



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

**“ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA CDMA – 450 Y SU APLICACIÓN EN LA
PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA BTS EN SANTA ROSA DE IZITZIÑAG Y
SUS ALREDEDORES PARA CNT S.A (CHIMBORAZO)”**

TESIS DE GRADO

**Previa la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

Presentado por:

JOHANNA ELIZABETH AYALA IZURIETA

MARIA ELIZABETH GUAÑO ALVAREZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

A nuestros Maestros Ing. Edwin Altamirano, Ing. Hugo Moreno, quienes con humildad, sinceridad y responsabilidad, supieron guiarnos e impartir sus valiosos conocimientos.

Al Ing. Franklín Cunalata, Tlga Elsa Vizuite, Tlgo Paulo Caiza, colaboradores de la empresa CNT EP. Quienes brindaron su aporte en el desarrollo y culminación de la tesis.

A Dios por ser mi soporte, mi guía, y mi camino para conducirme a lo largo de la vida.

A mis Padres, Fernando y Elizabeth gracias a su apoyo y esfuerzo incondicional para brindarme su experiencia y conocimientos que han sido la base para crecer y aprender a recorrer el camino de la vida.

A mi hermana Anita por ser quien me acompaña en todo momento y por regalarme su fortaleza y bondad.

A mis amigas Gracias por ser mis aliadas y compañeras en todo momento en especial a Johanna por el esfuerzo y empeño para lograr nuestra tesis.

María Elizabeth

A Dios quien fue mi guía y mi apoyo a lo largo de toda mi vida por darme el regalo más grande que es mi familia y la alegría de vivir junto a ellos.

A Luis y Séfora por darme la vida, por regalarme su amor y protección en todo momento. Gracias papá y mamá por darme la oportunidad de tener una carrera con la que trazaré mi futuro, gracias por apoyarme pese a los innumerables esfuerzos que eso significó para ustedes, por enseñarme no solo a levantarme ante una caída si no aprender de ellas, por todo con mucho amor mil gracias.

A mis hermanos Javier y Enrique por estar conmigo en cada paso que doy, por ayudarme, por cuidarme con cariño y brindarme su experiencia durante toda mi vida.

Por ser un pilar muy importante en mi vida, gracias por su apoyo incondicional a todos mis amigos, a Carlos y a Mary gracias por ser como una hermana y poder cumplir nuestra meta juntas.

Johanna Elizabeth

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

DECANO DE LA FACULTAD

DE INFORMÁTICA Y

ELECTRÓNICA

.....

.....

Ing. José Guerra

DIR.ESC.ING.ELECTRONICA EN

TELECOMUNICACIONES Y REDES

.....

.....

Ing. Edwin Altamirano

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Ing. Hugo Moreno

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Lcdo. Carlos Rodríguez

DIRECTOR DPTO.

DOCUMENTACIÓN

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

“Nosotros, **María Elizabeth Guaño Alvarez y Johanna Elizabeth Ayala Izurieta** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

.....

María Elizabeth Guaño Alvarez

Johanna Elizabeth Ayala Izurieta

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CDMA	Code Division Multiple Access
FDMA	Acceso al Medio por División de Frecuencia
MFSK	Multiple Frequency Shift Keying
TDMA	Siglas en inglés de Acceso Múltiple por División del Tiempo
MAI	Multiple access interference
FH	Frequency Hopping
DS	Direct Sequence
MS	Estación Móvil (Mobile Station en la terminología 1x).
BTS	Estación Base (Base Transceiver Station) base de transmisión y Recepción
BSC	Controlador de Estación Base (Base Station Controller).
HLR	Home Location Register
MSC/VLR	Mobile Switching Center/Visitor Location Register
PDSN	Packet Data Serving Node
AAA	Accounting, Authentication and Authorization
PCF	Packet Control Function
AR	Router de Acceso
AP	Access Points
RTT	Radio Transmission Technology
QoS	Quality of Service

LAC	Link Access Control
MAC	Medium Access Control
1xEV-DO	1x Evolution Data Optimized
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
FER	Tasa de Error de Bastidor
CS	Conmutación de Circuitos
PDH	Jerarquía Digital Plesiócrona
SDH	Jerarquía Digital Síncrona
FWT	Fixed Wireless Terminal
GSM	Global Standar for Mobile communications

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1.	ANTECEDENTES	21
1.2.	JUSTIFICACIÓN	23

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA CDMA

2.1.	TECNOLOGÍA CDMA (Code Division Multiple Access)	25
2.1.1.	CATEGORIAS CDMA	26
2.1.1.1.	Multiplexado por división de código (CDMA síncrono)	26
2.1.1.2.	CDMA asíncrono.....	27
2.2.	CDMA 2000	28
2.2.1.	PARAMÉTROS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 2000:.....	29
2.2.2.	ARQUITECTURA DE LA RED CDMA2000.	30
2.2.3.	CDMA 2000 Y EL ESPECTRO.	32
2.2.4.	EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA 2000.....	33
2.2.5.	CDMA2000 1x	34
2.2.5.1.	Planificación de redes inalámbricas CDMA2000	34
2.2.5.2.	Capas del CDMA 2000 1X.....	35
2.2.5.3.	Ensanchamiento y Modulación.	38
2.2.5.4.	Acceso Aleatorio.	40
2.2.5.5.	Tasas de Ensanchamiento y Configuración de Radio.	40
2.2.5.6.	Handoff.....	41
2.2.6.	CDMA2000 1xEV-DO.....	41
2.2.6.1.	Throughput de Datos.	42
2.2.6.2.	Arquitectura de Red.....	44

2.2.7.	CDMA2000 1xEV-VD.....	46
2.2.7.1.	Características del Sistema 1xEV-DV.....	47
2.2.7.2.	Características Retenidas del CDMA 2000.....	47
2.3.	CDMA 450	48
2.3.1.	SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR.....	49
2.3.2.	COBERTURA.....	49
2.3.3.	CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA.....	51
2.3.3.1.	Sub-bandas para CDMA450.....	52
2.3.4.	VENTAJAS DE CDMA 450.....	53
2.3.5.	SERVICIOS.....	54
2.3.6.	EQUIPAMIENTO CDMA450.....	55
2.3.7.	REQUERIMIENTOS PARA ESTACIONES BASE (BTS) PARA CDMA	57
2.3.7.1.	Familia de BTS Avanzadas.....	57

CAPÍTULO III

ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE LA BTS

3.1.	ANTECEDENTES	60
3.2.	RIOBAMBA Y SUS PARROQUIAS RURALES.....	60
3.4.	DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA A INTERVENIR.....	64
3.5.	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE LA BTS	66
3.5.1.	ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	66
3.5.2.	ESTUDIO DE DEMANDA	66
3.5.2.2.	Cálculo del tamaño de la muestra.....	68
3.5.2.4.	Demanda futura	73
3.6.	DETERMINACIÓN DEL SITIO PARA LA INSTALACIÓN DE LA BTS	74
3.7.	ESTABLECIMIENTO DE LA RED DE TRANSPORTE - PUERTA DE ACCESO A LA RED CNT EP	76
3.7.1.	ALTERNATIVAS DE SALIDA DE LA BTS PARA EL ACCESO A LA RED CNT EP.	76
3.8.	REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE LA RED	81
3.9.	MODELO DE PROPAGACIÓN PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA CDMA450.....	81
3.9.2.	GANANCIA DE LAS ANTENAS.....	84
3.9.3.	SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR.....	84
3.9.4.	POTENCIA DE RECEPCIÓN.....	84

3.10.	INGENIERÍA DE TRÁFICO.....	86
3.11.	PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA RED	90
3.11.1.	REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO.....	90
3.11.2.	PRINCIPIO DE DISEÑO DE RED	90
3.12.	DIAGRAMA DE RED ACTUAL DE CNT	91
3.12.2.	INTERCONEXIÓN CON LA RED DE LA CNT EP	93
3.12.3.	INTERFAZ V5.2 PARA INTERCONEXIÓN.....	96
3.13.	MATERIALES Y EQUIPOS	96
3.13.1.	Selección de la Antena BTS	98
3.13.2.	Selección de Antena del Terminal FWT	99
3.13.3.	LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BTS PROPUESTA:	100
3.13.3.1.	Sistema de alimentación	101
3.13.3.2.	Fwt (fixed wireless terminal).....	103
3.13.4.	COSTOS REFERENCIALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED CDMA 450.	103

CAPÍTULO IV

PRUEBAS DE DISEÑO

4.1.	LEVANTAMIENTO DE PARÁMETROS PARA SIMULACIÓN.....	106
4.2.	PUERTA DE ACCESO A LA RED CNT EP.....	106
4.2.1.	ENLACE PURUHUAY-LA MIRA	107
4.2.2.	ENLACE LA MIRA-PURUHUAY.....	115
4.3.	PRUEBA DE ENLACES	116
4.3.1.	PRUEBA1. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR LA MIRA... 116	
4.3.2.	PRUEBA2. TRANSMISOR LA MIRA - RECEPTOR PURUHUAY... 118	
4.3.3.	PRUEBA3. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL A... 120	
4.3.4.	PRUEBA4. TRANSMISOR MÓVIL A- RECEPTOR PURUHUAY... 122	
4.3.5.	PRUEBA5. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL B... 123	
4.3.6.	PRUEBA6. TRANSMISOR MÓVIL B - RECEPTOR PURUHUAY... 125	
4.3.7.	PRUEBA7. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL C... 126	
4.3.8.	PRUEBA8. TRANSMISOR MÓVIL C- RECEPTOR PURUHUAY 128	
4.3.9.	PRUEBA9. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL D... 129	
4.3.10.	PRUEBA10. TRANSMISOR MÓVIL D - RECEPTOR PURUHUAY. 131	
4.3.11.	INTERPRETACIÓN	132
4.4.	COBERTURA	133

4.5.	PRUEBAS CON TRES ANTENAS SECTORIALES EN LA BTS PURUHUAY.....	137
4.5.1.	PATRÓN DE LAS ANTENAS PARA EL CASO DE 3 SECTORIALES	139
4.5.2.	PRUEBAS DE LOS ENLACES	141
4.5.2.1.	Pruebas con la antena sectorial 1 ubicada en Puruhuay y las terminales móviles de prueba.....	141
4.5.2.2.	Pruebas con la antena sectorial 2 ubicada en Puruhuay y los terminales móviles.	143
4.5.2.3.	Pruebas con la antena sectorial 3 ubicada en Puruhuay y los terminales móviles.	148
4.5.3.	INTERPRETACIÓN DE LAS SIMULACIONES CON TRES ANTENAS SECTORIALES	152

CAPÍTULO V

	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	153
5.1.	SISTEMA HIPOTÉTICO	153
5.1.1.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	153
5.1.2.	OPERATIVIDAD DE LAS VARIABLES	154
5.1.3.	OPERATIVIDAD METODOLÓGICA	154
5.1.4.	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES	156
5.1.4.1.	V1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Análisis de la tecnología CDMA.....	157
5.1.4.1.1.	INDICADORES	157
5.1.4.2.	V2. VARIABLE DEPENDIENTE: Demanda Insatisfecha	157
5.1.4.2.1.	INDICADORES	157
5.1.4.3.	V3. VARIABLE DEPENDIENTE: Capacidad de servicio	157
5.1.4.3.1.	INDICADORES	157
5.1.4.4.	V4. VARIABLE DEPENDIENTE: FIABILIDAD DEL ENLACE	158
5.1.4.4.1.	INDICADORES	158
5.2.	ESTUDIO COMPARATIVO.....	158
5.2.1.	ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.....	158
5.2.1.1.	TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE.....	162
5.2.2.	ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE DEMANDA INSATISFECHA	162
5.2.2.1.	TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE DEMANDA INSATISFECHA	164

5.2.3.	ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE CAPACIDAD DE SERVICIO	165
5.2.3.1.	TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE CAPACIDAD DE SERVICIO	166
5.2.4.	ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE FIABILIDAD DEL ENLACE.....	167
5.2.4.1.	TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE CAPACIDAD DE SERVICIO	169
5.3.	PUNTAJES TOTALES	169
5.4.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	170

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Cuatro señales digitales cuyos vectores son ortogonales	27
Figura II.2 Infraestructura de la red troncal cdma 2000 1x	31
Figura II.3 Camino evolutivo CDMA	33
Figura II.4 Arquitectura de las capas del CDMA 2000 1x (30)	35
Figura II.5 Ilustración de las estructuras de los canales en CDMA 2000	38
Figura II.6 Transmisor de Enlace Descendente CDMA 2000.....	39
Figura II.7 Intento de acceso realizado por una estación móvil en CDMA 2000	40
Figura II.8 Modelo de arquitectura de red.....	44
Figura II.9 1xEV-DV en la arquitectura de red 3G	46
Figura II.10 Cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias	50
Figura II.11 CDMA2000 1x en la banda de 450 MHz (Sub - banda clase A)	52
Figura III.12 Localización de las parroquias rurales del cantón Riobamba a intervenir....	60
Figura III.13 Plano de vías de acceso y comunidades en Izitziñag y sus alrededores.....	64
Figura III.14 Sector Santa Rosa de Izitziñag.....	65
Figura III.15 Comunidades aledañas a la zona a intervenir	65
Figura III.16 Encuesta. Pregunta 1	70
Figura III.17 Encuesta. Pregunta 2	70
Figura III.18 Encuesta Pregunta 3	71
Figura III.19 Encuesta, pregunta 4	72
Figura III.20 Encuesta, Pregunta 5	72
Figura III.21 Objetivo del área de cobertura	74
Figura III.22 Puruhuay (Inspección de campo).....	75
Figura III.23 Ubicación de Puruhuay	75
Figura III.24 Repetidoras alrededor de Puruhuay	77
Figura III.25 Ubicación de la repetidora Guamote con respectos a Puruhuay	77
Figura III.26 Línea de vista Puruhuay-La Mira.....	78
Figura III.27 Línea de vista Puruhuay-Sindiajiri.....	78
Figura III.28 Línea de vista Puruhuay-Riobamba Centro	79
Figura III.29 Perfil Puruhuay-Guamote.....	79
Figura III.30 Línea de vista Puruhuay-Riobamba Sur.....	80

Figura III.31 Interconexión de red.....	92
Figura III.32 Estructura de red CDMA	93
Figura III.33 Estructura de una red WLL CDMA 450.....	94
Figura III.34 Arquitectura de la red cdma 450	94
Figura III.35 Distribución de la red CNT CDMA 540.....	95
Figura III.36 Elementos que conforman el sistema de microonda y radio frecuencia	98
Figura III.37 Patrón Típico de antena.....	99
Figura III.38 Baterías de 12VDC utilización outdoor	102
Figura III.39 Terminal ETS2052	103
Figura IV.40 Levantamiento de coordenadas geográficas en la Loma Puruhuay mediante GPS.....	106
Figura IV.41 Propiedades de la red. Parámetros	108
Figura IV.42 Propiedades de la red. Miembros.....	108
Figura IV.43 Topología	109
Figura IV.44 Especificaciones técnicas de la Mira	110
Figura IV.45 Antena de la Mira	110
Figura IV.46 Especificaciones técnicas de Puruhuay.....	111
Figura IV.47 Antena de Puruhuay	112
Figura IV.48 Especificaciones técnicas de móvil.....	113
Figura IV.49 a) Antena del terminal de 11 dB; b) Antena del terminal de 2.15 dB	114
Figura IV.50 Enlace la Mira – Puruhuay.....	115
Figura IV.51 Transmisor Puruhuay - Receptor La Mira	116
Figura IV.52 Distribución de la señal Puruhuay-la Mira	117
Figura IV.53 Transmisor la Mira - Receptor Puruhuay.....	118
Figura IV.54 Distribución de la señal la Mira-Puruhuay	119
Figura IV.55 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil A	121
Figura IV.56 Distribución de la señal la Puruhuay-Móvil A	121
Figura IV.57 Transmisor Móvil A- Receptor Puruhuay.....	122
Figura IV.58 Distribución de señal Móvil A-Puruhuay	123
Figura IV.59 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil B.....	124
Figura IV.60 Distribución de señal Puruhuay-Móvil B	124
Figura IV.61 Transmisor Móvil B - Receptor Puruhuay.....	125

