Protocolos de Señalización para el servicio de telefonía

- Para el control de comunicaciones con otros operadores externos de telecomunicaciones (PSTN o privados) se señala con ISUP/SS7 por el lado de la conmutación de circuitos y con ISUP/IP (SIGTRAN) por el lado de la red IP¹⁹.

¹⁹ Esta conversión de protocolos lo hace el SG (signalling Gateway), que dispone de funcionalidades STP (Signaling Transfer Point) por el lado de circuitos y funcionalidades SIGTRAN por el lado IP. En este proceso de conversión la información inteligente de SS7 pasa intacta de un medio a otro, gracias al proceso de encapsulamiento establecido entre estos dos protocolos.

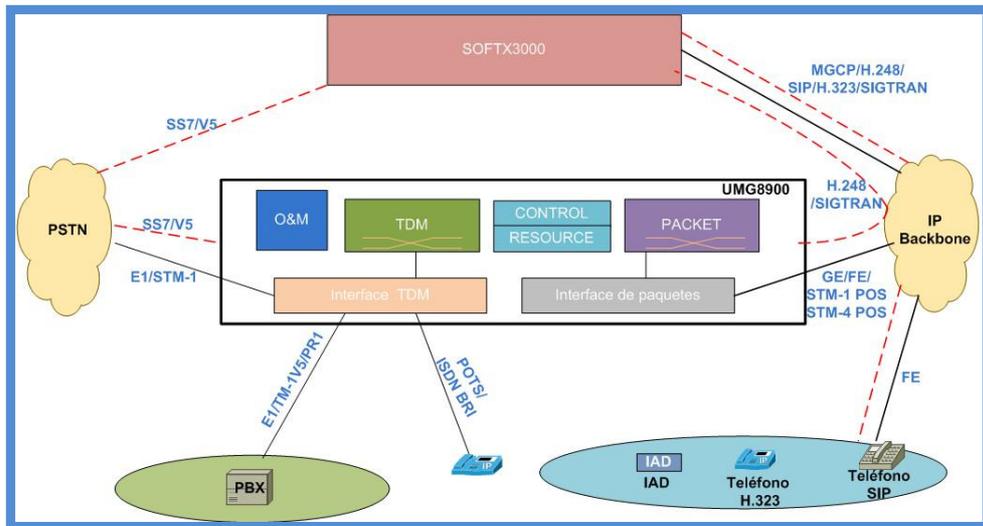


Figura 3.7.- Control de comunicaciones entre la red PSTN y NGN

El flujo de llamada entre dos abonados SIP propios de EGDTelcom se muestra en la figura 3.8.

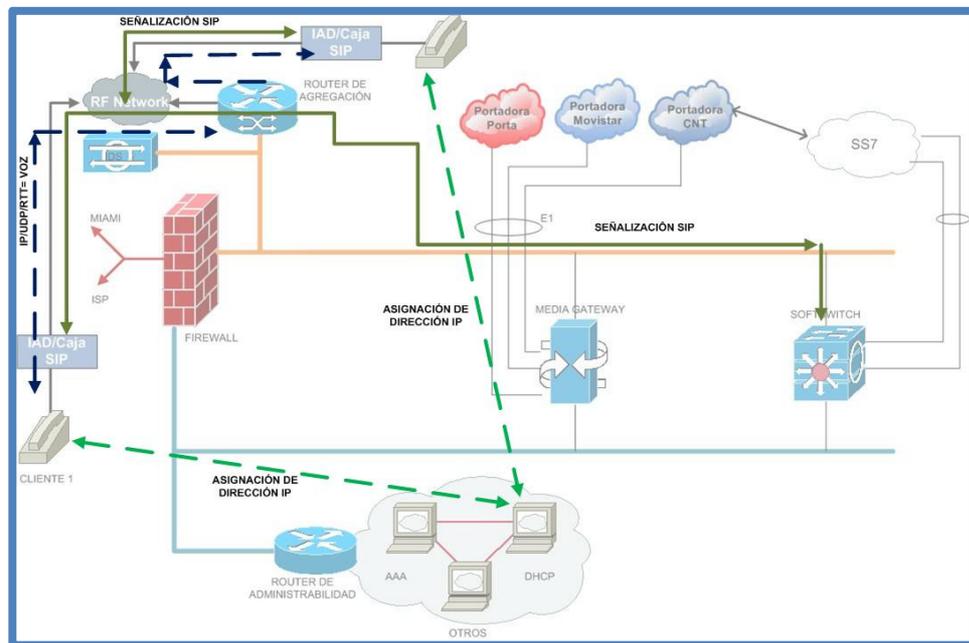


Figura 3.8.- Llamada entre dos clientes propios.

Para invocar servicios de valor agregado telefónicos desde bases de datos de red inteligente (SCP- Service Control Point) el softswitch señala a través del SG mediante SS7/INAP (Intelligent Network Application Part) hacia la parte IN (Intelligent Network) y mediante SIGTRAN hacia la parte IP

El flujo de llamada entre un abonado SIP propio de EGDTelecom y un abonado de un operador externo de telecomunicaciones se muestra en la figura 3.9.

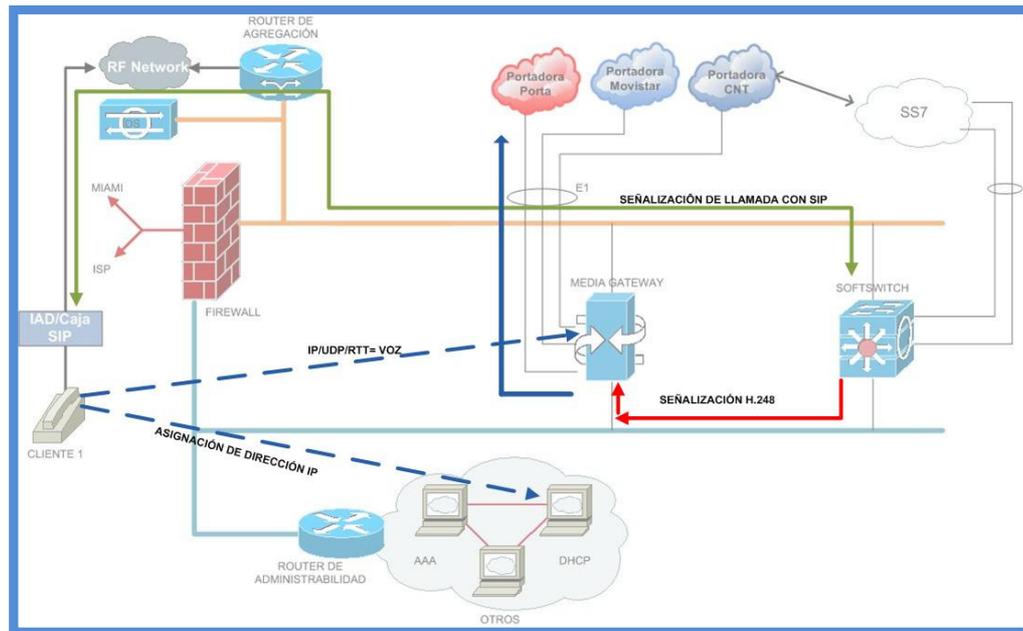


Figura 3.9.- Llamada hacia un operador externo.

El flujo de llamada internacional desde o hacia un abonado propio de EGDTelecom se muestra en la figura 3.10.

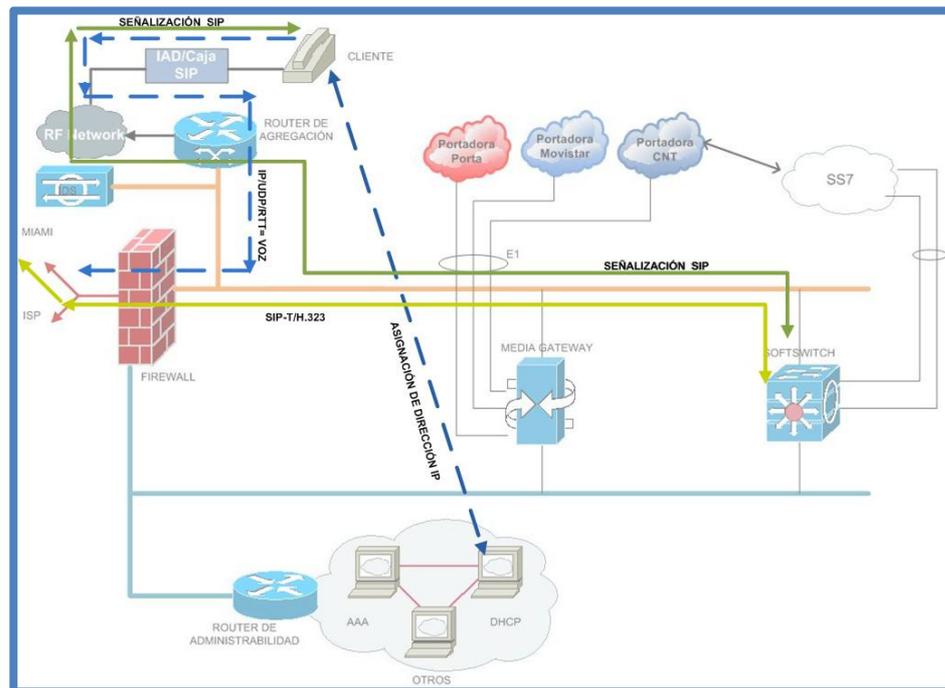


Figura 3.10.- Llamada Internacional. (eliminar H248)

La conectividad entre el núcleo y el proveedor en Miami, tanto para voz como para datos, se realiza mediante un enlace de fibra óptica. Se envía el tráfico internacional a través del enrutador de borde VoIP.

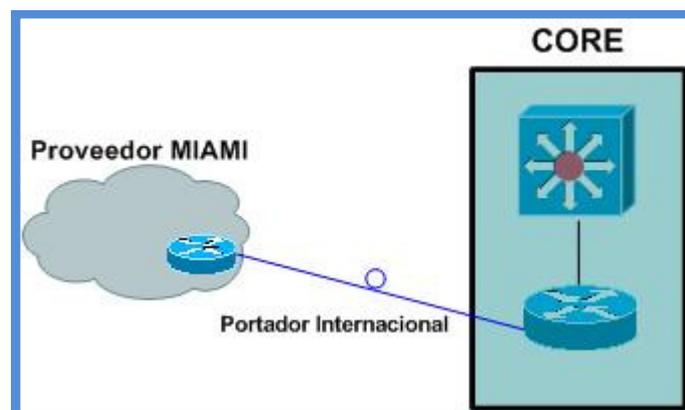


Figura 3.11.- Salida Internacional.

La conectividad entre la empresa y los operadores externos de telecomunicaciones se realiza mediante enlaces E1's. Uno de los canales se utiliza para la señalización SS7, uno para sincronismo y los 30 restantes para el tráfico de voz. Un solo canal SS7 puede servir para varios E1's.

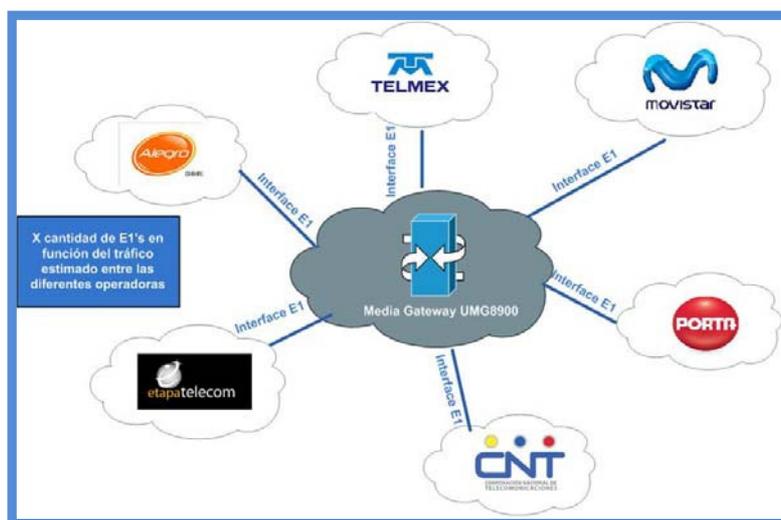


Figura 3.12.- Interconexión con otras operadoras.

QoS VoIP y consideraciones de Firewall.

Para abordar la integración de redes de voz y datos a través de una infraestructura de paquetes, se tiene que considerar varias limitantes que son propias del mundo IP y que son primordiales para tráficos de tiempo real

tales como el ancho de banda, los niveles de retardo, el jitter y la pérdida de paquetes²⁰.

Para ofrecer servicios diferenciados, los diferentes tráficos que abordan la red deben ser primero clasificados en grupos de paquetes específicos, luego marcados en base a prioridades y finalmente enviados a la red, esto es:

- El CPE debe soportar trunking con cualquier IAD mediante el protocolo 802.1Q y además debe ser capaz de priorizar el tráfico de VOZ .
- La estación de base que recibe el tráfico de voz y datos provenientes de diferentes CPE's debe ser capaz de identificar los paquetes de voz en capa 2 (802.1p) marcados y priorizar dichos paquetes, de esta manera el enrutador de agregación puede proveer un QoS apropiado hacia la red interna (núcleo).

²⁰ El ancho de banda necesario para la transmisión de la señal de voz es función directa del CODEC utilizado. En una red de voz convencional se utiliza 64 Kbps dedicados para transportar voz digitalizada, su calidad es muy buena pero su uso muy deficiente dado la habitual característica semiduplex de la conversación humana. En el mundo IP, caracterizado por un uso eficiente del ancho de banda, se da preferencia a métodos de codificación y compresión de voz más eficientes.

El retardo es la diferencia que existe entre el momento en que una señal es transmitida y el momento que una señal llega a su destino; el Jitter es la variación en el retardo

Los paquetes de datos no llegan a su destino en orden y mucho menos a una velocidad constante, pero el tráfico de los paquetes de voz lo debe tener. Para este propósito se usan los jitter buffer. Estos buffer pueden manejar unos 300 milisegundos y controlar esta variación para que la voz se escuche a velocidad constante. Si la llegada de paquetes es demasiado desigual el buffer no la alcanza a controlar y perderá paquetes, deteriorando la calidad de la voz. Si esta pérdida es superior al 5% la pérdida afectará al usuario. Cuando la pérdida de paquetes es inferior al 5 % los diferentes códec utilizados pueden corregir el error.

- El enrutador de agregación debe ser capaz de diferenciar el tráfico de voz y datos y enviarlo a los dispositivos apropiados. Este enrutador debe tener una capacidad de proporcionar una avanzada calidad de servicio QoS para cualquier tráfico. Tanto el switch de núcleo como el router VoIP deben proveer también servicio priorizado para los paquetes de voz.

La red diseñada garantizará retardos menores a 150 ms, jitter menor a 20 ms, y pérdida de paquetes menores al 2%. Se usará un Códec G729 con una compresión de 8 Kbps²¹ para optimizar el ancho de banda.

El softswitch seleccionado tiene un BHCA²² de 400k para voz y 100k para multimedia que provee suficiente capacidad para manejar una cantidad muy superior que el número de abonados proyectado en los 10 años de operación. La velocidad de procesamiento de las distintas pasarelas de

21

Codec	Tasa Bits	Muestreo	Intervalo Muestreo	MOS	Voice Payload	Voice Payload	Paquetes por segundo	Total de Paquetes Tamaño	BW Ethernet
	Kbps	Bytes	ms		ms	Bytes	PPS	Bytes	Kbps
G.711	64	80	10	4.1	20	160	50	218	87,2
G.729	8	10	10	3.92	20	20	50	78	31,2
G.723.1	6,3	24	30	3.9	30	24	34	82	22
G.723.1	5,3	20	30	3.8	30	20	34	78	21
G.726	32	20	5	3.85	20	80	50	138	55,2
G.726	24	15	5		20	60	50	118	47,2
G.728	16	10	5	3.61	30	60	34	118	31,9

22 El concepto de BHCA (Busy Hour Call Attempts) es la capacidad que tiene una central telefónica para intentar contestar una llamada en la hora pico pero no garantiza que la conecta con su destinatario final.

señalización y medios seleccionados no afectan en modo alguno la capacidad del softswitch

Consideraciones de direccionamiento IP.

Para llamadas locales, tanto dentro de la propia red como hacia otros operadores de telecomunicaciones se puede asignar direcciones IP privadas a los terminales de los usuarios finales sin ningún inconveniente.

Para llamadas de larga distancia internacional, se necesitará cursar tráfico a través del enrutador VoIP por lo que se debe asignar direcciones públicas a los puertos de dicho enrutador y de ser necesario a las pasarelas de medios (H.323). El cortafuegos (firewall) debe abrir los puertos H.323 o SIP-T según el caso para la comunicación (dependiendo del carrier internacional) y tener funcionalidad NAT, el resto de dispositivos en el core pueden tener direcciones privadas.

Consideraciones de Firewall.

Como se mencionó, el cortafuego deberá tener funcionalidad de NAT para este servicio ya que los dispositivos de usuario final tendrán direcciones privadas.

Servicio de Acceso a Internet .

Para el servicio de acceso a Internet, el diseño de la red contempla los casos de suscriptor propio y de suscriptor de un ISP tercero. Los suscriptores pueden contratar la velocidad de su conveniencia disponible de acuerdo a la estrategia comercial tanto de EGDTelecom como de las terceras empresas.

El acceso a Internet está controlado por parte del operador, en el núcleo de la red, a través de una plataforma de elementos necesarios para el control y gestión de usuarios, administración de direcciones IP, seguridad y contabilidad. Entre estos elementos están el servidor AAA que provee las funciones de Autenticación, Admisión y contabilidad (Accounting), el servidor DHCP que provee la administración de las direcciones IP.

Suscriptor propio.

El usuario final contará con un CPE el cual una vez que se enciende debe iniciar el proceso de autenticación y autorización para poder acceder a los diferentes servicios:

1. El CPE está configurado con un BS ID que le indica la estación de base (BS) en la cual debe registrarse y “engancharse”. La

BS se sincroniza con el CPE. La interface de aire (conexión inalámbrica) opera bajo Wimax.

2. Desde la BS hasta el enrutador de agregación los paquetes viajan por fibra óptica a nivel de capa dos (Ethernet) dentro de la respectiva VLAN de servicio creada, por lo que se debe configurar la modalidad VLAN Trunk en el enlace hasta el núcleo
3. Para la fase de autenticación, el terminal del usuario a través del enrutador de agregación que posee funcionalidad BRAS señala con el servidor AAA donde se valida su identidad y el perfil de servicios a los que tiene derecho este usuario. Como parte de la fase anterior, el servidor AAA interacciona con los servidores DHCP para obtener una dirección IP.
4. Como parte final de la fase de autenticación, el servidor AAA notifica al BRAS y este al Terminal la validación de su identidad y adjunta los parámetros de QoS con los que el terminal deberá marcar a sus paquetes así como la dirección IP respectiva.

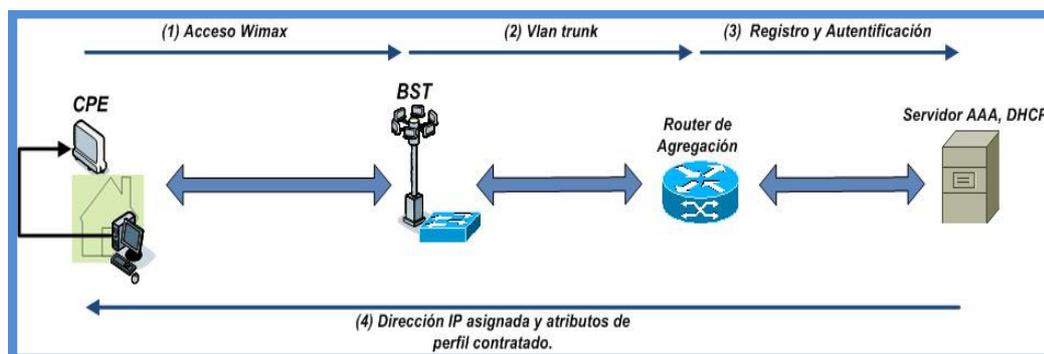


Figura 3.13.- Proceso de registro y autenticación de un cliente propio de internet.

Para establecer la sesión del servicio solicitado y a la vez disparar la contabilidad del servicio para facturación, el BRAS y todos los routers de la red de transporte señalizan con el servidor QoS Broker mediante el protocolo COPS, bajo un modelo cliente (routers) servidor (QoS Broker). El servidor QoS Broker se encarga de administrar la reserva de recursos y gestionar los routers de la red de acceso y del núcleo. La sesión se inicia cuando el BRAS recibe desde el QoS Broker la autorización para cursar el tráfico a través de la red. De igual manera el ciclo de contabilidad del servicio queda activo desde el momento de la autorización y finaliza cuando se cierra la sesión. Durante todo el ciclo de tráfico, el BRAS y el AAA intercambian mensajes RADIUS para apoyar la contabilidad del servicio.

Una vez validado el acceso de un cliente, este podrá cursar tráfico hacia el internet. El flujo de datos de un abonado propio de EGDTelecom con servicio de acceso a Internet se muestra en la figura 3.14.

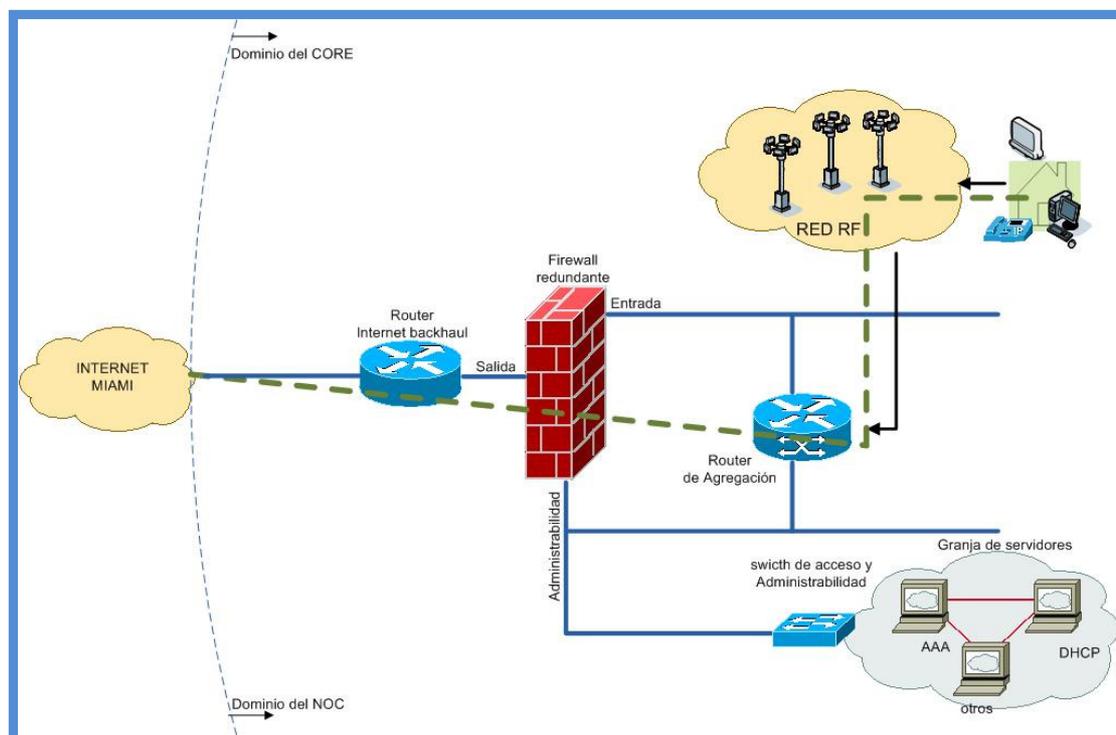


Figura 3.14.- Flujo de datos hacia internet.

Suscriptor de ISP tercero.

Para el caso en que el cliente pertenezca a un proveedor distinto²³ de EGDTelecom, el proceso de autenticación es el mismo tomando en cuenta que el servidor DHCP otorgará una dirección IP del rango de direcciones establecidas para cada ISP tercero, así como también el servidor AAA habrá validado que el cliente pertenece a uno de estos ISP's y con su perfil respectivo en lo referente al servicio contratado. Para el presente proyecto, se consideró conveniente por motivos de seguridad que para clientes de ISP

²³ Al cual se le da el servicio de última milla

terceros solo se proveerá acceso a internet bajo modalidad residencial sin provisión de direcciones IP globales.

La figura 3.15 muestra el proceso de validación para este caso

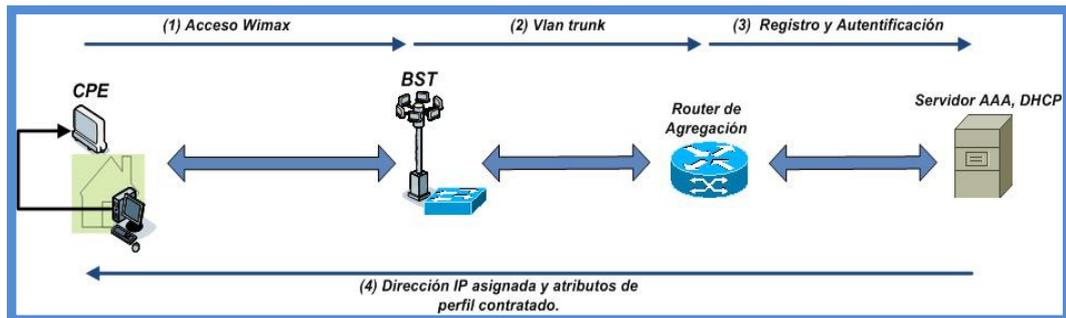


Figura 3.15.- Proceso de registro y autenticación de un cliente de ISP tercero de internet.

De igual manera el flujo de datos de un abonado con servicio de acceso a Internet de un ISP tercero se muestra en la figura 3.16.

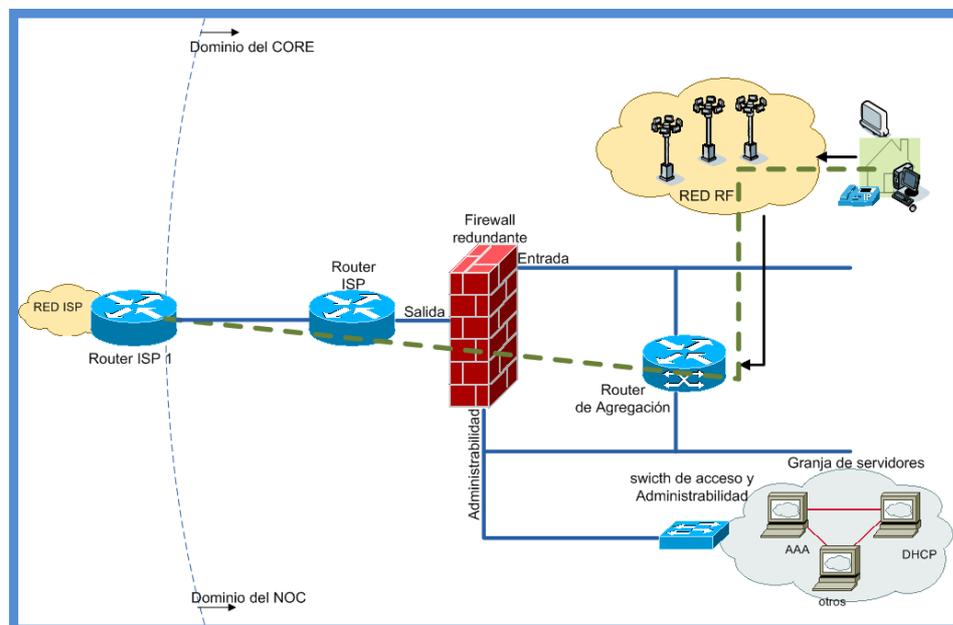


Figura 3.16.- Flujo de datos hacia otro ISP.

QoS.

Para soportar servicios diferenciados, desde servicios con estrictos requerimientos de QoS hasta servicios de mejor esfuerzo (best effort), la arquitectura de la red requiere la interacción entre nodos de acceso, servidores AAA y servidores de QoS (QoS Broker). Como se mencionó en el caso del servicio de telefonía tanto los CPE's, estación de base y los enrutadores de agregación deben tener la capacidad de proveer un QoS apropiado hacia la red, y siendo el servicio de Internet una aplicación que no es en tiempo real, puede tolerar más retardos que otro servicio (VoIP) por tal motivo se marca con un QoS inferior a los paquetes en el servicio de acceso a Internet.

Consideraciones de direccionamiento IP.

Clientes de Otros ISPs.- En este caso se dará direcciones privadas de un rango de direcciones establecidas para este fin, básicamente será para clientes residenciales cuyo tráfico generado será enrutado hasta el ISP tercero correspondiente, el cual se encargará de darle la salida hacia la nube de Internet.

Clientes propios.- Para este caso se hace una diferenciación entre clientes residenciales y corporativos. Para los subscriptores residenciales

principalmente se les asignará direcciones privadas desde un servidor DHCP, esto tal vez no sea la forma ideal para un servicio de acceso a Internet pero dado que las direcciones públicas son limitadas, se dificulta proveer una dirección global a todos los usuarios finales. La red debe dar la conexión desde un punto de salida, donde un firewall con funcionalidad NAT puede proveer acceso a Internet a todos los subscriptores. El diseño permite proveer direcciones globales para clientes residenciales particulares. Para clientes corporativos se les debe asignar direcciones publicas debido a que este tipo de clientes manejan funciones adicionales como páginas webs de sus empresas, servidores de correo entre otras aplicaciones para lo cual es esencial el uso de direcciones públicas. Se tendrá un rango de direcciones para cada servicio existente y se manejarán bajo el esquema planteado de utilización de VLANS que se explica más adelante en detalles.

El VoIP backhoul router o la conexión de salida internacional, necesita direcciones publicas en todas sus interfaces para el transporte del tráfico de datos.

El diseño prevé enrutamiento privado para la infraestructura interna de la red.

Consideraciones de Firewall.

Como se explicó en las consideraciones direccionamiento IP, un cortafuego (firewall) con funcionalidad NAT es requerido si se está usando direcciones privadas para los usuarios finales así como para proteger a la red de intrusos. Se utilizará una configuración redundante para tener respaldo en caso de una posible falla.

Servicio de VPN.

Las VPN se contemplan como un servicio más de los que se brindarán a través de la red diseñada. Este servicio estará enfocado a clientes corporativos que requieren enlazar sus distintas oficinas que se encuentran geográficamente separadas. Como en cualquier caso para acceder al servicio, él o los CPE instalados deben pasar por el proceso de validación y autenticación, este proceso es similar al del acceso al servicio de Internet, los datos del cliente deben ser validados en el servidor AAA y se retornará al equipo terminal la información correspondiente de acuerdo al perfil que tenga asignado un cliente en particular.

El proceso de validación se muestra en la figura 3.17.

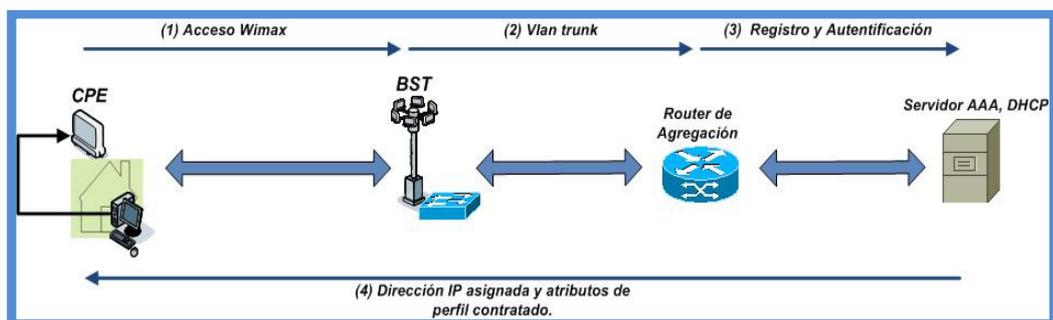


Figura 3.17.- Proceso de validación del servicio VPN.

El flujo de datos de un cliente que tenga servicio VPN se ilustra en la figura 3.18.

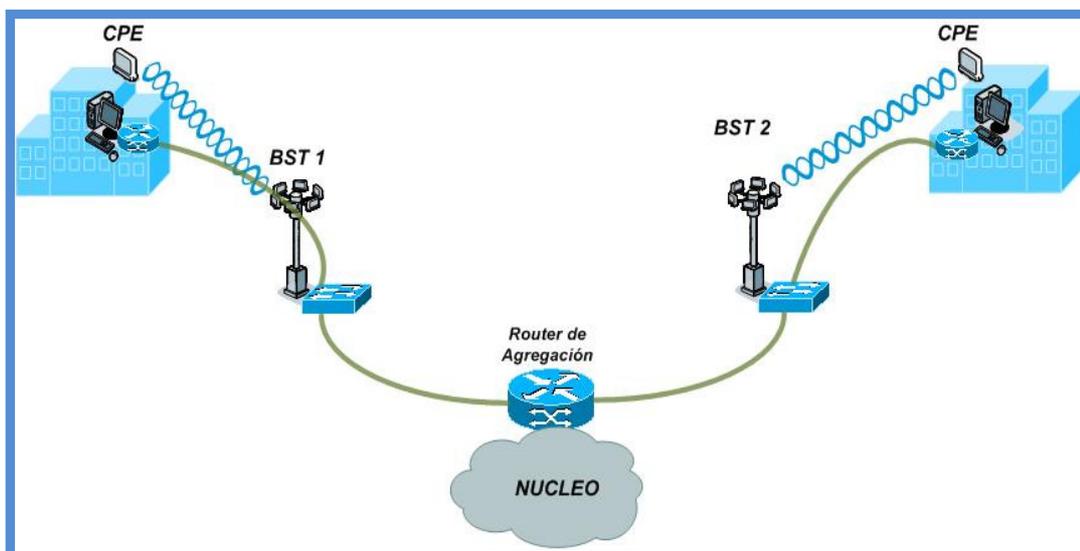


Figura 3.18. Flujo de datos de un servicio VPN.

Puede darse el caso que la red del cliente llegue al backbone de EGDTelecom por diversos medios de acceso por ejemplo a través de una red MPLS, o que se implemente en un futuro una red MPLS como parte de la red propia, para este caso se deben instalar enrutadores con funcionalidad MPLS

en las facilidades del cliente, estos enrutadores deben ser propiedad de EGDTelecom si requiere tener gestión de los mismos.

QoS VPN.

Para este servicio de transmisión de datos los dispositivos mencionados en los servicios anteriores esto es: CPE, BS y enrutador de agregación deben asignar un QoS apropiado tomando en cuenta que este tipo de servicio debe tener su respectiva prioridad, lo cual no resulta en un inconveniente ya que en la red diseñada se pueden manejar varios niveles de QoS dependiendo del servicio y prioridad requerida en el mismo.

Direccionamiento IP.

Para el servicio de VPN se utilizarán direcciones públicas de un rango de direcciones que se empleará para este fin, las VPN se manejarán dentro de una VLAN que le será asignada.

Segmentación en VLANs de servicios.

Como se ha indicado, el diseño considera la utilización de un esquema de VLANs. Se asignará una VLAN a cada servicio ofrecido esto es: Una VLAN

para el servicio de telefonía, otras VLANs para el acceso de Internet (Una VLAN por cada paquete comercial ofrecido en este servicio), y una VLAN por cada VPN establecida.

Las VLANs serán definidas en la estación de base dependiendo de la estrategia comercial y cantidad de clientes que se tengan. Los CPE's instalados en las facilidades de los clientes serán asignados a una o varias VLAN's según los servicios que tenga contratado el usuario final, así por ejemplo el cliente que tenga servicio de telefonía y acceso a Internet tendrá su CPE asignado a la VLAN de telefonía y a una VLAN de acceso a Internet. Las VLAN's definidas en las estaciones de base (BS) también serán definidas en el switch ubicado en las cercanías de la BS y en el switch Core ubicado en el núcleo, se debe habilitar la funcionalidad VLAN TRUNK entre estos switches para poder transportar a través de este enlace todas las VLAN's creadas para los servicios. Así mismo se debe configurar en el o los enrutadores de agregación las sub-interfaces correspondientes a cada VLAN y un enlace VLAN TRUNK entre el switch core y el enrutador de agregación.

La figura 3.19 muestra el esquema explicado para la segmentación de VLAN's por servicios.

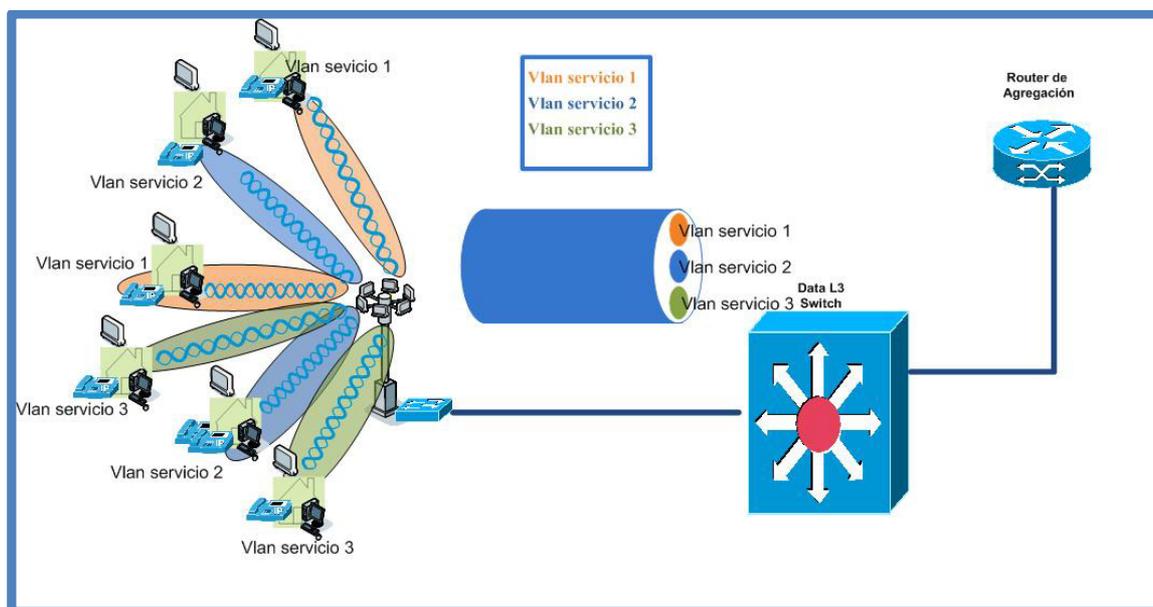


Figura 3.19.- Segmentación de Vlan por servicios.