Figura IV.62 Distribución de señal Móvil B-Puruhuay	126
Figura IV.63 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil C.....	127
Figura IV.64 Distribución de señal Puruhuay -Móvil C	127
Figura IV.65 Transmisor Móvil C- Receptor Puruhuay.....	128
Figura IV.66 Distribución de señal Móvil C –Puruhuay.....	129
Figura IV.67 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil D	130
Figura IV.68 Distribución de señal Puruhuay-Móvil D	130
Figura IV.69 Transmisor Móvil D- Receptor Puruhuay.....	131
Figura IV.70 Distribución de señal Móvil D –Puruhuay	132
Figura IV.71 Zona geográfica con cobertura.....	133
Figura IV.72 Punto referencial uno de alcance de cobertura	134
Figura IV.73 Distancia al punto referencial uno de cobertura	134
Figura IV.74 Punto referencial dos de alcance de cobertura.....	135
Figura IV.75 Distancia al punto referencial dos de cobertura.....	135
Figura IV.76 Punto referencial tres de alcance de cobertura.....	136
Figura IV.77 Distancia al punto referencial tres de cobertura.....	136
Figura IV.78 Punto (H,) para la ubicacion de la antena sectorial 2.....	137
Figura IV.79 Miembros de la red	138
Figura IV.80 Red CDMA	138
Figura IV.81 Antena sectorial 1 dirigida hacia Alao.....	139
Figura IV.82 Antena sectorial 2	140
Figura IV.83 Antena sectorial 3.	140
Figura IV.84 Vista aérea de la dirección de la sectorial 1	141
Figura IV.85 Transmisor Puruhuay S1 - receptor Móvil C.....	142
Figura IV.86 Transmisor Móvil C - receptor Puruhuay S1	143
Figura IV.87 Vista aérea de la dirección de la sectorial 2.....	143
Figura IV.88 Transmisor Puruhuay S2 - receptor Móvil A.....	144
Figura IV.89 Transmisor Móvil A - receptor Puruhuay S2.....	145
Figura IV.90 Transmisor Puruhuay S2 - receptor Izitziñag	146
Figura IV.91 Transmisor Izitziñag - receptor Puruhuay S2	147
Figura IV.92 Vista aérea de la dirección de a sectorial 3.....	148
Figura IV.93 Transmisor Puruhuay S3 - receptor Móvil B.....	149

Figura IV.94 Transmisor Móvil B - receptor Puruhuay S3	150
Figura IV.95 Transmisor Puruhuay S3 - receptor Móvil D.....	151
Figura IV.96 Transmisor Móvil D - receptor Puruhuay S3.....	152
Figura V.97 Evolución de la tecnología CDMA	159
Figura V.98 Servicios de la tecnología CAMA.....	160
Figura V.99 Capacidad de la tecnología CDMA.....	161
Figura V.100 Aceptación de servicio	163
Figura V.101 Demanda necesaria.....	164
Figura V.102 Circuitos para cubrir la demanda	165
Figura V.103 Throughput necesario.....	166
Figura V.104 Factibilidad según el nivel de potencia	167
Figura V.105 Ganancias y pérdidas del enlace.....	168
Figura V.106 Gráfico Ji- cuadrado	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I Parámetros de la tecnología CDMA 2000.....	30
Tabla II.II Clases de Bandas del CDMA.....	33
Tabla II.III Coberturas técnicas de celdas.....	50
Tabla II.IV Sub bandas para 450 Mhz.....	52
Tabla II.V Distribución espectral de la banda F en 450 Mhz.....	53
Tabla II.VI Distribución de la banda F.....	53
Tabla III.VII Demanda de las parroquias.....	68
Tabla III.VIII Proporción de las encuestas en los sectores de interés.....	69
Tabla III.IX Alternativas de repetidoras.....	76
Tabla III.X Requerimiento de calidad de la red.....	81
Tabla III.XI Troughput del servicio de datos.....	89
Tabla III.XII Throughput promedio por abonado.....	89
Tabla III.XIII Parámetro recomendado de antena.....	98
Tabla III.XIV Parámetro recomendado de antena terminal.....	99
Tabla III.XV Clasificación de las BTS NUEVAS 3606AC.....	101
Tabla III.XVI Dimensión física de la BTS.....	101
Tabla III.XVII Precios Del Sistema Cdma450-WLL.....	104
Tabla IV.XVIII Ubicación de la BTS en Puruhuay.....	106
Tabla IV.XIX Ubicación de la repetidora la Mira.....	107
Tabla V.XX Operatividad conceptual de las variables.....	154
Tabla V.XXI Operatividad Metodológica de la variable independiente.....	155
Tabla V.XXII Operatividad Metodológica de la variable dependiente DEMANDA INSATISFECHA.....	155
Tabla V.XXIII Operatividad Metodológica de la variable dependiente CAPACIDAD DE SERVICIO.....	156
Tabla V.XXIV Operatividad Metodológica de la variable dependiente FIABILIDAD DEL ENLACE.....	156
Tabla V.XXV Indicadores de la variables.....	158
Tabla V.XXVI Evolución de la tecnología CDMA.....	159
Tabla V.XXVII Servicios de la tecnología CDMA.....	160
Tabla V.XXVIII Capacidad de la tecnología CDMA.....	161

Tabla V.XXIX Resumen de la variable independiente	162
Tabla V.XXX Aceptación de servicio	162
Tabla V.XXXI Proyecciones	163
Tabla V.XXXII Resumen de la variable dependiente demanda insatisfecha.....	164
Tabla V.XXXIII Ingeniería tráfico	165
Tabla V.XXXIV Throughput	166
Tabla V.XXXV Resumen de la variable dependiente capacidad de servicio	166
Tabla V.XXXVI Potencia de transmisión y recepción.....	167
Tabla V.XXXVII Ganancias y pérdidas del enlace.....	168
Tabla V.XXXVIII Resumen de la variable dependiente capacidad de servicio	169
Tabla V.XXXIX Puntajes totales	169
Tabla V.XL Variables dependientes.....	171
Tabla V.XLI Frecuencias observadas.....	171
Tabla V.XLII Frecuencias esperadas.....	171
Tabla V.XLIII Cálculo de x^2	172

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la comunicación es una necesidad tanto para urbanizaciones y más aun en sectores rurales, las telecomunicaciones tienen como objetivo llegar hacia los sectores aislados de difícil acceso.

Con el transcurso del tiempo, el mundo se convirtió en un conjunto de personas conectadas y comunicadas gracias al desarrollo tecnológico que no cesa en su afán de mostrar nuevas formas de comunicación entre los pueblos.

Se presentan diferentes alternativas al momento de elegir una tecnología adecuada para brindar el servicio telefónico, en el sector de estudio la tecnología debe ser inalámbrica por la dificultad de acceso existente en la zona.

La falta de cobertura en Santa Rosa de Izitziñag y sus alrededores hace que diferentes empresas como Porta, Movistar y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones tengan la oportunidad de satisfacer esta demanda, siendo esta última la que nos proporcionó la alternativa de estudiar la tecnología CDMA a profundidad y su aplicación en la zona establecida.

La tecnología CDMA nos da varias herramientas que podemos usar de manera eficiente a comparación de otras tecnologías pero también incluye limitaciones las cuales vamos a estudiar y analizar para determinar las mejores aplicaciones que se podrían usar dentro de la zona de estudio de acuerdo al ambiente en el que se planea aplicar.

Es indispensable realizar el estudio que aporte para el desarrollo de la integración del sector Santa Rosa de Izitziñag y sus alrededores dentro de la red telefónica de nuestro país, y contribuir al desarrollo social, permitiendo no solo la rentabilidad de la empresa si no brindando un servicio de calidad que compense la necesidad de comunicación de los abonados.

CAPÍTULO I

A continuación se detalla exactamente en qué consiste el proyecto de tesis, las razones por las que surge la necesidad y la oportunidad de brindar el servicio comunicación a la zona de interés.

GENERALIDADES

1.1.ANTECEDENTES

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT E.P) es la empresa estatal de telecomunicaciones del Ecuador.

Es el resultado de la fusión de las sociedades anónimas Andinatel y Pacifictel. Esta se produjo a finales de 2008, entre los servicios que presta se tiene telefonía fija local, regional e internacional, provisión de servicios de acceso a internet (Dial-UP, DSL y servicios corporativos), y a través de Alegro PCS, telefonía celular.

El 14 de enero del 2010, se creó la Empresa Pública CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES – CNT EP-, cuyo principal objetivo es la explotación de los servicios de telecomunicaciones: finales, portadores de voz, imagen, datos, servicios de valor agregado, convergentes y multimedia, entre otros.

La nueva empresa se subroga todos los derechos y obligaciones de la extinta Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT S.A. Igualmente todos los activos y pasivos de ésta se transfieren a la empresa pública CNT EP.

El Directorio de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP está conformado por: el Ministro de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (1)¹.

La CNT EP brinda Servicio de Telefonía Fija en los sectores rurales donde se ha implementado tecnología inalámbrica CDMA 450, que por sus características propias, permite la utilización de un número menor de estaciones base y un mayor alcance en cobertura a costos accesibles, situación que contribuye a minimizar el impacto ambiental en la producción de carbono (CO₂) que tiene efectos perjudiciales y deteriora el ambiente (2)².

CDMA combina los servicios de comunicación inalámbrica CDMA 2000 con cobertura de red asequible con base en la banda de frecuencia 450 MHz; la ventaja de utilizar los 450 MHz es la gran propagación de la señal con la utilización de una sola estación base; se calcula que sin ningún tipo de obstáculo una estación base CDMA2000 en los 450 MHz, podría cubrir hasta 80 kilómetros.

Mediante Resolución 331-C-CONATEL-2008 de 23 de junio de 2008, el Consejo Nacional resolvió en su artículo único: *“Realizar las acciones necesarias para la liberación de una parte de la sub-banda A de CDMA 450, comprendida en los rangos 454,400 – 457,475 MHz para Tx y 464,400 – 467,475 para Rx, en las provincias en las cuales se tenga un número menor o igual a diez (10) concesiones de frecuencias en dichos rangos. En*

¹ Artículo CNT

² Eduardo Cadena, Conferencia Redes fijas Inalambricas

aquellas provincias en las cuales se tenga un número mayor a diez concesiones, la SENATEL deberá verificar la disponibilidad de espectro para la reasignación de los concesionarios salientes y, además, el compromiso del operador entrante de indemnizar a dichos concesionarios. Todo esto con la finalidad de permitir la implementación de sistemas orientados a brindar servicios de telecomunicaciones fijos inalámbricos en áreas rurales.”(4)³.

1.2.JUSTIFICACIÓN

La arquitectura inicial con la que contaba la CNT EP no se encontraba ligada a la convergencia de manera que todos los servicios se brindaban en redes e infraestructuras independientes es decir, redes de acceso, transporte y conmutación separadas.

La convergencia se dio debido al avance tecnológico y necesidades diarias.

Primera etapa: los Telcos Clásicos (telefonía solo datos móvil) para servicios convencionales de voz y datos.

Segunda etapa: mas servicios de VPN y móviles.

Tercera etapa: mas Internet y distribución de video (triple play)

Cuarta etapa: mas aplicaciones y hosting. De manera de se establecen las Telcos Universales para aumentar la rentabilidad y cadena de valor, Telcos multiservicios.

La proyección de la CNT EP en cuanto a redes de nueva generación es que las redes para la prestación de servicios fijos y móviles concentren en una única plataforma de transporte basada en IP, dando lugar a un modelo de convergencia para los operadores.

El crecimiento de la red CNT EP se basa en la implementación del núcleo(Backbone) de la red de conmutación de paquetes el cual permitirá tener una plataforma de nueva generación de gran capacidad, escalable, flexible y con alto grado de seguridad para servicios de voz, datos y video(5)⁴.

³ SUPTEL, CDMA 450

⁴ CNT información Confidencial

La arquitectura de la red CNT utilizaba SDH⁵ como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados, luego para tener acceso de red IP se complementó con MPLS⁶ y luego para converger las dos tecnologías se optó por DWDM⁷. De acuerdo a lo expuesto, el proyecto surge de la necesidad que tiene CNT EP Agencia Chimborazo, el extender la red con la finalidad de levantar una BTS (Estación Trans-Receptora Base)⁸ que va a solucionar el problema de comunicación existente en dichos sectores.

Dado que el proyecto en cuestión constituye una gran inversión para la empresa es necesario hacer un estudio socioeconómico, técnico que abarque todos los parámetros necesarios de acuerdo no solo con las necesidades si no también con las especificaciones de los equipos a usar, también con las características del lugar, espectro de frecuencia, y el sitio de instalación de la BTS, en el cual se estaría implementando el proyecto a futuro, y de los lugares a los cuales se quiere llegar eficientemente; todo esto con el fin de ofrecer la mejor estrategia del proyecto.

Este proyecto nace de la necesidad de escalabilidad de la red y el acelerado incremento de los abonados debido al apoyo del gobierno y, en concordancia con el Plan Nacional de Conectividad (PNC), cuyo objetivo es lograr que todo los Ecuatorianos podamos contar con un servicio de telecomunicaciones seguro y confiable que nos permita eliminar las barreras y mantenernos comunicados unos con otros en todas partes del país y hacia todo el mundo.

⁵ SDH: Jerarquía digital síncrona.

⁶ MPLS: Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas

⁷ DWDM: Multiplexación por división en longitudes de onda densas. DWDM es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).

⁸ BTS Instalación fija de radio para la comunicación bidireccional.

CAPÍTULO II

Este capítulo se enfocará en estudiar a la tecnología CDMA y su funcionamiento como la solución al problema de comunicación en Santa Rosa de Izitziñag y sus alrededores; para esto primero se empezará por entender a la tecnología CDMA 2000 por medio de los parámetros que usa, su arquitectura, el espectro de frecuencias, cobertura y equipamiento; también observar brevemente el ciclo evolutivo de la tecnología. Se dará respuesta al por qué de la utilización de la banda de los 450 MHz y un breve estudio de la situación actual del país en el desarrollo de CDMA para telefonía fija.

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA CDMA

2.1. TECNOLOGÍA CDMA (Code Division Multiple Access).

La tecnología CDMA funciona dividiendo voz (o datos) en pequeños paquetes que viajan en un amplio espectro de frecuencias. Cada paquete es identificado por un código digital. El receptor remonta los paquetes en su forma original, restaurando la voz (o datos). Los microprocesadores que manipulan esa operación de codificación y decodificación son tan rápidos, que no existe un atraso perceptible.

Características de CDMA

Privacidad. Las transmisiones no pueden ser fácilmente interceptadas y descifradas por usuarios no autorizados, que no posean el código.

Atenuación del canal. En FDMA (Acceso al Medio por División de Frecuencia), si a un usuario, le toca una banda de frecuencias, en la cual el medio posee una zona de distorsión o atenuación, este usuario se vería perjudicado. En cambio en CDMA, esta zona se comparte entre todos los usuarios.

Flexibilidad. Una diferencia entre CDMA y TDMA es que en la primera, no es necesario un sincronismo entre grupos de usuarios (sólo es necesario entre el transmisor y el receptor en un grupo). Es decir, una vez que se logró la sincronización entre el transmisor y el receptor del PN, se puede realizar la comunicación.

2.1.1. CATEGORÍAS CDMA

En división de código se distinguen dos categorías básicas: CDMA síncrono (mediante códigos ortogonales) y asíncrono (mediante secuencias pseudoaleatorias).

2.1.1.1. Multiplexado por división de código (CDMA síncrono)

El CDMA síncrono explota las propiedades matemáticas de ortogonalidad entre vectores. Dos vectores pueden multiplicarse mediante el producto escalar (\cdot), que suma los productos de sus respectivas coordenadas. Si el producto escalar de dos vectores es 0, se dice que son ortogonales entre sí. (Nota: si dos vectores se definen $\mathbf{u} = (a, b)$ y $\mathbf{v} = (c, d)$; su producto escalar será $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = a \cdot c + b \cdot d$).