En razón de que la capacidad de procesamiento de los enrutadores de agregación tiene un límite y que se tiene previsto un crecimiento a futuro será necesario ir instalando a medida que aumenten los clientes y por consiguiente el número de estaciones de base más enrutadores de agregación. En este caso se puede ir asignando un grupo de estaciones de base a cada enrutador de agregación para no sobrecargarlo en procesamiento, estas configuraciones se realizan en el switch core.

La figura 3.20 muestra la distribución de estaciones de base a diferentes enrutadores de agregación:

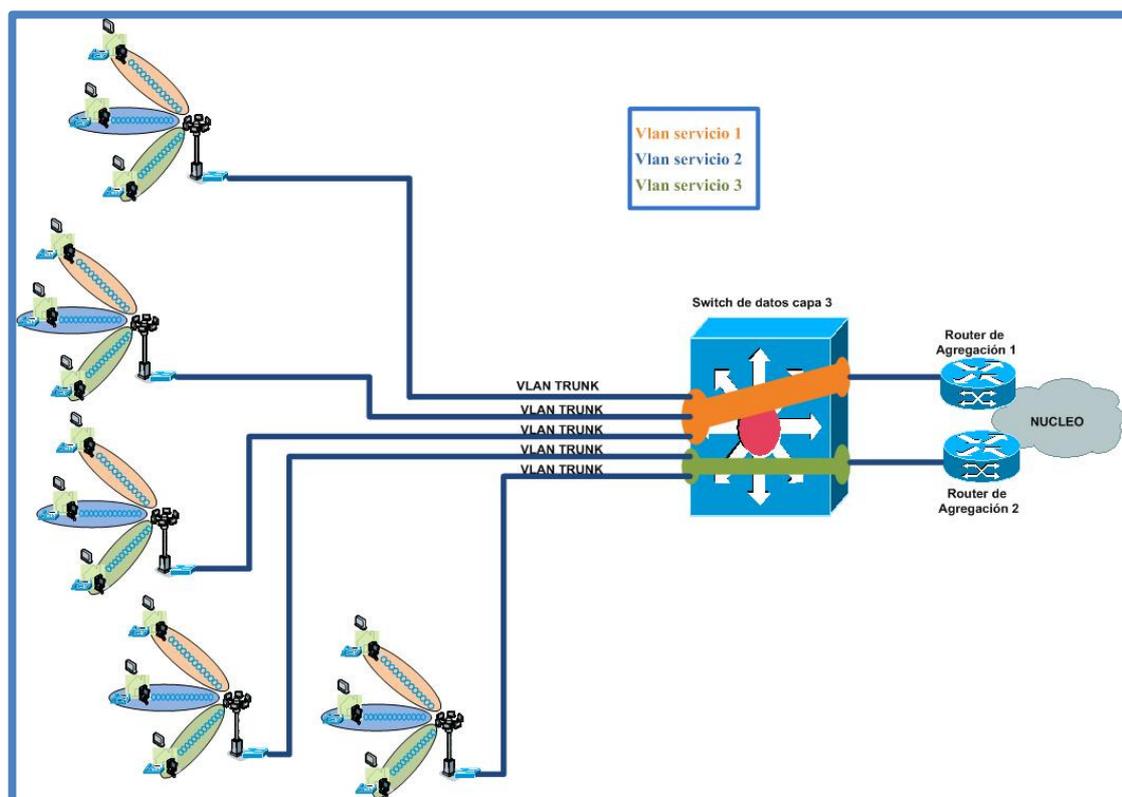


Figura 3.20.- Distribución de estaciones de base a diferentes enrutadores de agregación.

La compresión para el servicio de acceso a Internet será manejado en el enrutador de borde, que posee la conexión para la salida internacional, dependiendo de los paquetes comerciales establecidos.

EL protocolo 802.1Q (VLAN's) permite el manejo de 4096 Vlan's que tomando en cuenta la cantidad de servicios ofrecidos, incluidas las VPN's, es suficiente para el manejo del trafico que se pueda generar. Sin embargo si en

un futuro las 4096 Vlan's que proporciona IEEE 802.1Q no son suficientes para jerarquizar los diferentes flujos de tráfico²⁴ se propone lo siguiente:

Para superar los requerimientos necesarios de escalabilidad que los servicios de nueva generación precisan, se presenta la necesidad de aplicar una gama de protocolos con el objetivo de integrar dicha escalabilidad entre las redes de acceso y el Core. Los protocolos desarrollados para este fin son: MAC in MAC, 802.1ad/802.1ah o VLAN Stacking. Todos ellos, al mismo tiempo que incorporan nuevos formatos y etiquetados, deben guardar compatibilidad total con 802.1p/Q.

El empleo de VLAN stacking es básicamente utilizar Vlan's dentro de Vlan's para de esta manera poder manejar un mayor número de variantes en cuanto a la segmentación de tráfico de los diferentes clientes. Se utilizaría VLAN's por servicio y dentro de cada una de estas VLAN's se podrían definir hasta 4096 VLAN's que se asignaría a los clientes y de esta forma poder atravesar el backbone mediante el anidado de etiquetas aplicando el estándar Q in Q, usando S-VLAN para identificar al cliente sobre el backbone y C-VLAN para identificar el cliente sobre el acceso. Otra opción al respecto es emplear el estándar 802.1ad en el acceso (4096) VLANs y en el núcleo un

²⁴ Si se considera las diferentes variantes de separar flujos, bien sea por aplicaciones (voz. Datos y video), por nodos, o incluso por clientes

encapsulamiento MAC in MAC (802.1ah), que permite al operador el soporte de 2^{20} VLANs²⁵. La figura 3.21 explica el uso de la solución VLAN stacking.

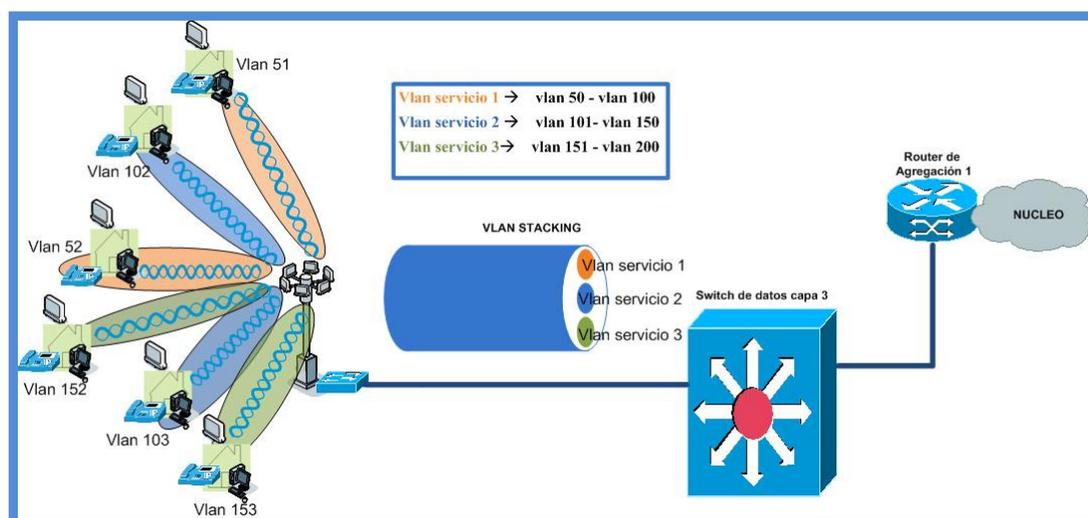


Figura 3.21.- Vlan stacking.

Para implementar la solución mencionada se debe considerar que en las estaciones de base se debería redefinir las VLAN's de clientes (C-VLAN) ya que las VLAN's de servicio (S-VLAN) serían las que ya estaban definidas, además los switches de las estaciones de base deben ser capaces de soportar VLAN Stacking lo cual no ha sido considerado en el diseño del proyecto, pero se podría realizar la migración paulatinamente instalando los nuevos switches y utilizando las fibras de respaldo para mantener un doble enlace hasta completar la migración.

²⁵ Alternativamente se puede utilizar IP/Mpls de modo de tener una mayor cantidad posible de tráfico diferentes

VLANS y direccionamiento IP en el núcleo.

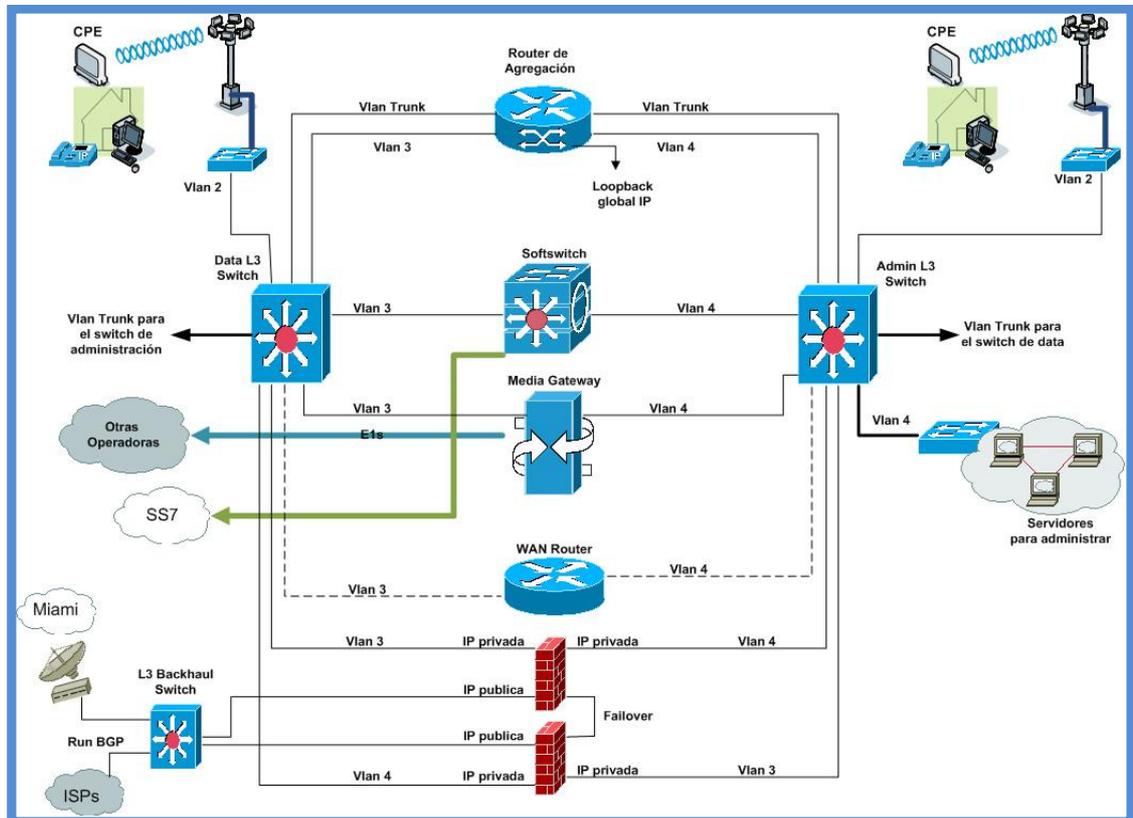


Figura 3.22.- Vlans en el núcleo.

El diseño considera tener dispositivos redundantes para cada uno de sus elementos de tal manera que el sistema siga operando normalmente en caso de falla²⁶. Esta redundancia muchas veces se la implementa usando un

²⁶ El servicio de voz o datos no se verá interrumpido si un puerto de los equipos falla o si uno de los switches de núcleo presenta inconvenientes)

mismo dispositivo pero separándolo virtualmente con dos interfaces²⁷ tal como se observa en la figura 3.22.

Para el presente diseño, se definen las siguientes Vlans en el núcleo:

VLANs en el Núcleo		
Suscriptores	Datos	Administración
VLANs servicios	VLAN 3	VLAN 4

Tabla 3.1.- VLANs en el Núcleo.

Se asignará direcciones públicas a los siguientes dispositivos que requieren conectividad a nivel de Internet:

- El router de agregación.
- Las interfaces externas de los Firewalls.
- Routers con interfaces conectadas con otros ISPs o salida Internacional.
- Los equipos servidores públicos que requieren acceso (mail servers, DNS servers, etc).

Las direcciones públicas deben ser provistas del rango de direcciones públicas que se disponga como proveedor de servicios. Para los suscriptores propios se les puede asignar direcciones públicas y privadas

²⁷ Generalmente se utiliza doble fuente de poder en un mismo elemento para proveerle mayor seguridad de operación

dependiendo de las necesidades del cliente pero siempre dependiendo a su vez de la disponibilidad de direcciones públicas con las que se cuente.

Una interface de loopback con dirección pública se definirá en cada router de agregación. Esta interface lógica permanece activa todo el tiempo para proporcionar más estabilidad a la red, las direcciones publicas de las interfaces de loopback serán aprendidas por cada uno de los otros dispositivos, esto proporcionará redundancia en el caso de alguna falla en una interfaz física simple de cualquiera de los dispositivos del núcleo.

Consideraciones de enrutamiento.

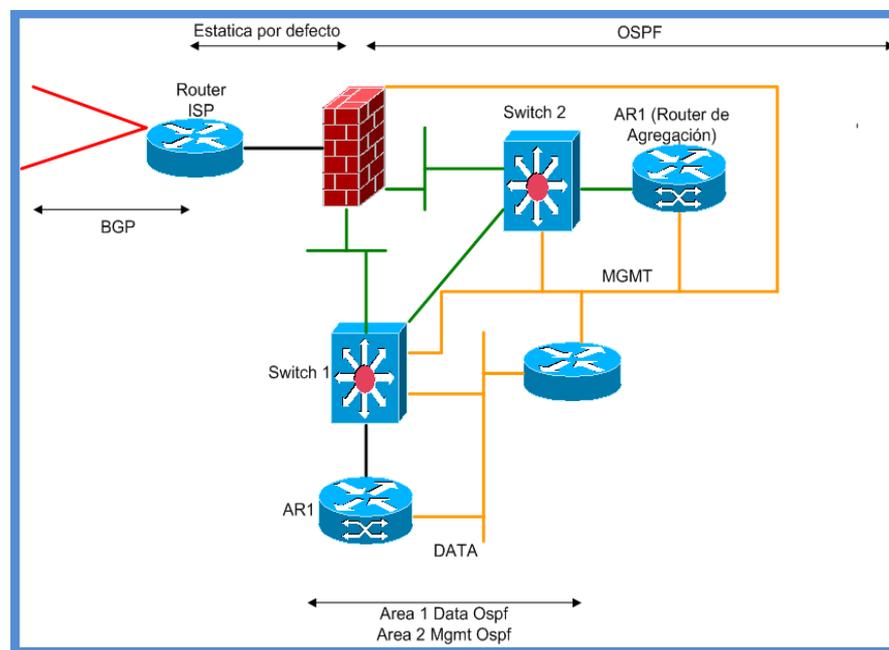


Figura 3.23.- Consideraciones de ruteo.

Para los dispositivos de capa 3 observados en la figura 3.23 se debe considerar lo siguiente:

1. En el lado izquierdo de la figura se ilustra la conectividad con los ISPs terceros incluido los carriers internacionales. Se debe utilizar el protocolo BGP (Border Gateway Protocol) con el enrutador del proveedor de servicios internacionales con el propósito de intercambiar rutas para la provisión del servicio de Internet a los clientes propios. Los otros ISPs no necesitan conectarse con los routers internos de la red de EGDTelecom; solo requieren conectividad con el router de ISP (L3 Switch o router ISP))
2. Para el router de conexión internacional (ISP).- Se pueden definir rutas estáticas hacia el firewall. Los firewalls serán configurados con una ruta por defecto hacia este router para todas las conexiones de salida a Internet.
3. Todos los dispositivos dentro del núcleo pueden correr OSPF que es un protocolo de ruteo Standard en caso se amplíe el diseño para cubrir otras ciudades.
4. IBGP debe ser usado entre los routers apropiados así los atributos MPLS VPN pueden ser fácilmente transmitidos a través de la nube MPLS para el caso del servicio VPN.

3.3.- RED DE TRANSMISIÓN o TRANSPORTE.

La función principal de la red de transporte es la de conectar la red de acceso con el núcleo de la red. Esta red debe estar optimizada para cursar con efectividad, transparencia, calidad y seguridad una amplia gama de servicios, que exigen adaptabilidad a requisitos de anchos de banda y calidad de servicio en forma dinámica.

La figura 3.24 muestra un esquema de la red de transporte propuesta.

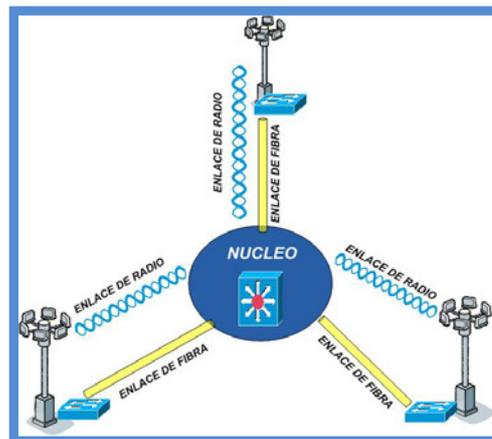


Figura 3.24.- Esquema de la red de transporte.

El backbone de transporte requerirá categorizar y diferenciar tráfico basado en los requisitos de QoS exigidos por cada uno de ellos. Esto permitirá acelerar la salida de flujos de tráfico con exigentes requisitos de retardo, jitter y pérdida de paquetes. Habrá necesidad de manejar colas de prioridad en los diferentes switches basados en el estándar IEEE 802.1p.

Esquema de la capa de transporte.

En el presente diseño, como se observó en la grafica 3.24, la red de transporte se implementará mediante enlaces de 1 Gb Ethernet usando fibras óptica del tipo monomodo de 1,5 nm desde las estaciones de base hasta el núcleo (CORE) de la red, siguiendo una ruta geográfica adecuada, y teniendo enlaces de radio como respaldo en caso de pérdida de conectividad por la fibra. Se ha planificado usar un cable de 2 pares de fibras para conectar EB San Francisco y un cable de 4 pares de fibras para conectar las EB Mapasingue y Jordan en razón de que se utiliza una sola ruta para conectar ambas estaciones de base tal como se observa en las secuencia de figuras 3.25 al 2.27.

Enlace de Fibra Núcleo - Estación de base San Francisco

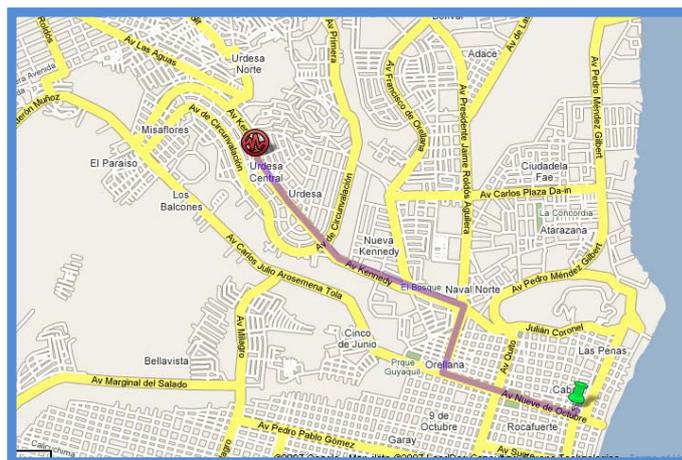


Figura 3.25.- Enlace de fibra de BS San Francisco a Núcleo.

Los tres enlaces de fibra óptica que componen la red de transporte para el primer año de operaciones se observa en la figura 3.28.

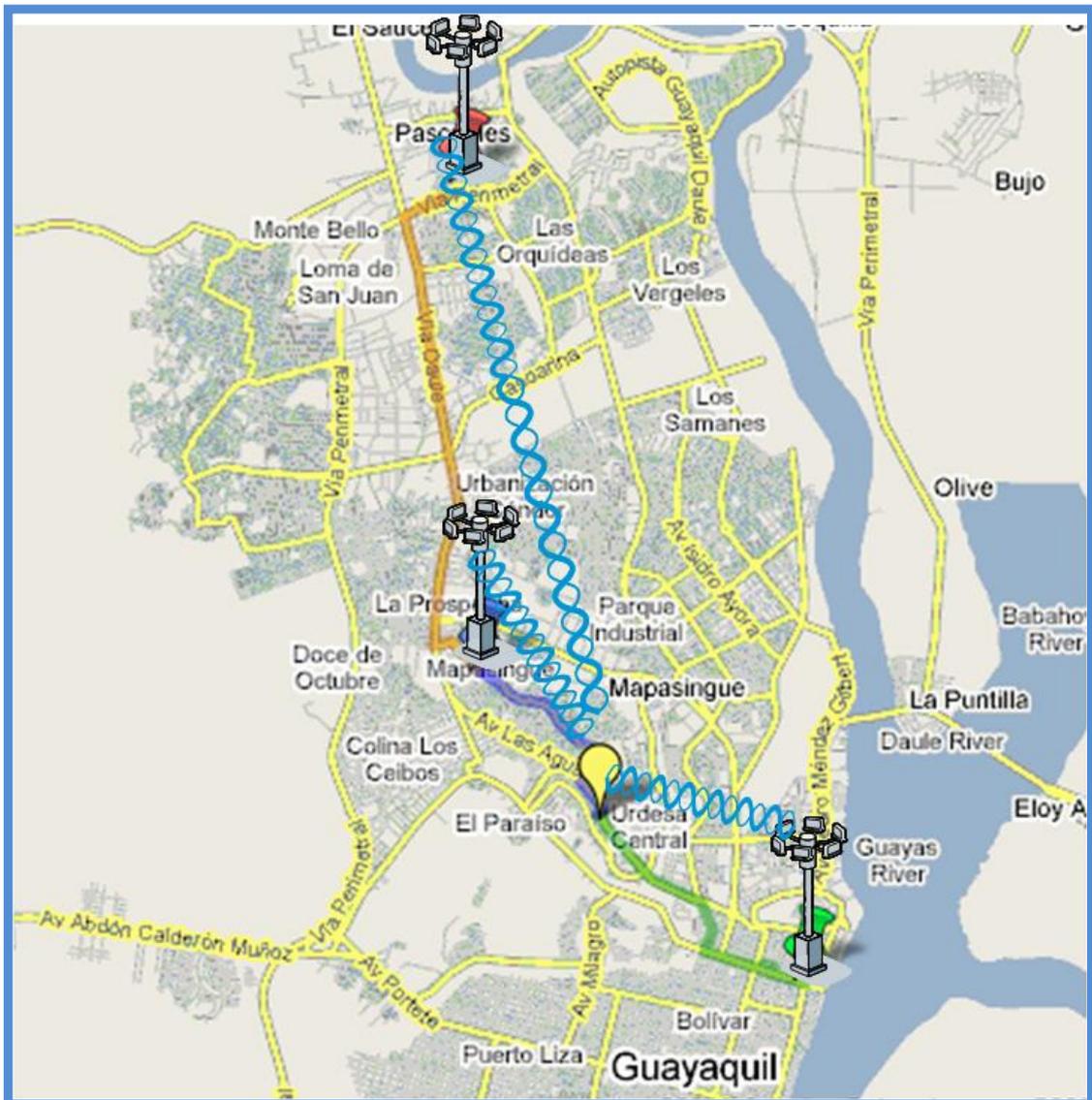


Figura 3.28.-Esquema general del transporte de la red.

Se debe indicar que se ha previsto conectar alternativamente, con propósitos de redundancia, cada estación de base con el núcleo mediante un enlace de radio IP con interfase Fast ethernet en la banda de 15 GHz. El cálculo de propagación para este tipo de enlaces urbanos es estándar por lo que no se considera necesario abundar sobre el mismo.

3.4.- RED DE ACCESO. ESQUEMAS DE CONEXIÓN DE USUARIOS.

Esta capa es la interfaz entre los usuarios del servicio y la red de transporte. Para concentrar el tráfico de los usuarios se utilizan los nodos de acceso representados en el actual diseño por las estaciones de base, siendo Wimax la tecnología de acceso usada en la red propuesta.

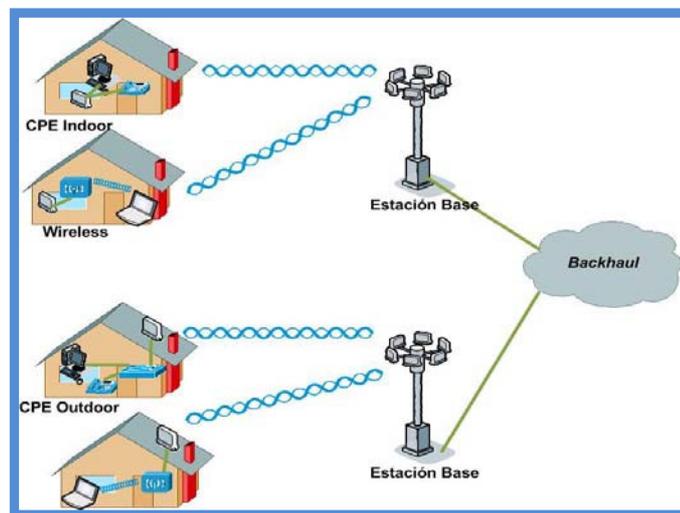


Figura 3.29. Esquema de conexión de usuarios.

Las estaciones de bases que permiten la conectividad del cliente con la red, soportan funciones de agregación, multiplexado y concentración

Básicamente se pueden mencionar dos elementos que forman la red de acceso 802.16 en el presente diseño:

- El equipo de usuario o CPE (Customer Premises Equipment). Este es el equipo que incorpora las funciones de las SS (Subscriber Station) identificadas en el funcionamiento de las redes de acceso inalámbrico de ancho de banda (BWA). Este equipo proporciona la conectividad vía radio con la estación base (BS).
- La estación base con las funciones de BS (Base Station). Además de proporcionar conectividad con las SS también proporciona los mecanismos de control y gestión de los equipos SS. La estación base tiene los elementos necesarios para conectarse con el sistema de transporte.

En la figura 3.30 se identifican estos dos elementos así como las posibles configuraciones de conectividad entre ellas. De forma general, una red WiMAX se basa en una distribución estratégica de una serie de emplazamientos en donde se ubicarán las estaciones base (BS). Cada

estación base utiliza una configuración punto-multipunto (PMP) o punto-punto (PTP) para enlazar los equipos de los clientes.

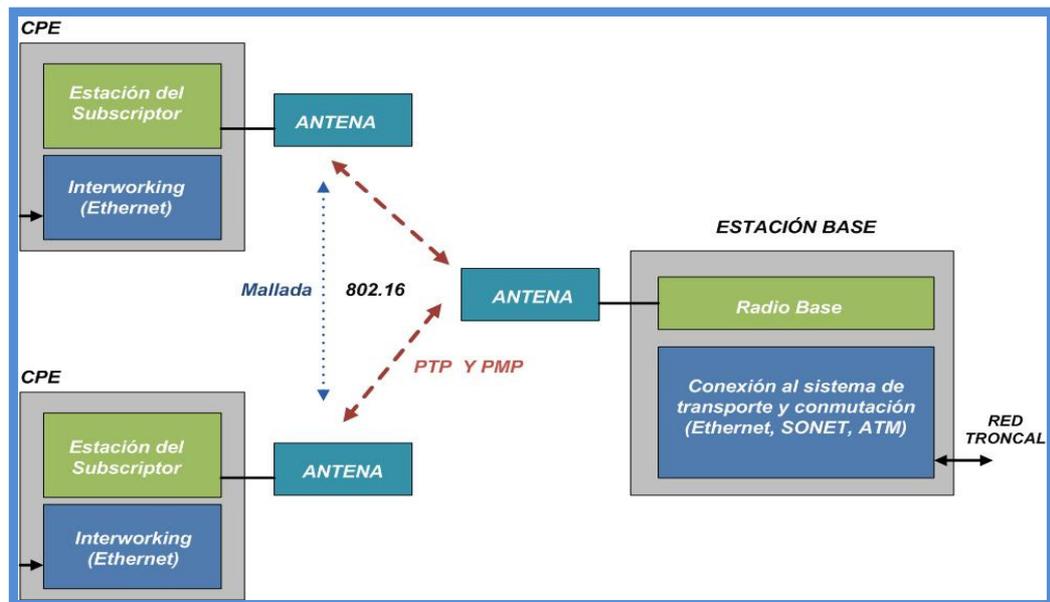


Figura 3.30.- Componentes de la red de acceso.

En las configuraciones punto-multipunto (PMP), que es la que se utiliza en el diseño, un enlace WiMAX se realiza a partir de una estación base (BS) central con antenas sectoriales. En estas redes pueden haber estaciones con 4 sectores (a 90°), 6 sectores (a 60°) u 8 sectores (a 45°) dependiendo del tipo de antena que se utilice y de la zona que se pretende dar cobertura. En el diseño que se plantea se utiliza 4 sectores a 90 grados.

Las transmisiones en el enlace de bajada (estación base – CPE downlink, DL) suelen ser del tipo broadcast, de forma que todas las estaciones de

usuario reciben toda la información y seleccionan lo que les correspondan. En el enlace de subida (CPE – Estacion Base uplink, UL) las estaciones de usuarios accesan al canal mediante mecanismos de gestión de demanda.

Esquema de conexión a usuarios.

Básicamente se tendrá dos tipos de esquema de conexión de usuarios, uno para clientes residenciales y otro para clientes corporativos.

Clientes Residenciales.

Para los clientes residenciales, se ha decidido usar CPE tipo exterior (outdoor) que trabaja con antena exterior que permite un gran alcance. Existen también equipos interiores (indoor) pero su alcance es significativamente menor por el efecto de las paredes. Este tipo de dispositivos se los utilizará cuando aumente el número de estaciones de base en razón de la existencia de una mayor densidad de potencia d señal que facilita la operación con este tipo de CPEs. El CPE se configura remotamente desde el centro de gestión. Este dispositivo tiene una interface fastethernet que puede ser conectado a una PC directamente o a un switch de funcionalidades básicas que provee conectividad LAN en el lado del cliente.

En la figura 3.31 se muestra el esquema de conexión mencionado

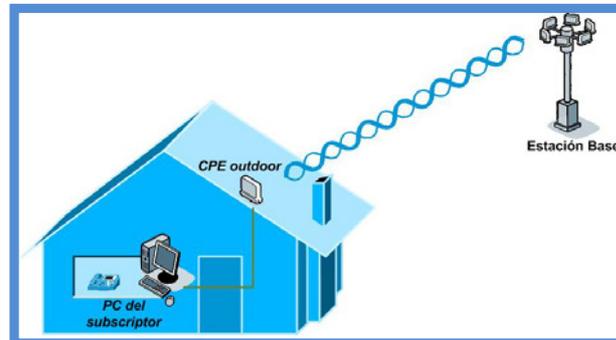


Figura 3.31.-Conexión con CPE Outdoor.

Para el caso en que en un edificio o condominio existan algunos suscriptores o clientes finales, resulta poco práctico instalar una antena o CPE para cada cliente. En estos escenarios los diversos clientes pueden compartir un solo CPE lo cual representa una solución eficiente. Para esto se utiliza el CPE ProST con SDA-4S/VL: MDU (multidwelling units)

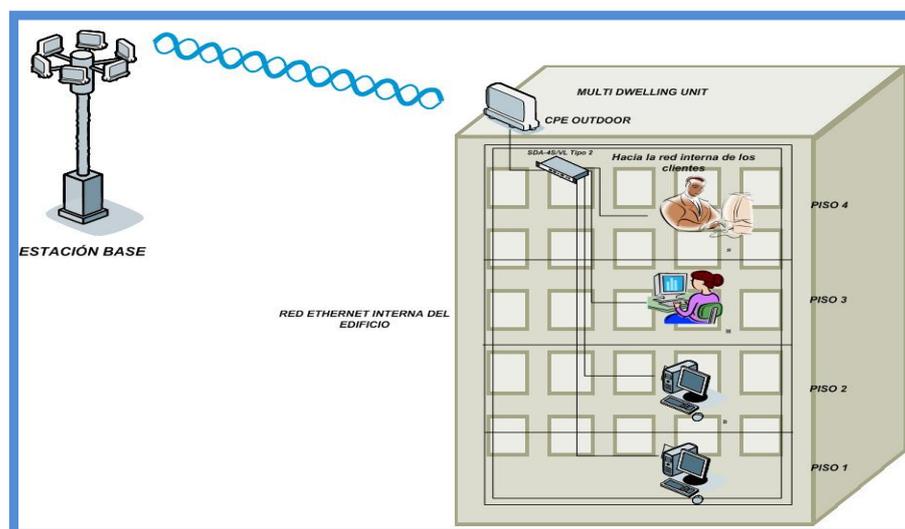


Figura 3.32.-Conexión con CPE Outdoor para edificios.

Cientes Corporativos.

Para el caso de clientes comerciales que requieren funciones avanzadas, igualmente se emplea un terminal CPE que es parte de una antena exterior que se enlaza con un cable CAT5 hasta la red interna del cliente. El CPE se enlaza con la estación de base de manera inalámbrica y posteriormente el tráfico de datos es llevado hasta el núcleo por la red de transporte.

La figura 3.33 muestra el esquema de conexión para un cliente corporativo.

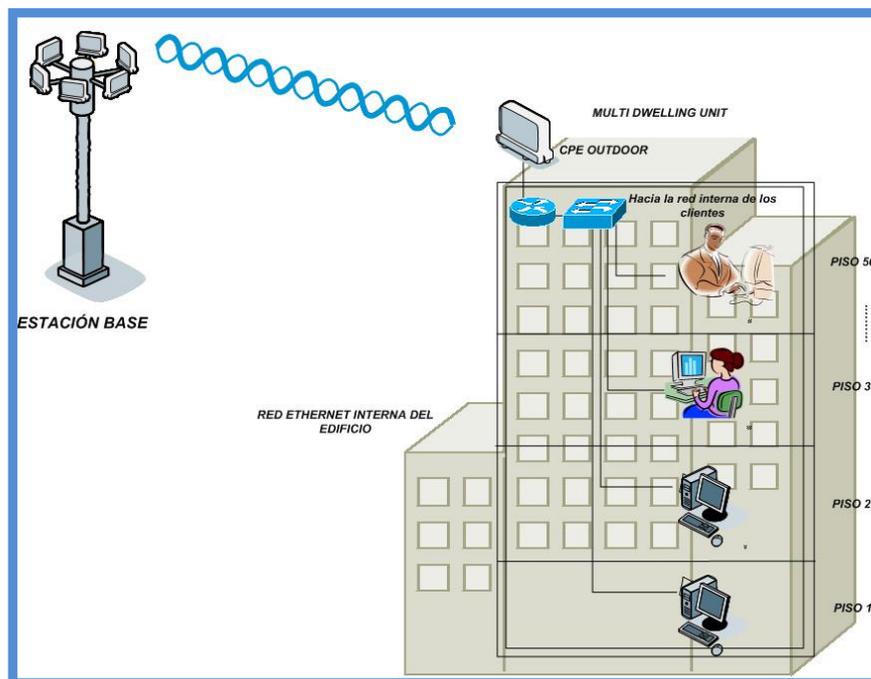


Figura 3.33.-Conexión con CPE Outdoor configuración Multi Dwelling Unit.

Dimensionamiento y selección de equipos.

Se elaboró el cálculo de ancho de banda, en base a la estimación del mercado potencial, para calcular las capacidades necesarias en los equipos a escoger; además se consideró un crecimiento futuro de la demanda.

La tabla 3.2 muestra el ancho de banda requerido para los primeros años de operación, así como la cantidad de estaciones de base necesarias para abastecer dicho consumo.

				2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Num. Clientes Acceso Internet	Down-Kb	Up-Kbps	SSuscrp.												
Residencial 1 (100Kbps/75Kbps)	100	75	8	1.313	2.159	3.532	4.411	5.530	7.282	9.092	10.841	11.893	11.871	13.781	28.000
Residencial 2 (300Kbps/175Kbps)	300	175	8	900	1.182	1.552	2.037	2.675	3.512	4.611	6.055	7.950	10.438	13.705	31,30%
Soho's (500kbps/175Kbps)	500	175	6	100	135	182	246	332	448	605	817	1.103	1.489	2.011	35%
Pyme's (700kbps/175kbps)	700	175	4	80	108	146	197	266	359	484	654	883	1.191	1.609	35%
Corporativo (1100kbps/300kbps)	1.100	300	4	70	91	118	154	200	260	338	439	571	742	965	30%
Cyber-Locutorio	1.100	300	4	5	6	7	9	10	12	15	18	21	26	31	20%
Num. Telefonos	# Telf	mErlgs	Codec	2.838	4.165	6.171	7.883	10.099	13.297	17.011	21.271	25.631	29.971	37.632	
Residencial 1	1	100	32	1.313	2.159	3.532	4.411	5.530	7.282	9.092	10.841	11.893	11.871	13.781	
Residencial 2	1	100	32	900	1.182	1.552	2.037	2.675	3.512	4.611	6.055	7.950	10.438	13.705	
Soho's	1	100	32	100	135	182	246	332	448	605	817	1.103	1.489	2.011	
Pyme's	2	100	32	160	216	292	394	531	717	969	1.308	1.765	2.383	3.217	
Corporativo	5	200	32	350	455	592	769	1.000	1.300	1.689	2.196	2.855	3.712	4.825	
Cyber-Locutorio	3	200	32	15	18	22	26	31	37	45	54	64	77	93	
Num. Enlaces Ultima Milla (Otros ISP)	192	192	8	50	63	78	98	122	153	191	238	298	373	466	25%
Num. Enlaces Punto a Punto	256	Kbps		14	18	24	31	40	52	68	88	114	148	193	20%
Ancho de Banda Total (Mbps)	77,6 Mbps			169	234	327	423	548	722	936	1.200	1.514	1.888	2.436	
Ancho deBanda Acceso Internet (Mbps)				137	190	266	345	449	592	770	992	1.257	1.576	2.042	
Ancho de Banda Telefonía (Mbps)				22	31	45	57	73	96	122	152	184	217	273	
Ancho de Banda Otros ISP's (Mbps)				2	3	4	5	6	7	9	11	14	18	22	
Ancho de Banda Enlaces P-P (MHz)				7	9	12	16	20	27	35	45	58	76	99	
Packets por Segundo				35.167	48.717	68.090	88.099	114.231	150.326	194.948	250.058	315.370	393.289	507.566	
Num. de Estaciones Base				3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	
% de ancho de banda no utilizado por base				27,49%	24,66%	15,77%	9,18%	11,68%	7,02%	7,24%	3,33%	2,46%	2,69%	1,89%	

Tabla 3.2. Ancho de banda requerido para los primeros años de operación.