Cada usuario de CDMA síncrono emplea un código único para modular la señal, y los códigos de los usuarios en una misma zona deben ser ortogonales entre sí. En la imagen se muestran cuatro códigos mutuamente ortogonales. Como su producto escalar es 0, los códigos ortogonales tienen una correlación cruzada igual a cero, y, en otras palabras, no provocan interferencias entre sí (Figura II.1).

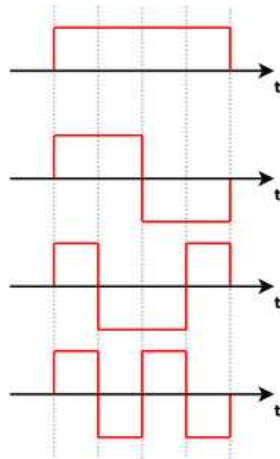


Figura II.1 Cuatro señales digitales cuyos vectores son ortogonales

Cuando el receptor intenta decodificar la señal mediante sender1 el código, los datos son todos los ceros, por lo tanto la correlación cruzada es igual a cero y está claro que sender1 no transmitió ningún dato.

2.1.1.2.CDMA asíncrono

Los sistemas CDMA síncronos funcionan bien siempre que no haya excesivo retardo en la llegada de las señales; sin embargo, los enlaces de radio entre teléfonos móviles y sus bases no pueden coordinarse con mucha precisión.

Dado que, matemáticamente, es imposible crear secuencias de codificación que sean ortogonales en todos los instantes aleatorios en que podría llegar la señal, en los sistemas CDMA asíncronos se emplean secuencias únicas "pseudo-aleatorias" o de "pseudo-ruido" (en inglés, *PN sequences*). Un código PN es una secuencia binaria que parece aleatoria, pero que puede reproducirse de forma determinística si el receptor lo necesita. Estas secuencias se usan para codificar y decodificar las señales de interés de los usuarios de CDMA asíncrono de la misma forma en que se empleaban los códigos ortogonales en el sistema síncrono.

Las secuencias PN no presentan correlación estadística, y la suma de un gran número de secuencias PN resulta en lo que se denomina interferencia de acceso múltiple (en inglés,

MAI, *multiple Access interference*), que puede estimarse como un proceso gaussiano de ruido que sigue el teorema central del límite estadístico. Si las señales de todos los usuarios se reciben con igual potencia, la varianza (es decir, la potencia del ruido) de la MAI se incrementa en proporción directa al número de usuarios. En otras palabras, a diferencia de lo que ocurre en CDMA síncrono, las señales del resto de usuarios aparecerán como ruido en relación con la señal de interés, y provocarán interferencia con la señal de interés: cuantos más usuarios simultáneos, mayor interferencia.

2.2.CDMA 2000

CDMA2000 es una familia de estándares de telecomunicaciones móviles que utilizan CDMA, un esquema de acceso múltiple para redes digitales, para enviar voz, datos, y señalización (como un número telefónico marcado) entre teléfonos móviles y estaciones base. Ésta es la segunda generación de la telefonía celular digital IS-95(15)⁹.

CDMA 2000 o también conocida como CDMA 2000 1X, de espectro expandido, que usa Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y se ajusta a las nuevas necesidades de los sistemas de comunicación inalámbrica de la siguiente generación.

En términos generales, CDMA es un sistema de comunicaciones digitales por radio celular que permite que un elevado número de comunicaciones, compartan simultáneamente el mismo medio de comunicación; es decir, manejan paralelamente un grupo común de canales de radio, de forma que cada usuario puede tener acceso a cualquier canal.

Cada comunicación se codifica digitalmente empleando una clave de encriptación que solamente conocen los terminales involucrados en el proceso de comunicación y únicamente durante el tiempo en que se realice la comunicación.

La codificación digital y la utilización de la técnica de espectro espanido, es otra característica inherente a CDMA.

⁹ MARIA CAMPOVERDE tesis Escuela Politécnica Nacional

CDMA se fundamenta en la técnica de espectro esparcido/disperso (“Spread Spectrum”), una técnica que se ha estado utilizando habitualmente en el sector de defensa de los EEUU como medio para eliminar interferencias o para la encriptación. Esta técnica se basa en esparcir el espectro de frecuencias de una señal en un ancho de banda mayor que el mínimo necesario para la transmisión.

Al llegar la señal esparcida al receptor, esta se recompone, es decir, las frecuencias se juntan otra vez para obtener la señal inicial que ha partido del emisor. De esta forma, se pueden obtener una serie de enlaces que utilizan la misma banda de frecuencia sin que se produzcan interferencias. La técnica de espectro disperso presenta dos modalidades:

“Frequency Hopping” (FH) o salto de frecuencia y “Direct Sequence” (DS) o secuencia directa.

El salto de frecuencia esparce el espectro de la señal transmitiendo una ráfaga corta en una frecuencia, para a continuación saltar a otra frecuencia emitiendo otra ráfaga corta y así sucesivamente.

La secuencia directa se puede describir en términos de que utiliza una secuencia de códigos de alta velocidad conjuntamente con la información básica que se quiere transmitir.

En este esquema cada símbolo (grupo de bits) se multiplica por un código de esparcimiento llamado secuencia de chip de forma que el ancho de banda de las frecuencias de la señal es aumentado.

La razón entre el número de chips por bit, que se conoce como la relación de esparcimiento, constituye un factor de gran importancia para evaluar la resistencia de la señal ante interferencias.

2.2.1. PARÁMETROS DE LA TECNOLOGÍA CDMA 2000:

La Tabla II.I muestra los parámetros más representativos de la tecnología CDMA

Tabla II.I Parámetros de la tecnología CDMA 2000

ANCHO DE BANDA DEL CANAL	1,25; 3,75; 7,5; 11,25; 15 MHz.
ESTRUCTURA DEL CANAL DE RF PARA EL ENLACE DIRECTO	Dispersión directa o multiportadora.
CHIP RATE	1,2288 – 3,6864 – 7,3728 – 11,0593 – 14,7456 Mcps para la dispersión directa. n x 1,2288 Mcps (n = 1, 3, 6, 9, 12) para multiportadora,
LONGITUD DE TRAMA	20 ms para datos de usuario y control: 5 ms para el control de la información sobre el canal fundamental y canal dedicado al control.
MODULACIÓN DE DATOS	QPSK para el enlace directo BPSK para el enlace reverso
DETECCIÓN COHERENTE	A través de un canal piloto para los enlaces directo y reverso.
CANALES MULTIPLEXADOS EN EL ENLACE REVERSO	Control, piloto, fundamental y suplementario.
FACTORES DE EXPANSIÓN	4 – 256
EXPANSIÓN (ENLACE DIRECTO)	Longitud variable de las secuencias de "Walsh", M – secuencias 2^{15} para la separación de canal.
EXPANSIÓN (ENLACE REVERSO)	Longitud variable de las secuencias de "Walsh", M – secuencias 2^{41} para la separación de canal.
HANDOFF	Soft handoff

2.2.2. ARQUITECTURA DE LA RED CDMA2000.

La Figura II.2 muestra la arquitectura de red del sistema cdma2000 1x, esta conformada de:

A. Red de Radio Acceso (RAN):

- MS.- Estación Móvil (Mobile Station en la terminología 1x).
- BTS.- Estación Base (Base Transceiver Station) base de transmisión y recepción.
- BSC.- Controlador de Estación Base (Base Station Contoller).

B. Red Troncal (Core Network): ver Figura II.2.

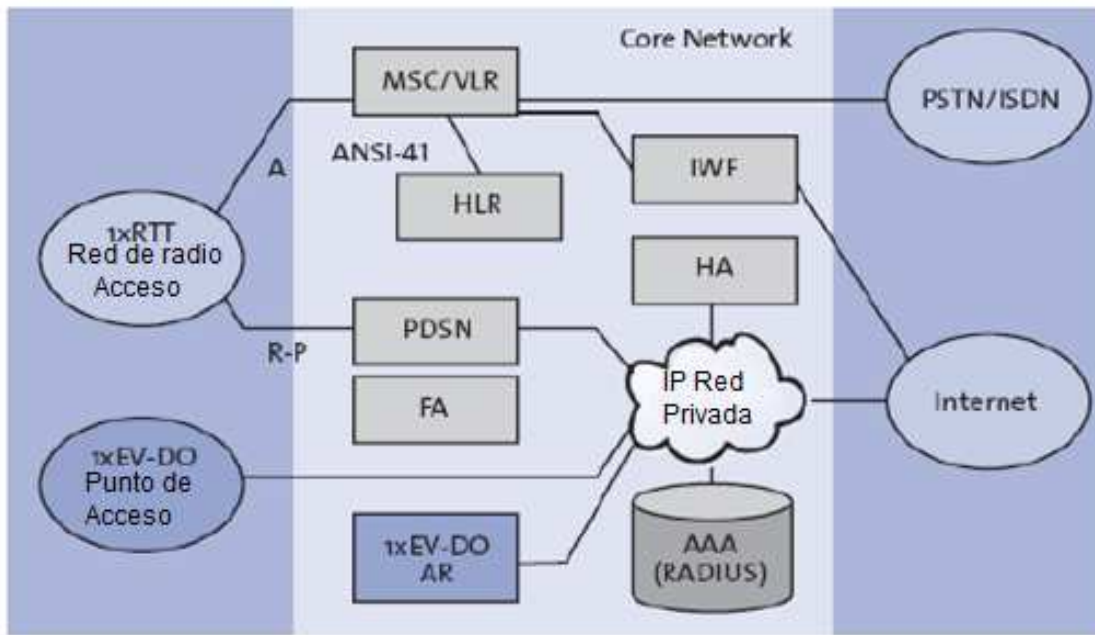


Figura II.2 Infraestructura de la red troncal cdma 2000 1x

Fuente: Terán Fuentes, Kléber Fabián. "Diseño de un sistema de videotelefonía para implantar una red celular con tecnología CDMA2000".

- HLR (Home Location Register).- Base de datos con el registro de los suscriptores y sus respectivos perfiles de servicios.
- MSC/VLR (Mobile Switching Center/Visitor Location Register). – Es un conmutador digital en modo de conmutación de circuitos (CS, Circuit- Switch) tradicional. Normalmente tiene asociada una base de datos (VLR) que sirve a los terminales activos de la red. Debido a que los servicios de datos en IS-95 se implementan como pequeñas conexiones de conmutación de circuitos, es necesario incluir un elemento de Inter Funcionamiento (Inter Working Function, IWF) entre Internet y el MSC.
- El punto de unión con los entornos privados IP, que se denomina Packet Data Serving Node (PDSN). Se trata del punto de terminación del protocolo de enlace PPP (Point-to-Point Protocol) y está conectado al Subsistema de Estación Base (BSS) a través de la interfaz R-P (Radio-Packet). El PDSN es responsable también

de la gestión de la movilidad y actúa como un Foreign Agent (FA) para la funcionalidad de Mobile IP (MIP).

- El servidor AAA (Accounting, Authentication and Authorization) basado en RADIUS (Remote Authorization Dial-In User Service), que contiene la información de provisión de paquetes de datos de los abonados. Se utiliza para labores de autenticación.
- La función de control de paquetes (Packet Control Function, PCF), que es uno de los nuevos elementos necesarios en el BSS para soportar la conmutación de paquetes de la interfaz R-P. En cdma2000 1xEV-DO no se hace uso de la interfaz R-P, por lo que también se necesitan otros elementos de red, como es el caso del Router de Acceso (AR) cdma2000 1xEV-DO. Otros equipos necesarios para desplegar la capa jerárquicamente superior de cdma2000 1xEV-DO son los puntos de acceso (Access Points, AP), que emplean el esquema de acceso TDM en el enlace descendente y el CDMA en el ascendente.

2.2.3. CDMA 2000 Y EL ESPECTRO.

CDMA 2000 está diseñado para operar en todas las bandas de espectro atribuidas para los servicios de telecomunicaciones inalámbricos, incluyendo las bandas analógicas, celulares y de PCS. Más aún, CDMA 2000 posibilita la prestación de servicios 3G haciendo uso de una cantidad muy pequeña de espectro (1,25 MHz por portadora), protegiendo este recurso precioso para los operadores. La Tabla II.II muestra las clases de bandas definidas en el IS-2000(17)¹⁰.

¹⁰ CDMA WIRELESS ACADEMY, Wireless Mobile Technology.

Tabla II.II Clases de Bandas del CDMA

CLASES DE BANDAS	DESCRIPCIÓN
Banda Clase 0	Banda celular 800 MHz.
Banda Clase 1	Banda PCS 1,8 a 2,0 GHz.
Banda Clase 2	Banda TACS 872 a 960 MHz.
Banda Clase3	Banda JTACS 832 a 925 MHz.
Banda Clase4	Banda PCS –Corea 1,75 a 1,87 GHz.
Banda Clase 5	Banda 450 MHz.
Banda Clase 6	Banda IMT-2000 2 GHz.
Banda Clase 7	Banda 700 MHz.
Banda Clase 8	Banda 1800 MHz
Banda Clase 9	Banda 900 MHz.
Banda Clase 10	Banda 800 MHz Secundaria
Banda Clase 11	Banda PAMR Europea 400MHz.
Banda Clase 12	Banda PAMR 800 MHz.

2.2.4. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA CDMA 2000.

La Figura II.3 muestra la evolución que ha tenido la tecnología CDMA 2000, desde sus inicios hasta la actualidad. (16)¹¹

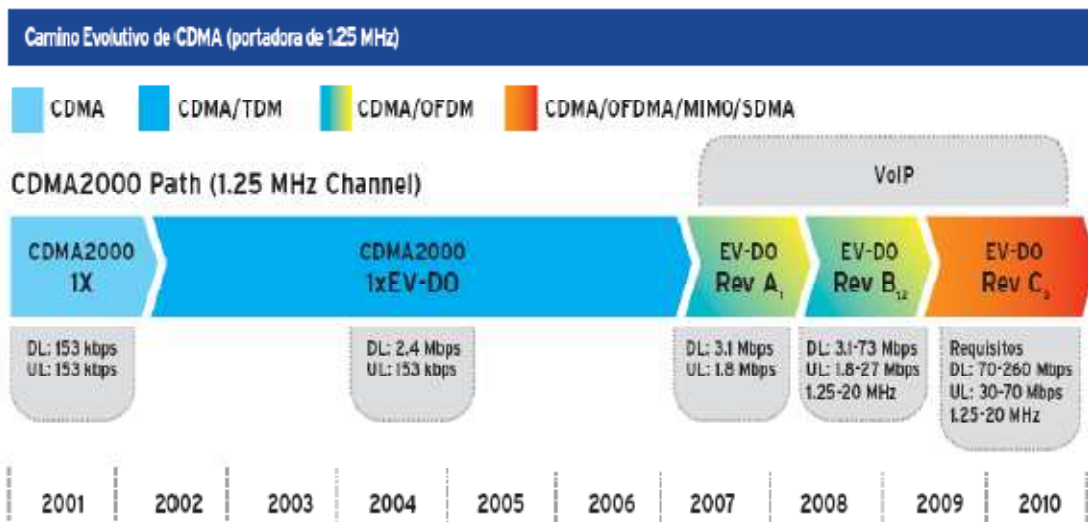


Figura II.3 Camino evolutivo CDMA

Fuente: CDG. 3G World Update. “La migración acelerada hacia 3G”.

¹¹ CDG. La migración acelerada hacia 3G.