Formulas empleadas para el cálculo del ancho de banda demandado por los diferentes tipos de usuarios y que permiten dimensionar el número de estaciones de base:

Calculo de Ancho de Banda de Acceso a internet de clientes propios.

$$\text{Ancho de Banda Acceso Internet (Mbps)} = \# \text{ clientes} * \frac{\text{Ancho de Banda Total (Kbps)}}{\text{Rel. Suscriptor}} * \frac{1 \text{ MB}}{1000 \text{ (Kbps)}}$$

Donde:

- **# de clientes.**- Número de clientes propios estimados para el servicio de internet.
- **Ancho de banda total.**- Ancho de banda de subida + bajada por cada tipo de servicio.
- **Rel. Suscriptor.**- Relación de sobre suscripción (compresión) según el servicio.

Calculo de Ancho de Banda de Telefonía.

$$\text{Ancho de Banda Telefonía (Mbps)} = \text{Number of trunk (0.01; \# de clientes * mErlgs (Kbps) * \frac{1 \text{ MB}}{1000 \text{ Kbps}} * \text{CODEC} * \frac{2}{1000})}$$

Donde:

- **# de clientes.**- Número de clientes estimados para el servicio de telefonía.
- **mErlgs.**- Tráfico promedio asumido en la hora pico. 100 mErlangs corresponde a un abonado que usa el teléfono un 10% del tiempo, es decir, 6 minutos.
- **CODEC.**- Kbps del Codificador/Decodificador (usado para el muestreo de señal).

Calculo de Ancho de Banda demandado por clientes de otros ISP's.

$$\text{Ancho de Banda Otros ISP'S (Mbps)} = \# \text{ de clientes} * \frac{\text{Kbps Total}}{\text{Rel.Suscriptor}} * \frac{1\text{MB}}{1000\text{Kbps}}$$

Donde:

- **# de clientes.**- Número de clientes estimados de ISPs terceros.
- **Rel. Suscriptor.**- Relación de compresión para el suscriptor según el servicio.

Calculo de Ancho de Banda para enlaces Punto a Punto.

$$\text{Ancho de Banda Enlaces P - P (Mbps)} = \# \text{ de clientes} * \text{Kbps Total} * 2 * \frac{1\text{MB}}{1000\text{Kbps}}$$

Donde:

- **# de clientes.**- Número de clientes estimados para el servicio de enlaces Punto a Punto.

Calculo de Paquetes por segundo.

$$\text{Packetspor segundo(PPS)} = (\text{Capacidad en Kbps} * 1000 \text{ bytes}) / (600 \text{ Kbps} * 8 \text{ bytes})$$

Calculo de Número de Radio Bases.

Para el cálculo de número de radio bases se usa la siguiente fórmula:

$$\text{Numero de Radio Bases} = \text{redondeamos}(\text{Ancho de banda total} / \text{capacidad de radiobase}; 0)$$

A continuación se describe la elección y dimensionamiento básico de los principales equipos a usarse en el proyecto presentado:

SOFTSWITCH.

La solución propuesta está basada en el Softswitch SoftX3000 de Huawei cuyas características técnicas en detalle se encuentran en el anexo de descripción de equipos.

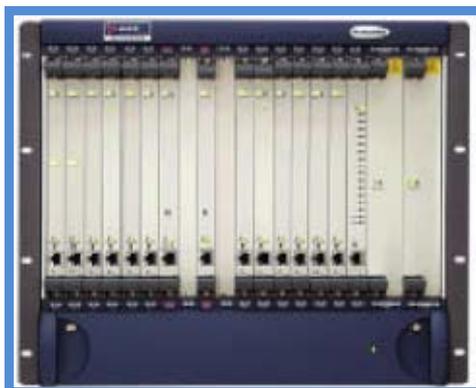


Figura 3.34.- Softswitch SoftX3000 de Huawei.

El SoftX3000 mediante su funcionalidad de Gateway de señalización incorporado permite la interconexión a nivel de señalización entre la red PSTN y la red de paquetes IP. Hacia la red PSTN provee controladores de señalización No. 7 y V5. Hacia la red de paquetes los protocolos SIP, H.323, H.248, MGCP, etc.

Cada par de tarjetas CCU (Unidad de Control de Llamadas), trabajando en configuración de redundancia activo/respaldo, soporta una capacidad de procesamiento definida en términos del valor de intentos de llamadas en hora pico de 400K BHCA y una memoria de 192 Mbytes para almacenaje de registros de tarificación. En el diseño de la red se considera un par de tarjetas CCU. Cada par de tarjetas CCU del SoftX3000, puede procesar 13,333 llamadas simultáneas independientemente del tipo de codificación utilizado.

Las tarjetas IFM (Modulo de Direccionamiento IP) se encargan del procesamiento de los protocolos SIP, H.323, TCP y UDP. En el diseño se propone un par de tarjetas IFM. Las tarjetas BSG (Gateway de Señalización de Banda Ancha) se encargan del procesamiento de los protocolos H.248, MGCP, SIGTRAN. Se utilizará inicialmente dos tarjetas BSG (activa y respaldo).

Las interfaces para la transmisión de señalización hacia la red de paquetes son provistas por las tarjetas BFI. Cada par de tarjetas BFI trabajando en configuración de redundancia activo/respaldo provee una interface Ethernet 10/100Mbps auto-adaptable y puede tramitar hasta 20,000 paquetes por segundo. Se considera un par de tarjetas BFI.

Parámetro	Configurado	Máximo
BHCA	400,000 (1+1)	16,000,000 (1+1)
Llamadas simultáneas	26,666 (1+1) independiente del CODEC	53,000,000 (1+1) independiente del CODEC
Controladores SS7	0 de 64 Kbps (configurados en el UMG 8900)	1,280 mediante SG incorporado 5,120 mediante módulo SG7000. También soporta controladores de 2 Mbit/s
Controladores V5	0 (configurado en el UMG 8900)	1280
Protocolos Red IP	SIP, H.323, H.248. MGCP, M2UA, M3UA, IUA, V5UA	Soporta H.248, MGCP, SIP, SIP-T, H.323, BICC, M2UA, M3UA, IUA, V5UA, INAP, RADIUS, PARLAY.
Almacenamiento de CDR's wn host	192 M bytes (1+1)	7,680 M bytes (1+1)

Tabla 3.3.- Configuración SOFTX3000.

Media gateway



Figura 3.35.- UMG8900 Media Gateway

Para el diseño propuesto se ha escogido el UMG8900. El detalle de las características técnicas se expone en el anexo descripción de equipos.

El UMG8900 provee las interfases E1 para el transporte de tráfico TDM sobre la red PSTN y las interfases FE para el transporte de tráfico IP sobre la red IP. En el UMG8900 la interconexión de tráfico entre la red PSTN y la red de paquetes IP se realiza a través de las tarjetas de procesamiento de voz VPU, que se encargan de la Codificación/decodificación necesaria. En el diseño se han considerado 2 tarjetas VPU, que proveerán 1,024 canales de codificación/decodificación cada una, trabajando en configuración de activo/respaldo.

Para la interconexión con la red PSTN se tiene dos tarjetas E32, cada una de las cuales provee 32 interfases E1, Todas y cada una de las troncales

digitales provistas pueden ser indistintamente utilizadas para manejar tráfico local, nacional o internacional, y pueden indistintamente trabajar con señalización SS7, V5 o R2. Estas interfases E1 deberán ser conectadas a puertos E1 provistos por CNT, PORTA, Movistar, Alegro y la Red de Acceso (AN).

Se cuenta también con un par de tarjetas FGIO, donde cada una provee un puerto Gigabit Ethernet 1000Base-LX. Esto significa que se ha dispuesto una interfaz GE en configuración de redundancia activo/respaldo para conexión con la red de backbone IP.

El UMG8900 ha sido dimensionado con la funcionalidad de SG integrado. Cada par de tarjetas SPF del UMG8900, trabajando en modo de redundancia activo/respaldo, provee 32 controladores para señalización No. 7 ó señalización V5. Se decidió optar por un par de tarjetas SPF, a fin de disponer de 16 controladores de señalización No. 7 y 16 controladores de señalización V5.

Parámetro	Configurado	Máximo
Interfaces E1	64	12,000 Adicionalmente soporta STM-1
Interfaces GE	64	70,000 Adicionalmente soporta GE, POS STM-1/4, ATM STM-1
Controladores de señalización SS7	16 de 64 kpbs	1,280 mediante SG incorporado 5,120 mediante módulo SG7000. También soporta controladores de 2 Mbit/s
Controladores de señalización V5.2	16	1280
Matriz de Conmutación de Circuitos	256K X 256K	
Matriz de Conmutación de Paquetes	128 Gbps	
Señalización TDM	SS7 y V.5 mediante SG incorporado R2, No. 5	
Protocolos Red IP	H.248 / MGCP, M2UA/IUA/V5UA/SCTP	
Esquema de Codificación	G.711, G.723.1, G.726 y G.729	

Tabla 3.4.- Configuración UMG8900.

Switch Core.

Como se mencionó el switch core será el encargado de dar conectividad a todos los elementos del núcleo de la red y de soportar interfaces redundantes (doble tarjeta) para el caso de posibles fallas. El criterio básico para la elección de este equipo es el número de puertos y ciertas funcionalidades que se requieren o que se podrían requerir a futuro considerando la escalabilidad y crecimiento de la red.

Se ha considerado los puertos necesarios para las conexiones de: Estaciones de base, enrutadores de agregación, softswitch, Media Gateway, firewalls, puertos de redundancia y de respaldo.

Luego de analizar algunas alternativas se decidió escoger el Switch Catalyst 4507R que posee todas las características necesarias para la implementación del presente proyecto. En el anexo de equipos se puede observar mas detalles de las características del Catalyst 4507R.

Características	Cisco Catalyst WS-C4503-E Chassis	Cisco Catalyst WS-C4506-E Chassis	Cisco Catalyst WS-C4507R-E Chassis	Cisco Catalyst WS-C4510R-E Chassis
Número total de slot	3	6	7	10
Línea de slots para tarjetas	2	5	5	8
Supervisor de slots de maquina	1^1	1^1	2^2	2^3
Numero de supervisores dedicados para slots de maquina	1	1	3 and 4	5 and 6
Redundancia de supervisor de máquina	No	No	Sí (Supervisor II-Plus, II-Plus-10GE,IV,V,V10GE,6-E)	Sí (Supervisor V, V-10GE, and 6-E)
Supervisor de máquinas soportados	Supervisor II - Plus Supervisor II - Plus - TS Supervisor II - Plus - 10GE Supervisor IV Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E	Supervisor II - Plus Supervisor II - Plus - 10GE Supervisor IV Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E	Supervisor II - Plus Supervisor II - Plus - 10GE Supervisor IV Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E	Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E
Ancho de Banda por línea de slot para tarjeta usando Supervisor 6-E	Arriba de 24 Gbps en todos los slots	Arriba de 24 Gbps en todos los 4 slots	Arriba de 24 Gbps en todos los 4 slots	Arriba de 24 Gbps en slots 1-4 and 7; 6 Gbps solamente en los slots 8-10
Numero de fuentes de Poder	2	2	2	2
Entrada de Poder AC	Sí	Sí	Sí	Sí
Entrada de Poder DC	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 3.5.- Comparación entre Switch de la familia Catalyst 4500

El switch core Catalyst 4507R posee 7 slots y dos Fuentes redundantes en su chasis. En el diseño se planificó usar doble tarjetería con el fin de obtener de forma lógica dos switches en un solo chasis físicamente y de esta manera tener un respaldo para cualquier eventualidad.



Figura 3.38. Cisco Catalyst 4507R.

Los slots serán utilizados de la siguiente manera:

Los slots 1 y 2 con tarjetas supervisoras (ws-x4516-10GE SUPERVISOR ENGINE V-10GE) estas tarjetas poseen un puerto de consola, 2 puertos uplink (x2) 10GE y 4 puertos GE Uplink SFP (Fibra).



Figura 3.39.- Tarjetas Supervisoras WS-X4516-10GE V-10GE

Los slots 3 y 5 con tarjetas “Multi speed gigabit ethernet switching module” (WS-x4548-GB-RJ45) estas tarjetas contienen 48 puertos 10/100/1000 base –T, que son suficientes para satisfacer las necesidades del proyecto.

Los slots 4 y 6 con tarjetas “1000 Base-X Switching Module” (WS-X4306-GB) estas tarjetas poseen 6 puertos 1000 base-x con módulos SFP para la conexión de un par de fibra (tx y rx) en cada puerto.

El slot 7 quedará vacío como respaldo de cualquier slot que pudiese presentar problemas. Como se mencionó, el chasis incluye 2 fuentes en configuración activo/respaldo.

Router de Agregación.

Para la selección de este equipo se debe tomar en cuenta criterios como: número de sesiones que puede controlar, funcionalidad MPLS, QoS, entre los más importantes. Se optó por un router de la familia 7200; este enrutador tiene una capacidad de procesamiento de hasta 2Mpps soporta los servicios requeridos para el proyecto, incluido seguridad, compresión y encriptada a altas velocidades, así como hasta 16000 sesiones por Chasis

Para más detalles de las características del enrutador seleccionado se puede revisar el anexo de selección de equipos.



Figura 3.40. Cisco Router 7200.

Posee 2 fuentes en configuración activo/respaldo y 4 slots.

El último slot contiene la tarjeta “Fast Ethernet input/output controller” que es la tarjeta de control del equipo.

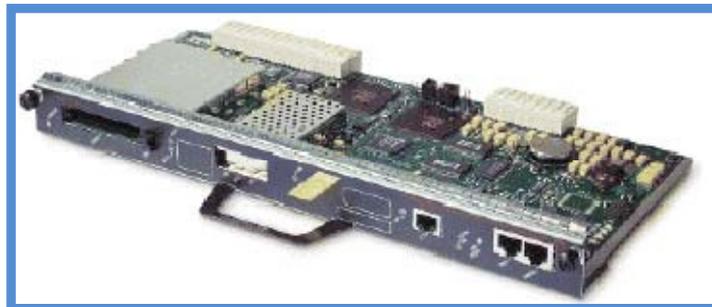


Figura 3.41.- Tarjeta Fast Ethernet input/output controller.

En la parte posterior aparte de las fuentes posee la tarjeta “Network Processing Engine” con tres puertos gigabit ethernet, cada uno de estos puede ser conectado a través de RJ-45 o fibra óptica indistintamente.



Figura 3.42.- Tarjeta Network Processing Engine.

VoIP Backhaul Router (Router de Borde).

El equipo seleccionado para este caso es el router Cisco 7606 que posee las características óptimas para ser utilizado en el proyecto, se puede revisar el anexo de equipos para mayores detalles técnicos.



Figura 3.43.- Cisco Router 7606.

El router Cisco 7606 posee 6 slots en su parte frontal y dos fuentes en su parte posterior las cuales están en configuración activo/respaldo.

Los slots serán distribuidos de la siguiente forma:

Los slots 1 y 2 con tarjetas “Enhanced FlexWAN Module” (WS-X6582-2PA), cada tarjeta posee 2 bay para la conexión de fibra óptica.



Figura 3.45.- Tarjeta Enhanced FlexWAN Module (WS-X6582-2SPA).

Los slots 3 y 4 con tarjetas “SPA Interface Processor” (7600-SIP-400) cada tarjeta posee 4 sub-módulos SPA-1XOC12-POS con capacidad para manejar hasta 1 STM-4 cada uno para manejar el tráfico de salida internacional.



Figura 3.46.- Tarjeta SPA Interface Processor.

Los Slots 5 y 6 serán equipados con módulos “Catalyst 6500 Supervisor Engine 32” (WS-SUP32-GB-3B), estas tarjetas contienen un puerto de consola, un puerto USB 2.0 y 8 puertos GB



Figura 3.47.- Tarjeta Catalyst 6500 Supervisor Engine 32.

Firewall.

Para la seguridad de los datos de la red se escogió el Firewall Cisco ASA5520-BUN-K9.



Figura 3.48.- Cisco ASA5520-BUN-K9.

Característica	Descripción
Firewall Throughput	arriba de 450 Mbps
Maximum Firewall y IPS Throughput	<ul style="list-style-type: none"> ● Arriba de 225 Mbps con AIP SSM-10 ● Arriba de 375 Mbps con AIP SSM-20 ● Arriba de 450 Mbps con AIP SSM-40
VPN Throughput	Arriba de 225 Mbps
Sesiones Simultaneas	280000
IPsec VPN Peers	750
SSL VPN Peer nivele de liscencia*	10, 25, 50, 100, 250, 500, or 750
Contextos de seguridad*	arriba de 20
Interfaces	4 puertos Gigabit Ethernet y 1 puerto Fast Ethernet
Interfaces Virtuales (VLANs)	150
Escalabilidad	VPN clustering y balanceo de carga
Alta disponibilidad	Activa/Activa, Activa/Standby

Tabla 3.6.- Resumen de funciones del Cisco ASA5520-BUN-K9.

Estación de Base.

La estación base escogida para el actual diseño es: Macromax de Airspan cuyas características técnicas se detallan en el anexo de descripción de equipos.

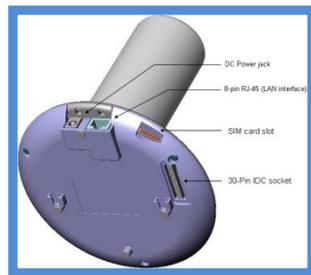


Figura 3.49.- Radio Base Macromax de Airspan.

Este equipo es de fácil configuración, y presenta una plataforma amigable de gestión y monitoreo llamada Netspan. Trabaja en la banda de 3,5 GHz con canales de 3,5 MHz, utiliza FDD y posee certificación del Wimax Forum. Entre otras cosas permite el empleo de diversidad de antenas y se ajusta a las necesidades requeridas en el proyecto propuesto.

CPE's.

Los CPEs escogidos son de la marca AIRSPAN y sus modelos los siguientes:



EasyST



ProST

Figura 3.50.- CPE's de la marca Airspan.

3.5.- UBICACIÓN DE ESTACIONES DE BASE Y NUCLEO

En base al estudio de mercado y la concentración de clientes potenciales se procedió a escoger lugares estratégicos para la ubicación de las estaciones de bases en la ciudad de Guayaquil.

El proyecto inicia con tres estaciones con las cuales se cubre un alto porcentaje de la geografía de la ciudad y se satisface la proyección de demanda de los clientes para el primer año de operaciones.

Estación de Base Mapasingue.

Ubicada en las coordenadas geográficas $2^{\circ} 10' 16''$ Latitud S y $79^{\circ} 56' 54''$ Longitud W. Con esta base se cubre la zona Norte y parte del centro de la ciudad.

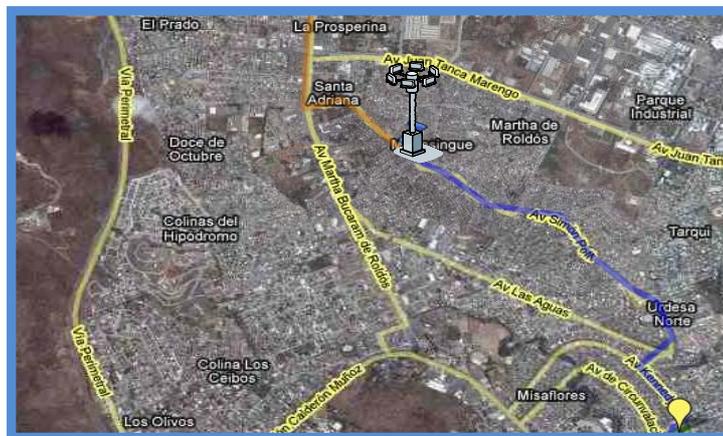


Figura 3.51.- Estación de base Mapasingue

Estación de Base Jordán.

Ubicada en las coordenadas $2^{\circ} 4' 38''$ Latitud S y $79^{\circ} 55' 44''$ Longitud W. Con esta estación de base se cubre la zona Industrial vía a Daule y la parte norte de la ciudad.



Figura 3.52.- Estación de base Cerro Jordan.

Estación de Base San Francisco.

Ubicada en las coordenadas $2^{\circ} 10' 16''$ Latitud S y $79^{\circ} 56' 54''$ Longitud W.

Con esta base se cubre la zona central y parte del sur de la ciudad.

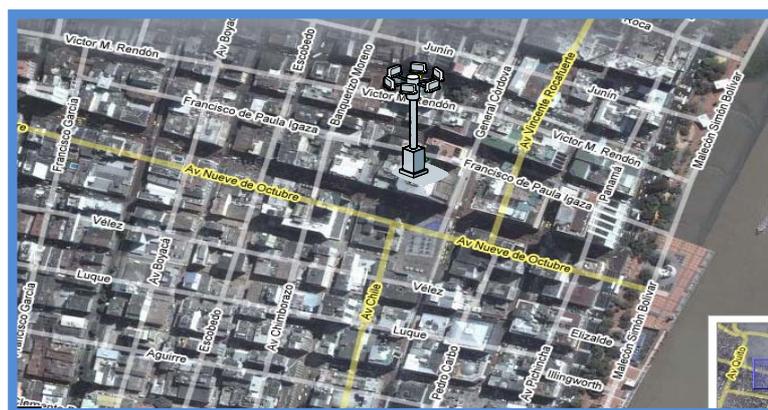


Figura 3.53.- Estación de base San Francisco.

Núcleo (CORE).

El edificio del centro de operaciones estará ubicado en Urdesa, donde llega todo el tráfico proveniente de las estaciones de bases y desde donde se administrara y provee soporte a los usuarios.

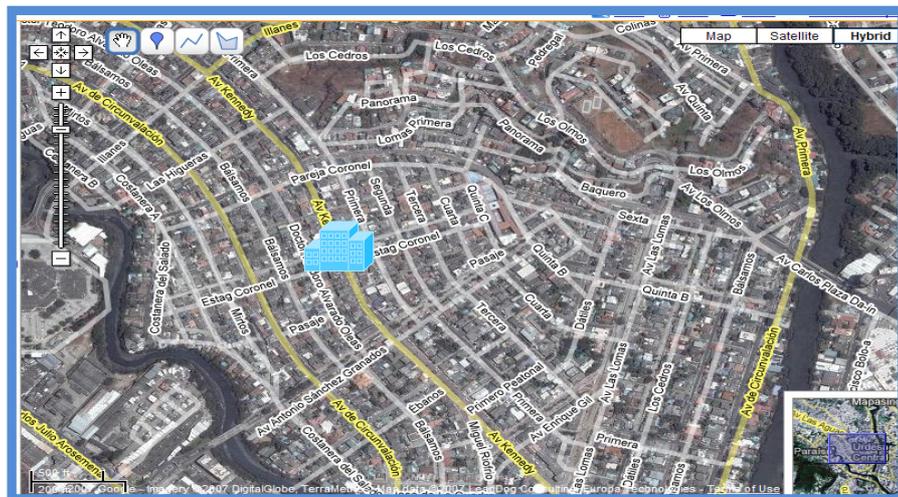


Figura 3.54.- Ubicación del Núcleo.

3.6.- PLAN DE FRECUENCIAS

El red diseñada puede trabajar en cualquiera de las seis sub-bandas AA', BB', CC', DD', EE', FF' de la banda de 3.5 GHz, esto es, en el rango 3.4-3.7 GHz. La separación de los canales de subida y bajada es de 100 MHz en la subbanda 3.4GHz-3.6GHz y de 50 MHz en la subbanda 3.6GHz-3.7GHz²⁸.

²⁸ Existe una mayor disponibilidad de equipamiento en el rango 3.4-3.6 GHz

Actualmente las sub bandas EE'y FF' no han sido asignadas a ningún operador por parte del Regulador.

Para el proyecto se considera la disponibilidad de una anchura de banda total de 50 MHz (25 MHz de subida y 25 MHz de bajada) con multicanalización FDD, portadoras con anchura de banda de 3.5MHz, por lo que en total se dispone de 7 canales de subida en combinación con 7 de bajada (14 canales en total) con 49 MHz útiles y 1 MHz libre para banda de guarda.

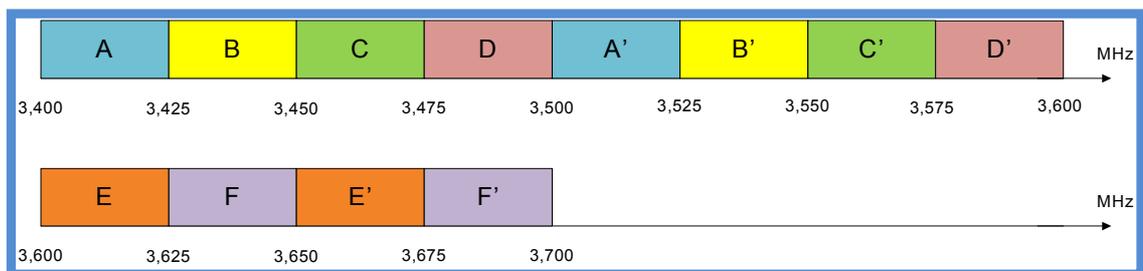


Figura 3.55.- Bandas de frecuencia 3,5 GHz .

El diseño puede igualmente aplicarse para aquellos casos en que no se disponga del total de los 50 MHz (2x25MHz). Por ejemplo, para el caso en que exista disponibilidad de 30 MHz (2x15 MHz), se tendría la aplicación de 8 canales en total (4 de subida en combinación con 4 de bajada).

Planificación de la Red.

Una red de acceso inalámbrica de banda ancha generalmente se despliega en la forma de una red celular, en donde cada estación de base (BS) provee

acceso al servicio a un número determinado de suscriptores (SS) ubicados en su área de cobertura. Como las ubicaciones de los clientes son fijas, cada usuario es asignado a una estación de base predeterminada con sus antenas directivas generalmente apuntadas hacia la estación de base más cercana. La elevada ganancia de las antenas de los suscriptores (CPE) reduce las interferencias y permite su instalación a una distancia mayor. La figura 3.55 muestra un ejemplo de planificación del proyecto con sectores rectangulares de 90°, en donde las etiquetas indican los canales utilizados en cada estación base.

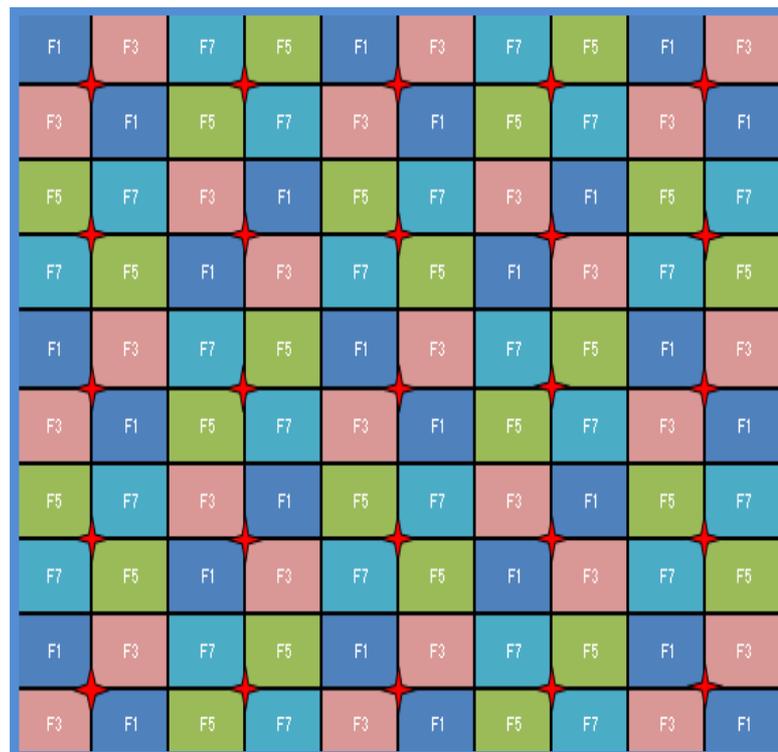


Figura 3.56.- Planeación de Frecuencia.

En una planificación se debe considerar las pérdidas por propagación, el tipo de la zona de servicio (rural o urbana), la variación temporal de la respuesta del canal (que en el caso de las redes BWA es un valor muy pequeño) y también las interferencias co-canal y adyacente.

En particular, la planificación de las celdas y la asignación de frecuencias son aspectos críticos en el diseño de un sistema inicial 802.16 ya que modificaciones durante las sucesivas etapas de un despliegue pueden implicar la necesidad de ajustar cada uno de los equipos terminales de los usuarios instalados en etapas previas.

Sectorización.

El proceso inicial de planificación celular tiene que considerar el uso de la sectorización como mecanismo clave para incrementar la capacidad del sistema. El número de sectores por emplazamiento puede aumentarse para conseguir mayor capacidad, por ejemplo pasar de 4 a 6 sectores provoca aumentar la capacidad aproximadamente en un 50%.

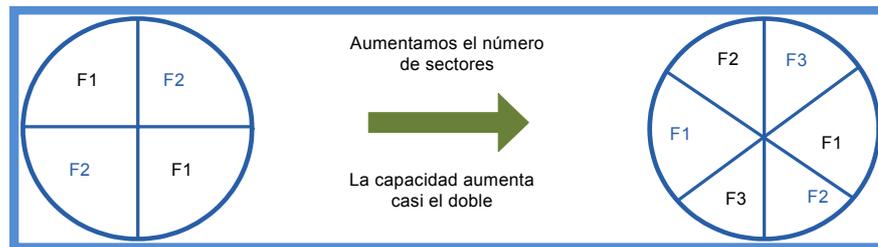


Figura 3.57.- Sectorización.

Modulación adaptativa.

Como se menciona en el capítulo 1, el estándar IEEE 802.16 permite adaptar la modulación y la codificación de canal según las condiciones del enlace entre la estación de base y la del suscriptor. La capacidad de la red puede aumentar directamente en caso de utilizar esquemas de modulación de una mayor eficiencia espectral, pero esto viene acompañado generalmente de una reducción de la zona de cobertura y de un mayor requerimiento de valores C/I (Carrier to Interference). Actualmente, las estaciones de base conectan en cada sector, suscriptores con modulaciones digitales BPSK, QPSK y QAM dependiendo de las condiciones del enlace. Los suscriptores más cercanos generalmente se conectan con 64QAM permitiendo las velocidades más altas, mientras que los CPE's más alejados se conectan con QPSK y BPSK a menor velocidad.

Re-uso de frecuencias y polarización.

En razón de que las estaciones de base tienen superposición de cobertura, deben trabajar con diferentes frecuencias para reducir las interferencias co-canal (canales que operan con las mismas frecuencias). Se trata, entonces de asignar canales reduciendo al máximo el nivel de interferencia, teniendo en cuenta que la disponibilidad de canales es limitada. Algunas veces se complementa la selección de frecuencias con un cambio de polarización de la antena entre sectores adyacentes.

En la figura 3.57 se muestra una posible distribución de frecuencias en los diferentes sectores con los que se proveerá acceso. Se debe considerar que los patrones de radiación de los sectores contiguos se traslapan por lo que no deben tener asignadas las mismas frecuencias para evitar interferencias.

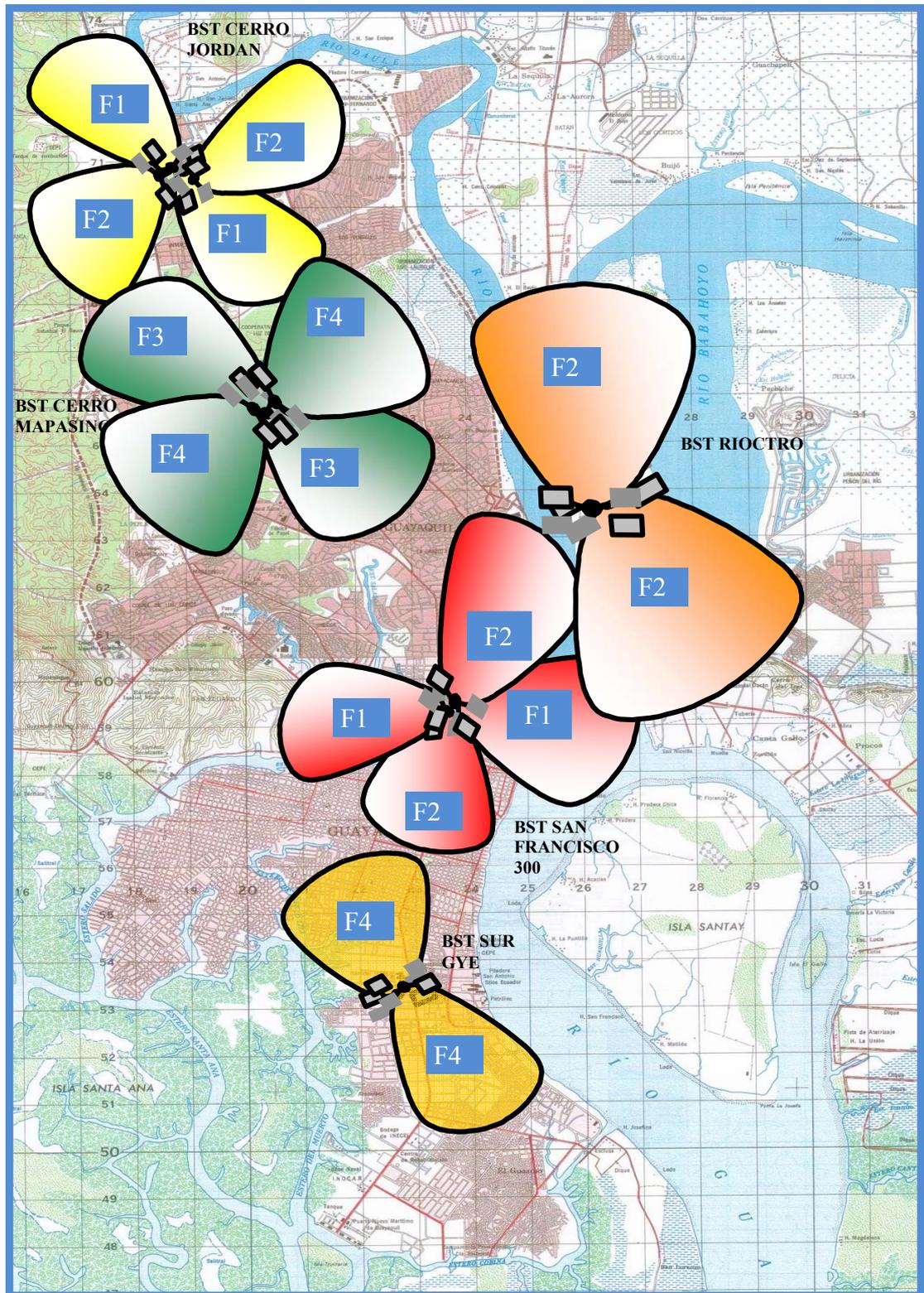


Figura 3.58.- Proyección de cobertura del proyecto.

3.7.- PREDICCIÓN DE COBERTURA.

Para la determinación de la predicción de cobertura RF de las estaciones de base se empleó una herramienta computacional denominada Radio Mobile²⁹ que permite visualizar gráficamente con diferentes colores los diferentes niveles de la señal alrededor de una base. Utiliza principalmente una base de datos geográfica del área de interés, que en este caso se trata de la ciudad de Guayaquil. Esta aplicación permite, entre otros, calcular valores como el nivel de recepción de señal, la distancia entre la estación de base y el receptor (CPE) y el perfil de un enlace particular. Permite variar la frecuencia de operación, la potencia de transmisión, ganancia, el patrón de radiación y altura de las antenas y otros parámetros.

Algunas de los parámetros considerados en la aplicación son los siguientes:

Máximo número de sectores por estación base	4
Tipo de antena	Panel plano (90°)
Altura de antenas de la Estación de base	0-30 m.
Cobertura mínima requerida por sitio	90%
Máximo número de canales por sector	2[1]
Espaciamiento de canal	3,50 MHz
Potencia de salida en antena	20 dBm (100mw)
Sensibilidad	-110 dBm
Base de datos geográfica	SRTM
Frecuencia (MHz)	DD' (3475-3500/3575-3600)

Tabla 3.7.- Parámetros considerados en la simulación de cobertura.

²⁹ Ver referencia del software Radio Mobile en Anexo A.

El patrón de irradiación del panel plano usado en cada uno de los cuatro sectores se muestra en la figura 3.58.

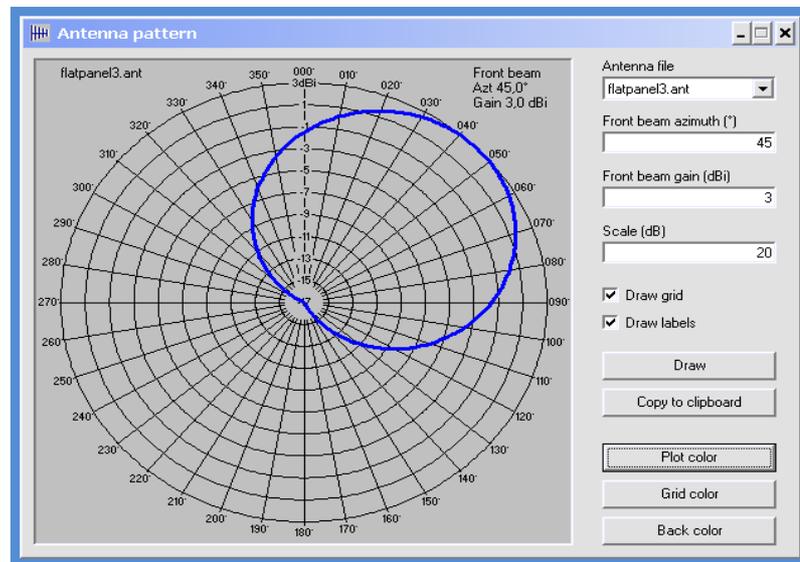


Figura 3.59.- Patrón de irradiación de antena.

La figura 3.59 muestra los parámetros ingresados en la aplicación Radio Mobile para generar el gráfico topográfico de la ciudad de Guayaquil y sus alrededores con una resolución de 30 mts.



Figura 3.60.- Parámetros de configuración de la red.

Una vista fotográfica obtenida de la aplicación indicada se muestra en la figura 3.60, donde se puede distinguir el Cerro Azul, Cerro Mapasingue y Cerro del Carmen.

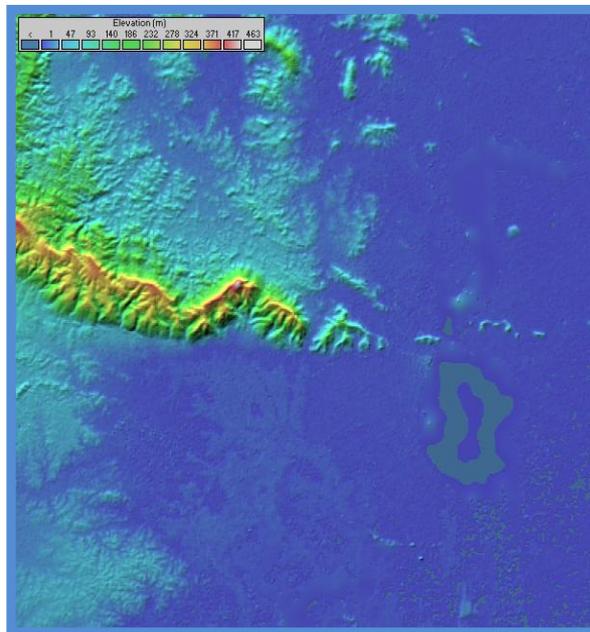


Figura 3.61.- Vista de Guayaquil con base de Datos del programa simulador.

Estación de Base Cerro Mapasingue.

En las figuras 3.61- 3.65 se observan la ubicación real, los parámetros de ingreso en la aplicación Radio Mobile y la predicción de cobertura RF para la estación de base denominada Cerro Mapasingue. En razón de un uso eficiente del espectro, se consideró cuatro sectores por estación de base con una utilización de 2 pares de portadoras (2 de subida y 2 de bajada).

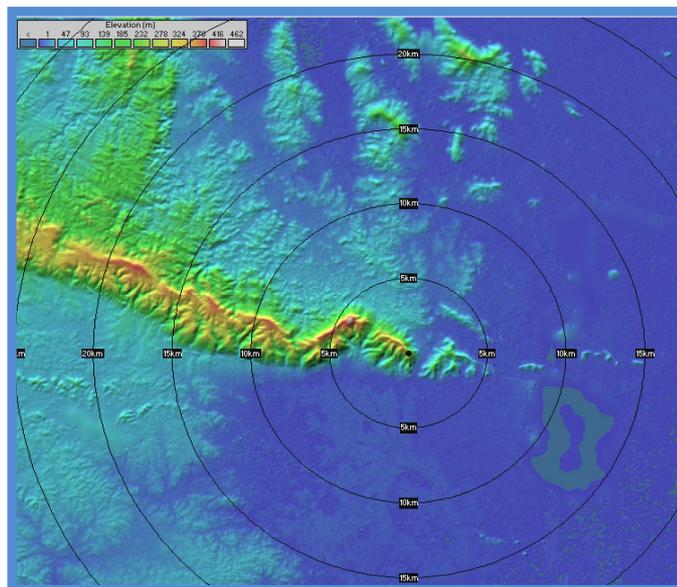


Figura 3.62.- Ubicación de BS Mapasingue en simulador.



Figura 3.63.- Ubicación Real de Estación de Base Cerro Mapasingue.

Los parámetros ingresados en la aplicación Radio Mobile son los siguientes:

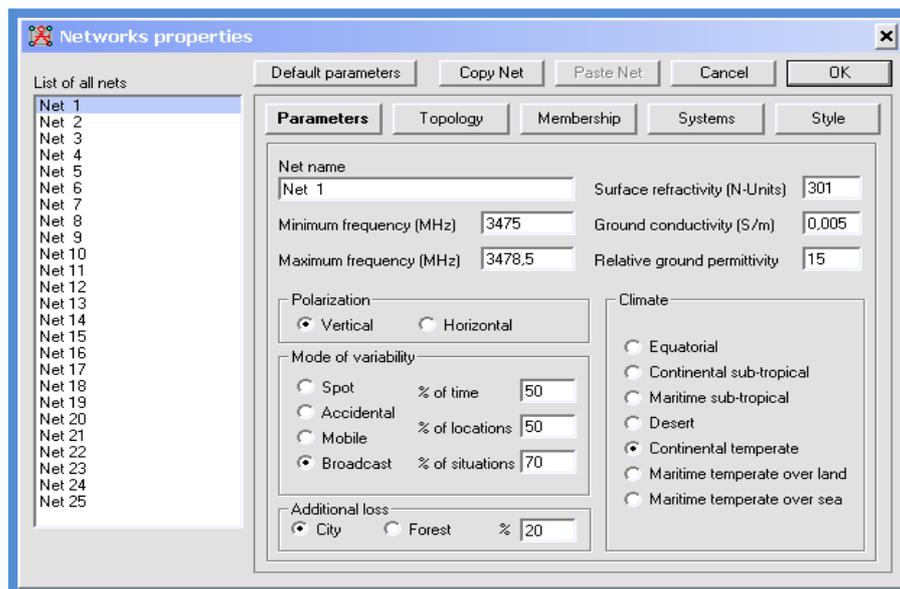


Figura 3.64.- Parámetros de BS Mapasingue sectores A y D (1).

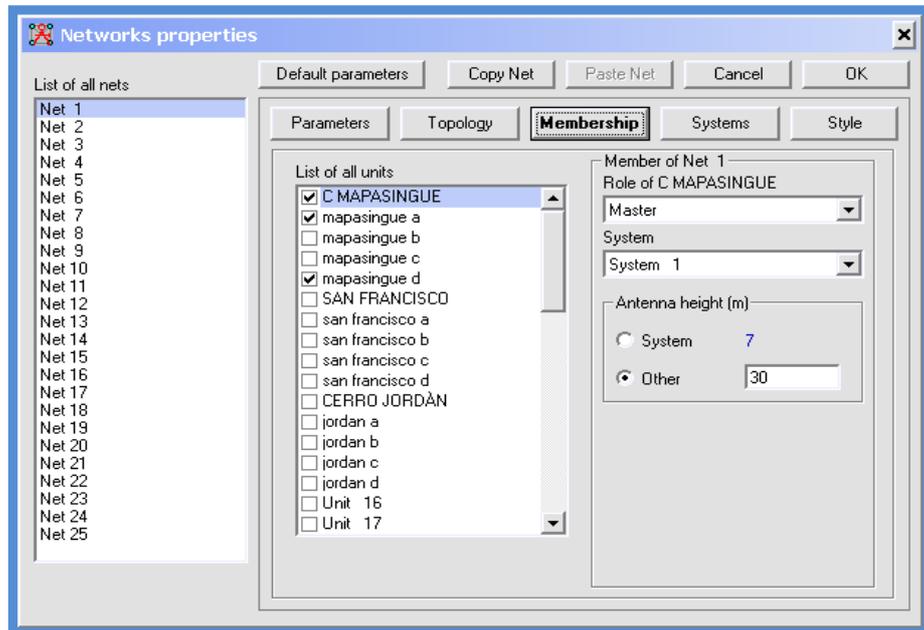


Figura 3.65.- Parámetros de BS Mapasingue sectores A y D (2).

Para obtener el gráfico de cobertura se configuró lo siguiente:

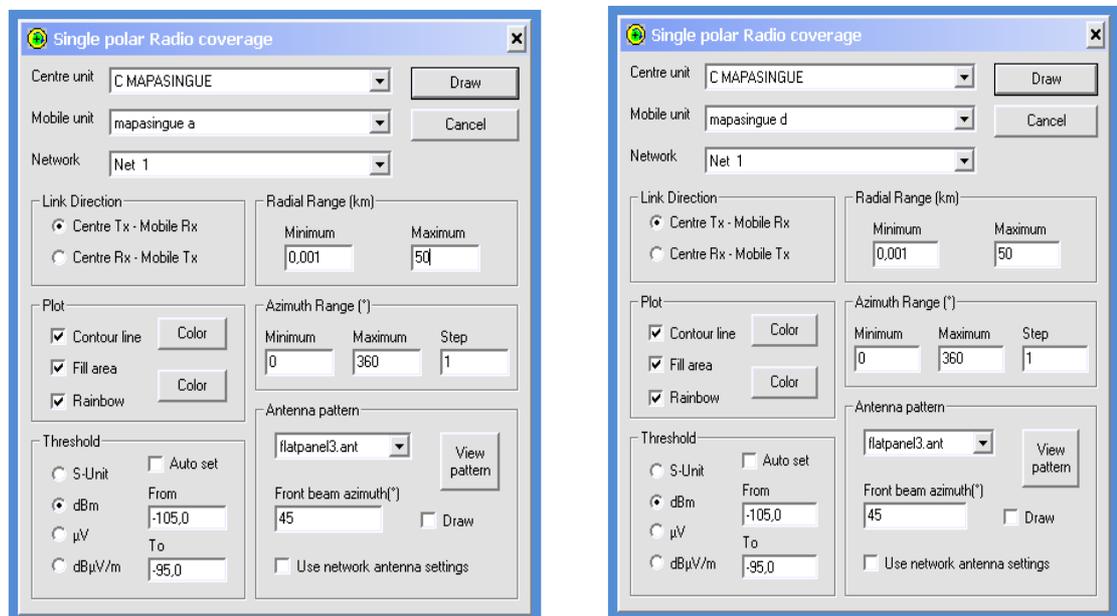


Figura 3.66.- Parámetros de cobertura BS Mapasingue sectores A y D.

El resultado obtenido para los sectores A y D se muestra en la figura 3.66:

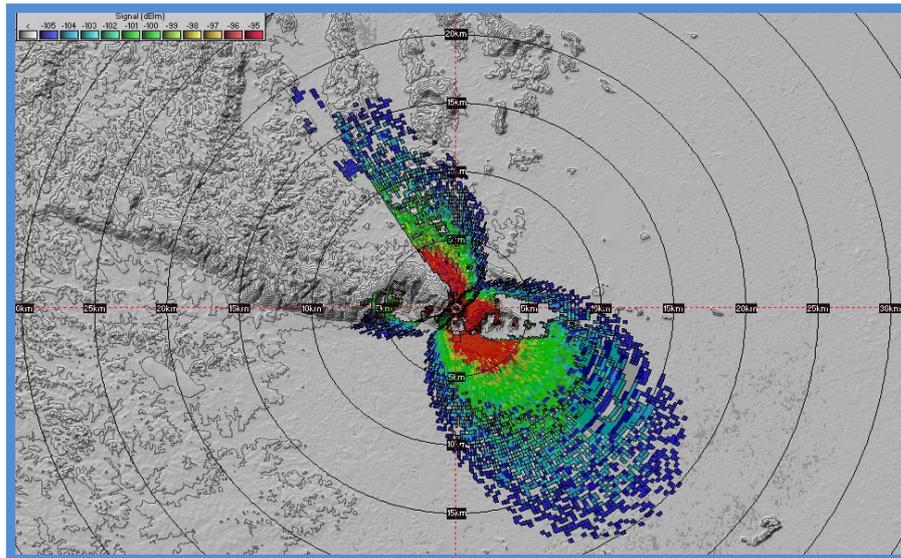


Figura 3.67.- Estación de Base Mapasingue. Sectores A y D.

Para los sectores B y C de esta estación se ingresaron los siguientes parámetros:

Parameter	Value
Net name	Net 2
Surface refractivity (N-Units)	301
Minimum frequency (MHz)	3478.5
Ground conductivity (S/m)	0,005
Maximum frequency (MHz)	3482
Relative ground permittivity	15
Polarization	<input checked="" type="radio"/> Vertical <input type="radio"/> Horizontal
Mode of variability	<input type="radio"/> Spot % of time: 50 <input type="radio"/> Accidental % of locations: 50 <input checked="" type="radio"/> Broadcast % of situations: 70
Additional loss	<input checked="" type="radio"/> City <input type="radio"/> Forest %: 20
Climate	<input type="radio"/> Equatorial <input type="radio"/> Continental sub-tropical <input type="radio"/> Maritime sub-tropical <input type="radio"/> Desert <input checked="" type="radio"/> Continental temperate <input type="radio"/> Maritime temperate over land <input type="radio"/> Maritime temperate over sea

Figura 3.68.- Parámetros de BS Mapasingue sectores B y C (1).

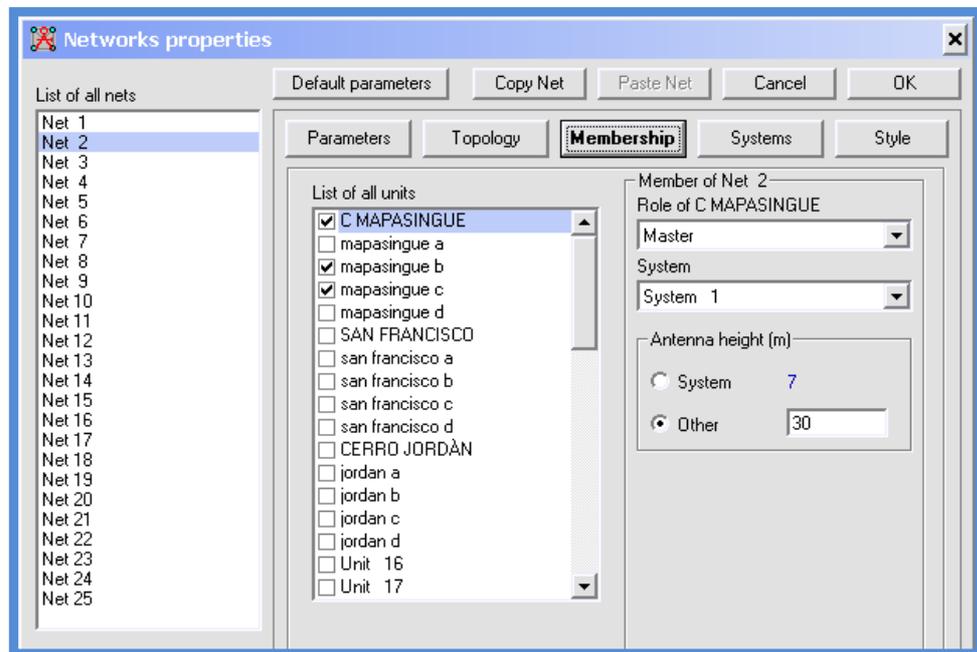


Figura 3.69.- Parámetros de BS Mapasingue sectores B y C (2).

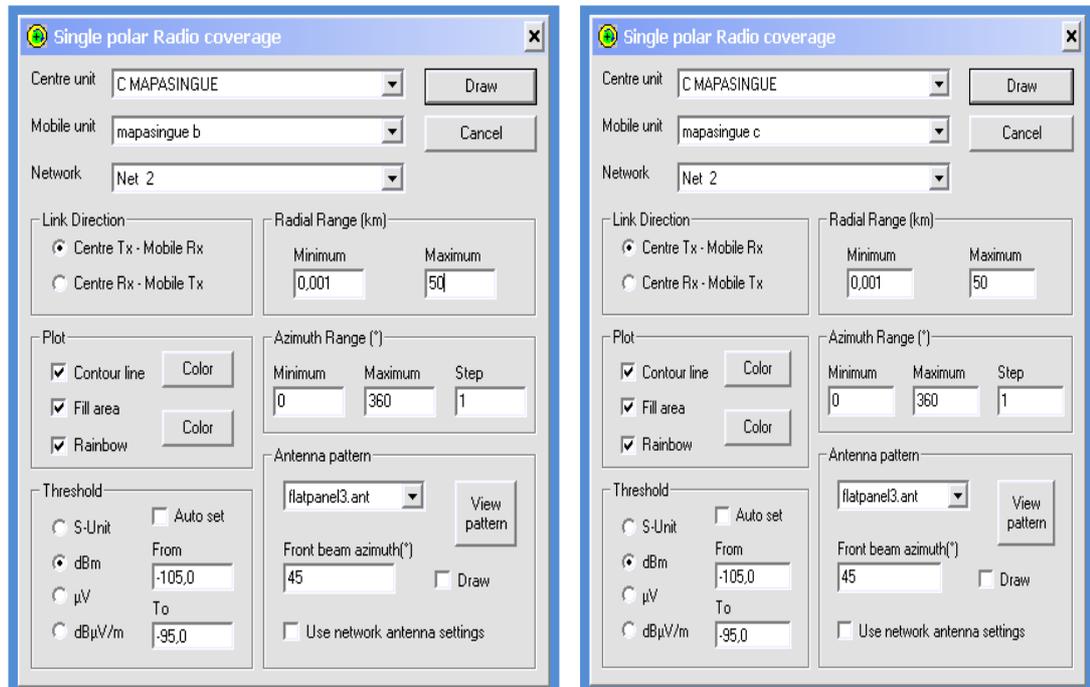


Figura 3.70.- Parámetros de cobertura BS Mapasingue sectores B y C.

El resultado obtenido se puede apreciar en el siguiente grafico:

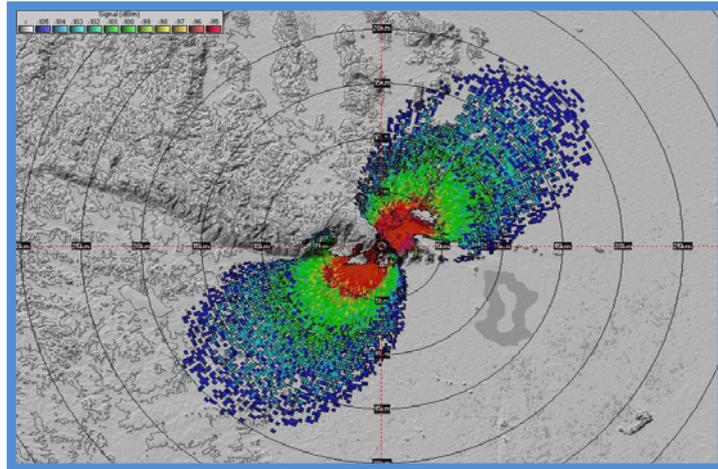


Figura 3.71.- Estación de Base Mapasingue. Sectores B y C.

La cobertura de la estación base Cerro Mapasingue con sus cuatro sectores:

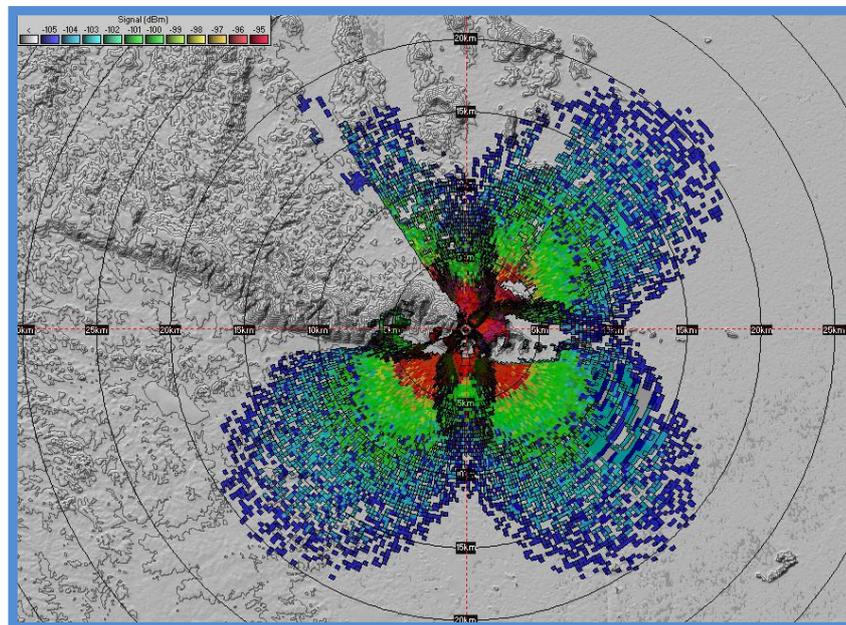


Figura 3.72.- Patrón de irradiacion de la BS Mapasingue cuatro sectores.

La aplicación considera ángulos tomando el norte como la referencia de cero y ángulos positivos en la dirección de las manecillas del reloj.

Se observa en la figura 3.71 que entre los 280 y 320 grados aproximadamente, hay partes en las que no hay cobertura. Esto se debe a que el terreno presenta obstáculos, como el propio cerro que tiene una parte más alta en ese sector. Esto se lo verifica con el siguiente gráfico de visualización del horizonte visto desde la estación de base.

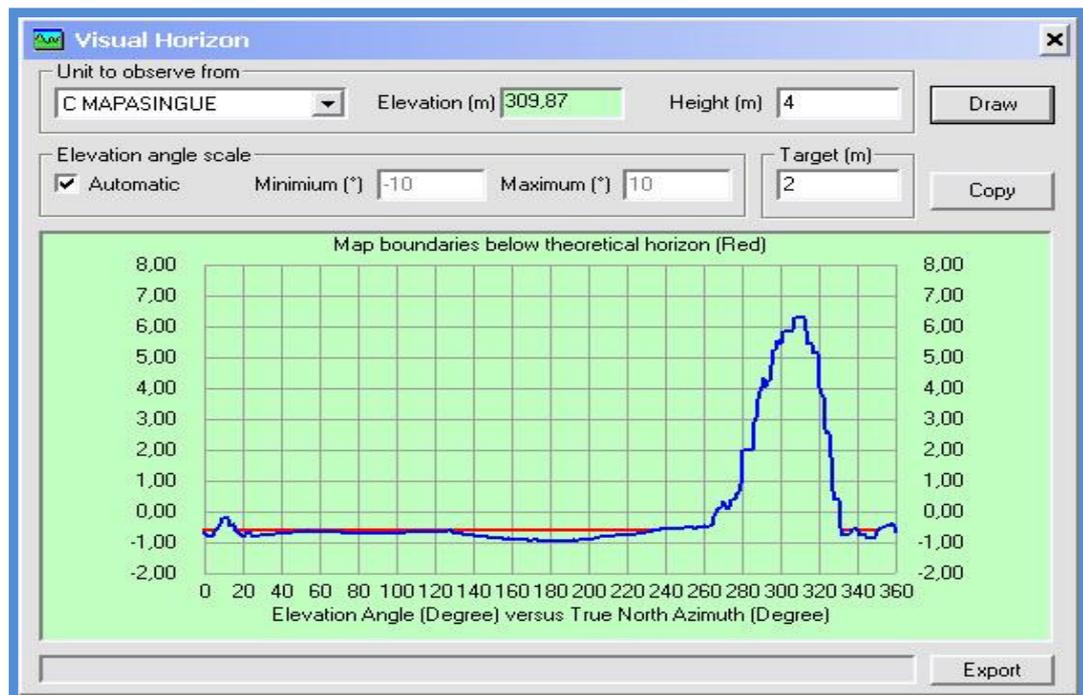


Figura 3.73.- Visualización de horizonte BS Mapasingue.

Para determinar los niveles de recepción se ubican receptores en diferentes lugares en los alrededores de la estación de base Mapasingue. Se coloca un

receptor (CPE) en cada uno de los sectores de la estación de base y se procede a simular los enlaces.

En la figura 3.73 se observa el receptor ubicado en el sector A y en la figura 3.74 los resultados obtenidos en dicho enlace. A partir de los datos, se verifica que el enlace con la estación de base se establece correctamente, teniendo como distancia y nivel de recepción los valores 4.72 Km. y -92.0 dBm respectivamente

Enlace del sector A:

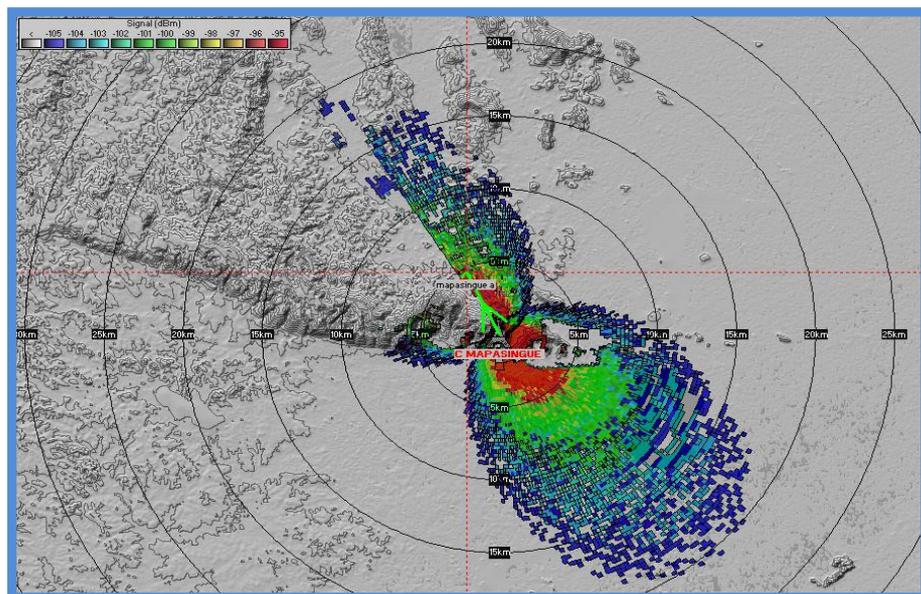


Figura 3.74.- Ubicación de receptor en sector A de BS Mapasingue.

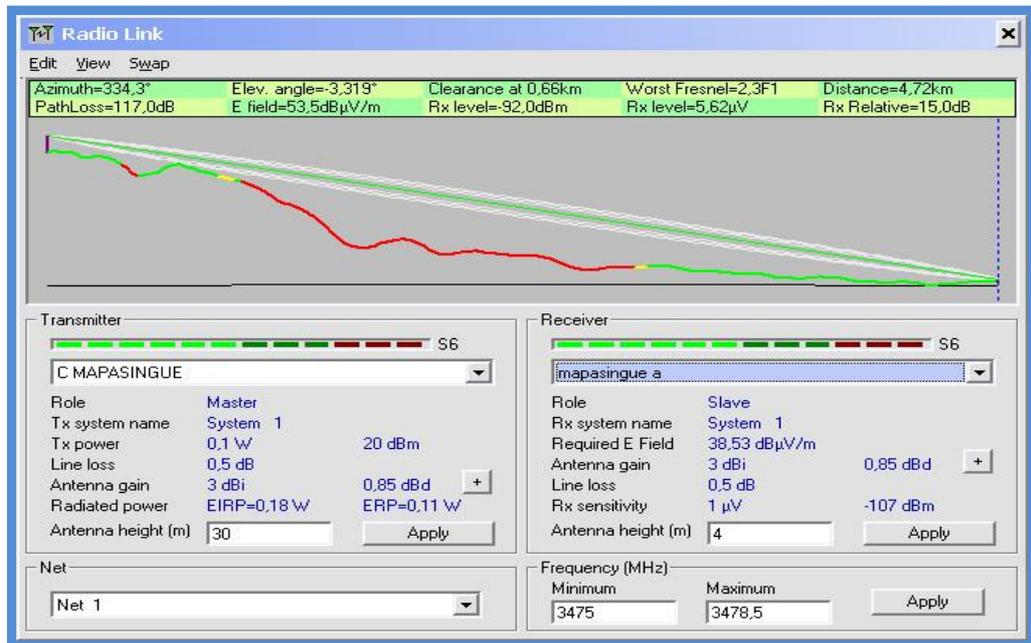


Figura 3.75.- Resultado de simulación enlace sector A en BS Mapasingue.

Enlace del sector B:

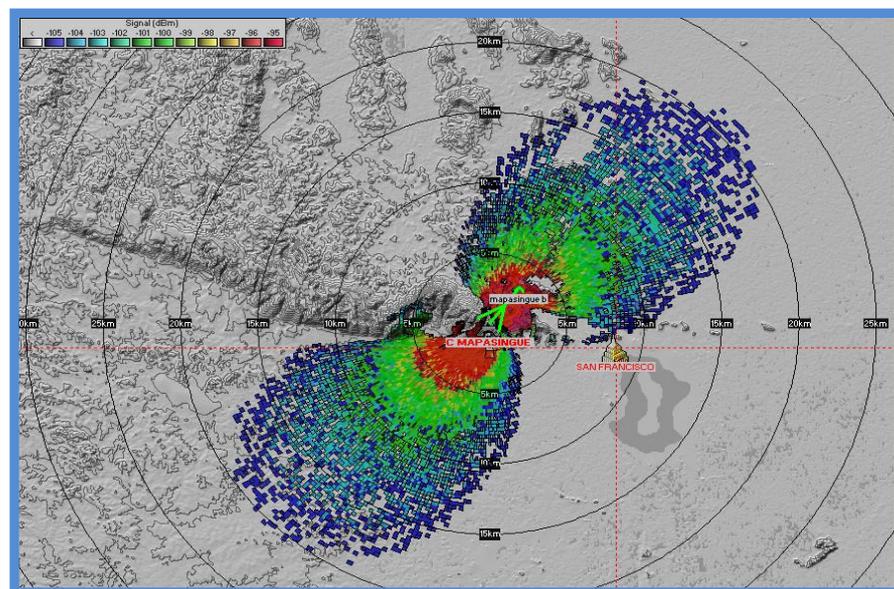


Figura 3.76.- Ubicación de receptor en sector B de BS Mapasingue.

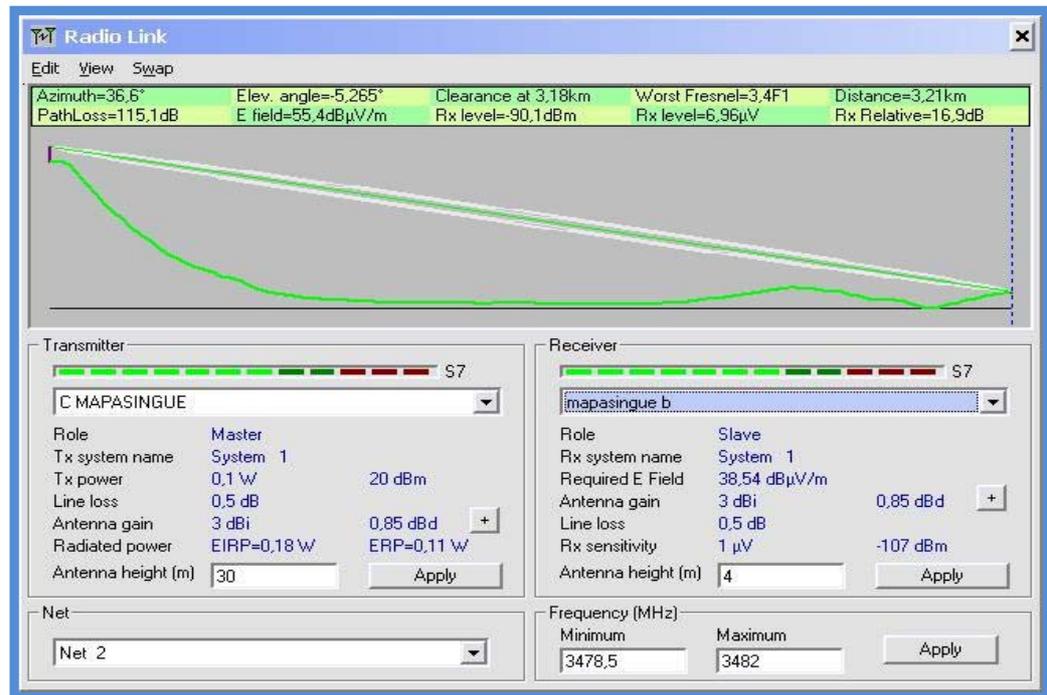


Figura 3.77.- Resultado de simulación enlace sector B en BS Mapasingue.

Enlace del sector C:

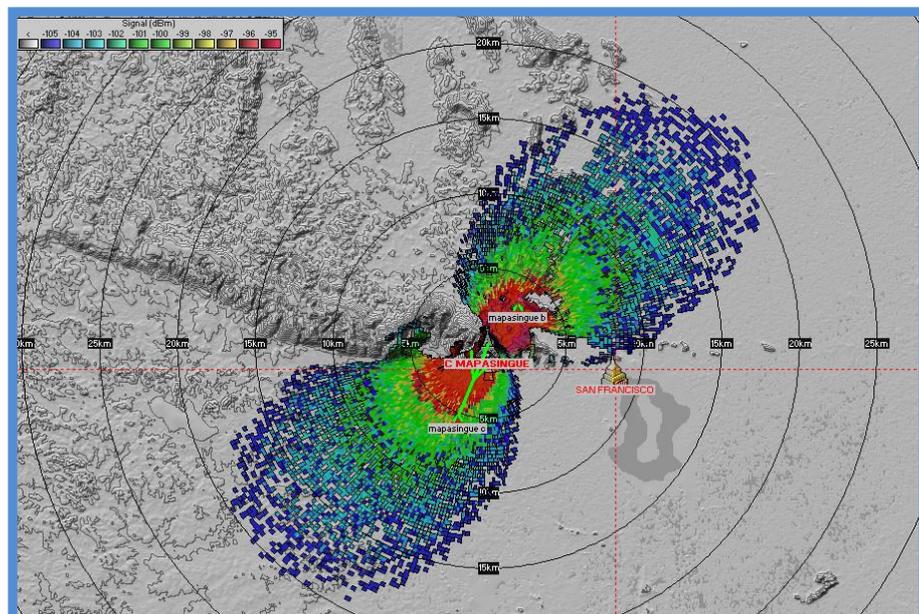


Figura 3.78.- Ubicación de receptor en sector C de BS Mapasingue.

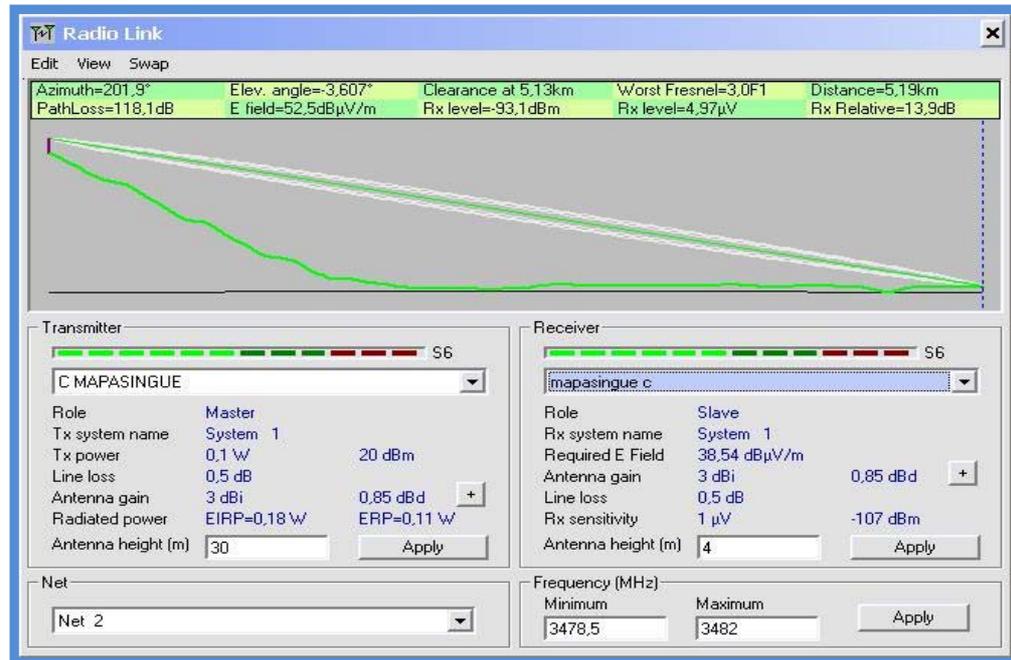


Figura 3.79.- Resultado de simulación enlace sector C en BS Mapasingue.