2.2.5. CDMA2000 1x

CDMA2000 1x, el núcleo del estándar de interfaz inalámbrica CDMA2000, es conocido por muchos términos: 1x, 1xRTT, IS-2000, CDMA2000 1X, 1X, y cdma2000 (en minúsculas). La designación "1xRTT" (1 times Radio Transmission Technology) es usada para identificar la versión de la tecnología CDMA2000 que opera en un par de canales de 1,25-MHz (1,25 MHz una vez, opuesto a 1,25 MHz tres veces en 3xRTT). 1xRTT casi duplica la capacidad de voz sobre las redes IS-95. Aunque capaz de soportar altas velocidades de datos, la mayoría de desarrollos están limitados a una velocidad pico de 144 kbits/s. Mientras 1xRTT es calificado oficialmente como una tecnología 3G, 1xRTT es considerado por algunos como una tecnología 2.5G (o a veces 2.75G). Esto ha permitido que sea implementado en el espectro 2G en algunos países limitando los sistemas 3G a ciertas bandas.

Las principales diferencias entre la señalización IS-95 e IS-2000 son: el uso de una señal piloto sobre el reverse link del IS-2000 que permite el uso de una modulación coherente, y 64 canales más de tráfico sobre el forward link de manera ortogonal al set original. Algunos cambios también han sido hechos a la capa de enlace de datos para permitir el mejor uso de los servicios de datos IS-2000 como protocolos de control de accesos a enlaces y control QoS. En IS-95, ninguna de estas características han estado presentes, y la capa de enlace de datos básicamente consistía en un "mejor esfuerzo de entrega". En este orden siguió siendo utilizado para voz.

2.2.5.1. Planificación de redes inalámbricas CDMA2000

La planificación de redes inalámbricas es un factor decisivo para la calidad de servicio y la rentabilidad de la inversión de la red inalámbrica, cuyo rendimiento decide a su vez la calidad de servicio de toda la red de telecomunicaciones móviles.

La planificación de redes inalámbricas está orientada al cliente y busca el equilibrio entre la cobertura, la capacidad, la calidad y los costes de la red, con lo que se satisfacen las necesidades de diversos clientes y servicios.

Especificaciones técnicas de CDMA 2000

Frecuencia de Banda: cualquier banda existente.

Mínima frecuencia de banda requerida: 1x: 2x1.25MHz, 3x: 2x3.75

Chip rate: 1x: 1.2288, 3x: 3.6864 Mcps

Máxima capacidad de ancho de banda: 1x: 144 kbps now, 307 kbps in the future 1xEV-DO: max 384 kbps - 2.4 Mbps, 1xEV-DV: 4.8 Mbps.

Longitud de la trama: 5ms, 10ms or 20ms

Potencia de control: 800 Hz

Factor de expansión: 4 ... 256 UL

2.2.5.2. Capas del CDMA 2000 1X.

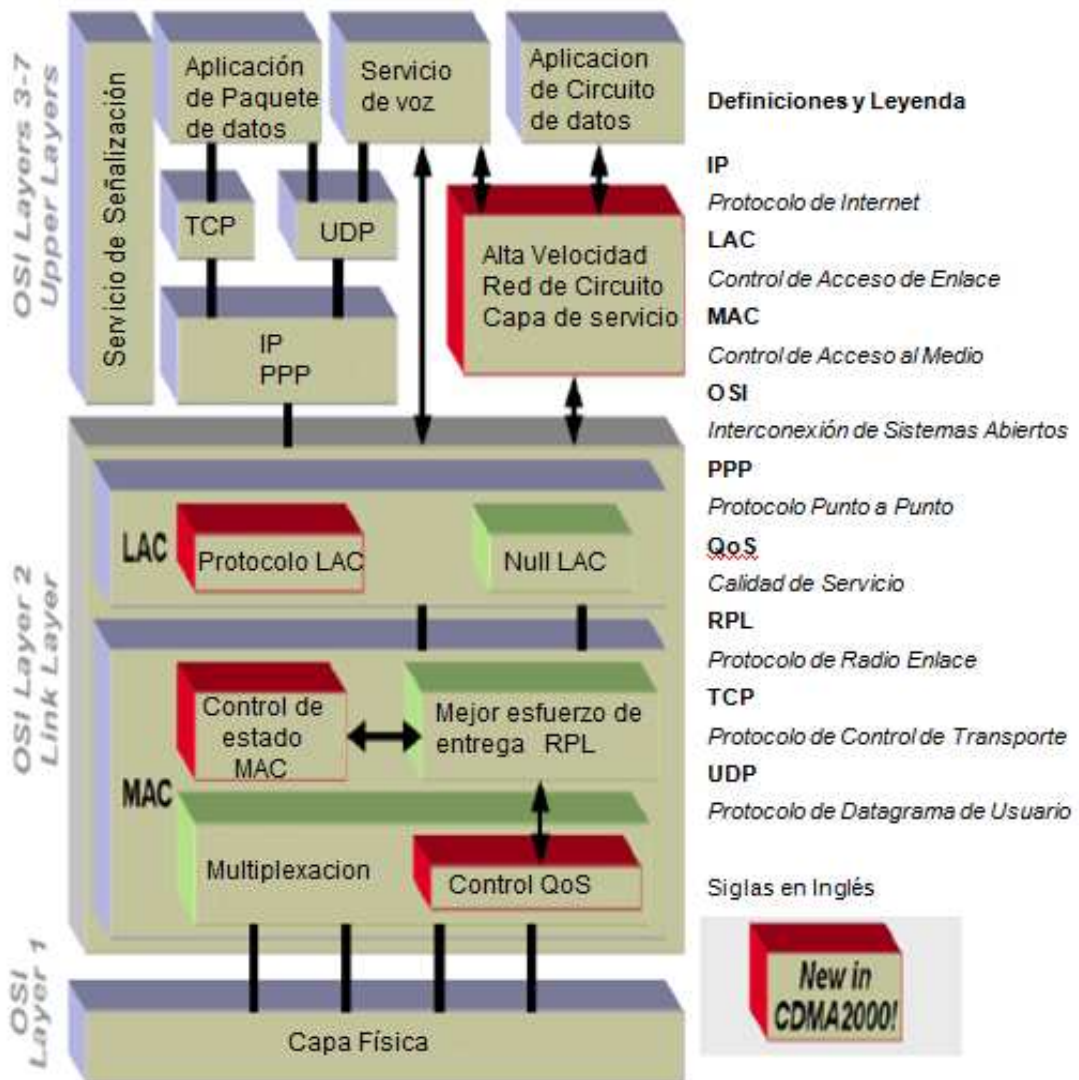


Figura II.4 Arquitectura de las capas del CDMA 2000 1x (30)

En la Figura II.4 podemos ver la arquitectura de las capas del CDMA 2000 1x.

1) Capas Superiores

Este nivel proporciona el control de flujo de la información del sistema, en términos de señalización, servicios de datos y servicio de voz. La arquitectura propuesta está siempre limitada por las capacidades de la interfaz aire. Incluye un mecanismo de control de calidad de servicio QoS (Quality of Service), para balancear los diferentes requisitos de los múltiples servicios concurrentes.

Otra característica importante de esta arquitectura es que los servicios de la capa de enlace pueden ser utilizados por distintos tipos de clientes en las capas superiores. La red troncal se basa en ANSI-41, 1X hace uso de un ancho de banda de 1,25 MHz y una tasa de chip de 1,2288 Mcps, siendo el funcionamiento similar al IS-95. Los servicios de las capas superiores se clasifican en tres categorías:

a) Servicio de Voz.

El IS-2000 opera con las siguientes configuraciones principales de servicio de voz:

- Sistema de voz compatible con CDMA One.- Tráfico de voz codificado utilizando un vocoder2 compatible con CDMA One, transportado directamente dentro de una canal fundamental.
- Transporte de voz CDMA 2000 sobre paquetes de datos.- Tráfico de voz codificado transportado como paquete de datos con un vocoder de aplicación específica usando el estándar CDMA 2000 de servicio de paquetes de datos.

b) Servicio de Datos.

CDMA 2000 define dos tipos de servicio de datos en general:

- Servicios de paquete de datos.- Servicios portadores que conforman estándares industriales orientados a conexión, incluyendo protocolos basados en IP.
- Servicios de circuitos de datos.- Servicios portadores que emulan estándares internacionales definiendo servicios orientados a conexión como acceso asincrónico vía dial-up, fax y servicios B-RDSI.

c) Servicio de Señalización.

Dentro del CDMA 2000 están definidos dos servicios de señalización:

- Servicios de señalización IS-95 2G.- Compatible con sistemas de voz de CDMA One.

- Entidades de señalización de capa superior CDMA 2000.- Proporciona soporte total para todos los servicios CDMA 2000 actuales y futuros.

2) Capa Enlace de Datos.

Se proporcionan servicios de transporte de información a través de mecanismos de control provistos por la Capa Enlace. Los niveles de confiabilidad y calidad de servicios (QoS) varían según las necesidades del servicio específico de capa superior. La Capa Enlace de Datos está subdividida en dos subcapas:

- Subcapa de Control de Acceso al Enlace LAC (Link Access Control): responsable por asegurar la confiabilidad de los mensajes de señalización y control.
- Subcapa de Control de Acceso al Medio MAC (Medium Access Control): controla el acceso de los niveles superiores al medio físico.

3) Capa Física.

Responsable de la recepción y transmisión de bits al medio físico (Air Link), para lo cual, es necesario efectuar la conversión de información a ondas electromagnéticas mediante mecanismos de modulación. Los bits de la señal son codificados antes de ser modulados.

Para el enlace directo, CDMA 2000 tiene dos alternativas:

- Multiportadora.
- Dispersión Directa.

La transmisión por multiportadora para el enlace directo se realiza con 3 portadoras consecutivas, en donde cada portadora tiene una velocidad de chip de 1,228 Mcps.

Para el caso de dispersión directa, la transmisión usual para el enlace directo tiene un chip rate (velocidad de chips) de 3,6864 Mcps. La eficiencia espectral con multiportadora es un 5% a 10% menor que con dispersión directa. La Figura II.5 indica las estructuras de los canales en CDMA 2000.

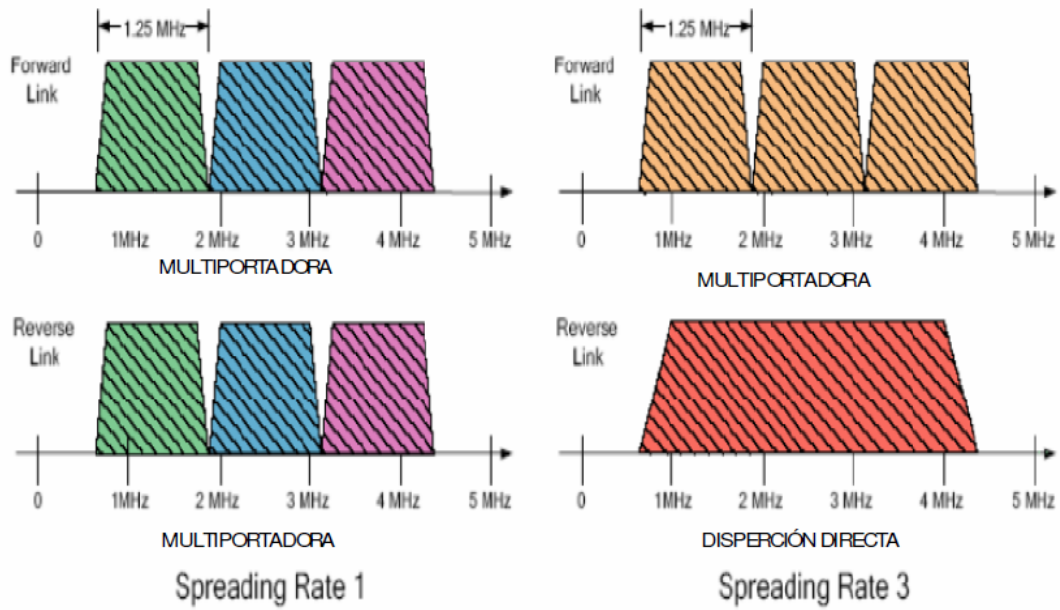


Figura II.5 Ilustración de las estructuras de los canales en CDMA 2000

4) Canales Físicos y Lógicos.

En la terminología CDMA 2000 se definen canales físicos y canales lógicos para el transporte de datos de usuario y para señalización. El canal físico es un camino de comunicación entre un terminal móvil y una BTS, descrito en términos de codificación y caracterización de radiofrecuencia.

El canal lógico es un camino de comunicación intrínseco a las llamadas de protocolos de la BTS y del terminal móvil. La información contenida en una canal lógico es llevada por uno o más canales físicos. Están definidos mapas entre los canales físicos y los canales lógicos. Los mapas pueden ser permanentes o apenas efectuados en el período de duración de una llamada.

2.2.5.3. Ensanchamiento y Modulación.

Generalmente hay tres capas de ensanchamiento en CDMA 2000. Cada señal en el enlace reverso es distinguida por diferentes identificadores (offsets) de un código extenso, asemejándose mucho este procedimiento al usado en IS-95.

Este código largo es una secuencia con un período de $2^{42} - 1$ chips. Diferentes identificadores (offsets) de usuario se los obtiene utilizando una máscara de código largo. La ortogonalidad entre los diferentes canales físicos del mismo usuario pertenecientes a la misma conexión en el enlace reverso es mantenida mediante el ensanchamiento usando códigos Walsh. En la Figura II.6 se muestra el diagrama de bloques del transmisor de enlace descendente del sistema CDMA2000.

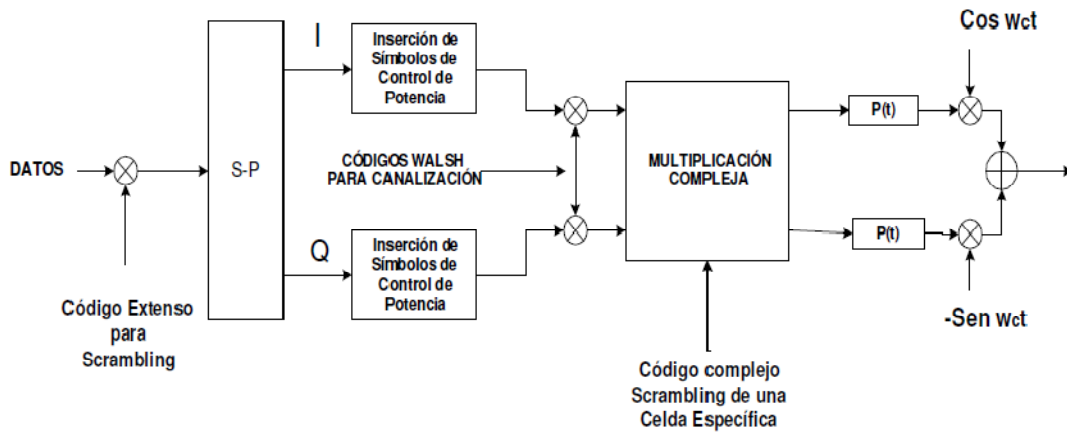


Figura II.6 Transmisor de Enlace Descendente CDMA 2000

En el enlace directo de IS-95, la expansión con el código Walsh es realizado antes de la modulación QPSK, al contrario de CDMA 2000 donde los datos son primero modulados con QPSK y luego los datos de las ramificaciones I y Q son extendidos con el mismo código Walsh, de esta manera el número de códigos Walsh disponibles se duplican debido a la ortogonalidad entre las portadoras I y Q.

La longitud de los códigos Walsh de canalización reverso/directo (UD/DL) varía según la velocidad de los datos. Todas las estaciones base del sistema se las distingue mediante distintos identificadores (offsets) de la misma secuencia del enlace directo. Los polinomios de realimentación de intercambio de registros para las secuencias I y Q son: $X^{15} + X^{13} + X^9 + X^8 + X^7 + X^5 + 1$ y $X^{15} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + 1$, respectivamente. El identificador de estos códigos debe satisfacer un valor mínimo, el cual es igual a $64 \times \text{Pilot_Inc}$, donde Pilot_Inc es un parámetro de reuso de código, el cual depende de la topología del sistema.

2.2.5.4. Acceso Aleatorio.

La estación móvil inicia una petición de acceso a la red transmitiendo en varias ocasiones una presunta prueba de acceso hasta que un reconocimiento de la petición es recibida. Este proceso de enviar una petición es conocido como intento de acceso. Con un solo intento de acceso, la petición debe ser enviada a varias estaciones base.