Enlace del sector D:

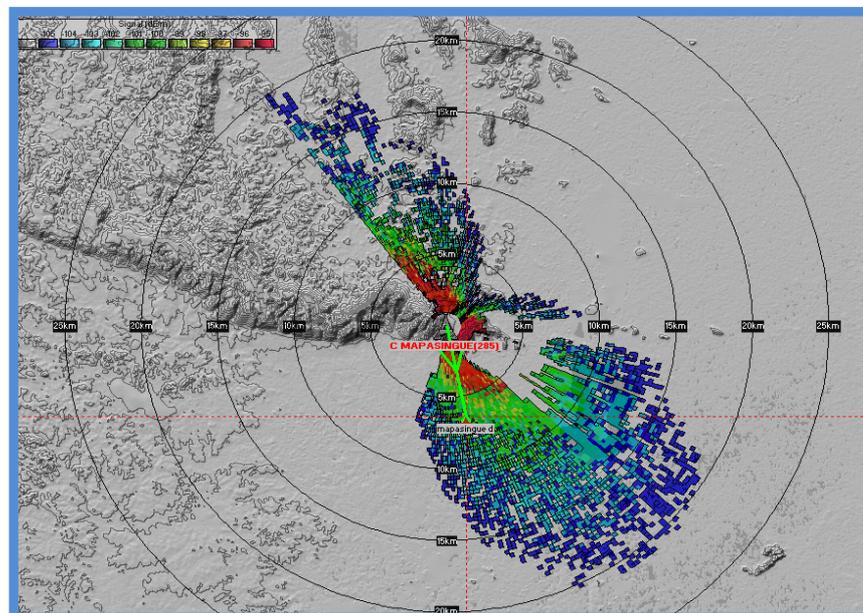


Figura 3.80.- Ubicación de receptor en sector D de BS Mapasingue.

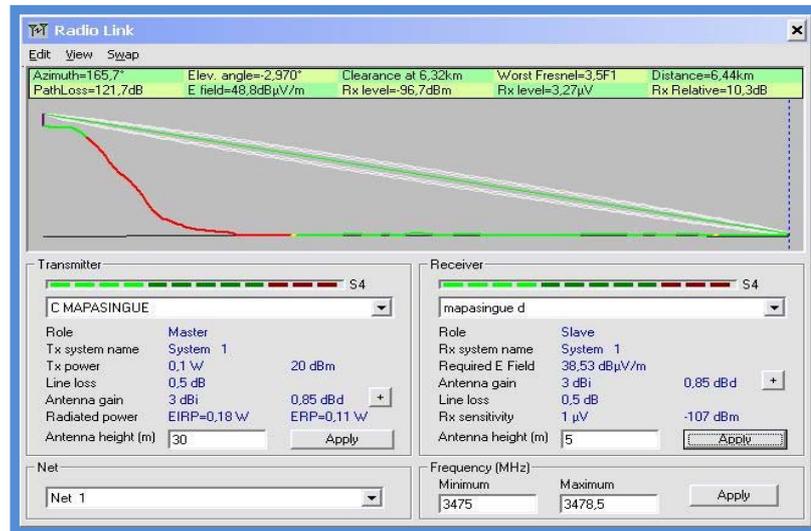


Figura 3.81.- Resultado de simulación enlace sector D en BS Mapasingue.

Estación de Base San Francisco 300.

En las figuras 3.81 – 3.101 se observan la ubicación real, parámetros de ingreso en la aplicación Radio Mobile y la predicción de cobertura RF para la estación de base denominada San Francisco.

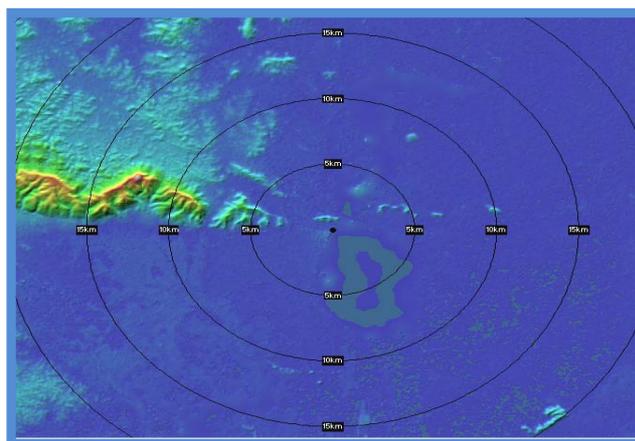


Figura 3.82.- Ubicación de la EB San Francisco 300 en simulador.

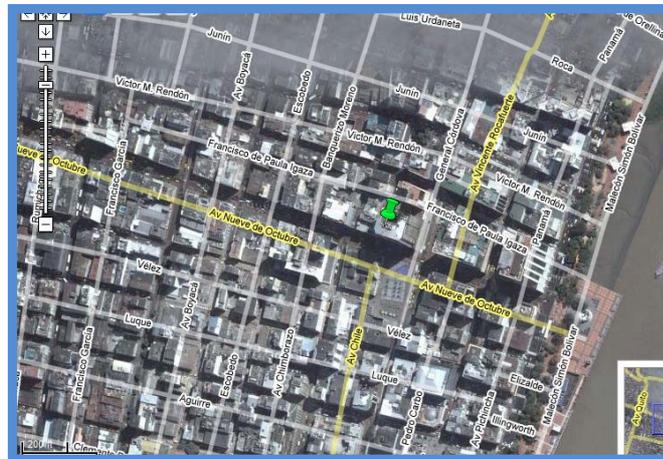


Figura 3.83.- Ubicación real de la Estación San Francisco 300.

Los parámetros son similares a los de la primera estación base pero se debe considerar una frecuencia diferente para el canal. La predicción de cobertura para esta estación de base se muestra en las siguientes figuras:

Figura 3.84.- Parámetros de BS San Francisco 300 sectores A y D (1).

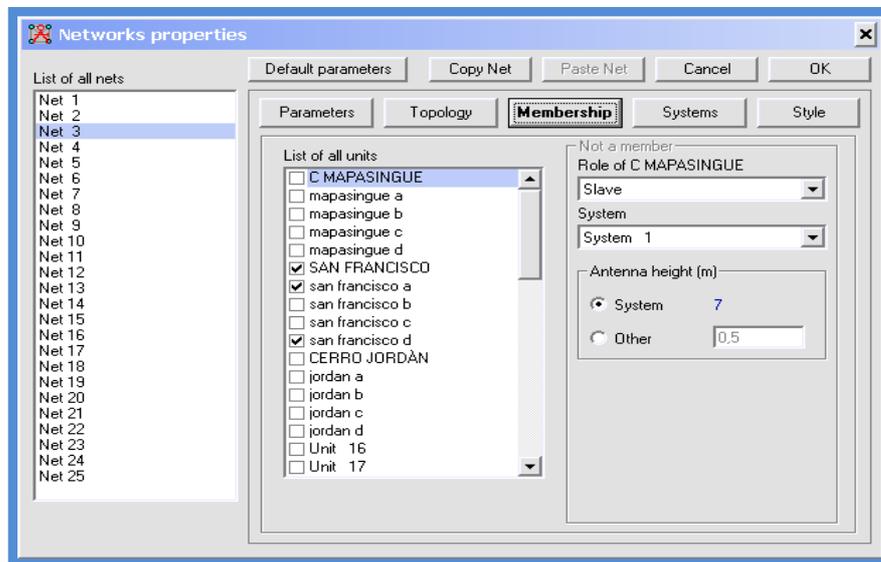


Figura 3.85.- Parámetros de BS San Francisco 300 sectores A y D (2).

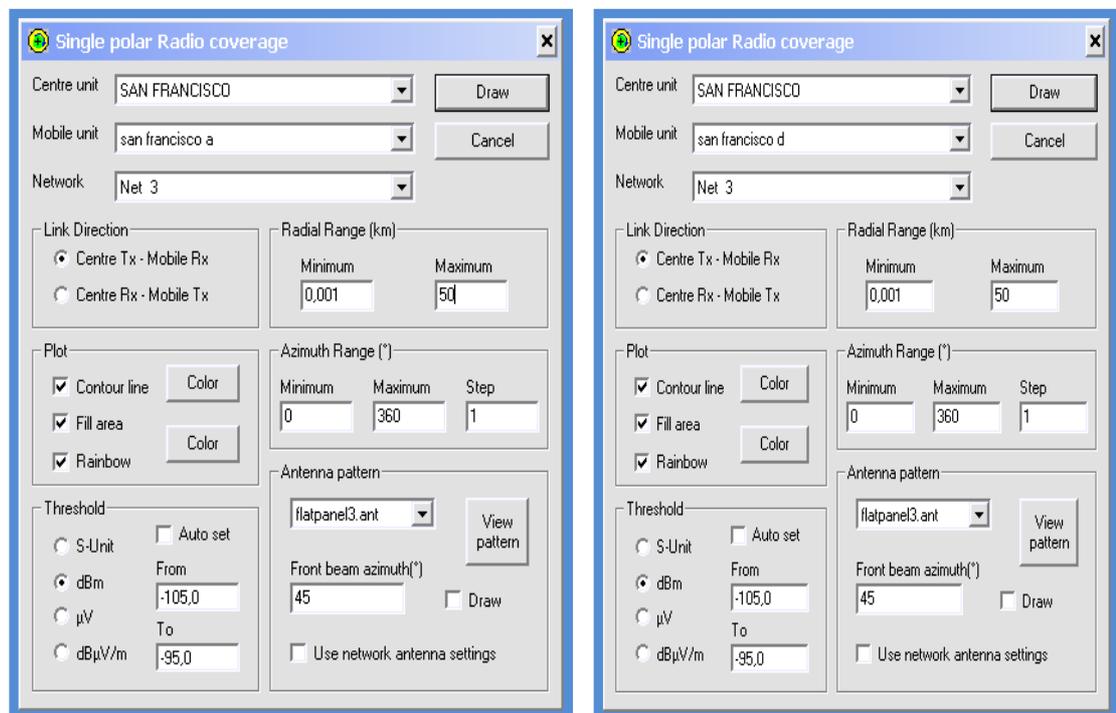


Figura 3.86.- Parámetros de cobertura BS San Francisco 300 sectores A y D.

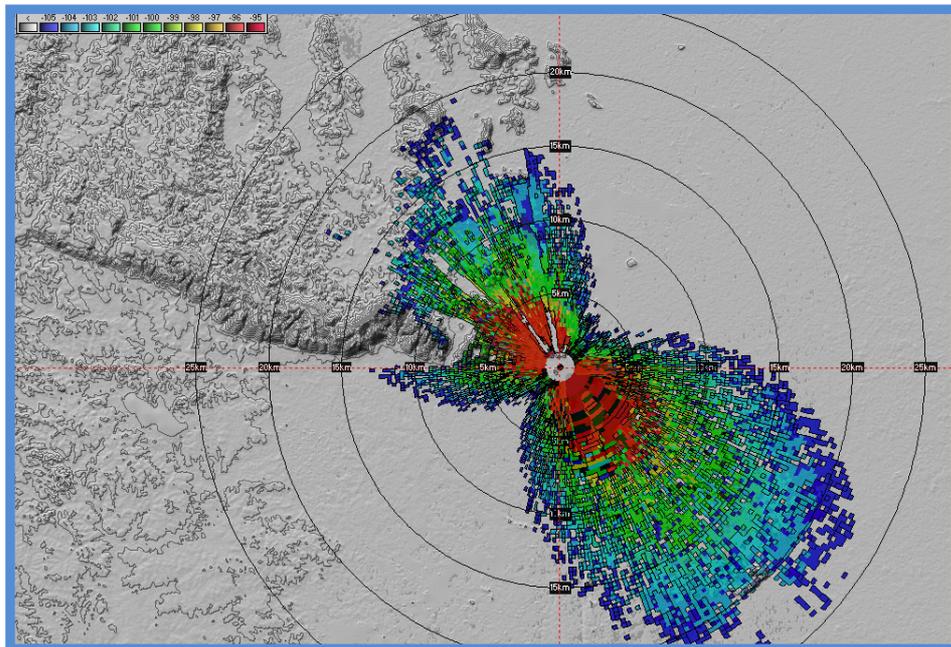


Figura 3.87.- Estación de Base San Francisco 300 Sectores A y D.

Para los sectores B y C de esta estación tenemos:

Networks properties

List of all nets

- Net 1
- Net 2
- Net 3
- Net 4
- Net 5
- Net 6
- Net 7
- Net 8
- Net 9
- Net 10
- Net 11
- Net 12
- Net 13
- Net 14
- Net 15
- Net 16
- Net 17
- Net 18
- Net 19
- Net 20
- Net 21
- Net 22
- Net 23
- Net 24
- Net 25

Default parameters Copy Net Paste Net Cancel OK

Parameters Topology Membership Systems Style

Net name: Net 4

Surface refractivity (N-Units): 301

Minimum frequency (MHz): 3485.5

Ground conductivity (S/m): 0,005

Maximum frequency (MHz): 3489

Relative ground permittivity: 15

Polarization: Vertical Horizontal

Mode of variability:

- Spot % of time: 50
- Accidental % of locations: 50
- Mobile % of situations: 70
- Broadcast

Additional loss: City Forest %: 20

Climate:

- Equatorial
- Continental sub-tropical
- Maritime sub-tropical
- Desert
- Continental temperate
- Maritime temperate over land
- Maritime temperate over sea

Figura 3.88.- Parámetros de BS San Francisco 300 sectores B y C (1).

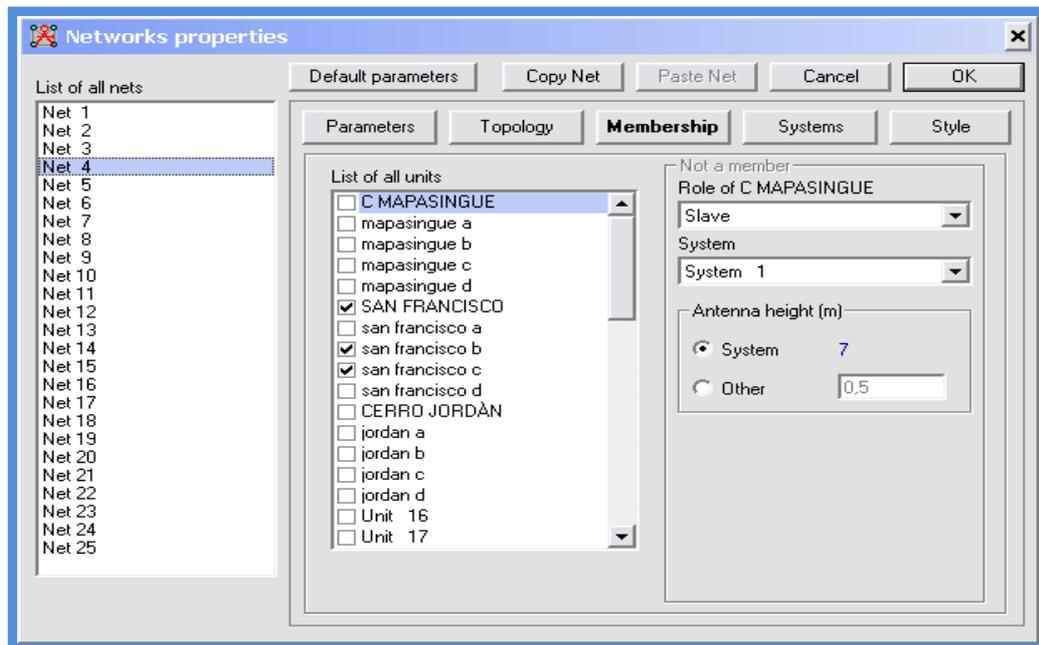


Figura 3.89.- Parámetros de BS San Francisco 300 sectores B y C (2).

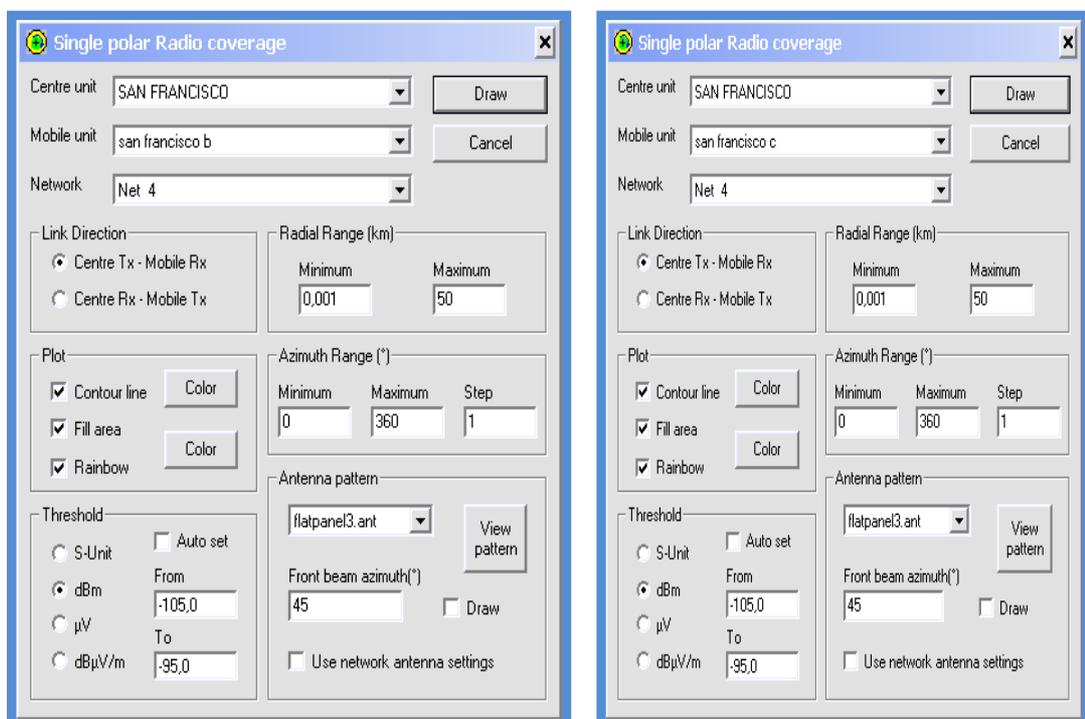


Figura 3.90.- Parámetros de cobertura BS San Francisco 300 sectores B y C.

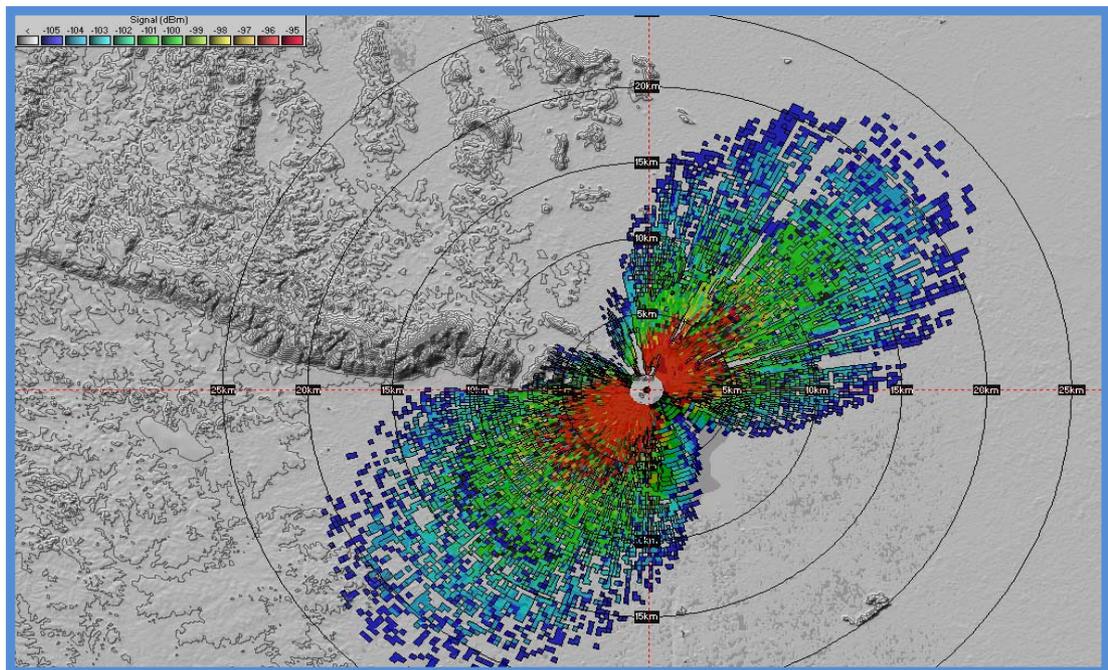


Figura 3.91.- Estación de San Francisco 300. Sectores B y C.

La visualización de los 4 sectores se indica en la figura 3.91.

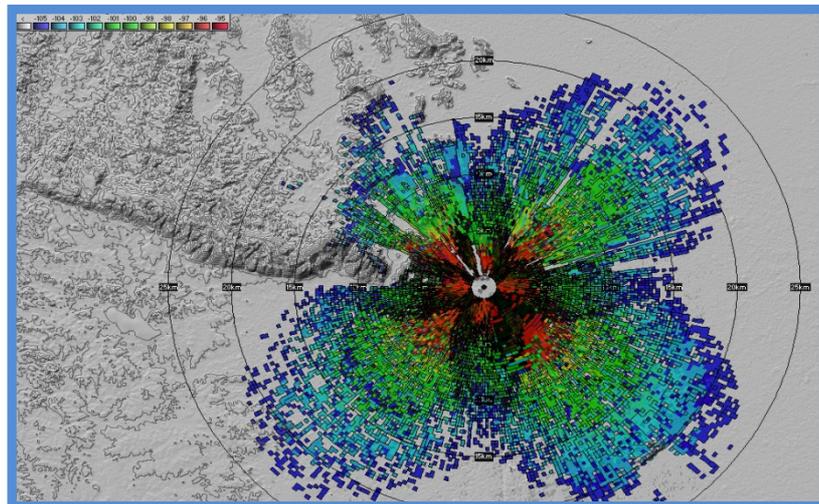


Figura 3.92.- Patrón de irradiación de la BS San Francisco cuatro sectores.

Se puede observar que la cobertura alcanza distancias de hasta 20 Km aproximadamente. Una visualización del horizonte desde esta estación de base se muestra en la figura 3.92.

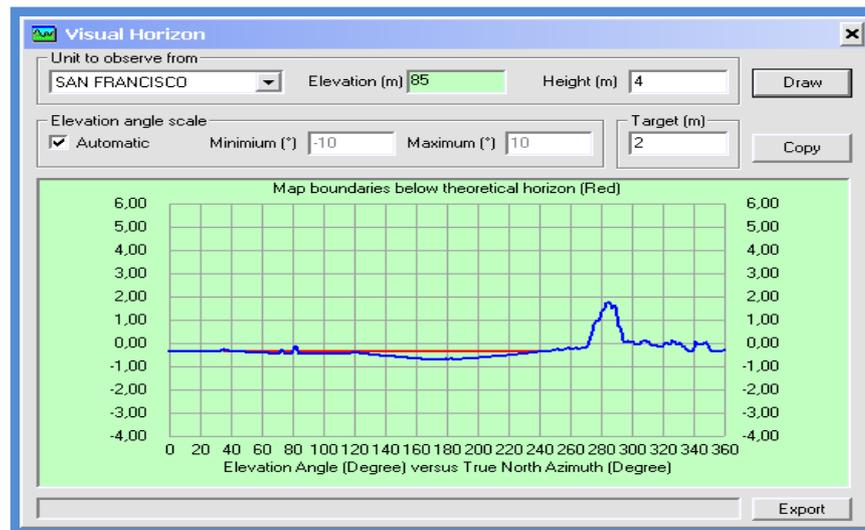


Figura 3.93.- Visualización de horizonte BS San Francisco 300.

De la misma manera que para el caso de la estación de base Mapasingue, se ubican receptores para analizar los niveles de recepción.

Sector A:

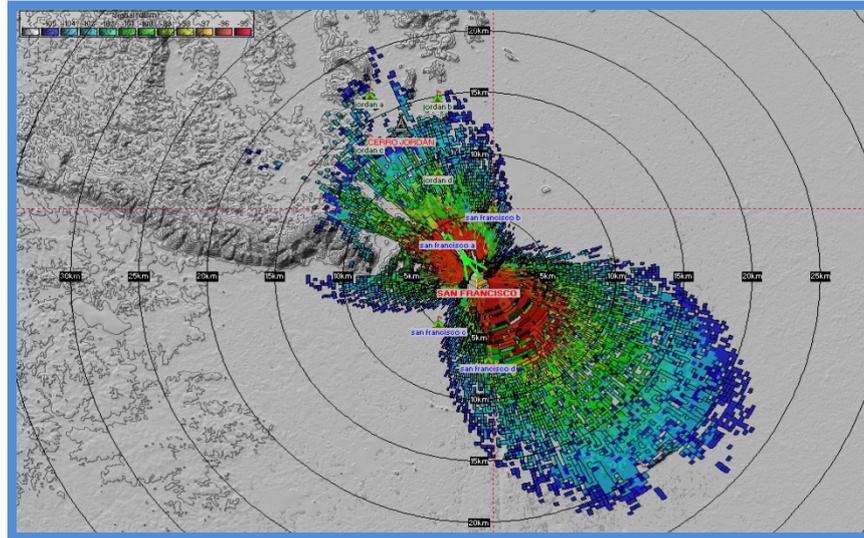


Figura 3.94.- Ubicación de receptor en sector A de BS San Francisco.

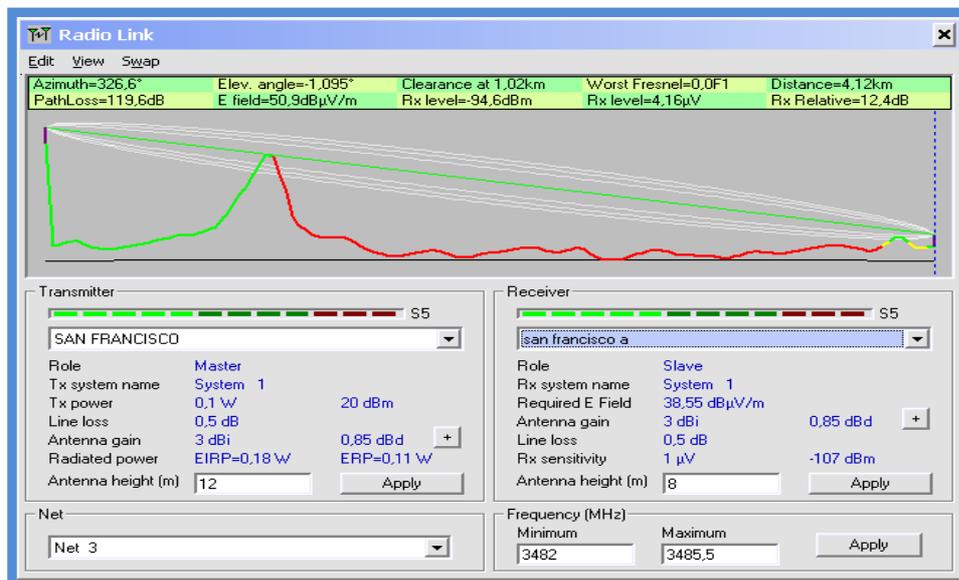


Figura 3.95.- Resultado de simulación enlace sector A en BS San Francisco.

Sector B:

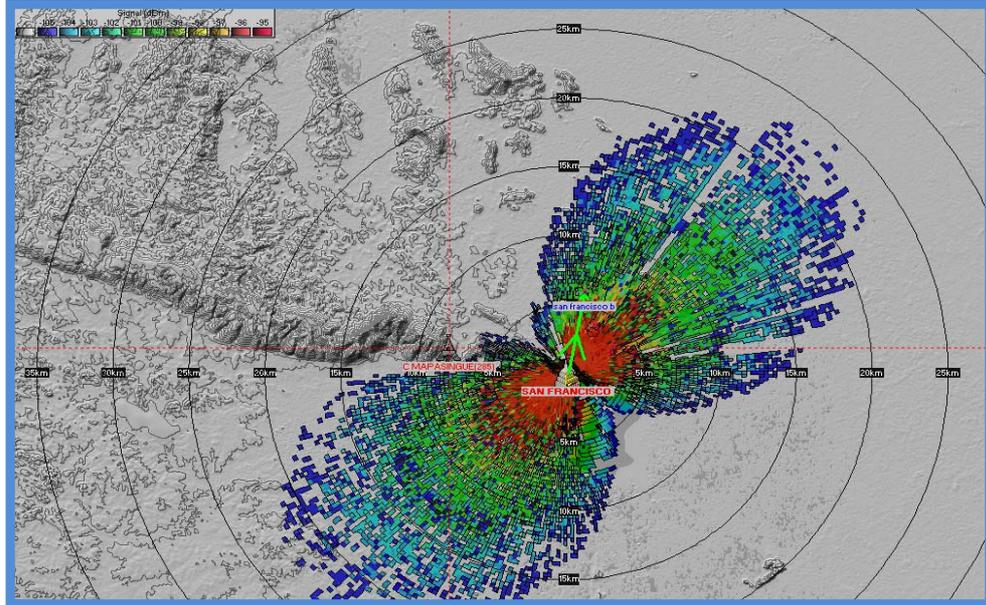


Figura 3.96.- Ubicación de receptor en sector B de BS San Francisco.

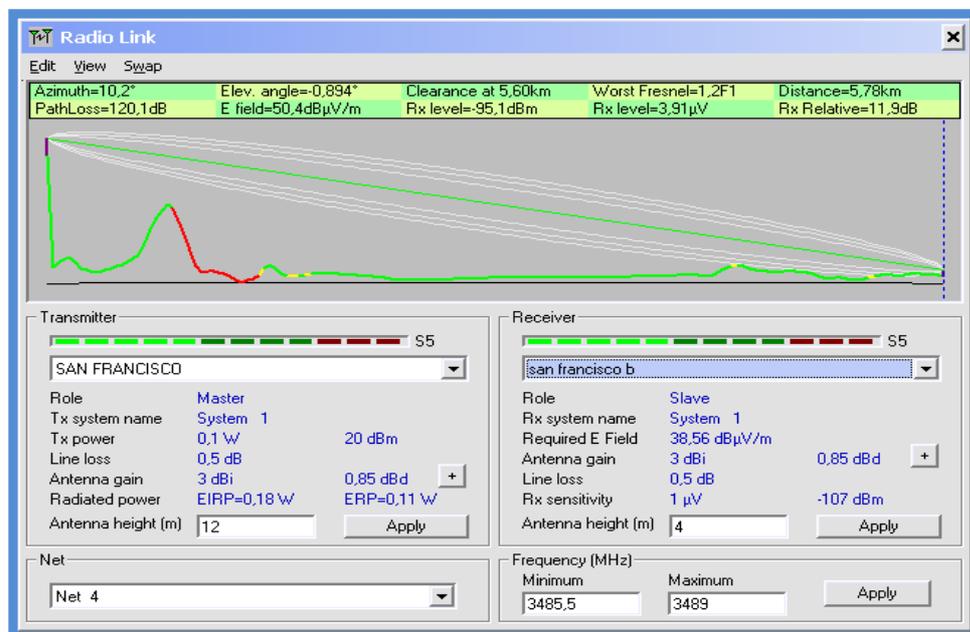


Figura 3.97.- Resultado de simulación enlace sector B en BS San Francisco.

Sector C:

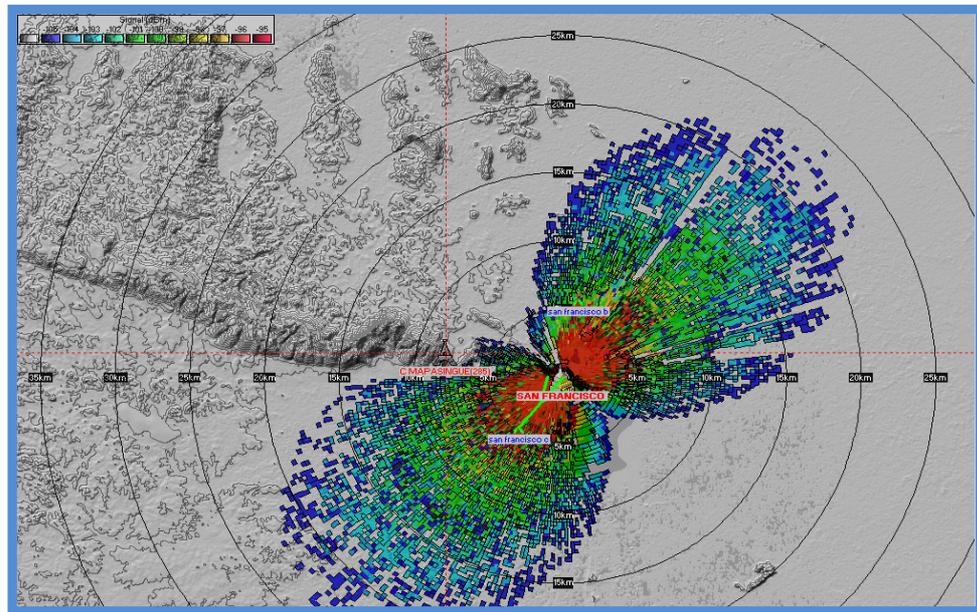


Figura 3.98.- Ubicación de receptor en sector C de BS San Francisco.

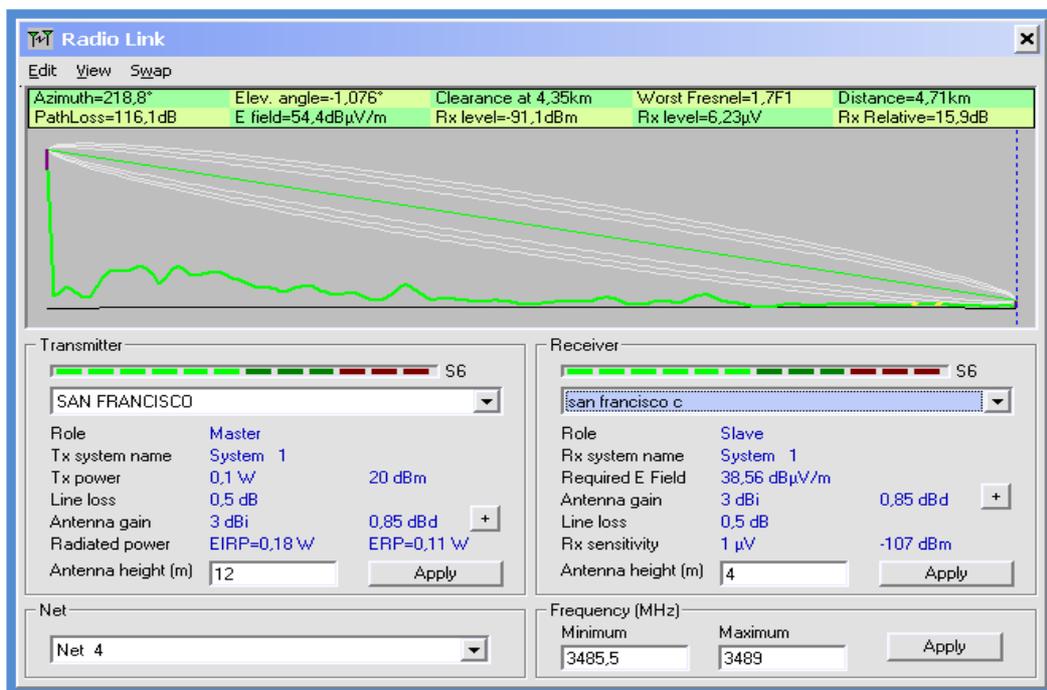


Figura 3.99.- Resultado de simulación enlace sector C en BS San Francisco.

Sector D:

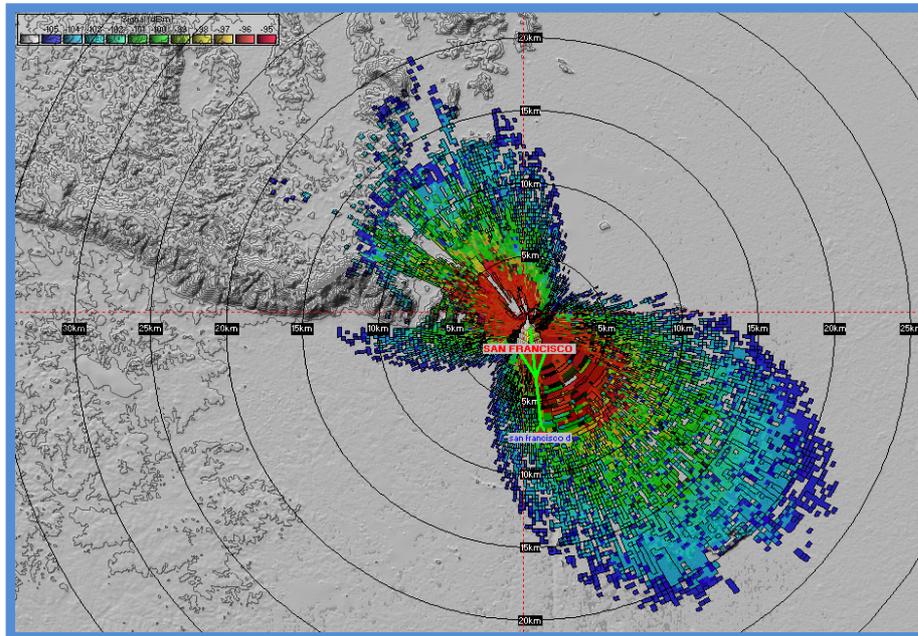


Figura 3.100.- Ubicación de receptor en sector D de BS San Francisco.

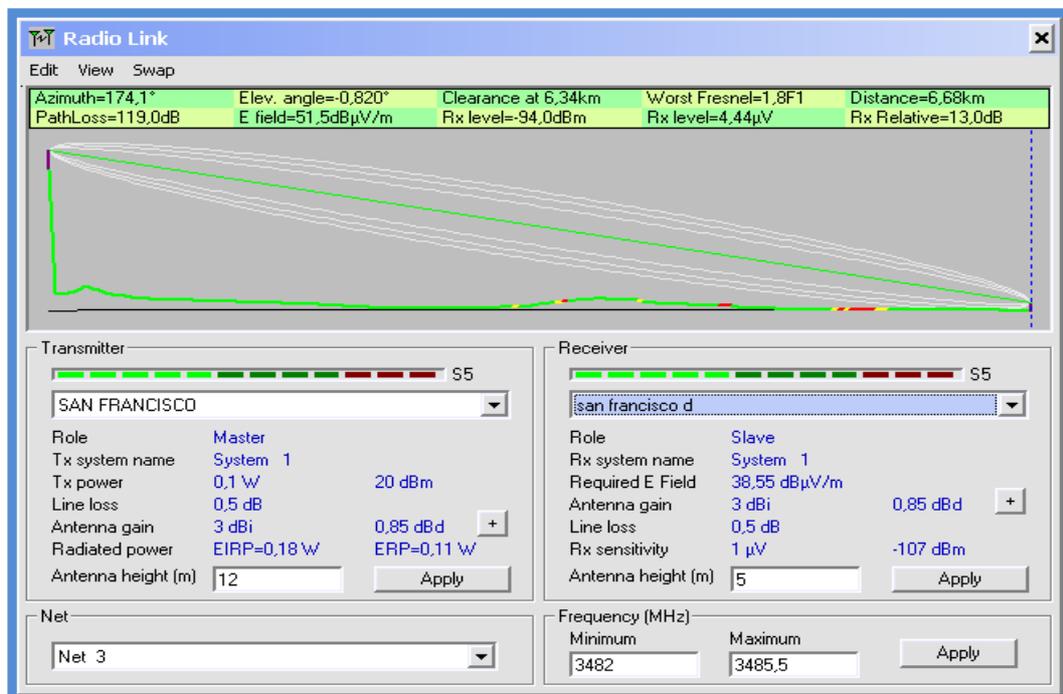


Figura 3.101.- Resultado de simulación enlace sector D en BS San Francisco.

Estación de Base Cerro Jordán.

En las figuras 3.101 – 3.121 se observan la ubicación real, parámetros de ingreso en la aplicación Radio Mobile y la predicción de cobertura RF para la estación de base denominada Cerro Jordán.

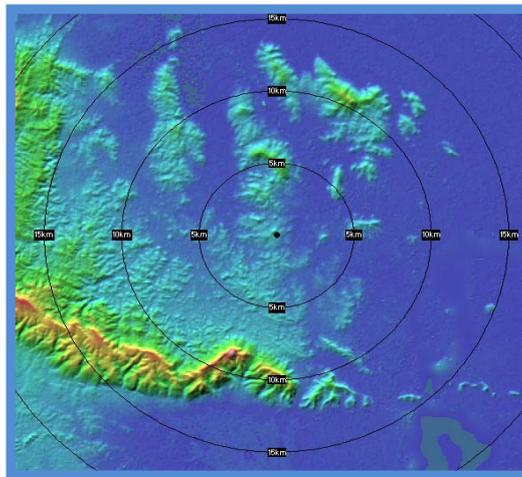


Figura 3.102.- Ubicación de la EB Cerro Jordán en simulador.



Figura 3.103.- Ubicación real de BS Jordán.

Al igual que en los casos anteriores se configuran los parámetros respectivos.

Para los sectores A y D:

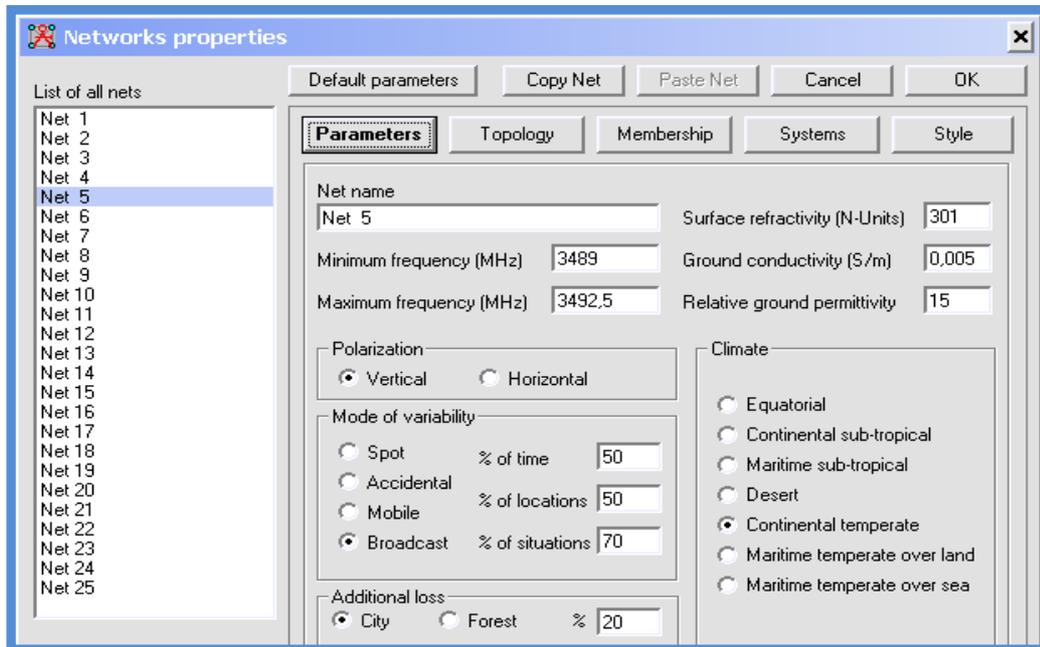


Figura 3.104.- Parámetros de BS C. Jordán sectores A y D (1).

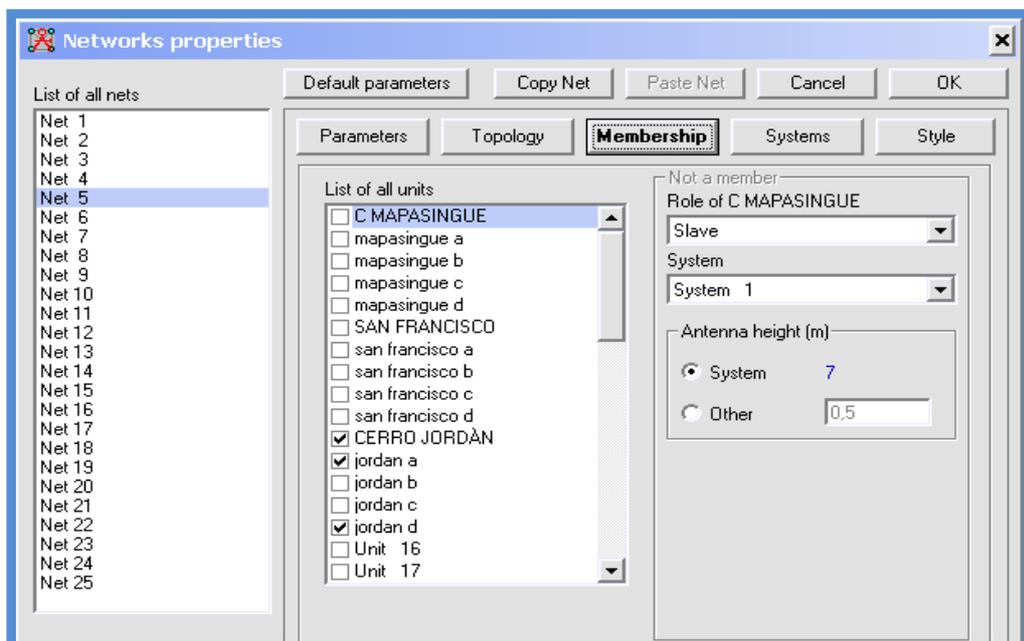


Figura 3.105.- Parámetros de BS C. Jordán sectores A y D (2).

Single polar Radio coverage

Centre unit: CERRO JORDÀN [Draw]

Mobile unit: jordan a [Cancel]

Network: Net 5

Link Direction:
 Centre Tx - Mobile Rx
 Centre Rx - Mobile Tx

Radial Range (km):
 Minimum: 0,001 Maximum: 50

Plot:
 Contour line [Color]
 Fill area [Color]
 Rainbow [Color]

Antenna pattern:
 flatpanel3.ant [View pattern]
 Front beam azimuth(°): 45 [Draw]
 Use network antenna settings

Threshold:
 S-Unit Auto set
 dBm From: -105,0
 µV To: -95,0
 dBµV/m

Single polar Radio coverage

Centre unit: CERRO JORDÀN [Draw]

Mobile unit: jordan d [Cancel]

Network: Net 5

Link Direction:
 Centre Tx - Mobile Rx
 Centre Rx - Mobile Tx

Radial Range (km):
 Minimum: 0,001 Maximum: 50

Plot:
 Contour line [Color]
 Fill area [Color]
 Rainbow [Color]

Antenna pattern:
 flatpanel3.ant [View pattern]
 Front beam azimuth(°): 45 [Draw]
 Use network antenna settings

Threshold:
 S-Unit Auto set
 dBm From: -105,0
 µV To: -95,0
 dBµV/m

Figura 3.106.- Parámetros de cobertura BS C Jordán sectores A y D.

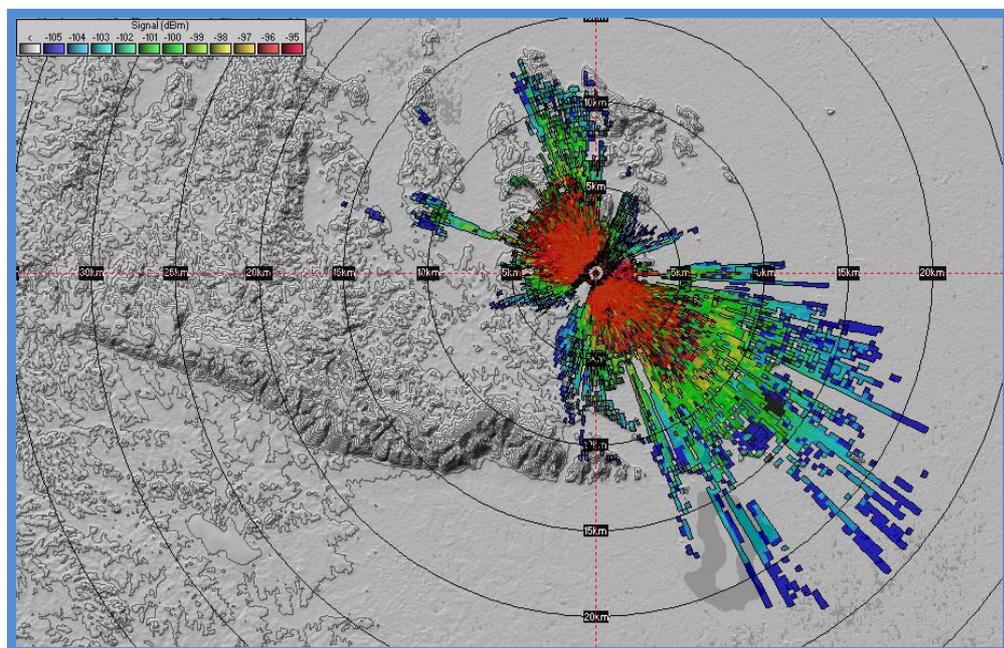


Figura 3.107.- Estación C.Jordán. Sectores A y D.

Para los sectores B y C:

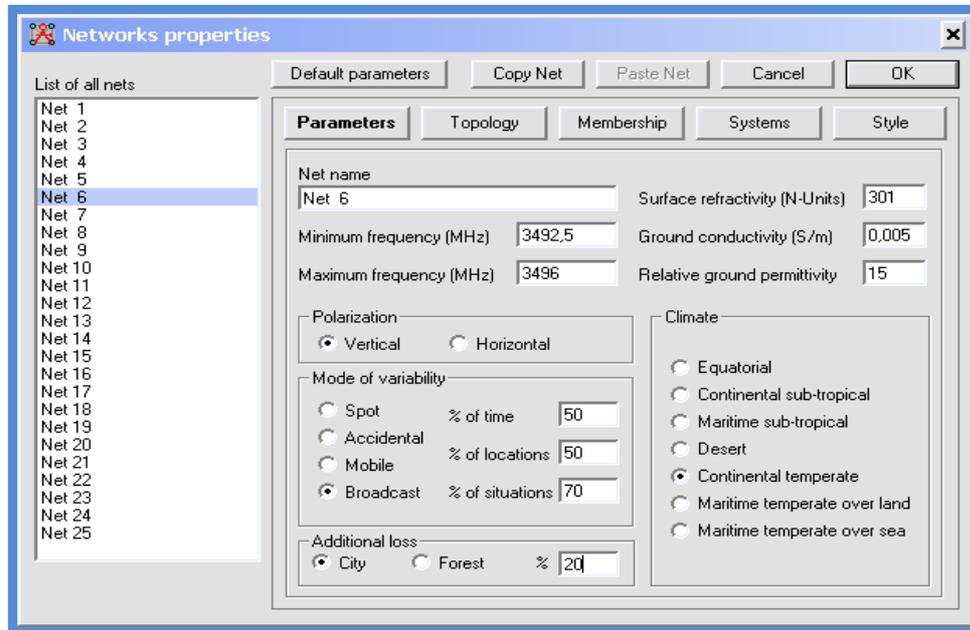


Figura 3.108.- Parámetros de BS C. Jordán sectores B y C (1).

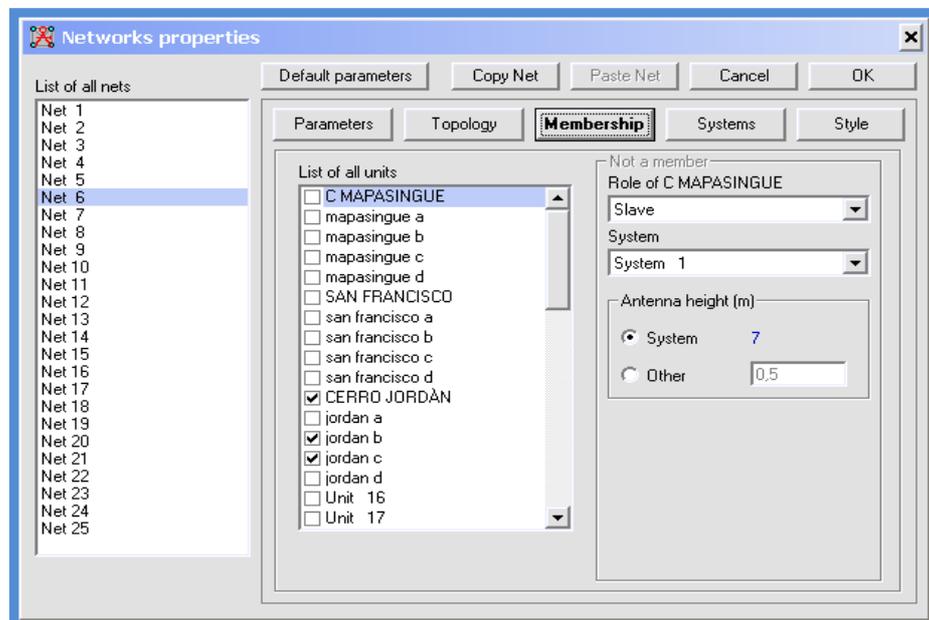


Figura 3.109.- Parámetros de BS C. Jordán sectores B y C (2).

Single polar Radio coverage

Centre unit: CERRO JORDÁN [Draw]

Mobile unit: jordan b [Cancel]

Network: Net 6

Link Direction: Centre Tx - Mobile Rx Centre Rx - Mobile Tx

Radial Range (km): Minimum: 0,001 Maximum: 50

Plot: Contour line [Color] Fill area [Color] Rainbow [Color]

Azimuth Range (°): Minimum: 0 Maximum: 360 Step: 1

Antenna pattern: flatpanel3.ant [View pattern]

Front beam azimuth(°): 45 [Draw]

Threshold: S-Unit Auto set dBm From: -105,0 μ V To: -95,0 dB μ V/m Use network antenna settings

Single polar Radio coverage

Centre unit: CERRO JORDÁN [Draw]

Mobile unit: jordan c [Cancel]

Network: Net 6

Link Direction: Centre Tx - Mobile Rx Centre Rx - Mobile Tx

Radial Range (km): Minimum: 0,001 Maximum: 50

Plot: Contour line [Color] Fill area [Color] Rainbow [Color]

Azimuth Range (°): Minimum: 0 Maximum: 360 Step: 1

Antenna pattern: flatpanel3.ant [View pattern]

Front beam azimuth(°): 45 [Draw]

Threshold: S-Unit Auto set dBm From: -105,0 μ V To: -95,0 dB μ V/m Use network antenna settings

Figura 3.110.- Parámetros de cobertura BS C Jordán sectores B y C.

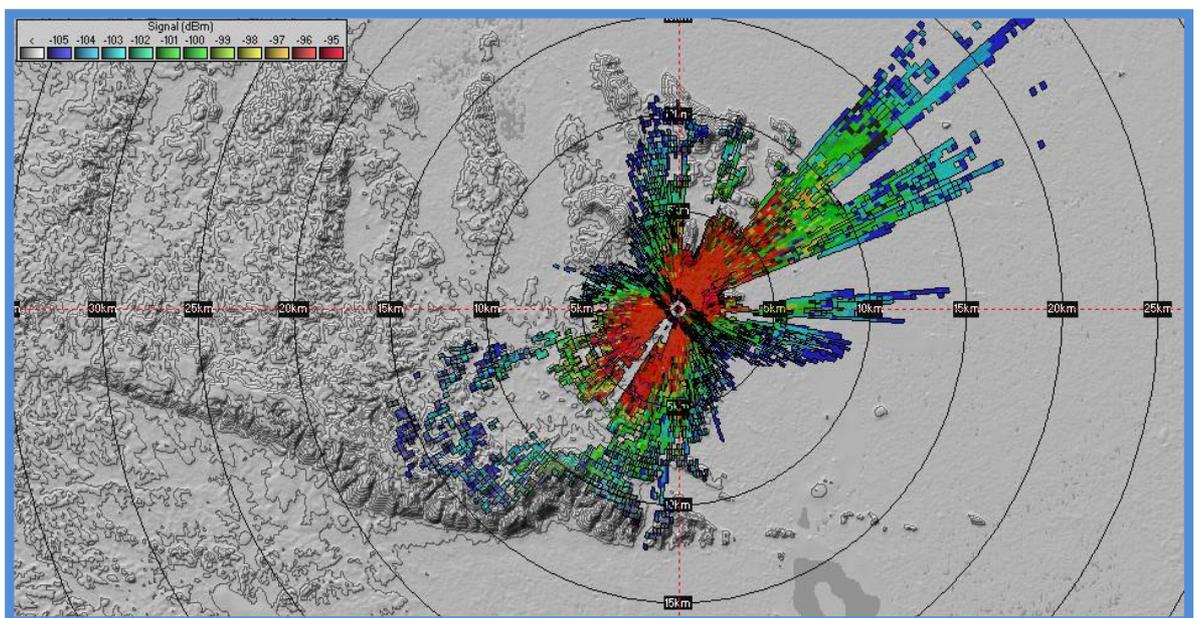


Figura 3.111.- Parámetros de cobertura BS C Jordán sectores B y C.

Con los cuatro sectores se obtiene:

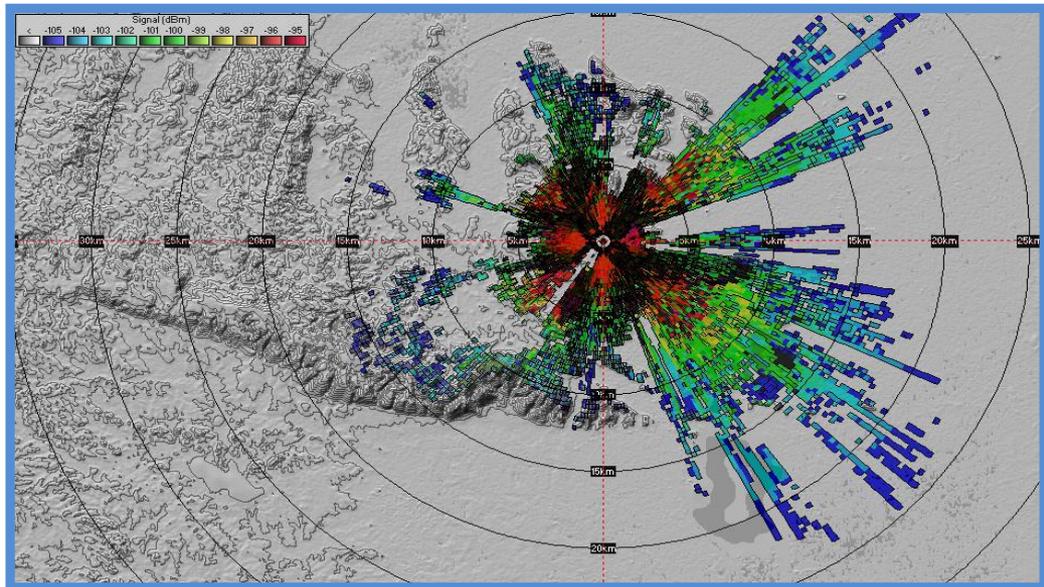


Figura 3.112.- Patrón de irradiación de la BS C Jordán cuatro sectores.

En el siguiente grafico se aprecia la visualización del horizonte desde esta estación de base.

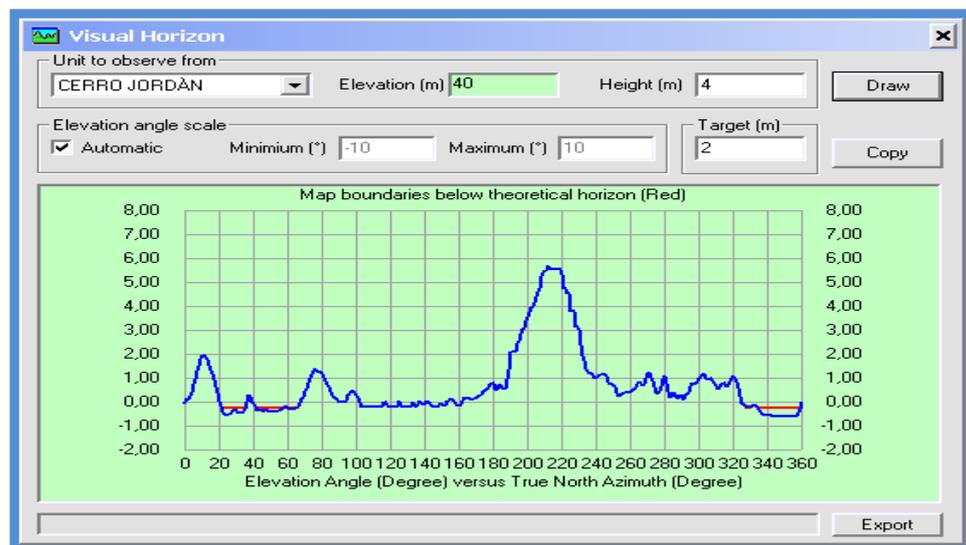


Figura 3.113.- Visualización de horizonte BS C. Jordán.

Para observar los resultados se utilizan receptores arbitrarios

Sector A:

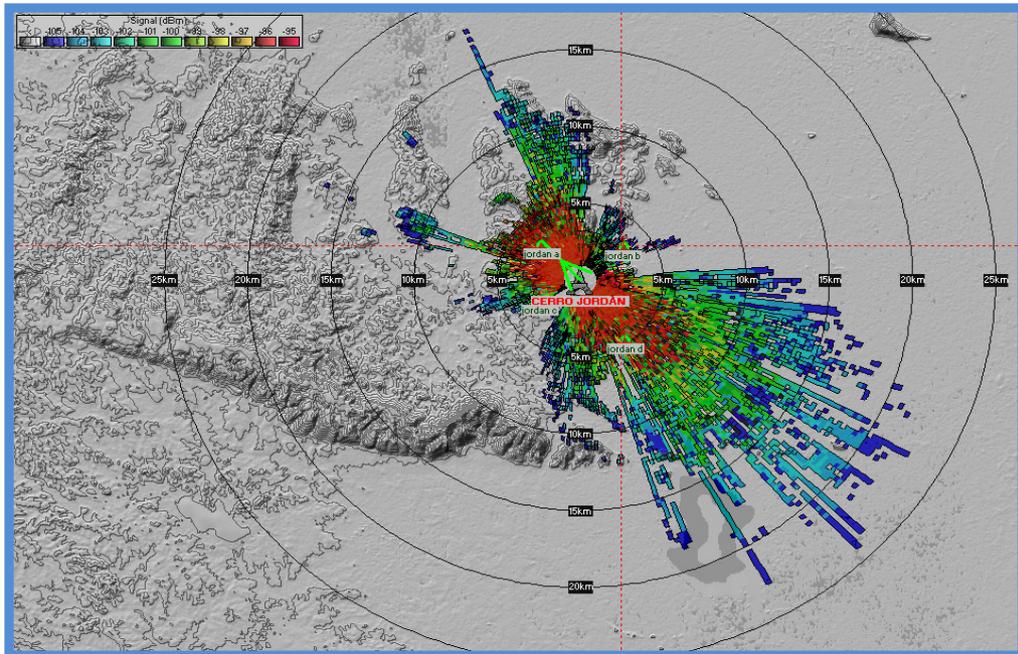


Figura 3.114.- Ubicación de receptor en sector A de BS C. Jordán..

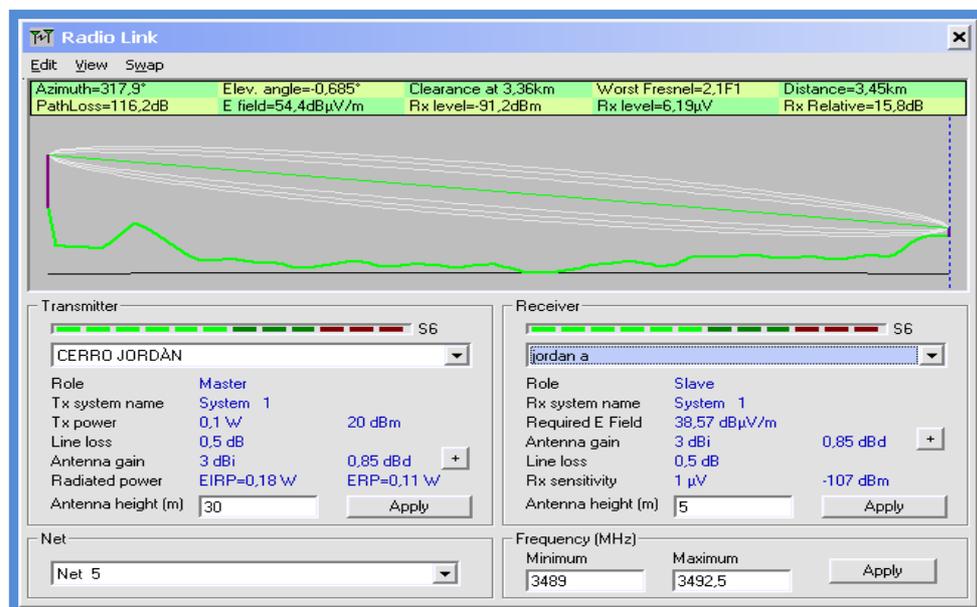


Figura 3.115.- Resultado de simulación enlace sector A en BS C. Jordán.

Sector B:

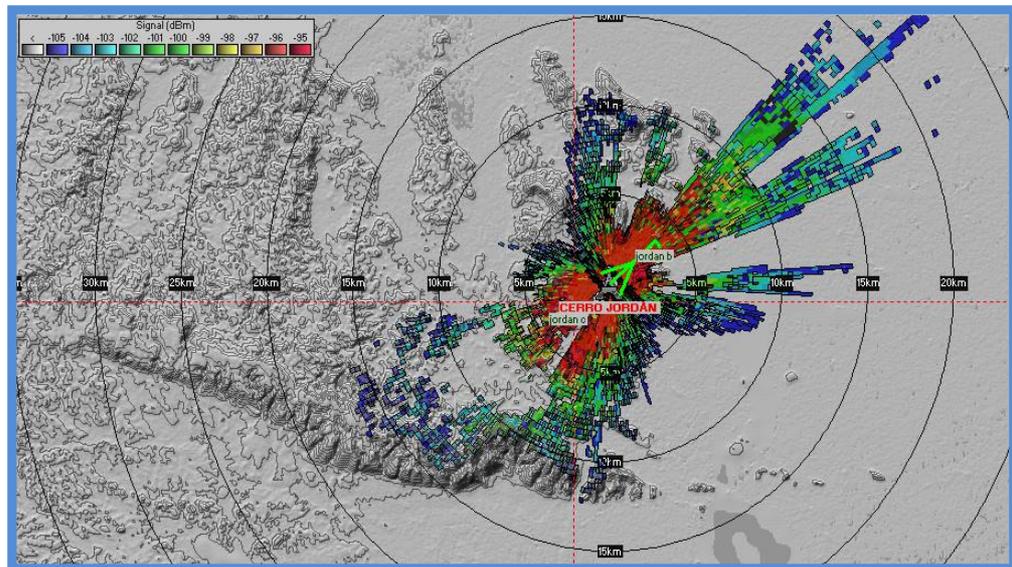


Figura 3.116.- Ubicación de receptor en sector B de BS C. Jordán.

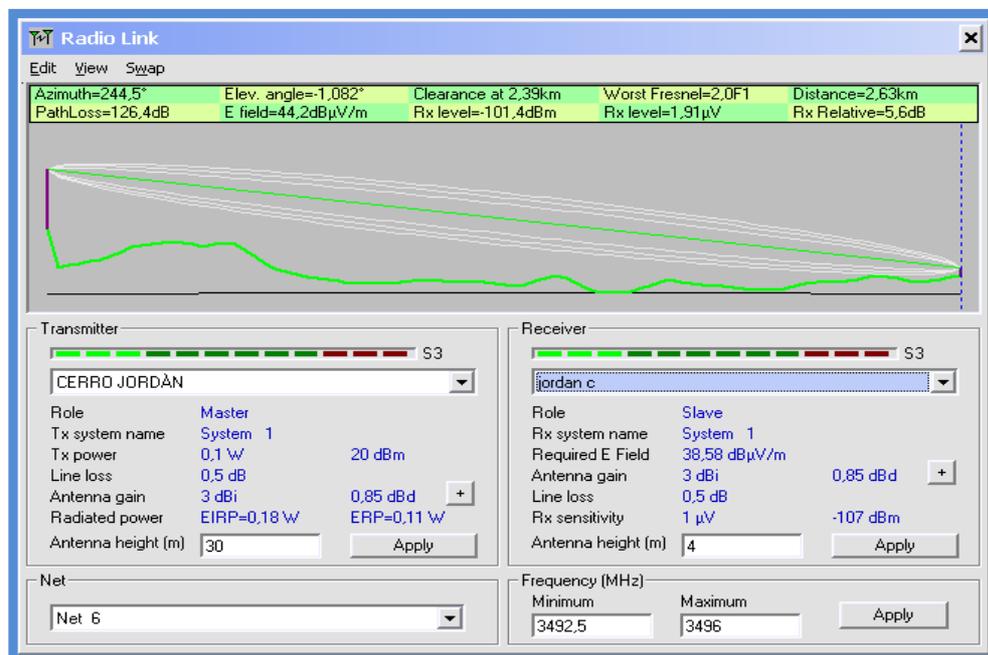


Figura 3.117.- Resultado de simulación enlace sector B en BS C. Jordán.

Sector C:

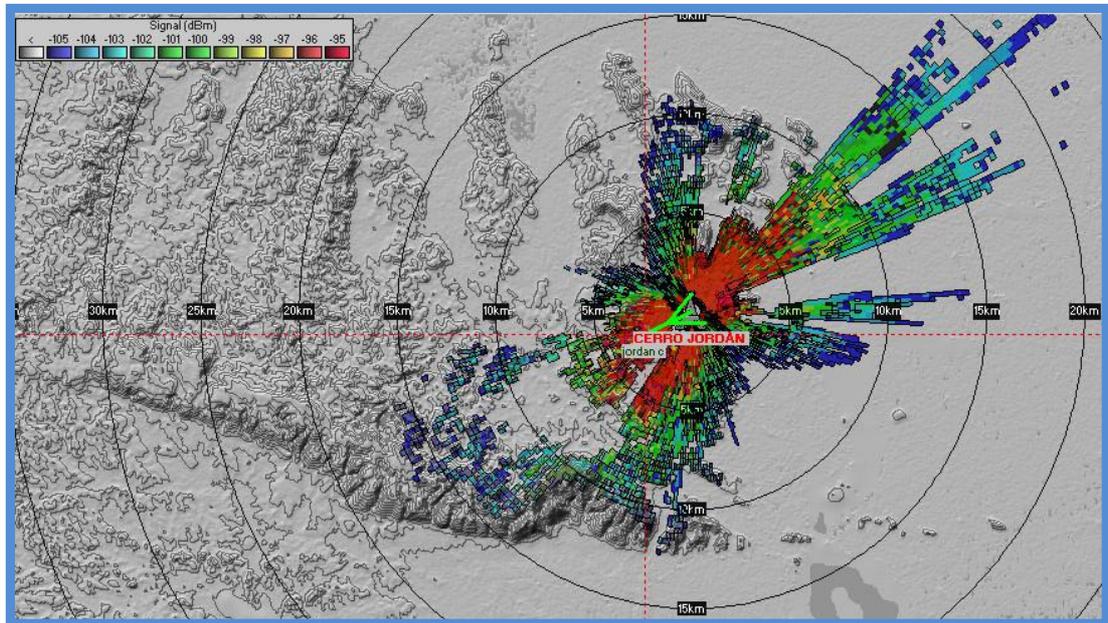


Figura 3.118.- Ubicación de receptor en sector C de BS C. Jordán.

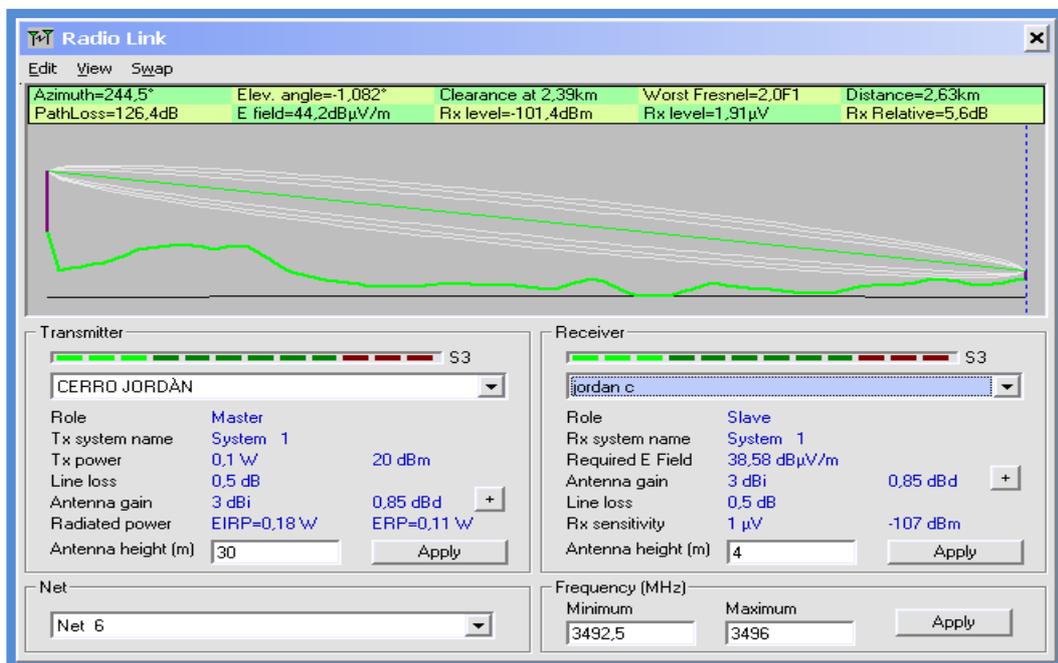


Figura 3.119.- Resultado de simulación enlace sector C en BS C. Jordán.

Sector D:

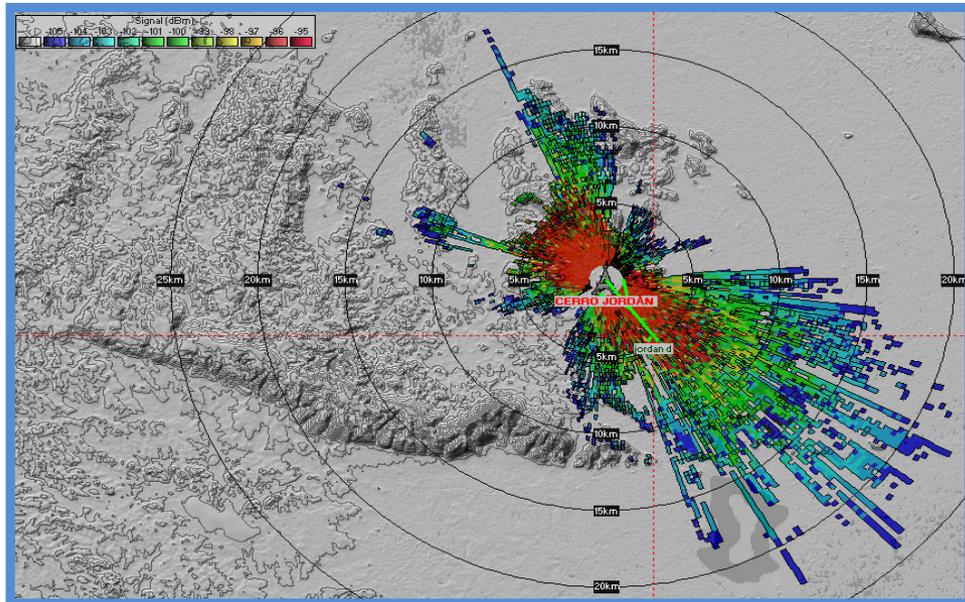


Figura 3.120.- Ubicación de receptor en sector D de BS C. Jordán.