La Figura II.7 muestra un ejemplo de un intento de acceso. La transmisión de la prueba de acceso sigue el algoritmo de ALOHA ranurado.

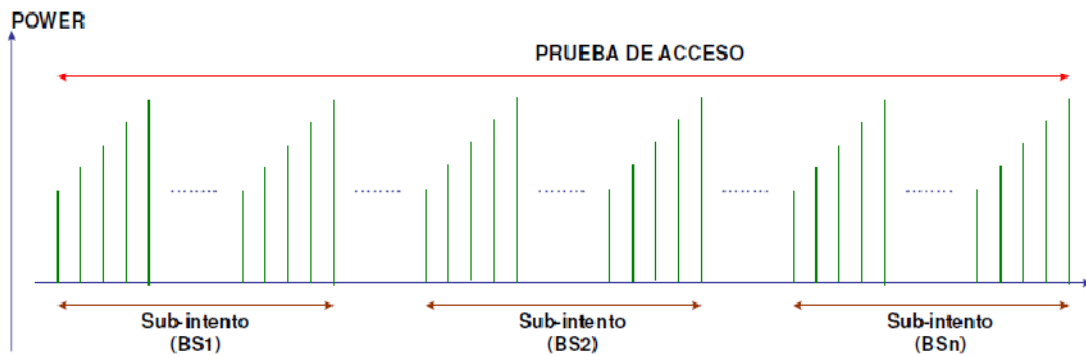


Figura II.7 Intento de acceso realizado por una estación móvil en CDMA 2000

Si un reconocimiento de la más reciente prueba transmitida no es recibido por la estación móvil después de un período de descanso, otra prueba es transmitida en otro intervalo aleatoriamente elegido, una secuencia de pruebas de acceso es transmitida hasta que un reconocimiento es recibido por la estación base.

2.2.5.5. Tasas de Ensanchamiento y Configuración de Radio.

La tasa de ensanchamiento se refiere a la velocidad de chip de la forma de onda, la cual ensancha la señal CDMA, determinando su ancho de banda espectral y su ganancia de procesamiento. Tasa de ensanchamiento 1 es 1228800 cps (chips por segundo), igual que la actual operación IS-95. Esto hace señales de alrededor de 1,25 MHz de ancho de banda, el cual puede llevar ciertas cantidades de datos por sector. Esto es llamado 1xRTT.

Tasa de ensanchamiento 3, es 3 veces la tasa de ensanchamiento 1, o 3686400 cps. Esta tasa de ensanchamiento es utilizada en el sistema CDMA2000 3xRTT. Esto hace señales alrededor de 3,75 MHz de ancho de banda, el cual puede llevar grandes cantidades de

datos por sector. Las configuraciones de radio se refieren a los arreglos de codificación y como los canales y sus velocidades de datos son establecidos.

Para los canales de tráfico se especifican varias configuraciones radioeléctricas (RC, Radio Configurations) que definen las velocidades de datos, la codificación del canal y los parámetros de modulación soportados.

Las velocidades relacionadas a las configuraciones radioeléctricas se presentan en el anexo A4. Hay definidas seis configuraciones de radio para el enlace reverso y nueve para el enlace directo como se muestra en el anexo A4.

2.2.5.6. Handoff.

Es el proceso de transferir una llamada o una sesión en curso de los datos a partir de un canal conectado con la red de la base con otro. Intra-frecuencia o handoff suave (soft-handoff) es iniciado por la estación móvil.

Aún en la comunicación, la estación móvil puede recibir el mismo tipo de señal de varias estaciones base. Estas estaciones constituyen el conjunto activo de las estaciones móviles. La estación móvil continuara monitoreando el nivel de potencia del canal piloto recibido (PICH), transmitido de estaciones base vecinas, incluyendo aquellos del conjunto activo de las estaciones móviles. Los niveles de potencia de estas estaciones base son luego comparadas a un conjunto de valores límite de acuerdo a un algoritmo.

2.2.6. CDMA2000 1xEV-DO.

1xEV-DO (1x Evolution Data Optimized) es un estándar de telecomunicaciones inalámbricas optimizado para la comunicación celular de datos de alta velocidad. CDMA2000 1x y WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) soportan voz y datos mientras que CDMA2000 1xEV-DO es único en el contexto de que es ideal para soportar comunicaciones de datos(18)¹².

La especificación es también conocida como High Data Rate (HRD). El prefijo 1x significa que sólo toma una vez la velocidad de ensanchamiento 1,2288 Mcps y para su

¹² QUALCOMM, 1xEV

implementación se utiliza una portadora de 1,25 MHz. El estándar define las siguientes velocidades de transmisión:

Para el enlace directo (desde la BTS hacia el AT):

- 1xEV-DO = desde 38,4 kbps hasta 2,4 Mbps
- 1xEV-DO release A = desde 38,4 kbps hasta 3,1 Mbps

Para el enlace descendente o reverso (desde el AT hacia la BTS):

- 1xEV-DO = desde 9,6 kbps hasta 153,6 kbps
- 1xEV-DO release A = desde 4,8 kbps hasta 1,8 Mbps

La diferencia entre las velocidades de estos dos enlaces se basa en la asunción de que la principal aplicación es proporcionar acceso a Internet inalámbrico.

Todos los móviles reportan periódicamente la máxima velocidad de datos que ellos pueden recibir basados sobre las condiciones de radio de canal en ese momento. La red de acceso al radio tiene un organizador que observa las posibles velocidades de datos reportadas por todos los móviles y los paquetes recibidos del Internet para esos móviles. El organizador entonces planifica el uso del canal de radio para un paquete, es decir, un usuario en el tiempo. Cuando la transmisión del paquete es completada el organizador programa el próximo paquete y así sucesivamente.

2.2.6.1.Throughput de Datos.

El enlace aéreo es espectralmente eficiente y proporciona un throughput pico en el enlace directo de 7,4 Mbps/celda (3 sectores) con una portadora de frecuencia (1,25 MHz). La más importante contribución de esta tecnología para tener un alto throughput puede ser atribuido a la aproximación dinámica que este sistema toma para entender las actuales condiciones de radio y reaccionar a ellas. 1xEV-DO obtiene las condiciones de radio de todos los terminales móviles. Los datos recolectados son utilizados para organizar los paquetes que van a ser transmitidos de tal forma que se maximice el throughput del sistema. Otra razón para que CDMA2000 1xEV-DO proporcione un muy alto throughput es el uso de codificación adaptiva y modulación. Este sistema examina las actuales capacidades de recepción de datos de un terminal y adapta los parámetros de transmisión

incluyendo la velocidad de codificación y la modulación, para transmitir la información (19)¹³.

La codificación y modulación puede cambiar de paquete a paquete. Para tener un mayor throughput se utiliza una planificación aproximada al de una tubería gruesa para el manejo de recursos. A diferencia de CDMA2000 1x, se asigna el uso de todo el ancho de banda en su canal de radio para un solo usuario a la vez en el enlace directo. En otras palabras, durante la transmisión de datos en paquetes de usuario, el sistema efectivamente asigna a todos los recursos a la transmisión de un solo usuario. Esto posibilita que la red use la máxima potencia disponible para el cliente, lo cual ayuda a tener una alta velocidad de datos sobre el aire.

Una razón más para tener un alto throughput, es el esquema de conocimiento temprano usado a nivel de capa física. Cuando un usuario está transmitiendo sobre el aire, los datos son usualmente protegidos para ayudar con la recuperación del error en el receptor. CDMA2000 1xEV-DO transmite múltiples copias de los datos codificados como es dictado por la actual velocidad de paquetes. Si el receptor detecta la recepción válida de una copia de los datos a nivel de capa física, este inmediatamente enviará una respuesta positiva al transmisor. El emisor entonces detendrá transmisión de futuras copias del mismo paquete. El tiempo que habrá usado para enviar el resto de copias, puede ser redistribuido en otro paquete y esto incrementará el throughput del sistema.

La mayoría de las aplicaciones de datos reciben mayores cantidades de datos de la infraestructura de red inalámbrica que la que es transmitida en la dirección reversa. Por lo tanto, 1xEV-DO proporciona velocidades de datos asimétricas sobre los enlaces Directo y Reverso.

La velocidad de datos pico de 1xEV-DO que se puede tener en un sector es:

Enlace directo: 2,457 Mbps.

Enlace reverso: 153,6 Kbps.

El enlace aéreo (enlace entre la MS y la BTS) usa eficientemente los recursos de red proporcionando un alto rendimiento del throughput promedio de datos con solo 1,25 MHz de espectro.

¹³ TERAN FUERTES, Diseño de un sistema de videotelefonía CDMA2000

2.2.6.2.Arquitectura de Red.

Un modelo de arquitectura de red es presentado en la Figura II.8.

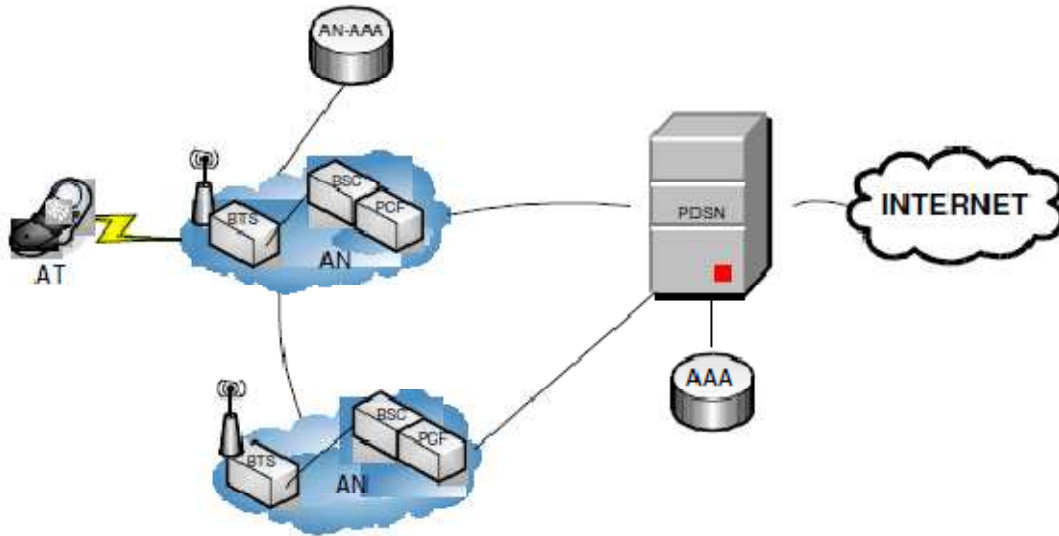


Figura II.8 Modelo de arquitectura de red

La arquitectura de CDMA2000 1xEV-DO consiste del dispositivo de usuario, la red de acceso por radio y la red de datos en paquetes(19)¹⁴.

a. El Dispositivo de Usuario.

Es el dispositivo inalámbrico móvil referido como el Terminal de Acceso (AT). Un Terminal de Acceso es un dispositivo principalmente para datos ya que 1xEV-DO está diseñado solo para datos, por lo tanto necesita soportar varias aplicaciones de datos según los requerimientos del usuario.

b. La Red de Acceso (AN).

Es la responsable por la interfaz de radio sobre el aire. La mayoría de las implementaciones usarán un controlador de estación base (BSC) con una función de control de paquetes (PCF) y múltiples estaciones base (BTS) para formar la red de acceso. Las AN son típicamente implementadas con un BSC y uno o varias BTS. Las BSCs son responsables de la asignación de recursos de radio y la administración de la movilidad de radio, también proporcionan conectividad entre AN y los elementos de red de datos en paquetes. Ellas

¹⁴ Terán Fuertes, Diseño de un sistema de video telefonía CDMA2000

también son especialmente responsables por la administración de BTSs en la red de acceso. En una red 1xEV-DO define la función de control de paquetes (PCF) similar a CDMA2000.

Típicamente las implementaciones pueden combinar el PCF con el BSC.

Las BTSs son responsables por las funciones de recepción y transmisión de las señales de radio, procesamiento digital en banda base tal como codificación y decodificación, y modulación y demodulación en RF. El BTS es también responsable por la programación de la información difundida en el sistema, programación de búsqueda del usuario y paquetes de usuario por sobre el área de transmisión.

c. La Red de Paquetes de Datos.

Los elementos relacionados a la red de datos en paquetes son el nodo de servicios de datos en paquetes (PDSN) y el servidor AAA. La AN puede ser conectada a un servidor AN-AAA. El AAA es un soporte para Autenticación, Autorización y Contabilidad. AN-AAA sin embargo es solo responsable por la autenticación del acceso al radio, no proporciona autorización o autenticación para servicios de datos en paquetes y no está envuelto en las funciones de recolección de datos de facturación. Este servidor es un elemento opcional en la arquitectura CDMA2000 1xEV-DO. El sistema CDMA2000 1xEV-DO no es conectado a redes IS-41 y no contienen nodos MSC y HLR. Por lo tanto el servidor AN-AAA es requerido en las redes CDMA2000 1xEV-DO si la autenticación de acceso al radio es deseada.

El PDSN es responsable de soportar la administración de direcciones IP, enrutamiento de paquetes entre las redes de datos y las redes inalámbricas, recolección de la información para la facturación y soporte de autenticación para servicios de datos en paquetes.

El servidor AAA es una base de datos responsable por el almacenaje de los perfiles del usuario y soporta las funciones de autenticación, autorización y contabilidad para servicios de datos. Esto es diferente del servidor AN-AAA, el cual solo es responsable por la autenticación de acceso al radio. El servidor AAA es heredado del mundo Internet y es también usado en las redes CDMA2000 para soporte de datos en paquetes. Adicionalmente el servidor AAA recolecta el consumo de radio y las estadísticas de datos en paquetes para cada sesión de usuario y los almacena como el registro de consumo de datos. El registro del consumo AAA son usados para la facturación.

2.2.7. CDMA2000 1xEV-DV.

CDMA2000 1xEV-DV es un estándar 3G basado en CDMA para la interfaz de aire. 1xEV-DV es la segunda fase de la evolución del CDMA2000 y ofrece compatibilidad completa con versiones anteriores de CDMA2000. 1xEV-DV es también compatible con los estándares de red central ANSI-41. La Figura II.9 muestra como la interfaz de aire 1xEV-DV es colocada en la arquitectura de red 3G CDMA2000. Las entidades muy importantes en la arquitectura de la red 3G incluyen la Red de Access de Radio y la Red Central(20).

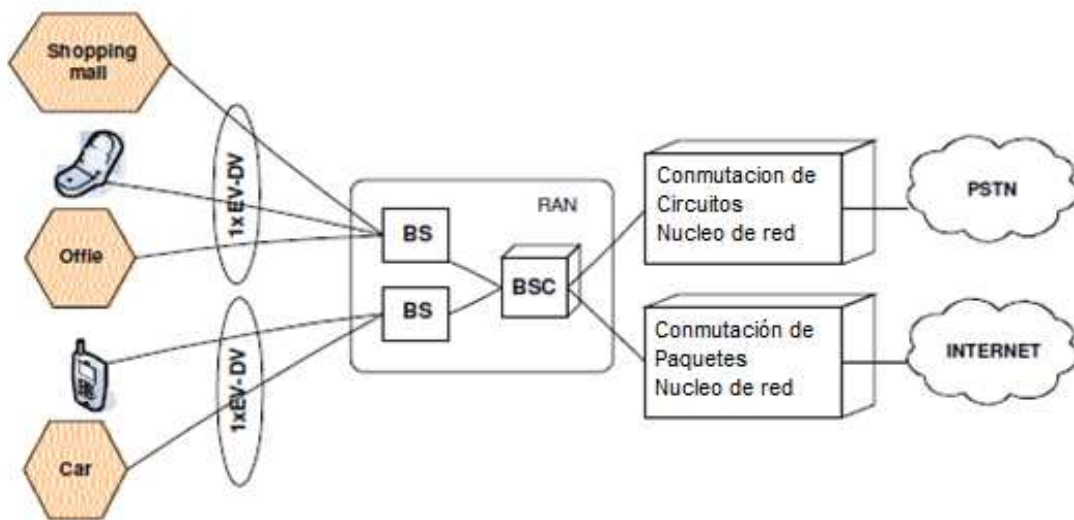


Figura II.9 1xEV-DV en la arquitectura de red 3G

Los terminales móviles en el RAN se comunican con las estaciones base, la cual forma su punto de contacto para la red. Este enlace de comunicación inalámbrico entre los terminales y la BS constituyen la interfaz aérea también conocida como la interfaz Um. La red central de circuitos conmutados termina en la PSTN, mientras que la red central de paquetes conmutados termina en la Internet. El 1xEV - DV no afecta la red central de CDMA2000.