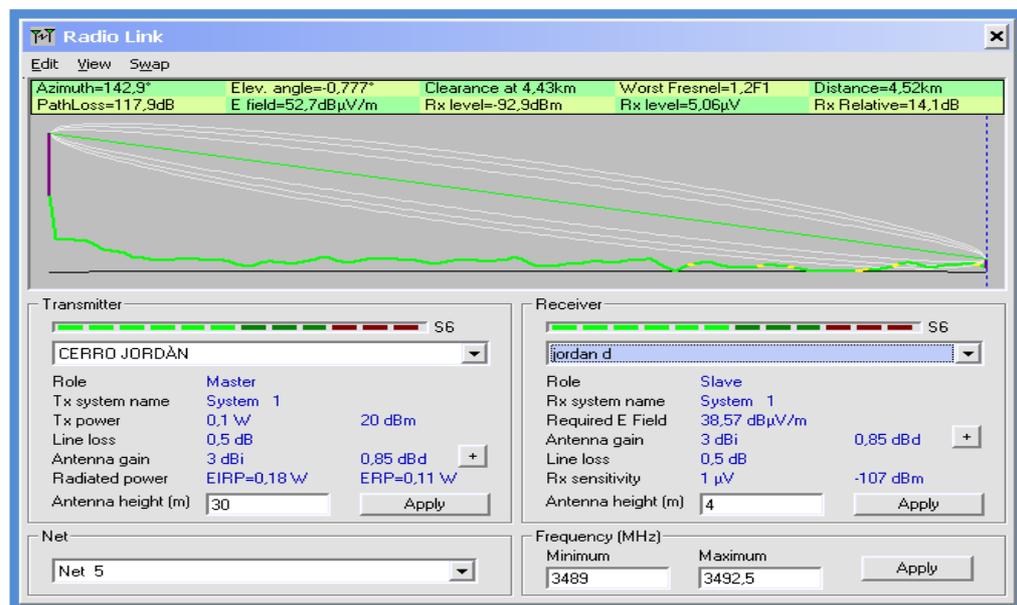


Figura 3.121.- Resultado de simulación enlace sector D en BS C. Jordán.

A continuación se muestra la cobertura de la ciudad de Guayaquil, tomando en cuenta las tres estaciones bases con sus cuatro sectores cada una.

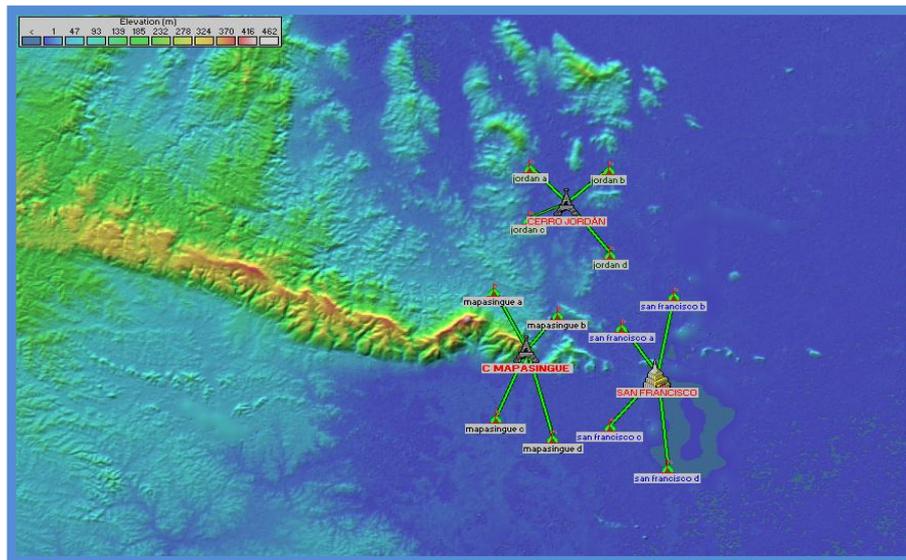


Figura 3.122.- Vista de las tres BS y receptores de prueba en simulador.

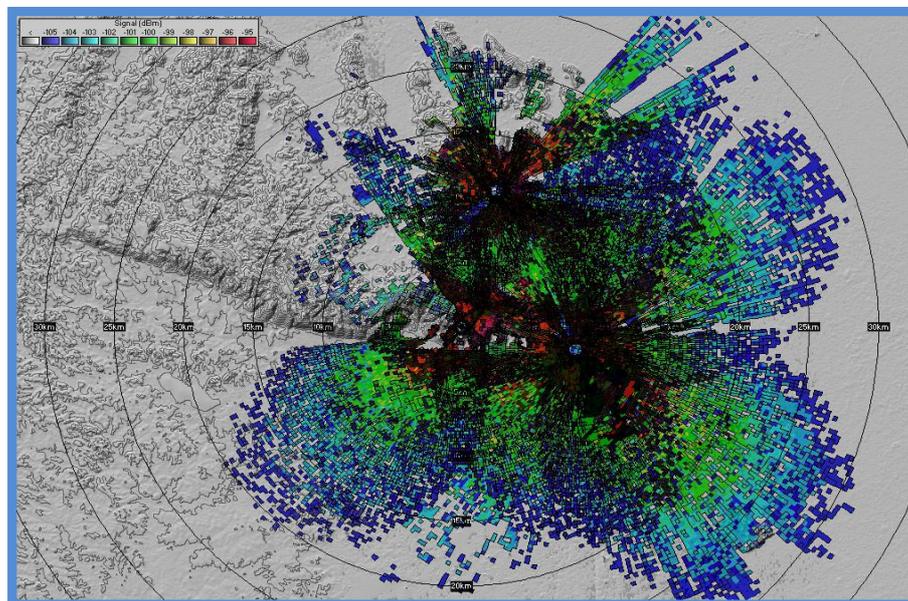


Figura 3.123.- Patrón de irradiación de las tres BS con cuatro sectores.

La implementación de las nuevas estaciones de base en la ciudad de Guayaquil , a partir del segundo año de operaciones, serán concordante con la necesidades de ampliación de cobertura y principalmente para satisfacer la demanda de tráfico. Se debe notar de que cada estación de base tiene una máxima capacidad de manejo de trafico, por lo que es posible de que las nuevas estaciones de base deban ser co ubicadas, en los sitios existentes escogiendo las portadoras apropiadamente para evitar la interferencia tanto cocanal como de canal adyacente.

CAPITULO IV

MARCO REGULATORIO

4.1.- ASPECTOS REGULATORIOS.

La prestación de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador son regulados por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones, CONATEL, bajo la Ley Especial de Telecomunicaciones reformada cuya última modificación fue publicada en el Registro oficial 34 del 13 de marzo del 2000. La aplicación de la Ley indicada se detalla en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada cuya principal reforma ocurrió el 23 de agosto del 2001. De acuerdo con la última reforma de la Ley, en el País se deben proveer Servicios en un régimen de libre competencia. Los principales servicios de telecomunicaciones que se ofrecen son la Telefonía Local, Larga Distancia Internacional, Servicio Portador, Telefonía Móvil Celular y Telefonía Móvil Avanzado, existiendo neutralidad tecnológica por parte del Regulador.

La base legal establecida por el CONATEL contempla los siguientes Reglamentos y Normas:

- **Reglamento de Radiocomunicaciones.**
- **Reglamento para la prestación de Servicios Portadores.**

- Reglamento para la prestación de servicios finales de telecomunicaciones a través de terminales de telecomunicaciones de uso público.
- Reglamento para el servicio de telefonía móvil celular.
- Reglamento para la prestación del servicio móvil avanzado.
- Reglamento y norma técnica para los sistemas comunales de explotación.
- Reglamento para la instalación, operación y prestación del sistemas de servicios de buscapersonas.
- Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha.
- Reglamento para la otorgación de títulos habilitantes para la operación de redes privadas.
- **Reglamento de interconexión.**
- **Reglamento del Fodetel.**
- **Reglamento para la prestación de servicios de valor agregado.**
- **Reglamento de derechos de concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.**
- **Reglamento del servicio de telefonía fija local.**
- Reglamento para homologación de equipos terminales de telecomunicaciones.
- Reglamento para la provisión de capacidad de cable submarino.

Se ha remarcado en negrilla los principales reglamentos bajo los cuales se regiría la prestación de servicios usando la red diseñada en la presente tesis.

Adicionalmente, el CONATEL aprobó el Plan Nacional de frecuencias, que es un documento que expresa la soberanía del Estado en materia del espectro radioeléctrico utilizado en los diferentes servicios de radiocomunicaciones. En este documento se establece el uso que tendrá cada una de las bandas desde los 9 KHz hasta los 275 GHz. Por debajo de los 9 KHz y por encima de los 275 GHz no se observa atribución de servicios.

4.2.- SERVICIO PORTADOR.

Uno de los principales instrumentos jurídicos, aparte del Reglamento de Telefonía Fija Local, lo constituye el Reglamento del Servicio Portador. Este reglamento establece la norma específica para que un operador pueda brindar capacidad de transmisión entre puntos de terminación definidos de una red, sean estas redes conmutadas y no conmutadas. En el caso específico de EGDTelecom, se requiere la adquisición de una concesión de tipo provincial solo para la provincia del Guayas ya que el proyecto solo se ha orientado a servir a la ciudad de Guayaquil. Dado que esta licencia permite la provisión del servicio usando cualquier tipo de infraestructura, la

implementación de la red diseñada, con acceso inalámbrico, facilitará en forma reglamentada la provisión de enlaces punto a punto, punto multipunto y conexión de última milla tanto para clientes propios como para terceras empresas de telecomunicaciones.

Esta misma licencia, en base a una disposición transitoria del Reglamento General a la Ley, facilita el acceso a la red de internet por cualquier medio, tecnología de transmisión y protocolo.

En razón de que la red de acceso será de tipo inalámbrico se requiere el pago de un valor de concesión de las frecuencias (2x25MHz) en la banda de 3.5 GHz³⁰ por el total de la duración de la concesión (15 años) y del pago de una tarifa mensual por el uso de dichas frecuencias.

El valor de concesión de las sub bandas B-B' y C-C' se fijó mediante un proceso público competitivo (subasta) que asignó estas bandas a las empresas Ecuador Telecom y Setel. El ente regulador también concedió las

³⁰ El Plan Nacional de Frecuencias en el Ecuador tiene asignada la banda de 3,5 GHz de la siguiente manera:

Asignación de Frecuencias UIT (Región 2)	Ecuador
3400 – 3500 MHz	EQA. 210
3500 – 3700 MHz	EQA. 210

EQA. 210 En la banda 3.400-3.500 MHz atribuida a los servicios fijo, fijo por satélite (espacio-tierra), operan sistemas de acceso fijo inalámbrico (FWA).

En la banda 3.500-3.700 MHz atribuida a los servicios fijo, fijo por satélite (espacio-tierra), y móvil salvo móvil aeronáutico, operan sistemas de acceso fijo inalámbrico (FWA).

bandas A-A' a la empresas Andinatel (CNT) y D-D' a las empresas Pacifictel (CNT) y Etapa Telecom en diferentes fechas en el periodo 2001-2008. Se debe mencionar que el costo de la concesión incluye la licencia por las frecuencias, el servicio portador, servicio de telefonía local e internacional para sus propios abonados y el servicio de valor agregado. Las licencias concedidas fueron de extensión nacional, sin embargo se puede obtener licencias de extensión provincial o regional con un menor costo.

Banda	Sub-Banda de Frecuencia	Concesionario a la empresa
A-A'	3.400-3.425 GHz y 3.500-3.525 GHz	Andinatel S.A. (CNT)
B-B'	3.425-3.450 GHz y 3.525-3.550 GHz	Setel S.A.
C-C'	3.450-3.475 GHz y 3.550-3.575 GHz	Ecutel S.A.
D-D'	3.475-3.500 GHz y 3.575-3.600 GHz	Etapa – Pacifictel (CNT)
E-E'	3.600-3.625 GHz y 3.650-3.675 GHz	-
F-F	3.625-3.650 GHz y 3.675-3.700 GHz	-

Tabla 4.1.- Frecuencias concesionadas a proveedores de telecomunicaciones

El CONATEL, mediante el Reglamento de Tarifas por uso de Frecuencias y Valor de Concesión estableció una fórmula de cálculo para la tarifa mensual que debe pagar el concesionario al Estado por el uso de las frecuencias concesionadas. La formula corresponde a la de los enlaces punto-multipunto

para el servicio fijo y para los servicios móviles que hacen uso de multiacceso³¹, realizándose en base de dos componentes:

Tarifa A.

Por cada centro de multiacceso, esto es, por cada Estación de Base del Servicio Móvil (Multiacceso) o por cada Estación Central del Servicio Fijo enlaces punto-multipunto (Multiacceso) y sistemas FWA, por la anchura de banda en transmisión y recepción en el área de concesión y su radio de cobertura.

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_4 * B_4 * A * D^2$$

- Donde:
- T = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América.
 - K_a = Factor de ajuste por inflación. K_a=1 (Capítulo 3, art.2)
 - a₄ = Coeficiente de valoración del espectro para el servicio fijo y móvil (multiacceso).
a₄ = 0,0781436 (tabla 1, anexo 4)
 - B₄ = Coeficiente de corrección para la tarifa por estación de base o estación central fija.
B₄ = 1 (Capítulo 3, art.2)
 - A = Anchura de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.
A = 25 MHz
 - D = Radio de cobertura de la estación de base o estación central fija, en Km. D=8 Km (tabla 1, anexo 4)
- El radio de cobertura o alcance de la estación de base o estación central fija, así como el Coeficiente de Valoración del Espectro para el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso), según la banda de frecuencias autorizada para los servicios especificados.
- Para fines de cálculo se considerará que cada estación repetidora opera como una estación de base o estación central fija diferente; entendiéndose por ésta, el punto geográfico determinado por la infraestructura de instalación.
- El ancho del bloque de frecuencias, en los sistemas que utilizan frecuencias discretas discontinuas se determinará sumando los anchos de banda individuales de cada frecuencia de transmisión y recepción.

³¹ Se considera como servicio fijo (Multiacceso), en la modalidad punto-multipunto al que se brinda mediante el uso de tecnologías tales como WLL(FWA), MMDS, LMDS y también a aquellos que usan enlaces punto-multipunto (Multiacceso) y otros servicios que el CONATEL determine.

Tarifa C.

Por el número total de estaciones radioeléctricas de abonado fijas y móviles activadas en el sistema multiacceso.

$$T(\text{US\$}) = K_a * a_5 * F_d$$

- Donde:
- T = Tarifa mensual en dólares de los Estados Unidos de América por estaciones de abonado móviles y fijas activadas en el sistema.
 - K_a = Factor de ajuste por inflación. K_a=1
 - a₅ = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de abonado móviles y fijas para el Servicio Fijo y Móvil (multiacceso). a₅ =1 (tabla 2, anexo 4)
 - F_d = Factor capacidad (Servicio Fijo y Móvil - multiacceso. tabla 4, anexo 4)

Para el Servicio Fijo, en la modalidad enlaces punto-multipunto (Multiacceso), todas las frecuencias de enlace entre las distintas estaciones deben ser las mismas y podrán llegar a un máximo de dos frecuencias. Para efectos de pago, se considera todas las estaciones fijas, inclusive la Estación Central Fija y todos los enlaces punto-multipunto (Multiacceso) como enlaces punto-punto individuales.

Utilizando los valores de las tablas 1, 2 y 4 del anexo 4 del Reglamento de Tarifas por uso de frecuencia³², los valores de las tarifas A y C son los siguientes:

$$T_A = \$125.03 \text{ por estación de base}$$

$$T_C = \text{Factor } F_d \text{ (depende del número de CPEs operativo)}$$

Si por ejemplo se tiene 20 estaciones de base y 8,000 CPEs activos el valor que el operador debe cancelar en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones por uso de frecuencias es:

³² Ver anexo B

$$\text{Tarifa/mes} = 20 \times 125.03 + 2.327 = \$4827.6$$

$$\text{Tarifa/annual} = \$ 57,931.2$$

CAPITULO V

ANALISIS FINANCIERO

5.1.- INVERSION Y GASTOS.

La implementación del presente proyecto, al igual que la mayoría de los proyectos en el área de telecomunicaciones requiere el concurso de aportes de capital durante los primeros años de operación. Los costos de concesión, que se deben pagar antes del inicio de operaciones, la compra de los equipos y el capital de operación son valores que se deben disponer con la fluidez debida para tener una continuidad en el proceso de crecimiento de la empresa. Por otro lado en un entorno competitivo los precios de los diferentes servicios no se mantienen constantes sino que deben ser revisados continuamente para que la empresa pueda mantenerse como una alternativa viable dentro del mercado local. Normalmente los precios se ofertan dependiendo del mercado al cual se aplican, así por ejemplo se tienen precios diferenciados para el sector residencial versus el sector empresarial.

En el presente capítulo se aborda la consideración y valorización de las inversiones, gastos e ingresos para soportar el despliegue del servicio.

Para el cálculo de las inversiones de capital necesarias (Capex) se ha tomado en consideración el diseño inicial descrito en los capítulos anteriores, así como la necesidad de despliegue de infraestructura en un periodo de 10 años, la misma que está directamente relacionado con la anchura de banda requerida por la cantidad de usuarios.

Red de Acceso y Transporte Multiservicio

En el esquema se muestra la estructura del equipamiento necesario para el acceso al servicio en la ubicación de un abonado genérico, sea este residencial o corporativo. Para el presente estudio, se considera como inversión en el acceso (del lado del abonado) básicamente la adquisición del equipo CPE. Normalmente, parte del costo del trabajo y los materiales de instalación se incluyen dentro de los gastos operativos (OPEX).

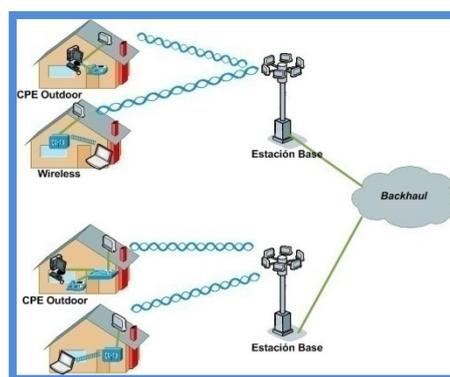


Figura 5.1.- Equipo Terminal (CPE) Instalado.

Se asume que la PC y los teléfonos son adquiridos por los abonados, así como también los routers necesarios para la provisión de servicio para los clientes corporativos que requieren conexiones de datos con MPLS.

Como ha sido esquematizado, se requiere de una red de transporte que sirva de soporte para la interconexión de los distintos puntos de presencia de la red (estaciones de base), esto es, que sirva de soporte para el despliegue del acceso.

Se ha considerado como parámetros para este dimensionamiento, la combinación de servicios a ser ofrecidos al abonado y la demanda esperada.

Equipos Acceso	Precio/unid
Bases	80.000
Switch en Estación Base	5.000
Sistema de Administración/Gestión de red NMS	6.000
CPE (Residencial+Soho)	250
CPE Corporativo	250
ATA 1 Telefono	20
ATA 4 Telefono	35
ATA 8 Telefonos	60
BS Backhaul+RF backhaul Backup (5.8 GHz)	35.000
Teléfonos IP	1.135
Repuestos	5%
Backup Electrico en sitio de estación base	1.500
Caseta + Torre + Accesorios (Para estación Base)	15.000

Tabla 5.1.- Costos de equipos de acceso y Backhaul

Núcleo (Core)

Los costos de los equipos que se instalarán en el núcleo de la red se muestran en la tabla 5.2

Core	
Sofswitch softx3000 Huawei	450.000
Media Gateway UMG8900	200.000
(Router Agregación) CISCO serie 7200	20.000
Router (Salida Internet) CISCO 7609	10.500
Router ISP's CISCO2851	3.778
Switch Catalyst 4507R(incl. accesorios) (capa 3)	40.000
Servidores (DNS, Web, DHCP,)Sun Microsystem	4.000
Terminales Gestión	350
Firewall cisco ASA5520-BUN-K9	7.995
IDS	1.500
Switchs Capa 2 Cisco	4.500
Repuestos en general	5%

Tabla 5.2.- Inversión Equipos del Core.

A continuación se detalla el cálculo realizado para la previsión de costos Operativos.

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

Para el presente estudio se considera un valor de \$ 700 000 como costo de la licencia provincial (Guayas) para EGDTelecom tomando como referencia lo pagado licencias por las empresas Ecuador Telecom, Grupo TVCable por las licencias nacionales.

Valores referenciales (Opex) para el presente proyecto se muestran en la tabla 5.3

Licencias y uso de frecuencia	
Concesión	700.000
Fodetel	1%
Uso de frecuencias	3%
Gastos Operativos/Servicio	
Renta sitios (Core + Estaciones Bases)	1.250
Servicio de Internet (% de ingresos/acceso Internet)	30%
Administrativos (anual por cliente)	1%
Instalación Base	1.500
Instalación cliente	100
Operación y Mantenimiento de la red	3%
Publicidad	2%
Gastos de venta	3%
Costos de interconexión (% de ingresos)	4%
Gastos de personal (sueldos 4 técnicos, 4 call center, 1 secretaria, 2 contabilidad, un 7% de crecimiento mensual)	7%
Gastos operativos de papelería, servicios básicos, alquiler de empresa, con un 10% de crecimiento mensual	10%

Tabla 5.3.- Licencias y Gastos Operativos.

Un resumen de los costos por año de operación se indica en la siguiente tabla 5.4:

INVERSION Y COSTOS DE OPERACION		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL		2.183.364	1.496.428	1.637.793	1.961.303	2.510.548	3.162.378	4.039.406	4.839.851	5.704.516	6.565.537	8.448.868
Equipos Acceso	Precio/unid	852.609	390.729	538.363	417.368	637.877	824.683	1.007.335	1.024.815	1.026.874	944.188	1.822.793
Bases	80.000 3	240.000 1	80.000 1	80.000 1	80.000 2	160.000 2	160.000 3	240.000 3	240.000 4	320.000 5	400.000 7	560.000
Switch en Estación Base	5.000	15.000	5.000	5.000	5.000	10.000	10.000	15.000	15.000	20.000	25.000	35.000
Sistema de Administración/Gestión de red NMS	6.000 1	6.000 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
CPE (Residencial+Soho)	250 1.413	353.165 882	220.427 1.420	355.080 942	235.526 1.206	301.383 1.869	467.143 1.966	491.578 1.961	490.268 1.338	334.468 364	91.088 2.431	607.825
CPE Corporativo	250 155	38.750 50	12.500 66	16.575 88	21.990 117	29.189 155	38.763 206	51.503 274	68.461 364	91.044 485	121.128 645	161.220
ATA 1 Telefono	20 212	4.238 132	2.645 213	4.261 141	2.826 181	3.617 280	5.606 295	5.899 294	5.883 201	4.014 55	1.093 365	7.294
ATA 4 Telefono	35 18	613 6	207 8	277 11	372 14	500 19	673 26	905 35	1.218 47	1.639 63	2.207 85	2.973
ATA 8 Telefonos	60 35	2.100 11	630 14	819 18	1.065 23	1.384 30	1.799 39	2.339 51	3.041 66	3.953 86	5.139 111	6.681
BS Backhaul+RF backhaul Backup (5.8 GHz)	35.000	105.000	35.000	35.000	35.000	70.000	70.000	105.000	105.000	140.000	175.000	245.000
Teléfonos IP	1.135 1.135	0 531	802	685	887	1.279	1.486	1.704	1.744	1.736	3.065	
Repuestos	5% 5%	38.243	17.820	24.851	19.089	28.804	37.699	45.611	46.444	45.756	41.033	81.300
Backup Eléctrico en sitio de estación base	1.500	4.500	1.500	1.500	1.500	3.000	3.000	4.500	4.500	6.000	7.500	10.500
Caseta + Torre + Accesorios (Para estación Base)	15.000	45.000	15.000	15.000	15.000	30.000	30.000	45.000	45.000	60.000	75.000	105.000
Core		619.506	64.165	6.171	16.783	58.089	33.297	17.011	47.661	25.631	49.971	37.632
Sofswitch softx3000 Huawei	450.000 1	452.838	4.165	6.171	7.883	10.099	13.297	17.011	21.271	25.631	29.971	37.632
Media Gateway UMG8900	200.000 1		20.000				20.000				20.000	
(Router Agregación) CISCO serie 7200	20.000 1	20.000										
Router (Salida Internet) CISCO 7609	10.500 1	10.500										
Router ISP's CISCO2851	3.778 1	3.778										
Switch Catalyst 4507R(incl. accesorios) (capa 3)	40.000 1	40.000	40.000									
Servidores (DNS, Web, DHCP, ...)Sun Microsystem	4.000 8	32.000				32.000						
Terminales Gestión	350 4	1.400			1.400				1.400			
Firewall cisco ASA5520-BUN-K9	7.995 2	15.990				15.990			15.990			
IDS	1.500 2				3.000							
Switchs Capa 2 Cisco	4.500	13.500			4.500				9.000			
Repuestos en general	5%	29.500	3.208	309	839	2.904	1.665	851	2.383	1.282	2.499	1.882
Licencias y uso de frecuencia		700.000	58.818	75.673	105.485	131.405	166.958	216.545	273.960	341.997	416.991	501.016
Concesión	700.000 1	700.000										
Fodotel	1%		16.805	21.621	30.139	37.544	47.702	61.870	78.274	97.713	119.140	143.148
Uso de frecuencias	3%		42.013	54.052	75.347	93.861	119.256	154.675	195.685	244.283	297.851	357.869
Gastos Operativos/Servicio		11.250	982.716	1.017.585	1.421.666	1.683.177	2.137.440	2.798.515	3.493.416	4.310.015	5.154.388	6.087.426
Renta sitios (Core + Estaciones Bases)	1.250 350	19.200	19.200	19.200	19.200	23.400	23.400	27.600	27.600	31.800	36.000	44.400
Servicio de Internet (% de ingresos/acceso Internet)	30%	504.150	648.627	904.161	1.126.327	1.431.070	1.856.099	2.348.226	2.931.402	3.574.209	4.294.426	
Administrativos (anual por cliente)	1%	8.403	10.810	15.069	18.772	23.851	30.935	39.137	48.857	59.570	71.574	
Instalación Base	1.500	4.500	1.500	1.500	1.500	3.000	3.000	4.500	4.500	6.000	7.500	10.500
Instalación cliente	100	246.766	121.341	185.649	151.571	195.994	286.086	327.161	367.828	359.718	333.717	
Operación y Mantenimiento de la red	3%	44.163	13.647	16.336	13.025	20.879	25.739	30.730	32.174	31.575	29.825	
Publicidad	2%	33.610	43.242	60.277	75.088	95.405	123.740	156.548	195.427	238.281	286.295	
Gastos de venta	3%	50.415	64.863	90.416	112.633	143.107	185.610	234.823	293.140	357.421	429.443	
Costos de interconexión (% de ingresos)	4%	67.220	86.484	120.555	150.177	190.809	247.480	313.097	390.854	476.561	572.590	
Gastos de personal (sueldos 4 técnicos, 4 call center, 1 secretaria, 2 contabilidad, un 7% de crecimiento mensual)	7%	4550	4869	5209	5574	5964	6382	6828	7306	7818	8365	8951
Gastos operativos de papelería, servivios básicos, alquiler de empresa, con un 10% de crecimiento mensual	10%	2200	2420	2662	2928	3221	3543	3897	4287	4716	5187	5706

Tabla 5.4.- Resumen de costos por año.

5.2.- FLUJO DE CAJA PROYECTADO.

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

En la siguiente tabla se detalla el flujo de fondos considerando los ingresos previstos como resultado del portafolio de servicios, precios y la demanda proyectada en capítulos anteriores.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ingresos	0	1.680.501	2.162.092	3.013.870	3.754.422	4.770.233	6.186.998	7.827.420	9.771.339	11.914.030	14.314.753
Costos fijos + costos variables (-)	711.250	1.041.533	1.093.258	1.527.152	1.814.582	2.304.398	3.015.060	3.767.375	4.652.012	5.571.379	6.588.443
Depreciaciones (-)											
Intereses (-)											
Utilidad Bruta (3-4-5-6)	-711.250	638.968	1.068.833	1.486.718	1.939.840	2.465.835	3.171.938	4.060.045	5.119.327	6.342.651	7.726.311
Impuestos	15%	95.845	160.325	223.008	290.976	369.875	475.791	609.007	767.899	951.398	1.158.947
Utilidad Neta (7-8)	-711.250	543.123	908.508	1.263.711	1.648.864	2.095.960	2.696.147	3.451.038	4.351.428	5.391.253	6.567.364
Depreciaciones (+)											
Inversión (-)	1.472.114	454.894	544.534	434.151	695.966	857.980	1.024.346	1.072.475	1.052.505	994.158	1.860.425
Valor Residual (+)											
Recuperación (KT) (+)											
Préstamo (+)											
Amortización (-)											
FLUJO DE CAJA	-2.183.364	88.229	363.974	829.560	952.898	1.237.980	1.671.801	2.378.563	3.298.924	4.397.095	4.706.939
Flujo de caja acumulado	-2.183.364	-2.095.136	-1.731.162	-901.602	51.295	1.289.275	2.961.076	5.339.639	8.638.562	13.035.657	17.742.597

Tabla 5.5.- Flujo de cajas proyectado.

5.3.- EVALUACIÓN FINANCIERA.

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

5.3.1 RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

Tasa Interna de Retorno.

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

En base a los resultados obtenidos del flujo de caja la tasa interna de retorno es de 45,48 %.

TIR	38,76%
-----	--------

Tabla 5.6.- Calculo del TIR.

Todo proyecto deberá admitirse si el VAN es igual o mayor a cero. Este valor se obtendrá mediante la diferencia generada entre los ingresos y egresos que se presenten durante la vida de evaluación del proyecto traídos a valor presente con la tasa aplicable de mercado que normalmente considera el

riesgo país. Esta tasa K se obtiene usando el modelo de valoración de activos de capital (CAPM)³³.

$$K = RF + B(PRM)$$

El valor K corresponde a 24.21% con lo que el Valor actual neto de este proyecto es de \$ 3'213.310 que demuestra su viabilidad.

VAN	24,21%	2.097.361
-----	--------	------------------

Tabla 5.7.- Calculo del VAN.

³³ Ver anexo D

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del presente proyecto permitió tener una visión más real y cercana de la estructura de una red multiservicio conformada por un núcleo, las redes de transporte y de acceso. El trabajo consistió en el análisis y diseño de los aspectos y requerimientos técnicos así como también de su viabilidad económica. Las principales conclusiones obtenidas son las siguientes:

El tiempo de implementación, operación y mantenimiento de redes (incluyendo soluciones a problemas de vandalismo) de una infraestructura cableada ha generado un vacío de cobertura de servicios de telecomunicaciones de banda ancha en algunas zonas, especialmente en las áreas urbano marginales de la ciudad.

Los intentos iniciales con tecnología inalámbrica para cubrir esta demanda insatisfecha se ha topado con soluciones propietarias, generalmente de altos costos, que no han permitido un despliegue de infraestructura masivo sino selectivo dirigido particularmente hacia los clientes corporativos de alto tráfico.

La aparición del estándar IEEE 802.16 (WIMAX) promete abrir oportunidades de mercado viables en razón de que facilita la interoperabilidad de dispositivos de diferentes fabricantes que ayuda a reducir los riesgos de inversión a los operadores de telecomunicaciones proveedores de servicios.

Las prestaciones que permite el estándar incluyendo capacidad, velocidad, escalabilidad, calidad de servicio y gran alcance ayudan en la implementación de un despliegue e infraestructura de acceso tipo celular en cualquier ciudad del país con variada topografía. Las características del sistema que favorecen la propagación en condiciones de parcial cubrimiento de la línea de vista ayudan al éxito de esta tecnología

Esta solución permite una fácil provisión de servicios concurrentes de telefonía, conexión de datos y acceso a Internet en una ciudad tal como Guayaquil. Se pudo apreciar en el análisis de mercado que existe grandes oportunidades especialmente en el acceso a Internet y conexión de datos, lo que abre las puertas para un modelo de negocio como el presentado en el actual proyecto.

La tendencia actual de diseño es la de integrar todo tipo de equipos en una sola plataforma basada en el protocolo IP, que facilita las soluciones en los temas de capacidad, calidad de servicio, seguridad y confiabilidad.

La Red de Nueva Generación NGN es una red de paquetes, basada en estándares abiertos, capaz de soportar un gran número de aplicaciones y servicios con transparencia, que facilita la escalabilidad necesaria para afrontar las futuras demandas de tráfico IP y con la flexibilidad adecuada para responder rápidamente a las exigencias del mercado y la convergencia de servicios.

La calidad de servicio en las redes NGN es un tema crítico cuando se trata de aplicaciones que requieren ser tratadas en tiempo real, tales como VoIP y todas las aplicaciones multimedia. En estas aplicaciones existe la necesidad de controlar en forma permanente parámetros tales como la pérdida de paquetes, el jitter y el eco, de tal manera que se optimice el transporte de paquetes de todo tipo de tráfico a través de la red siempre buscando optimizar la anchura de banda disponible.

La ubicación de las estaciones de base en la ciudad no fue un tema arbitrario. Esta obedeció a factores de cobertura y capacidad de manejo de tráfico. En cuanto a la cobertura geográfica, esta se facilitó en razón del uso de un recurso computacional de predicción de cobertura que permitió ver con claridad el alcance y niveles de la señal en las distintas áreas de la ciudad y el efecto de la operación de varias estaciones de base operando simultáneamente. Las simulaciones mostraron claramente las regiones de

sombra en las distintas partes de la ciudad, sombras que se eliminaron en su mayor parte cambiando la posición geográfica de las estaciones. En cuanto al manejo de tráfico, su determinación permitió calcular el número de estaciones necesario para satisfacer la proyección de la demanda.

En la revisión del marco regulatorio específicamente sobre los servicios aplicables y la ocupación de la banda de 3.5 GHz, se encontró que no existe todavía una regulación que permita la convergencia de servicios mediante una sola licencia sino que esta se da generalmente usando una suma de licencias individuales sobre un mismo recurso. En cuanto a la ocupación de la subbanda de 3.5 GHz, se encontró que la sección 3.4-3.6 GHz está siendo utilizada actualmente por cuatro operadores incluyendo la recientemente creada CNT, mientras que la sección 3.6-3.7 GHz se encuentra todavía desocupada sin mayor interés por parte del mercado muy probablemente por la poca construcción de equipos en esta subbanda por parte de los fabricantes. La regulación vigente obliga a la provisión de los servicios en libre competencia.

El análisis financiero que incluye un plan de negocios para 10 años, revela que el servicio de acceso a internet es el más rentable de todos los servicios que permite recuperar la inversión inicial en un tiempo de cuatro años. No se observa el mismo resultado cuando se trata del servicio de telefonía,

principalmente en razón de la exigencia de dedicación de una gran anchura de banda. Generalmente no es posible para un operador de FWA con una concesión en la banda de 3.5 GHz proveer solo el servicio de mayor rentabilidad, en este caso de acceso a internet ya que el estado lo obliga a cumplir un plan de expansión en telefonía. Por esta razón siempre se debe proyectar una combinación óptima de servicios que maximice la utilización de la red y su rentabilidad. La inclusión del servicio de la telefonía aumenta el tiempo de recuperación de la inversión, sin embargo de lo cual la implementación de este proyecto para la ciudad de Guayaquil resulta factible económicamente.

ANEXOS

ANEXO A

Software de simulación de cobertura RadioMobile.

RadioMobile es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, modelo de predicción troposférica para transmisión radio sobre terreno irregular en enlaces de largo-medio alcance. Además de tener múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

RadioMobile utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de

Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED.

Al igual que el modelo de propagación en el que se basa, permite trabajar con frecuencias entre los 20MHz y 40GHz y longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km.

En la página de RadioMobile, <http://www.cplus.org/rmw/> , existe un enlace directo a la página de descargas de Internet, donde se puede bajar un paquete de archivos para instalar el software y sus facilidades. Esta página además incluye un guión de instalación rápida. La instalación es sencilla y el guión es bastante claro por lo que no se considera necesario incluir una descripción adicional en este manual. La página contiene, además, una sección de Preguntas Frecuentes con respuestas para las dudas más habituales y explicaciones de uso.

ANEXO B

Factores aplicables para cálculo de las tarifas por uso de frecuencias

Fijo (Punto-Multipunto)	0.0438384	0.0193761	0.0460182	0.0133210
0.0185687	0.0879998			
Buscapersonas unidireccional	0.1179400	0.2734600	0.5371800	---
---	---			
Buscapersonas bidireccional	---	---	0.5371800	---
Fijo (Punto-Multipunto) WLL	---	---	---	0.0781436
Telefonía móvil celular	---	---	0.0696406	---
Toncalizado de despacho	---	0.4503584	1.0140200	---
Servicio móvil avanzado	---	---	0.119400	---

Tabla 1.- Coeficiente de valoración del espectro a4 y radio de cobertura de la estación base o fija, para el servicio fijo y móvil (Multiacceso)

Banda de Frecuencias	30 MHz - 300 MHz 300 MHz - 512 MHz					614
MHz - 960 MHz	1427 MHz - 2690 MHz			2690 MHz - 10 GHz 10 GHz - 30		
GHz						
Servicios						
Fijo (Punto-Multipunto)	5	5	5	5	5	5
Buscapersonas Unidireccional	1	1	1	---	---	---
Buscapersonas Bidireccional	---	---	1	---	---	---
Fijo (Punto-Multipunto) WLL	---	---	---	---	1	---
Telefonía Móvil Celular	---	---	1	---	---	---
Toncalizado de Despacho ---	1	1	---	---	---	---
Servicio Móvil Avanzado	---	---	---	1	---	---

Tabla 2.- (Sustituido por el Art. 17 de la Res. 416-15-CONATEL-2005, R.O. 142, 10-XI-2005) Coeficiente de valoración del espectro a5 por estaciones de abonado móviles y fijas para el servicio fijo y móvil (Multiacceso).