Requisitos del 1xEV-DV.

Los requisitos para 1xEV-DV han sido establecidos en el documento de la 3GPP2 “S.R0026 High-Speed Data Enhancements for cdma2000 1x – Integrated Data and Voice”.

Algunos de los requisitos más importantes para 1xEV-DV y su estado con respecto a la conformidad en el estándar se indican en el anexo A1.

2.2.7.1. Características del Sistema 1xEV-DV.

Las siguientes son alguna de las características del sistema 1xEV-DV que son nuevas, con respecto al CDMA2000:

Velocidad de Datos Directa Pico: 3,072 Mbps

Velocidad de Datos Reversa Pico: 451,2 Kbps

Adiciona 3 nuevos canales para el enlace directo para la operación de datos de paquetes:

Forward Packet Data Channel (F-PDCH)

Forward Primary Packet Data Control Channel (F-PDCCH0)

Forward Secondary Packet Data Control Channel (F-PDCCH1).

Adiciona 3 nuevos canales para el enlace reverse para la operación de soporte de F-PDCH:

Reverse Rate Indicator Channel (R-RICH)

Reverse Channel Quality Indicator Channel (R-CQICH)

Reverse Acknowledgement Channel (R-ACKCH)

Modulación Adaptiva y Codificación en el enlace Directo en tiempo real para adaptar al ambiente RF (QPSK, 8-PSK, 16-QAM).

- Duración de Trama RF variable (1,25, 2,5 y 5 ms).
- La estación móvil selecciona una de las N estaciones bases activas para servirle en el enlace directo.

2.2.7.2. Características Retenidas del CDMA 2000.

Las características del CDMA 2000 que son las mismas en el sistema 1xEV-DV incluyen:

- La calidad de voz del CDMA2000 es retenida en el sistema 1xEV-DV.
- Las estructuras de los canales son conservados en el sistema 1xEV-DV.
- La autenticación es la misma que en el CDMA 2000 1X.
- Reuso completo del protocolo de Capa 2 (LAC).
- Los estados de sesión de datos son los mismos como CDMA 2000 1X.

2.3. CDMA 450

La utilización de frecuencias bajas tiene como consecuencia una mayor propagación lo cual se traduce en un mayor área de cobertura permitiendo el empleo de menos estaciones base. Esta característica del uso de la frecuencia de 450 MHz sumada a las características ya descritas de la tecnología CDMA hacen de esta una muy buena solución para su empleo en telecomunicaciones rurales (9)¹⁵, (10)¹⁶.

Además, posibilita varios servicios tales como:

- Telefonía
- Acceso a internet
- PTT (push-to-talk)
- Localización

Descripción

CDMA450 es un sistema EIA/TIA/IS CDMA2000 (CDMA-MC) desplegado en la banda de 450 MHz que incluyen una familia de estándares desarrollados por 3GPP2, publicado por TIA y aprobado por ITU para IMT-2000: CDMA2000 1X, CDMA2000 1xEV-DO y CDMA2000 1xEV-DV. Actualmente, CDMA2000 1X y CDMA2000 1xEV-DO están comercialmente disponible para la banda 450 MHz y CDMA2000 1xEV-DV está siendo desarrollado. CDMA450 combina las eficiencias espectrales, la mayor capacidad de voz y las altas velocidades de transmisión de datos del CDMA2000 con la amplia cobertura de la banda de 450 MHz.

La UIT reconoció la banda de 450 – 470 MHz para IMT (*International Mobile Telecommunications - 2000*). CITEC recomienda el uso de 410 – 430 MHz y 450 – 470 MHz para servicios de comunicaciones digitales fijos y móviles, particularmente en áreas de baja densidad poblacional (11)¹⁷.

Se indica algunas características importantes del CDMA 450. (Ver anexo A2).

¹⁵ CDMA DEVELOPMENT GROUP, CDMA 450 For rural communications

¹⁶ O'SHEA Around the world in 450 Mhz

¹⁷ EDUARDO SUARES, Modelo de propagación para la tecnología CDMA 450

2.3.1. SITUACIÓN ACTUAL EN EL ECUADOR

En Ecuador la compañía ETAPA usa la tecnología CDMA 450 para entregar telefonía fija rural en diferentes provincias del Ecuador (11).

a. REGULACIÓN:

La resolución 005-02-CONATEL 2008 y Resolución 331-C-CONATEL 2008 establecen la liberalización de los rangos de frecuencia 454,400-457,475 MHz y 464, 400 – 467, 475 MHz para servicio fijo en zonas de baja densidad.

b. ETAPA (Cuenca)

Utiliza la banda F, cubre 16 áreas rurales, tiene 8000 usuarios de un objetivo de 12000 y está ofreciendo datos 1x a más de 100 escuelas rurales. Esta solicitando espectro de banda A para ofrecer datos de banda ancha en la ciudad.

c. CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones)

Comenzará a ofrecer servicios de telefonía en Azuay, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Carchi, Pichincha y Tungurahua.

d. Situación actual en Chimborazo

El Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información MINTEL, a través de sus entidades adscritas como CNT EP, entregó 9300 líneas telefónicas a igual número de familias en Guano. A través de un CDMA 450 (permite que múltiples terminales compartan el mismo canal de frecuencia), es decir, este acceso conecta a 9.254 líneas y 943 puertos para internet.

2.3.2. COBERTURA.

Las celdas de CDMA450 pueden tener un radio teórico que va desde los 40 a los 60 Km, o incluso 80Km dependiendo de la zona geográfica. Así estas celdas proveen mayores

coberturas cuando se las compara con las celdas en otras bandas de frecuencias superiores, como lo indica la Tabla II.III.

Tabla II.III Coberturas técnicas de celdas

FRECUENCIA (MHz)	RADIO DE CELDA (Km.)	ÁREA DE CELDA (Km ²)	CELDAS NECESARIAS PARA COBERTURA EQUIVALENTE
450	48,9	7521	1
850	29,4	2712	2,8
950	26,9	2269	3,3
1800	14,0	618	12,2
1900	13,3	553	13,6
2500	10,0	312	24,1

Con una mayor propagación, CDMA450 utiliza menor número de BTS para cubrir su zona de cobertura, la Figura II.10 indica la cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias. Esta característica hace que los requerimientos de transmisión sean reducidos y se utilicen menos equipos de infraestructura, teniendo como resultado un mayor ingreso posible con un mínimo requerimiento de inversión (21)¹⁸.

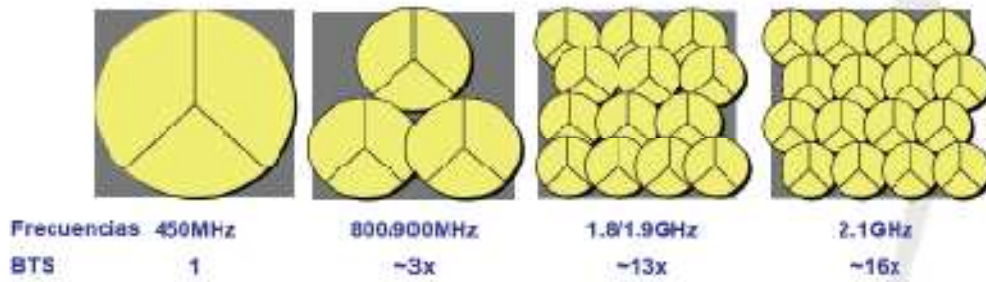


Figura II.10 Cantidad de BTSs requeridas para cubrir la misma área en diferentes frecuencias

Actualmente el sistema CDMA450 representa la tecnología con mayor eficacia en términos de costos para brindar acceso inalámbrico a voz y datos, especialmente en un entorno rural.

¹⁸ CARLOS KILLIAN, CDMA 450

Este costo competitivo de su infraestructura reviste particular importancia en un momento como el actual, en que se ve reducida la disponibilidad global de capital para inversiones en telecomunicaciones y en Internet/transmisión inalámbrica de datos.

La disponibilidad de la banda de 450 MHz asegurará a inversionistas y operadores la posibilidad de atraer el capital de inversión necesario para una instalación de redes de amplia base.

2.3.3. CDMA 450 Y EL ESPECTRO DE FRECUENCIA.

La Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y la Organización de los Estados Americanos (OEA) en la Recomendación CCP.II/REC.10 (V-05) de Abril del 2005 exhorta el uso de las bandas 410-430 MHz y 450-470 MHz para América Latina. Bandas de Frecuencia de Operación del CDMA450 (21)¹⁹.

Los requerimientos espectrales para IS-2000 1x en la banda de 450 MHz son:

- Requerimiento claro mínimo de 1,8 MHz por una portadora.
- La 2da y 3ra portadora requiere cada una adicionalmente 1,25 MHz.
3,05 MHz para dos portadoras
4,3 MHz para tres portadoras.
- Flexibilidad importante en la portadora colocada dentro de la banda asignada.
- Las portadoras de frecuencias pueden ser elegidas para que eviten emisiones de interferencias conocidas.
- El espaciamiento de portadora puede ser modificado en algo, con un mínimo impacto sobre el rendimiento de la banda clase 5/ sub-banda clase A.

La Figura II.11 muestra la distribución de las portadoras tanto en el enlace directo como en el enlace reverso con sus respectivas bandas de guarda en la subbanda clase A.

¹⁹ CARLOS KILLIAN, CDMA 450

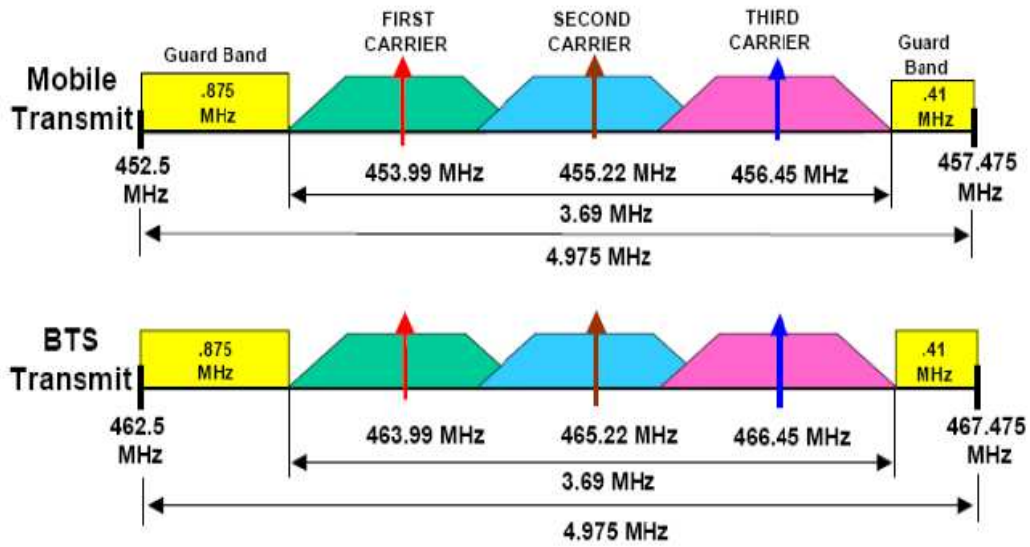


Figura II.11 CDMA2000 1x en la banda de 450 MHz (Sub - banda clase A)

2.3.3.1.Sub-bandas para CDMA450

El Grupo de Desarrollo de CDMA (CDG) y la Asociación Internacional 450 (IA450) han definido 8 sub-bandas para el funcionamiento y operación de esta tecnología. Ver Tablas II. IV, V, VI.

Tabla II.IV Sub bandas para 450 Mhz

Sub – Clases de Bandas	Frecuencias de Estación Móvil (MHz)	Frecuencias de Estación Base (MHz)
A (Sub – Clase Preferida)	452.5 – 457.475	462.5 – 467.475
B	452 – 456.475	462 – 466.475
C	450 – 454.8	460 – 464.8
D	411.675 – 415.850	421.675 – 425.850
E	415.5 – 419.975	425.5 – 429.975
F	479 – 483.48	489 – 493.48
G	455.23 – 459.99	465.230 – 469.99
H	451.310 – 455.730	461.31 – 465.73

Tabla II.V Distribución espectral de la banda F en 450 Mhz

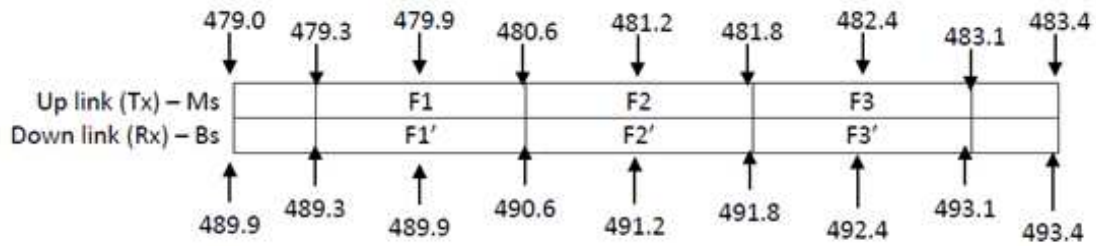


Tabla II.VI Distribución de la banda F

Canal	Transmisión desde el Terminal (MHz)	Transmisión desde la Estación Base (MHz)	Ancho de Banda (MHz)
Banda de Guarda	479,000 – 479,365	489,000 – 489,365	0,365
F1 – F1'	479,365 – 480,615	489,365 – 490,615	1,25
F2 – F2'	480,615 – 481,865	490,615 – 491,865	1,25
F3 – F3'	481,865 – 483,115	491,865 – 493,115	1,25
Banda de Guarda	483,115 – 483,480	493,115 – 493,480	0,365

2.3.4. VENTAJAS DE CDMA 450

Existen muchas razones para el uso de la tecnología CDMA 450, que además de su frecuencia de trabajo posee ventajas competitivas principalmente en economías emergentes de zonas rurales.

La combinación del CDMA2000 y la banda de 450 MHz proporcionan las siguientes ventajas:

- CDMA450 con su eficiencia espectral CDMA2000 entrega una cobertura ampliada gracias a su banda de frecuencia más baja.
- CDMA450 provee un tamaño de celda más grande comparado con los tamaños de celdas en otras bandas, lo que permite menores costos de infraestructura y de operación.
- CDMA450 ofrece servicio de IMT-2000: la voz de buena calidad
- CDMA2000 1X tiene en cuenta la capacidad de voz de hasta 20 Erlangs por sector/portadora.
- CDMA2000 1X soporta los datos de velocidad de hasta 153 Kbps
- CDMA450 requiere solamente una pequeña cantidad del espectro (1,25 MHz).

- Bajo costo total del sistema (equipos en red, instalación y equipos para el usuario final) en comparación con otras soluciones de acceso a transmisión de datos.
- Bajo costo inicial en inversión de capital, lo que brinda la posibilidad de ajustar dicha inversión en forma simultánea al crecimiento del número de abonados. Esto se debe al rendimiento muy favorable de la propagación de las ondas radioeléctricas en este nivel de frecuencias, lo que requiere un número muy pequeño de estaciones base para cubrir una zona determinada, especialmente si se lo compara con otros sistemas ubicados en frecuencias más altas.
- Se adapta en forma ideal a la cobertura rural de base amplia y baja densidad, debido a su propagación de largo alcance (normalmente, hasta 80 kilómetros).
- Excelente capacidad para brindar cobertura dentro de edificios y en zonas urbanas, debido a su buena “penetración interior”, así como a sus adecuadas características de propagación “con visibilidad directa”.
- Normalización internacional y madurez de esta tecnología, basadas en varios años de instalación sobre el terreno, lo que asegura su continua evolución así como la reducción de sus costos mediante economías de escala.
- Permite el re-uso de infraestructura existente ya que es totalmente compatible con las versiones del CDMA2000.

2.3.5. SERVICIOS.

CDMA450 utiliza tecnologías CDMA2000 1X y 1xEV-DO por lo que provee servicios como (15)²⁰:

- CDMA2000 1X:
 - Alta capacidad de voz: 26 a 29 Erlangs/sector/1,25 MHz (equivalente de 35 a 38 canales telefónicos/sector/1,25 MHz)
 - Velocidades de transmisión de datos hasta 153 Kbps
- CDMA 2000 1xEV-DO:
 - Muy altas velocidades de transmisión de datos: 2,4 Mbps (Release 0) y 3,1 Mbps (Release A).

²⁰ MARIA CAMPOVERDE, Tesis, Escuela Politécnica Nacional

Con estos servicios, CDMA450 es ideal para:

- Nuevos entrantes urbanos.
- Telefonía rural.
- Conectividad para acceso a Internet.
- Servicios de emergencia.
- Servicios fijos y móviles – WLL de baja movilidad.
- Facilitar la conectividad e inclusión social:
 - Servicio Universal.
 - Telefonía
 - Internet
 - Sociedad de la información

2.3.6. EQUIPAMIENTO CDMA450.

Las redes CDMA450 pueden ser rápidamente desplegadas debido a la disponibilidad de equipamiento y la cantidad de operadores fabricando infraestructura CDMA450. CDMA450 está aprovechando las economías de escala y el desarrollo de sistemas CDMA2000, los cuales han sido desplegados por más de 100 operadores en 50 países a nivel del mundo y proveen servicios a más de 127 millones de usuarios (15)²¹.

a. Infraestructura.

Los proveedores de infraestructura CDMA450 incluyen a:

- Ericsson
- Huawei
- Hyundai Syscomm
- Lucent Technologies
- Nortel Networks
- ZTE.

²¹ MARIA CAMPOVERDE, Tesis, Escuela Politécnica Nacional

Lucent promociona activamente CDMA450 a nivel mundial y provee equipamiento para el primer sistema comercial CDMA450. Huawei ha suministrado infraestructura CDMA450 a operadores incluyendo a Belarus's Belcel. Más aún, Huawei está actualmente liderando las pruebas en Rusia y China. Ambos, Lucent y Huawei ofrecen soluciones CDMA450 que soportan CDMA2000 1xEV-DO. ZTE actualmente tiene sistemas 450 en operación comercial y de prueba en China, Brasil, Rusia y Vietnam. Nortel Networks tiene sistemas 450 en operación comercial en la República Checa y en Letonia, y anunció la disponibilidad comercial para las soluciones CDMA2000 1X y 1xEV-DO en Marzo de 2004. Ericsson anunció soluciones CDMA450 dando soporte a CDMA2000 1X y 1xEV-DO en Febrero de 2004.

b. Terminales.

Actualmente hay 11 proveedores de microteléfonos de CDMA450 (planeados y en existencia) que fabrican una larga selección de terminales:

- AnyDATA
- Axesstel
- Compal
- Giga Telecom
- GTRAN
- Huawei
- Hyundai Syscomm (Curitel)
- Topex
- Synertek
- Ubiquam
- ZTE
- Wide Telecom
- Flextronics
- R-Way

2.3.7. REQUERIMIENTOS PARA ESTACIONES BASE (BTS) PARA CDMA

En la BTS el desempeño anti-interferencia debe ser asegurado porque la banda de 400MHz- 500MHz es muy popular para usos como por ejemplo TV, radio, comunicaciones por microondas y algunos equipos de comunicación de uso militar o comunitario.

La BTS para exteriores es muy importante debido a que en algunos sitios es muy difícil construir un cuarto de equipos, por lo cual la BTS para exteriores debe ser fiable en diferentes tipos de situación como frío o calor extremos, niebla densa, lluvia, tormentas eléctricas, etc.; en la industria de las telecomunicaciones el estándar de equipos para exteriores es Ingress Protection IP55²² y la BTS para exterior debe cumplir el estándar IP55 por robustez y fiabilidad.

Las BTS deben permitir varias configuraciones y los cambios deben ser transparentes evitando la afección del servicio y que no se necesiten intercambios de equipos o tarjetas para una modificación de la configuración; por ejemplo, si en un inicio se configura una radio base como O1 es decir con un sector y solo para servicios de voz, luego se debería poder reconfigurar la misma estación como S11, es decir con dos sectores de cobertura y una portadora de voz solo con mínimos incrementos de hardware; y si se requiere una configuración S111 de tres sectores, los cambios en las BTS deben ser modulares sin que afecten el servicio de la otra portadora.(12)²³

2.3.7.1.Familia de BTS Avanzadas.

Una red inalámbrica superior requiere de diferentes tipos de BTS para cumplir los distintos requerimientos en el campo.

Para sitios rurales como pueblos, lugares turísticos con bajo u ocasional tráfico y para cubrir áreas con una topografía irregular, se dispone de equipamientos que proveen una

²² **IP (Ingress Protection)**, grado de protección de sólidos y líquidos que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir.

²³ HUAWEI TECHNOLOGIES, Propuesta técnica de RED CDMA 450 para CNT E.P

gran cobertura a bajo costo, brindando un balance entre la inversión y los ingresos proyectados, por ejemplo se tiene BTS3601C que es una Mini BTS, seleccionado por ser de una fácil, flexible y económica implementación. La alternativa de usar una BTS3601C en lugar de una macro-celda, es que no se requiere costos adicionales para transmisión, energía y cuarto de equipos, sin embargo, la capacidad de tráfico es menor que una macro BTS ya que soporta un sector con una sola portadora.

Para sitios de concentración humana con gran tráfico, así como edificios de oficinas, centros comerciales subterráneos, centros de exposición, sectores residenciales, o sectores suburbanos con una capacidad de tráfico de rápido crecimiento se pueden utilizar la BTS3606E que es una macro celda para interior o la BTS3606AC que es una macro celda para exterior; estas BTS pueden iniciar su trabajo con un solo sector y una sola portadora e ir incrementando sus capacidades hasta 3 sectores con 2 portadoras por sector en la configuración de single carrier, es decir con un amplificador de radio por cada sector y que puede amplificar dos portadoras de CDMA; además cuando se tenga una necesidad muy grande de tráfico se puede tener una configuración de multi carrier, en la que se puede configurar en un solo gabinete 6 sectores de radiación con 3 portadoras independientes.

En el anexo A3 podemos encontrar detalles sobre los productos en la serie BTS.

CAPÍTULO III

En este capítulo se empieza por hacer un estudio demográfico de la zona de estudio en el que se analiza varios factores como son la ubicación y descripción geográfica de los sectores de estudio, comunidades existentes, población, disposición de servicios básicos, índices de nivel de pobreza, etc. Luego detallamos un estudio de demanda actual y proyectada uniendo los datos en base al estudio demográfico y encuestas realizadas a la población.

La segunda parte de este capítulo constituye la fase de diseño y dimensionamiento de la red CDMA para resolver las necesidades de comunicación de los posibles clientes potenciales. La etapa de diseño es la más importante por lo que se establecerá todos los parámetros técnicos de la red como el sitio seleccionado para la instalación de la BTS, alternativas de salida de la BTS para el acceso a la red CNT EP, suposiciones sobre el requerimiento de calidad de la red basado en tecnología CDMA450, cálculo de pérdidas, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, estudio de tráfico, estructura y equipamiento de la red.

También se realizará la estimación del costo del proyecto o valor de inversión para la CNT EP.

ESTUDIO DEMOGRÁFICO Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE LA BTS

3.1. ANTECEDENTES

Para empezar el estudio de mercado en la zona a intervenir se describirá brevemente la situación demográfica de la provincia de Chimborazo hasta llegar al sector de estudio.

La Provincia de Chimborazo, conocida como la "provincia de las altas cumbres", debido a que en ella se encuentran algunas de las cumbres más elevadas del Ecuador, está situada en la zona central del pasillo interandino. En la cordillera occidental se encuentra el volcán Chimborazo, que da nombre a la provincia, con una altura de 6.310 msnm.

Datos demográficos

- Población total: 432.711
- Población rural: 245.852
- Población indígena (%): 58

3.2. RIOBAMBA Y SUS PARROQUIAS RURALES

La Figura III.12 muestra la distribución de todas las parroquias del cantón Riobamba.



Figura III.12 Localización de las parroquias rurales del cantón Riobamba a intervenir

FLORES

En el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 99,51% de la población total de la parroquia, y el 83,62% de pobreza extrema.

Tienen acceso a la red de alcantarillado, el 9% de las viviendas, el 15% de los hogares disponen de servicio higiénico exclusivo. Disponen de un 85% de servicio de energía eléctrica y un 2% de servicio telefónico.

ALAO

La población de Alao está dividida por el Río del mismo nombre. Alao y San Antonio de Alao. El Tambo de Alao se encuentra construido a orillas del río del mismo nombre Una sola calle atraviesa el poblado de Este a Oeste. La Vivienda de tipo Popular está cubierta de teja, zing, y algunas de paja.

Los pobladores viven de la Agricultura y la Ganadería, existe una quesería a la entrada del pueblo en la hacienda de la familia Merino, otra en el poblado, el queso lo procesan en forma tradicional.

CEBADAS

Cebadas, es una parroquia situada, entre las estribaciones de la Cordillera Central. Pueblo prehistórico. Paso de los pueblos orientales hacia el callejón interandino.

Cebadas es una parroquia rural perteneciente al Cantón Guamote de la Provincia de Chimborazo; se encuentra desde los 78° 27 hasta los 78°39; longitud oeste, y a 1°52; hasta los 2°06; de latitud sur. Está a 15 Km. al este de la parroquia matriz Guamote y a 18 Km. al sureste del cantón Riobamba.

El 90% corresponde a población rural indígena y el 10% restante corresponde a la parte urbana poblada por indígenas y mestizos. Dentro de la parroquia se encuentran diferentes organizaciones sociales.

PUNGALÁ es una de las parroquias rurales del cantón Riobamba, en la Provincia de Chimborazo, en el Ecuador. Limita al norte con el cantón Guano, al sur con el cantón Guamote, al oeste con Licto y al este con la provincia de Morona Santiago.

3.3.COMUNIDADES Y SECTORES QUE SE ENTRAN AL PROYECTO TELEFÓNICO:

En la parroquia Flores las comunidades:

- Santa Rosa de Izitziñag
- Compuene Central
- Cecel San Antonio
- Canallapamba
- Cecel Grande
- San Antonio de Fugambue
- Tabil
- Verde Cruz
- Obraje

En la parroquia Pungalá las comunidades:

- Llactapamba
- Puruhuay San Gerardo
- Agua Santa
- Santa Rosa Gauñan
- Puninhuaycu
- Puruhuay Pamba
- Pungala Pamba
- Peltetec
- Zaticahuan

En la parroquia Alao las comunidades:

- Calquis
- Alguagazo
- Misnia
- Shullides
- Santa Rosa
- Llactapamba de Alao
- San Antonio de Alao

En la parroquia Cebadas las comunidades:

- Gosoy
- San Diego

Empezando el estudio demográfico de toda la zona a intervenir podemos mencionar que tan solo un 1.4% de la población tiene educación superior, no así la educación primaria y básica que tiene mayor porcentaje (Ver Anexo B1).

Un aspecto muy importante tiene que ver con la situación de los habitantes en cuanto al empleo, pues esto es un factor importante a la hora de recuperar la inversión en la venta de líneas telefónicas; de acuerdo a la tabla antes expuesta observamos una tasa global de participación laboral de 66%, lo que nos da una perspectiva un tanto afirmativa de los posibles clientes potenciales para este proyecto.

De acuerdo con algunos de los datos como son el trabajo y el estudio se determina que predomina es el estudio sobre el trabajo infantil, algo muy bueno para poblaciones que día a día intentan dar grandes pasos para su desarrollo dentro de la provincia.

El servicio telefónico tan solo llega al 4.40 % de las viviendas, porcentaje que se incrementaría si se desarrollase un proyecto para abastecer de este servicio básico a las viviendas que lo necesiten.

Un tema muy importante es la pobreza que llega a porcentajes un tanto elevados, esto no impide la necesidad de comunicación de estas familias que podrían consumir para su comunicación cantidades de dinero mayores con respecto a las que gastarían si existiese telefonía fija, (fija móvil para el caso de CDMA).

Según el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 95,06% de la población total de las parroquias, y el 79,75 % de pobreza extrema.

De acuerdo con los datos presentados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), del último Censo de Población y Vivienda, realizado en el país en el 2001 se tiene:

Servicios básicos

Tienen acceso a la red de alcantarillado, el 9% de las viviendas, mientras que el 14% los hogares disponen de algún tipo de servicio higiénico exclusivo.

Otros indicadores de cobertura de servicios básicos son:

- Agua entubada por red pública dentro de la vivienda: 18%.
- Energía Eléctrica 86%.
- Servicio telefónico 4%.

Déficit de servicios residenciales básicos 49% de las viviendas.

3.4.DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA A INTERVENIR

La zona geográfica a intervenir constituye Santa Rosa de Izitziñag y sus alrededores, después de un estudio técnico y geográfico de la zona se determinó la factibilidad de instaurar una BTS en la loma Puruhuay debido a la facilidad de acceso y características geográficas de ésta con respecto a las repetidoras de la red CNT(ver Figura III.13).

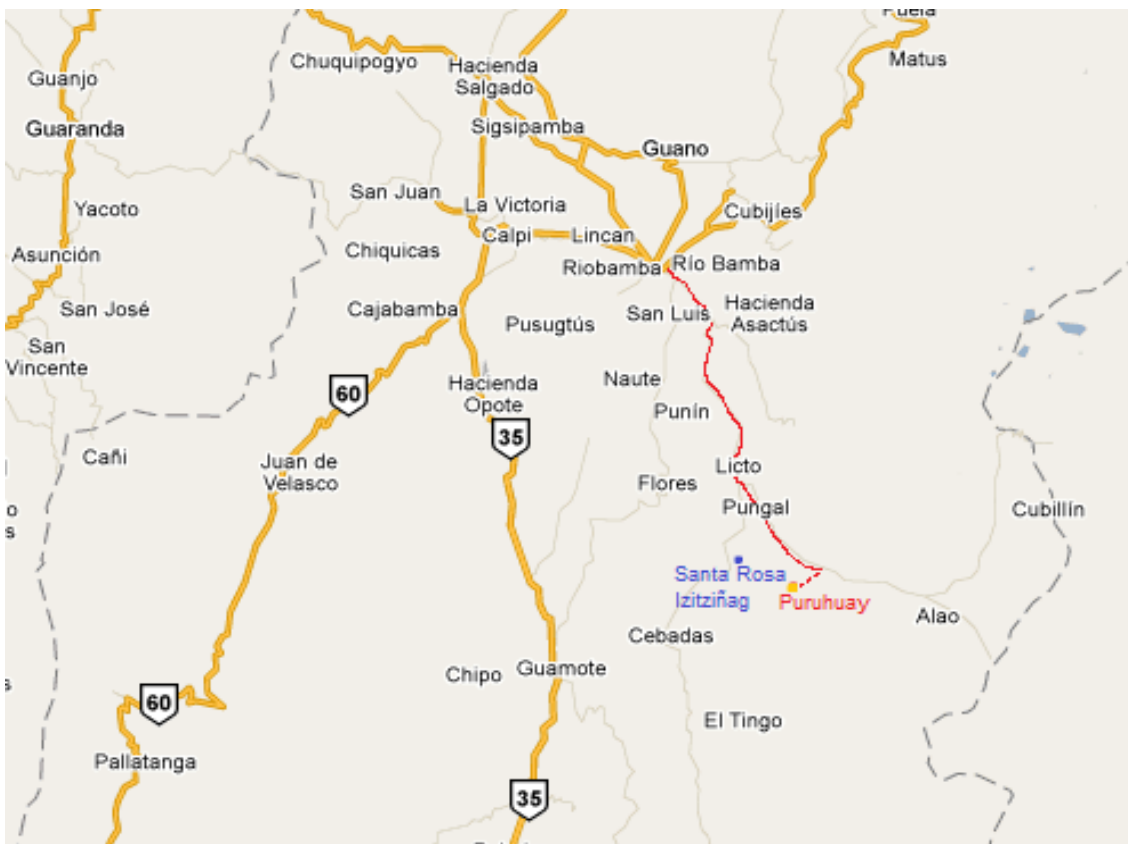


Figura III.13 Plano de vías de acceso y comunidades en Izitziñag y sus alrededores

La Figura III.13 muestra claramente la ubicación de las comunidades aledañas a Santa Rosa de Izitziñag, mismas que se cubrirán con la BTS situada en Puruhuay. En las figuras III.14, III.15 tenemos imágenes tomadas desde el sector de estudio.