0<N<=100	31
100<N<=200	62
200<N<=300	93
300<N<=400	123
400<N<=500	156
500<N<=1000	264
1000<N<=1500	401
1500<N<=2000	532
2000<N<=2500	663
2500<N<=3000	794
3000<N<=3500	925
3500<N<=4000	1056
4000<N<=4500	1187
4500<N<=5000	1318
5000<N<=6000	1489
6000<N<=7000	1698
7000<N<=8000	1908
8000<N<=9000	2118
9000<N<=10000	2327
10000<N<=12500	2642
12500<N<=15000	3061
15000<N<=17500	3438
17500<N<=20000	3774
20000<N<=22500	4076
22500<N<=25000	4344
25000<N<=27500	4585
27500<N<=30000	4800
30000<N<=32500	4989
32500<N<=35000	5128
35000<N<=37500	5238
37500<N<=40000	5323
40000<N<=42500	5389
42500<N<=45000	5440
45000<N<=47500	5479
47500<N<=50000	5509
N>50000	5531

Tabla 4: Factor F_d para el Servicio fijo punto - multipunto (WLL)

ANEXO C

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE EQUIPOS

SoftSwitch SoftX3000.

La siguiente figura muestra la apariencia física del SoftSwitch SoftX3000.



Figura C.1.- SoftSwitch SoftX3000 de Huawei

Los principales parámetros técnicos del SoftX3000 se detallan en la siguiente tabla.

Especificación	Parámetros
Capacidad	Un shelf cPCI: 180K abonados / 30K DTs
	Cada shelf adicional: 360K abonados / 60K DTs
	Máximo: 2M abonados / 360K DTs en 5 racks
Capacidad de procesamiento	Cada módulo CCU: 400K BHCA para voz, 100K BHCA para multimedia (SIP/H.323), 100K BHCA para inalámbrico
	Total: 16M BHCA
Capacidad de llamadas simultáneas	Cada módulo CCU: 13,333 llamadas simultáneas, independientemente del tipo de codificación utilizada.
	Total: 53M llamadas simultáneas
Aplicaciones	Aplicaciones clase 4 con funciones de gateway tales como autenticación, facturación, lista blanco y negro, etc.
	Aplicaciones clase 5 con servicios PSTN, IN y de valor agregado
Protocolos	H.248/MGCP, SIP/SIP-T, H.323, BICC, M2UA, M3UA, IUA, V5UA, RADIUS, SS7, R2, PRA, INAP, etc.
Funcionalidades	SG incorporado (1280 links SS7 de 64Kbps, 80 links S7 de 2Mbps)
	MRS incorporado
	SSP con funcionalidad CS2 incorporado
	Soporte de API basado en SIP y PARLAY
	Desempeño carrier-class, redundancia 1+1 para componentes principales, parches de software en línea, hot swap en todas las tarjetas y disponibilidad de 99.99983%
Almacenaje de CDRs	6 horas en CSU, 7 días en BAM
Transferencia de CDRs	111/sec en CSU, 4444/sec en BAM

Tabla C.1.-Parámetros técnicos del SoftX3000

La arquitectura de software del SoftX3000 está basada en la plataforma de Arquitectura Distribuida Orientada a Objetos Programable en Tiempo Real (DOPRA) de Huawei. La plataforma DOPRA provee la interfase entre la plataforma cPCI de Hardware y las aplicaciones de nivel superior.

Adicionalmente provee mecanismos para la realización de funciones de operación y mantenimiento, gestión de alarmas, medición de tráfico, seguimiento de llamadas/señalización, respaldo de datos, conmutación de protección de tarjetas, carga en línea y otras funciones.

La arquitectura de software del SoftX3000 se ilustra en la siguiente figura.

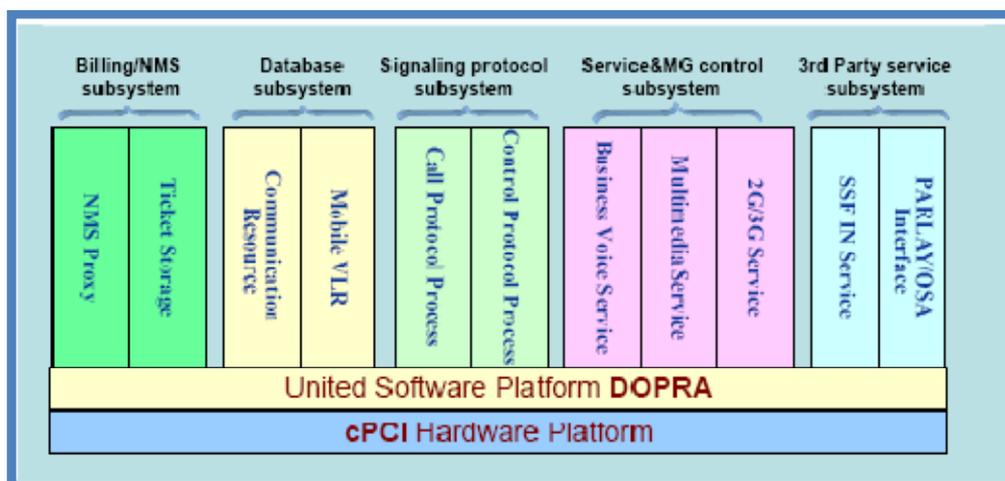


Figura C.2.- Arquitectura de Software del SoftX3000

Sin ningún orden particular, a continuación se describen los principales subsistemas de la arquitectura de software del SoftX3000.

El **subsistema de soporte de software** del SoftX3000 está basado en la plataforma de Arquitectura Distribuida Orientada a Objetos Programable en Tiempo Real (DOPRA) de Huawei. La plataforma DOPRA provee la interfase entre la plataforma cPCI de Hardware y las aplicaciones de nivel superior. Adicionalmente provee mecanismos para la realización de funciones de operación y mantenimiento, gestión de alarmas, medición de tráfico, seguimiento de llamadas/señalización, respaldo de datos, conmutación de protección de tarjetas, carga en línea y otras funciones.

El **subsistema de base de datos** provee una plataforma centralizada para la gestión de bases de datos que administra toda la información requerida para la operación del sistema, incluyendo datos de hardware, datos de protocolos, datos de enrutamiento y datos de servicios. El subsistema de base de datos provee mensajes o APIs para el subsistema de procesamiento de servicios, el subsistema de procesamiento de señalización y el subsistema de control de Media Gateway (MG), usados para consultas, adición, remoción y otras operaciones.

El **subsistema de procesamiento de señalización** es responsable de la implementación del transporte y el procesamiento de varios protocolos de señalización, tales como SS7, señalización de control de llamadas, protocolos de transporte de señalización y protocolos de enrutamiento de red.

El **subsistema de control de Media Gateway (MG)** se utiliza para la gestión y el mantenimiento de los dispositivos MG, así como para la gestión y el mantenimiento de los recursos de transporte en los dispositivos MG.

El **subsistema de procesamiento de servicios** se utiliza para implementar la variedad de servicios provistos por el SoftX300, tales como servicios

básicos de voz, servicios suplementarios, servicios IP Centrex y servicios multimedia.

El **subsistema de servicios de terceros** provee la interfase para la interacción con los servidores de aplicación de Huawei o de otros proveedores para la implementación de servicios avanzados.

El **subsistema de gestión (NMS)** es implementado por el servidor BAM y provee las interfaces necesarias para la gestión local y remota del sistema.

El **subsistema de tarificación** genera, almacena temporalmente y transmite en tiempo real los registros de tarificación al centro de facturación.

La arquitectura de software del UMG8900 está también basada en la plataforma DOPRA de Huawei. El control de la operación del UMG8900 lo realiza el SoftSwitch SoftX3000.

La estructura de hardware del SoftX3000 se ilustra en la siguiente figura.

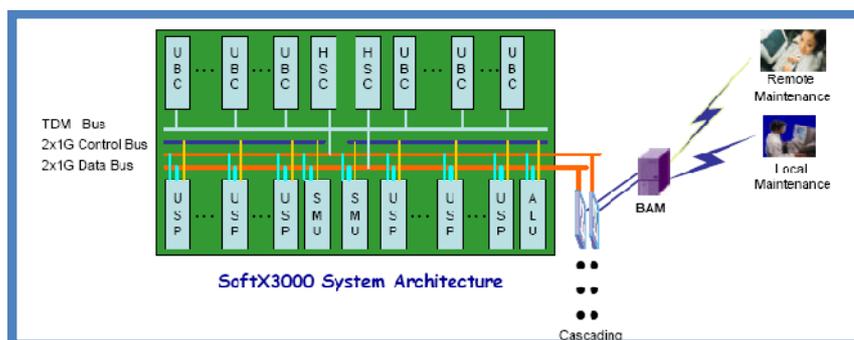


Figura C.3.- Estructura de Hardware del SoftX3000.

En la figura C.3 puede apreciarse que el SoftX3000 cuenta con un bus TDM, dos buses de datos de 1G cada uno y dos buses de control de 1G cada uno. La conexión en cascada de varios shelves del SoftX3000 se realiza interconectando los respectivos buses de datos mediante dos dispositivos LAN Switch en configuración activo/respaldo. El servidor de operación y mantenimiento (BAM) se conecta también a los dispositivos LAN Switch.

Cada shelf del SoftX3000 dispone de 21 ranuras universales en la parte frontal y 21 ranuras universales en la parte posterior. Las tarjetas SMU ocupan 2 ranuras, trabajan en configuración de redundancia 1+1, y se encargan de la gestión del sistema. Las tarjetas HSC trabajan en configuración de redundancia 1+1, se encargan de realizar el control de la conmutación de protección y proveen las interfases de comunicación Ethernet. Las tarjetas de poder también ocupan 2 ranuras, trabajan en configuración de redundancia 1+1, y pueden ser ubicadas en la parte frontal o posterior del shelf. La tarjeta ALU provee las funciones de alarmas.

Existen 12 posiciones disponibles en la parte frontal de cada shelf para la colocación de tarjetas USP para el procesamiento de servicios y protocolos, y 12 posiciones disponibles en la parte posterior de cada shelf para la colocación de tarjetas UBC para la implementación de diferentes tipos de interfaces. Todo el cableado del sistema sale por la parte posterior.

Tarjeta USP	Descripción	Tarjeta UBC	Interfases
CCU	Unidad de Control de Llamadas	EP	8 x E1
IFM	Modulo de Direccionamiento IP	BF	1 x 10/100Mbps
SMU	Unidad de Administración del Sistema	SIU	2 x 10/100Mbps
		HSC	6 x 10/100Mbps
MRCA	Unidad de Recursos de Medios	MRIA	2 x 10/100Mbps
BSG	Gateway de Señalización de Banda Ancha		
MSG	Gateway de Señalización Multimedia		
CDB	Base de Datos Central		
CK	Unidad de Interfase de Reloj		

Tabla C.2.- Tarjetas de servicio del SoftX3000

Las tarjetas CCU generan CDRs (para llamadas TDM e IP). Cada CSU puede almacenar temporalmente hasta 160,000 registros de tarificación. Los registros de tarificación generados son transmitidos en a la plataforma de facturación.

Cada par de tarjetas CCU configurada en modo activo/respaldo soporta 400K BHCA, 9,000 troncales digitales y 50,000 suscriptores.

Las tarjetas CCU procesan los protocolos MTP3, ISUP, INAP, MGCP, H.248, H.323, SIP, R2 y DSS1. Las tarjetas BSG procesan los protocolos UDP, SCTP, M2UA, M3UA, V5UA, IUA, MGCP y H.248, luego de pasar por las

tarjetas IFM, Las tarjetas MSG procesan los protocolos UDP, TCP, H.323 (incluyendo H.323 RAS y H.323 Call Signaling) y SIP.

Todas las tarjetas del SoftX3000 se configuran en pares, en configuración de redundancia activo/respaldo o carga compartida.

La siguiente figura ilustra los diferentes protocolos soportados por el SoftX3000.

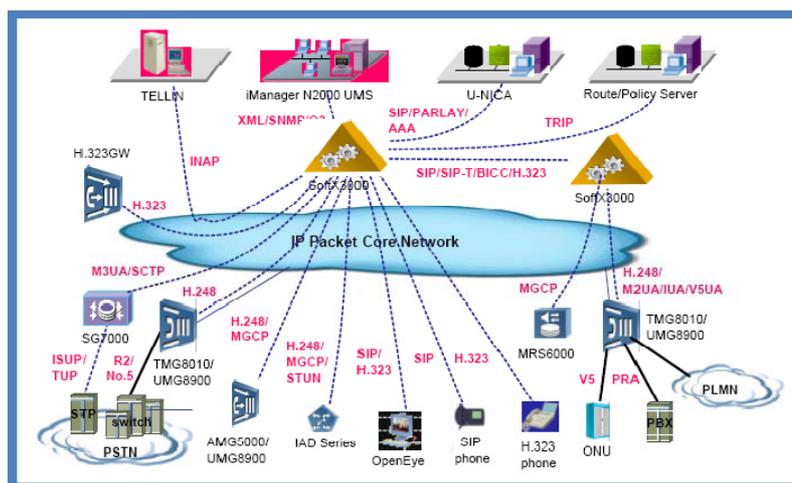


Figura C.4.- Protocolos soportados por el SoftX3000.

Una breve explicación de los principales protocolos de una red NGN se provee a continuación.

Protocolo H.248: También llamado MeGaCo puesto que su principal función es el Control de los dispositivos Media Gateway. Es decir provee la interfase

entre el controlador de media gateway (MGC) localizado en el SoftSwitch y el MG. Hereda y desarrolla las funcionalidades de su predecesor, el protocolo MGCP.

Protocolo SIP: Protocolo de Iniciación de Sesión, utilizado para establecimiento, transferencia y terminación de sesiones multi-media. Su principal ventaja es su simplicidad, lo cual lo hace fácilmente expandible, flexible y le proporciona gran capacidad de interconexión.

Protocolo H.323: Constituye una familia de protocolos, que incluye los protocolos H.225-RAS, H.225-Q.931 y H.245. Se utiliza para la implementación de comunicaciones multimedia en tiempo real. Es más complejo que el protocolo SIP, y por tanto no es tan fácilmente expansible como este, por lo cual predominan las aplicaciones basadas en SIP.

Protocolo BICC: Protocolo de control de llamadas independiente del portador, que implementa la independencia entre el control de llamadas y el transporte de las mismas. Es una evolución del protocolo ISUP, y por tanto es totalmente compatible con redes PSTN existentes.

Protocolo SIGTRAN: Protocolo de Transferencia de Señalización, que incluye los Protocolos SCTP, M3UA, M2UA, SUA, etc. Se encarga de la

transferencia de la señalización SS7 sobre la red IP, permitiendo la interconexión de las redes TDM existentes, las plataformas IN y las redes de próxima generación NGN.

Gateway de Medios Universal UMG8900.



Figura C.5.- UMG8900

Figura Gateway de Medios Universal UMG8900 de Huawei.

Los principales parámetros técnicos del UMG8900 se detallan en la siguiente tabla.

Especificación		Parámetros
Capacidad	TDM	32K DTs por shelf, max. 360K DTs en 15 shelves en cascada.
	Paquetes	10K canales VoIP por shelf, max. 70K en 5 shelves en cascada
Capacidad de conmutación	TDM	Matriz de conmutación TDM de 256K x 256K
	Paquetes	Matriz de conmutación de paquetes de 128Gbit/s
Interfases	TDM	E1/ T1, SDH STM-1
	paquetes	FE, GE, ATM STM-1, POS STM-1, POS STM-4
	abonados	POTS, ISDN BRI/PRI
CAPS		En modo TG: 175 veces/seg por shelf, max. 1250 veces/seg.
Protocolos		H.248/MGCP, M2UA/IUA/V5UA/SCTP R2, No.5, PARA
Funcionalidades		Conexión en red flexible TDM, IP y ATM SG y MRS incorporado Esquemas de codificación G.711, G.723.1, G.726 y G.729, detección de silencio (mute), inserción de ruido confortante, ajuste automático de cancelación de eco fax, modem Desempeño carrier-class, redundancia 1+1 para tarjetas principales, hot-swap en todas las tarjetas

Tabla C.3.- Parámetros técnicos del UMG8900

La estructura de hardware del UMG8900 se ilustra en la siguiente figura.

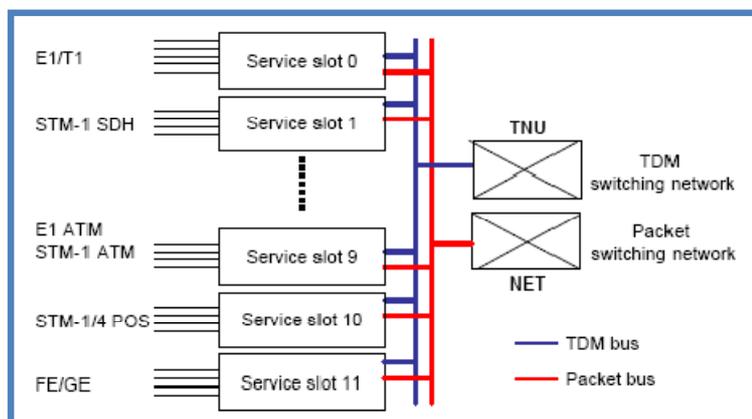


Figura C.6.- Estructura de Hardware del UMG8900

En la figura puede apreciarse que el UMG8900 cuenta con un bus TDM y un bus de datos.

Además, el UMG8900 cuenta con una matriz de conmutación TDM de 256Kx256K y con una matriz de conmutación de paquetes de 128Gbit/s. Estas características le permiten interconectar redes PSTN existentes con la redes de conmutación de paquetes NGN, así como realizar el transporte y procesamiento de servicios TDM y NGN.

Las tarjetas TNU trabajan en configuración de redundancia 1+1 y proveen la matriz de conmutación TDM. Las tarjetas NET trabajan en configuración de redundancia 1+1 y proveen la matriz de conmutación de paquetes. Las

tarjetas OMU trabajan en configuración de redundancia 1+1 y se encargan de las funciones de gestión y mantenimiento del sistema.

Las tarjetas TNU y NET se ubican en la parte posterior, mientras que las tarjetas OMU se ubican en la parte frontal de cada shelf UMG8900. En total existen 26 ranuras (14 en la parte frontal y 12 en la parte posterior) disponibles para la colocación de tarjetas de servicio. Todo el cableado del sistema sale por la parte posterior. A continuación se provee un listado de las tarjetas de servicio del sistema UMG8900.

Tarjeta de Servicio	Características
E32	32 x E1
S2L	2 x SDH STM-1e
	2 x SDH STM-1 multimodo
	2 x SDH STM-1 monomodo
P4L	4 x POS STM-1
P1H	1 x POS STM-4
E8T	8 x FE
PPB	1 x FE
E1G	1 x GE

Tabla C.4.- Tarjetas de servicio del UMG8900

Adicionalmente, cada tarjeta NET provee una interfase FE para operación y mantenimiento y una interfase FE para conexión en cascada del sistema. La conexión en cascada de shelves del UMG8900 se ilustra en la siguiente figura.

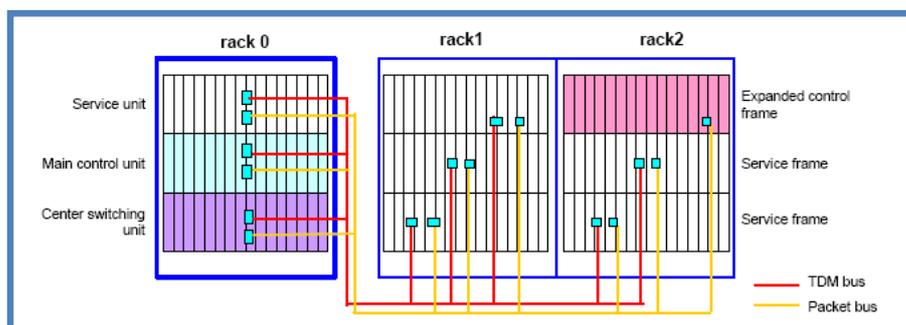


Figura C.7.- Conexión en cascada del UMG8900

Para la conexión en cascada del UMG8900, en configuración máxima, se dispone un shelf como Unidad de Control Principal, un shelf como Unidad de Control Expandida, un shelf como Unidad de Conmutación Central y múltiples shelves como Unidades de Servicio.

La arquitectura de software del UMG8900 está también basada en la plataforma DOPRA de Huawei. El control de la operación del UMG8900 lo realiza el SoftSwitch SoftX3000. A continuación se muestra el esquema de operación del UMG8900 bajo el control del SoftX3000.

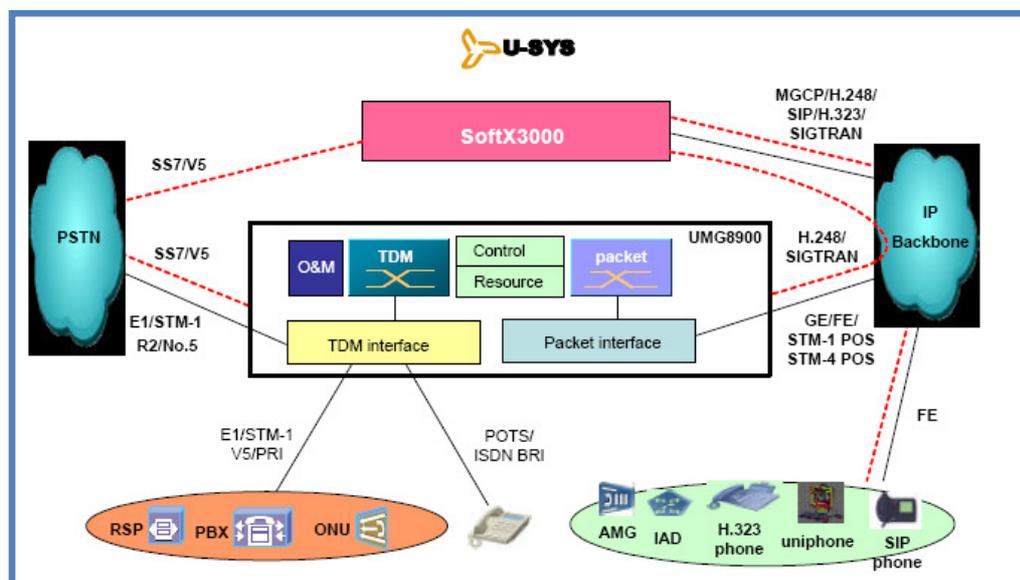


Figura C.8.- Esquema de operación del UMG8900 bajo control del SoftX3000

La figura anterior muestra como la configuración de la solución NGN, basada en la plataforma U-SYS de Huawei, está compuesta por dos módulos principales: el SoftX3000 y el UMG8900.

El SoftX3000 controla al UMG8900 a través del protocolo H.248. El SoftX3000 provee directamente la señalización SIP/H.323, etc. hacia la red IP. Puesto que el SoftX3000 cuenta con la funcionalidad de SG incorporado, este puede proveer señalización SS7/V5 hacia la red PSTN. El SoftX3000 también se encarga del control de los servicios y de la interconexión con el centro de facturación.

El UMG8900 proporciona las interfaces PDH/SDH para interconexión con la red PSTN y las interfaces IP para conexión con la red NGN. Internamente cuenta con la funcionalidad de poder realizar la conmutación de tráfico TDM y de paquetes. El UMG8900 provee directamente la señalización R2 y No. 5. A través de su funcionalidad de SG incorporado, el UMG8900 puede proveer también la señalización SS7/V5. El protocolo SIGTRAN empaqueta la señalización SS7/V5 para su transmisión sobre el backbone IP entre el SoftX3000 y el UMG8900.

La siguiente figura muestra en mayor detalle los componentes principales involucrados en la solución, en la que el UMG8900 opera bajo el control del SoftX3000.

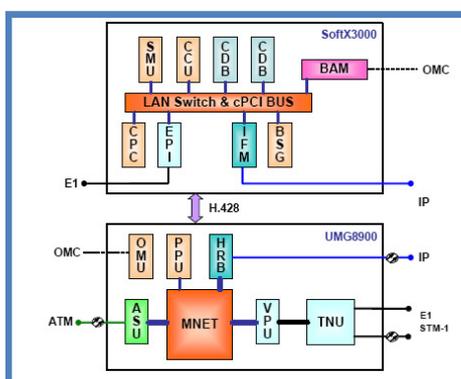


Figura C.9.- Componentes involucrados en la solución .

A continuación se detalla la función de cada componente involucrado, listado en orden alfabético.

Componente	Función
ASU	Unidad de Servicio ATM
BAM	Servidor de O&M
BSG	Unidad de Señalización de Banda Ancha
CCU	Unidad de Control de Llamadas
CDB	Base de Datos Centralizada
CPC	Módulo CCS7
EPI	Interfase E1
HRB	Unidad de Enrutamiento de Alta Velocidad
IFM	Módulo de Procesamiento IP
iGWB	Servidor de Tarifación
MNET	Matriz de Conmutación de Paquetes
OMU	Unidad de O&M
PPU	Unidad de Procesamiento de Protocolos
SMU	Unidad de Administración del Sistema
TNU	Unidad de Conmutación de Circuitos
VPU	Unidad de Procesamiento de Voz

Tabla C.5.- Función de los componentes principales de la solución propuesta

Router 7200.



Figure C.10 El router Cisco 7200 VXR con la tarjeta de procesamiento NPE-G2.

Para más información usar el siguiente link:

<http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps341/index.html>

Router 7606.

Figura C.11.- Cisco Router 7606.

Para más información usar el siguiente link:

<http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/index.html>

Catalyst 4507R.

Figura C.12.- Cisco Catalyst 4507R.

Características	Cisco Catalyst WS-C4503-E Chassis	Cisco Catalyst WS-C4506-E Chassis	Cisco Catalyst WS-C4507R-E Chassis	Cisco Catalyst WS-C4510R-E Chassis
Número total de slot	3	6	7	10
Línea de slots para tarjetas	2	5	5	8
Supervisor de slots de maquina	1 ^{^1}	1 ^{^1}	2 ^{^2}	2 ^{^3}
Numero de supervisores dedicados para slots de maquina	1	1	3 and 4	5 and 6
Redundancia de supervisor de máquina	No	No	Sí (Supervisor II-Plus, II-Plus-10GE,IV,V,V10GE,6-E)	Sí (Supervisor V, V-10GE, and 6-E)
Supervisor de maquinas soportados	Supervisor II - Plus Supervisor II - Plus - TS Supervisor II - Plus - 10GE Supervisor IV Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E	Supervisor II - Plus Supervisor II - Plus - 10GE Supervisor IV Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E	Supervisor II - Plus Supervisor II - Plus - 10GE Supervisor IV Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E	Supervisor V Supervisor V - 10 GE Supervisor 6 - E Metro Supervisor 6 - E
Ancho de Banda por línea de slot para tarjeta usando Supervisor 6-E	Arriba de 24 Gbps en todos los slots	Arriba de 24 Gbps en todos los 4 slots	Arriba de 24 Gbps en todos los 4 slots	Arriba de 24 Gbps en slots 1-4 and 7; 6 Gbps solamente en los slots 8-10
Numero de fuentes de Poder	2	2	2	2
Entrada de Poder AC	Sí	Sí	Sí	Sí
Entrada de Poder DC	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla C.6.- Comparación entre Switch de la familia Catalyst 4500

Para más información usar el siguiente link:

<http://www.cisco.com/en/US/products/ps9590/index.html>

ASA 5520.



Figura C.13.- Cisco ASA5520-BUN-K9.

Característica	Descripción
Firewall Throughput	arriba de 450 Mbps
Maximum Firewall y IPS Throughput	<ul style="list-style-type: none"> • Arriba de 225 Mbps con AIP SSM-10 • Arriba de 375 Mbps con AIP SSM-20 • Arriba de 450 Mbps con AIP SSM-40
VPN Throughput	Arriba de 225 Mbps
Sesiones Simultaneas	280000
IPsec VPN Peers	750
SSL VPN Peer nivele de liscencia*	10, 25, 50, 100, 250, 500, or 750
Contextos de seguridad*	arriba de 20
Interfaces	4 puertos Gigabit Ethernet y 1 puerto Fast Ethernet
Interfaces Virtuales (VLANs)	150
Escalabilidad	VPN clustering y balanceo de carga
Alta disponibilidad	Activa/Activa, Activa/Standby

Tabla C.7.- Resumen de funciones del Cisco ASA5520-BUN-K9.

Para más información usar el siguiente link:

<http://www.cisco.com/en/US/products/ps6120/index.html>

Estación Base Macromax.



Figura C.14.- Estación Base Macromax.

CARACTERISTICAS	HiperMAX	MacroMAX	MicroMAX
Estándar	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)
Banda de Frecuencias	3.4-3.6GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz initially + subsequent additional WiMAX bands
PHY	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT
Duplexing Mode	FDD + TDD	FDD + TDD	FDD + TDD
Modulación	64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM, 16QAM, QPSK, BPSK
Perfiles Wimax que soporta	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T
Potencia de Transmisión	De subida hasta 32 dBm por antena	De subida hasta 37 dBm por antena	27 dBm
Ganancia Antena	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	5.8 T1 de 60° 12 dBi 3.5 T1 y F1 de 15° 18 dBi 3.5 T1 y F1 de 60° 12 dBi
Sensibilidad	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)	-115dBm (1/16), -100dBm (1/1)

Tabla C.8.- Características de Radio Base marca Airspan.

Para más información usar el siguiente link:

http://www.airspan.com/products_sub_micromax.htm

CPE's EasyST , ProST.-

(a)



(b)

Figura C.15.- CPE's (a) EasyST (b) ProST.

CARACTERISTICAS	PriMAX	EasyST	Prosa
Estándar	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)	IEEE 802.16-2004 (Software upgradeable to 802.16e)
Banda de Frecuencias	3.4-3.6GHz, 5.8 GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz, 5.8 GHz initially + subsequent additional WiMAX bands	3.4-3.6GHz, 5.8 GHz initially + subsequent additional WiMAX bands
PHY	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT	OFDM 256 FFT
Duplexing Mode	HFDD + TDD	HFDD + TDD	HFDD + TDD
Modulación	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK	64QAM , 16QAM, QPSK, BPSK
Perfiles Wimax que soporta	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T	3.5F1, 3.5F2, 3.5T1, 3.5T2, 5.8T
Potencia de Transmisión	+24 dBm	De subida hasta 23 dBm	De subida hasta 23 dBm
Ganancia Antena	Antena Externa 60°, 90°, 120° Omnidireccional	6 dBi 4x90 Omnidireccional	15 dBi, 18 dBi
Sensibilidad	-98 dBm	-98 dBm	-98 dBm

Tabla C.9.- Características de los CPE's EasyST y ProST.

Para más información usar el siguiente link:

http://www.airspan.com/products_sub_st.htm

ANEXO D

Prima por riesgo de mercado.

En Estados Unidos u otros países con mercados financieros desarrollados se puede elegir un portafolio de acciones, ya que existen suficientes títulos de este tipo representando a la mayoría de sectores de la economía, por lo tanto este portafolio es una muy buena representación de todos los activos riesgosos de la economía.

Los retornos de estos portafolios por encima de las R_f (rentabilidad del activo fijo sin riesgo) serían la prima por riesgo de mercado en un periodo determinado. En cuanto al número de periodos tomados como referencia para la estimación, se sugiere tomar la mayor cantidad de datos posibles para disminuir la desviación estándar y además considerar la mayoría de ciclos que haya tenido la economía.

Siendo conservador, las medias aritméticas se consideran preferibles a las medias geométricas. Además, la media aritmética representa más un retorno esperado, que es el supuesto detrás del modelo.

Las estimaciones son sensibles al periodo que se tome. En Estados Unidos hay estimaciones que van desde 3,57% a 8,43% (Damodaran) dependiendo

del periodo que se considere. Estos rangos son similares a los encontrados en estudios de otros autores (Fama, Ibbotson, Harvey, etc.)

En el caso de Ecuador y otros países emergentes, Damodaran estima dicho premio por riesgo de mercado en base a:

El spread de los bonos nacionales por encima de las bonos del Tesoro de los Estados Unidos: 666 bp en el caso de Ecuador en el momento de la estimación.

La volatilidad relativa entre el mercado de acciones y el mercado de bonos.

Promedio en los países emergentes:

$$\frac{sACC}{sBON} = 1,5$$

La prima por riesgo de mercado en un país desarrollado como los Estados Unidos: 4,51%.

Con estos valores, la prima para el caso de Ecuador se obtendría así (a enero 1 del 2009):

$$PRM = (a) \times (b) + (c)$$

$$PRM = (6.66\% \times 1.5) + 4.51\% = 14.50\%$$

Cálculo de B (Beta).

Como en Ecuador no contamos con estudios especializados en este tipo de datos de las empresas, se decidió calcular un beta promedio tomando como referencia empresas del extranjero.

EMPRESAS	BETAS
Alvarion Ltd.	1.39
AT&T Inc.	0.82
Covad Communications Group Inc.	1.76
Qwest Communications International Inc.	1.64
Time Warner Telecom Inc.	1.10
Verizon Communications Inc.	1.06
Sprint Nextel Corp.	1.44
Telefonica SA	0.84
PROMEDIO INDUSTRIAL	1.256

Tabla D.1.- Calculo de Beta promedio tomando en cuenta referencias extranjeras.

$$\beta = \text{Riesgo sistemático} = 1,26$$

PRM= Prima por riesgo de mercado.

Basándose en la metodología propuesta por el profesor Aswath Damodaran de la Universidad de New York (ANEXO B), la prima se estimaría así:

- a) El spread de los bonos nacionales por encima de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos: 666pb (puntos básicos) en el caso de Ecuador en el momento de la estimación.

- b) La volatilidad relativa entre el mercado de acciones y el mercado de bonos. Promedio en los países emergentes:

$$\frac{sACC}{sBON} = 1,5$$

- c) La prima por riesgo de mercado en un país desarrollado como los Estados Unidos: 4.51%.

Con estos valores la prima para el caso de Ecuador se obtendría así:

$$PRM = (a) \times (b) + (c)$$

$$PRM = 14.50\%$$

RP = Riesgo País (EMBI Ecuador) = 6% o (666pb) (al momento de la estimación).

El riesgo país es un concepto económico que ha sido abordado académica y empíricamente mediante la aplicación de metodologías de la más variada índole: desde la utilización de índices de mercado como el índice EMBI de países emergentes de Chase-JPmorgan hasta sistemas que incorpora variables económicas, políticas y financieras. El Embi se define como un

índice de bonos de mercados emergentes, el cual refleja el movimiento en los precios de sus títulos negociados en moneda extranjera. Se la expresa como un índice ó como un margen de rentabilidad sobre aquella implícita en bonos del tesoro de los Estados Unidos.

Por lo tanto con los valores antes calculados podemos encontrar la tasa de interés.

$$K = 6\% + 1,256(14,5\%)$$

$$K = 24,21\%$$

BIBLIOGRAFÍA

Libros.-

- [1]. Shepard, Steven. Convergencia de las Telecomunicaciones. McGraw-Hill, 2002.
- [2]. Keagy, Scott. Integración de Redes de Voz y Datos. Cisco Press, 2001,
- [3]. McQuerry, Steve. Interconexión de Dispositivos de Red Cisco. Cisco Press, 2001.
- [4]. Comer, Douglas. Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP. Prentice hall, 1996.
- [5]. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Redes Públicas Convergentes de Nueva Generación. 2005.
- [6]. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Voz y Telefonía sobre IP. 2005.

Documentos Técnicos (Fuente Internet).-

- [7]. Znaty, Simon; Dauphin, Jean; Geldwerth, Roland. IP Multimedia Subsystem: Principios y Arquitectura.
- [8]. Las Telecomunicaciones de Nueva Generación. Telefónica I + D.
- [9]. Grupo de Expertos sobre Telefonía IP del UIT-D. Informe Esencial sobre Telefonía por el protocolo Internet (IP). UIT, 2003.

- [10]. González, Oscar. Migración de las Redes Clásicas hacia redes NGN. UIT/BDT, 2006.
- [11]. Peña, Jesús; López, Rafael; Aranda, Pedro. Redes IP de Nueva Generación. Telefónica Investigación y Desarrollo
- [12]. Redes y Servicios Digitales. UIT, 2001.
- [13]. Redes de Próxima Generación (1), estándares UIT.T. UIT.
- [14]. Quintana, Bernardo. Larga distancia basada en tecnología NGN/VoIP. 2003.
- [15]. Moreno, José; Soto, Ignacio; Larrabeiti, David. Protocolos de Señalización para el transporte de Voz sobre Redes IP. Universidad Carlos III de Madrid.
- [16]. Hernandez, Erkins. El Protocolo SIP y su influencia en la evolución de las redes PSTN. ETECSA-Cuba.
- [17]. Oliveira, Sidnei. Una Propuesta de arquitectura MPLS/DIFFSERV para proveer mecanismos de calidad de servicio (QoS) en el transporte de la telefonía IP.
- [18]. Del Hoyo, Rafael. Mecanismos de QoS. Universidad de Zaragoza, 2005.
- [19]. Martinez, Carlos. Consideraciones Para el Diseño de una Red de Backbone Multiservicio. Ante, Uruguay
- [20]. Redes y Servicios Internet de Nueva Generación. Mecanismos de QoS para servicios Triple Play en redes de nueva generación. Universidad Carlos III Madrid.

- [21]. El Desarrollo de laVoIP y sus Implicaciones Regulatorias. ETSI
TELECOMUNICACIONES – UPM.
- [22]. Tendencias en las Reformas de Telecomunicaciones. Las Licencias en la
era de la Convergencia. UIT.
- [23]. Itzik, Kitroser. IEEE P802.16-rev d Chief Technical Editor, Air interface for
Fixed Broadband Wireless Access Systems (Draft Revision), año 2004.
- [24]. INTEL Corporation , White Paper: Broadband Wireless Access – Año
2003.
- [25]. Eugene Crozier , White Paper: WiMAX NLOS Features, WiMax Forum –
Año 2004.
- [26]. Michael F. Finneran, WiMax versus Wi-Fi, dBrn Associates Inc., Año
2004