Figura III.14 Sector Santa Rosa de Izitziñag

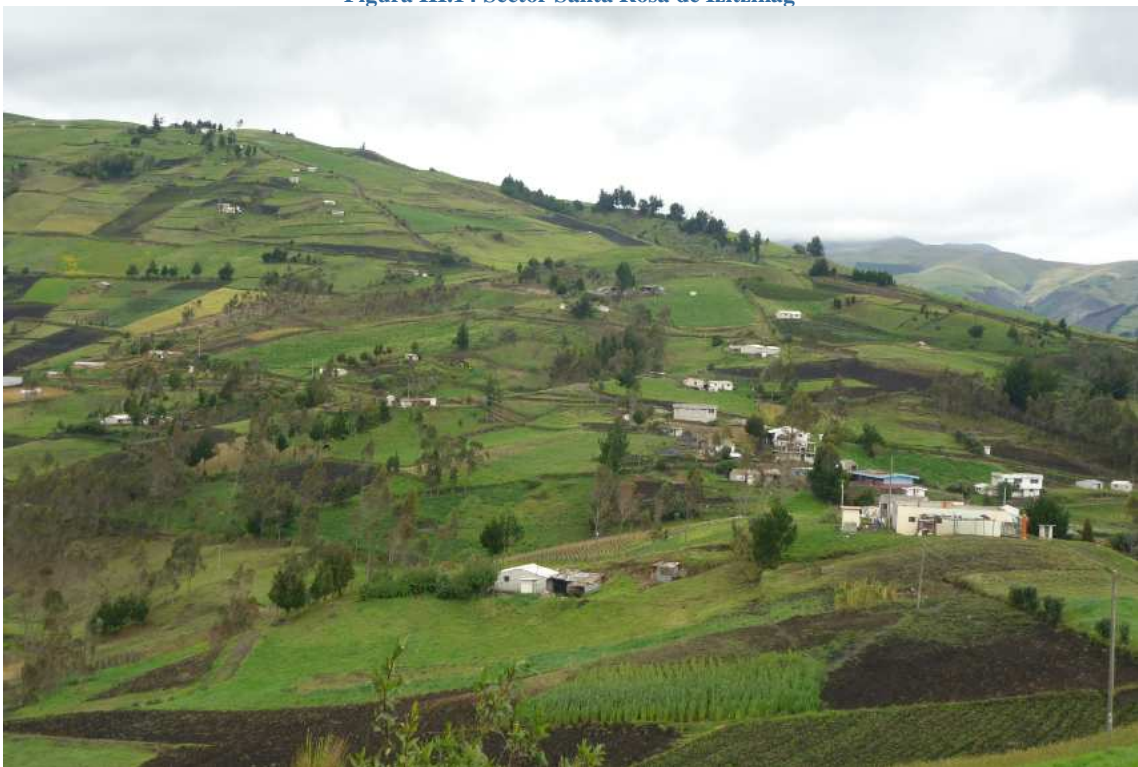


Figura III.15 Comunidades aledañas a la zona a intervenir

3.5. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DE LA BTS

Esta planificación forma parte de las soluciones y servicios globales de la red de radio para soportar a la CNT a desplegar y proveer servicios CDMA.

3.5.1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Basándose en los requerimientos del cliente, CNT proveerá de telefonía en varias zonas rurales del país en este caso para las poblaciones que se encuentran alrededor de Santa Rosa de Izitziñag ubicadas en la provincia de Chimborazo. Por lo tanto nosotros proponemos un diseño de red para la provisión de tráfico de voz.

3.5.2. ESTUDIO DE DEMANDA

Debido a la inversión de representa para la empresa un proyecto de este tipo, este estudio de demanda es el factor principal que nos permite dimensionar el proyecto para cubrir con el servicio telefónico a los abonados previstos.

Después de un análisis sobre la proyección de crecimiento poblacional del Ecuador al año 2010 proporcionado por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos)(13), se pudo estimar que en base a otras localidades rurales similares a las parroquias de interés que son Pungalá, Flores, Alao y Cebadas, la tasa de crecimiento anual para estos sectores es del 0.85% de la población; esto debido a que no existe una proyección para estos sectores en la base de datos. En base a este parámetro se logró hacer una proyección al 2010 de cada parroquia de interés (Ver Anexo B2); otro factor de interés es el estudio de demanda por encuestas realizadas a muestras representativas de las comunidades (Ver Anexo C1).

3.5.2.1.DEMANDA ESTIMADA DE LAS PARROQUIAS

a. DEMANDA DEL SERVICIO TELEFÓNICO EN LA PARROQUIA PUNGALÁ

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente se determina que la población de Pungalá en el 2010 es de 2829 habitantes. Si se estima un hogar de aproximadamente 5 personas, tendríamos 565 familias. El 11% de seguridad de adquisición del servicio para zonas rurales según la CNT EP Agencia Chimborazo es de 62 posibles abonados.

Según el INEC un 4,4% de la población posee servicio telefónico, por lo que se tiene 59 clientes potenciales para la parroquia de Pungalá.

b. DEMANDA DEL SERVICIO TELEFÓNICO EN LA PARROQUIA FLORES

Población es de 5548 habitantes en el 2001.

Se determina que la población de Flores en el 2010 es de 5983 habitantes. Se tiene 1196 familias. El 11% de estas familias es de 131 y estos son los posibles abonados.

Según el INEC un 2% de la población posee servicio telefónico, por lo hay 128 clientes potenciales para la parroquia de Flores.

c. DEMANDA DEL SERVICIO TELEFÓNICO EN LA PARROQUIA CEBADAS

Se determina que la población de Cebadas en el 2010 es de 6066 habitantes, 1213 familias.

El 11% es de 133 por lo que se llega a 133 posibles abonados.

No hay servicio telefónico por lo que se cuenta con 133 clientes potenciales.

d. DEMANDA DEL SERVICIO TELEFÓNICO EN LA PARROQUIA ALAO

La población de Alao es de 3323 en el año 2001.

Se determina que la población de Alao en el 2010 es de 3581 habitantes, 716 familias. El 11% da 78 posibles clientes potenciales.

Ahora, este proyecto es de inclusión social y está diseñado para cubrir necesidades de comunicación en lugares de difícil acceso por lo que se pretende abastecer con el servicio a las comunidades de los alrededores del sector de estudio con estas características.

A continuación en la Tabla III.VII se detalla un cuadro de valores que serán de ayuda para poder establecer los verdaderos clientes potenciales del proyecto.

Tabla III.VII Demanda de las parroquias

PARROQUIA	DEMANDA
PUNGALA	59
FLORES	128
CEBADAS	133
ALAO	78

Entre todas las parroquias a considerar se obtiene una demanda total de 398 abonados que son lo que la empresa solicita como requisito para dar paso al diseño del proyecto.

3.5.2.2.Cálculo del tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra primero realizamos un muestreo piloto con el que determinamos la varianza poblacional que para nuestro caso era desconocida.

n_s = muestra piloto

$n_s = 20$

Luego de determinar la varianza de esta muestra piloto obtenemos una varianza poblacional $\sigma^2 = 0,003125$ (ver Anexo C2).

La varianza de la muestra es de $s^2 = 0.25$.

Por medio de estos valores ya podemos determinar el tamaño de la muestra.

$$n' = \frac{s^2}{\sigma^2}$$

$$n' = \frac{0,25}{0.003125}$$

$$n' = 80$$

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$

$$N=3690$$

$$n = \frac{80}{1 + \frac{80}{3690}}$$

$$n = 79.98 = 80 \text{ Personas a investigar.}$$

Por lo que se debe realizar 80 encuestas para poder determinar la demanda, se tiene 5 sectores y en base a la proporción de su población potencialmente activa a adquirir una línea telefónica se tiene la Tabla III.VIII.

Tabla III.VIII Proporción de las encuestas en los sectores de interés

PARROQUIA	PROPORCION	NÚMERO DE ENCUESTAS EN DICHA PARROQUIA
Pungalá	565 =15,31%	12
Flores	1196 = 32,42%	26
Cebadas	1213 =32,87%	26
Alao	716 =19.40%	16

Mediante la encuesta a estas 80 personas se puede determinar el nivel de aceptación de servicio de la población total.

Si el porcentaje de aceptación es igual o superior al 11% que establece necesario la CNT EP Chimborazo; el proyecto efectivamente es viable.

ENCUESTA

De acuerdo a la encuesta realizada (ver Anexo C1) en la comunidad de Santa Rosa de Izitziñag con una muestra de 80 personas, los resultados se muestran a continuación.

Pregunta N°1

Tiene Usted servicio telefónico.

Si	4
No	76

Tiene Usted Servicio Telefónico

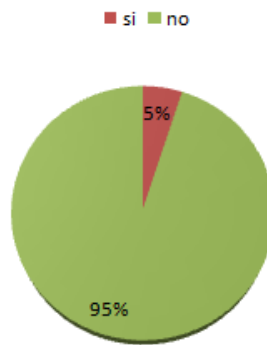


Figura III.16 Encuesta. Pregunta 1

Del análisis interpretativo del grafico nos muestra que el 95% de los encuestados no disponen de servicio telefónico con relación a un 5% que si lo tiene; lo que demuestra que la mayoría de la población carece de este servicio básico.

Pregunta N° 2

En caso de no tener servicio telefónico desearía tenerlo?

Si	16
no	60

En caso de no tener servicio telefónico desearía tenerlo?

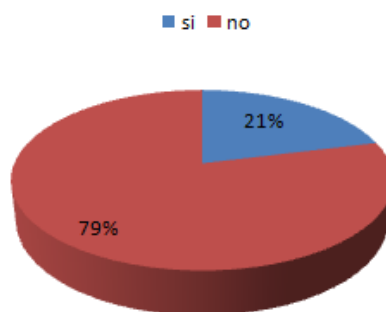


Figura III.17 Encuesta. Pregunta 2

El análisis de este grafico nos indica que a pesar de no disponer de servicio telefónico el 79% de la muestra no desea el servicio telefónico debido a aspectos económicos y de tecnología.

Pregunta N°3

¿Desearía tener servicio de Internet?

si	2
no	14

¿Desearía tener servicio de Internet?

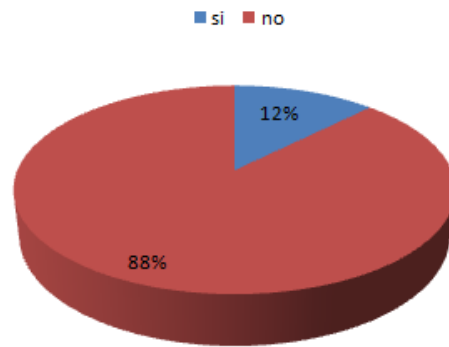


Figura III.18 Encuesta Pregunta 3

El análisis del grafico nos muestra que la mayoría de los encuestados no desea adquirir el servicio de internet porque no consideran indispensable para el desarrollo de sus actividades diarias.

Pregunta N°4

En qué horas del día se realizan mayor número de llamadas?

Horas	Encuestado
07H00 – 10H00	0
10H00 – 15H00	3
15H00 – 18H00	0
18H00 – 22H00	1

En la Figura III.8 nos muestra el mayor número de llamadas en un intervalo de tiempo para determinar la hora pico que en este caso es de 10h00 a 15h00 con el 75% de encuestados.

En qué horas del día se realizan mayor número de llamadas?

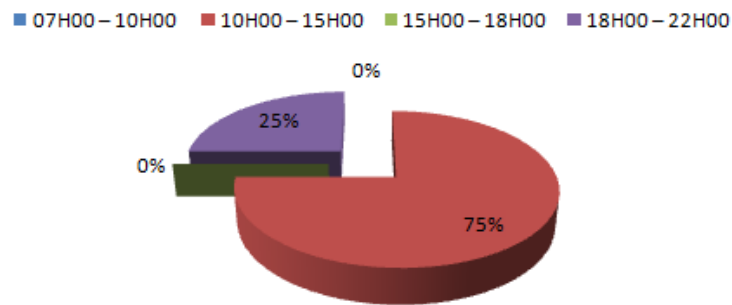


Figura III.19 Encuesta, pregunta 4

Pregunta N°5

Cree usted que un futuro requerirá más líneas telefónicas.

Respuesta	Encuestados
Si	45
no	35

Cree usted que requerirá más líneas telefónicas.

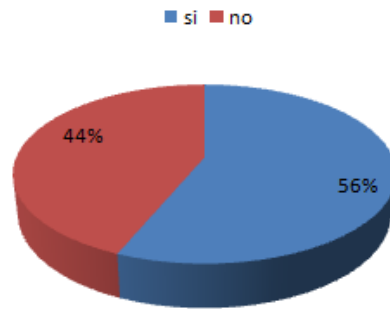


Figura III.20 Encuesta, Pregunta 5

En la figura anterior señala la cantidad de abonados que en un futuro están dispuestos a adquirir una línea telefónica es decir la posible demanda futura del 56%.

De acuerdo a las encuestas realizadas podemos determinamos un 21% de demanda, porcentaje con el que obtenemos la demanda existente que es de 775.

3.5.2.3. Interpretación sobre la demanda

La demanda que obtenemos como resultado de las encuestas es de 775 abonados y la demanda estimada para el proyecto fue de 398 abonados por lo que el proyecto definitivamente es viable para la CNT EP Chimborazo.

3.5.2.4. Demanda futura

La demanda futura se realizará en base a la siguiente ecuación:

$$D_f = D_0(1 + b)^n$$

Donde:

Df: demanda final.

Do: demanda inicial.

b: incremento anual

n: número de años del proyecto.

Según la CNT EP, el incremento anual del servicio de telefonía fija es del 5% y el incremento anual de otros servicios es del 1% en las zonas rurales. Para el diseño se plantea un dimensionamiento de la red para 10 años.

$$D_f = 775(1 + 0.05)^{10}$$

$$D_f = 1262$$

Dimensionamiento para 5 años:

$$D_f = 775(1 + 0.05)^5$$

$$D_f = 989$$

Esto quiere decir que en diez años existiría un incremento de 250 abonados, dando lugar a los 648 posibles abonados para el proyecto a futuro.

3.6. DETERMINACIÓN DEL SITIO PARA LA INSTALACIÓN DE LA BTS

El lugar donde se ubicará la BTS es en una loma llamada Puruhuay (Figura III.10) ubicada a pocos kilómetros de Santa Rosa de Izitziñag.



Figura III.21 Objetivo del área de cobertura

Puruhuay se encuentra en las siguientes coordenadas de acuerdo con el levantamiento en la inspección de campo (Figura III.22, III.23).

01°58'05,8'' S
078°35'25,0'' O



Figura III.22 Puruhuay (Inspección de campo)

Se tomó esta loma como lugar de ubicación de la BTS por contar con energía eléctrica, su fácil acceso y características geográficas de ésta con respecto a las repetidoras de la red CNT.

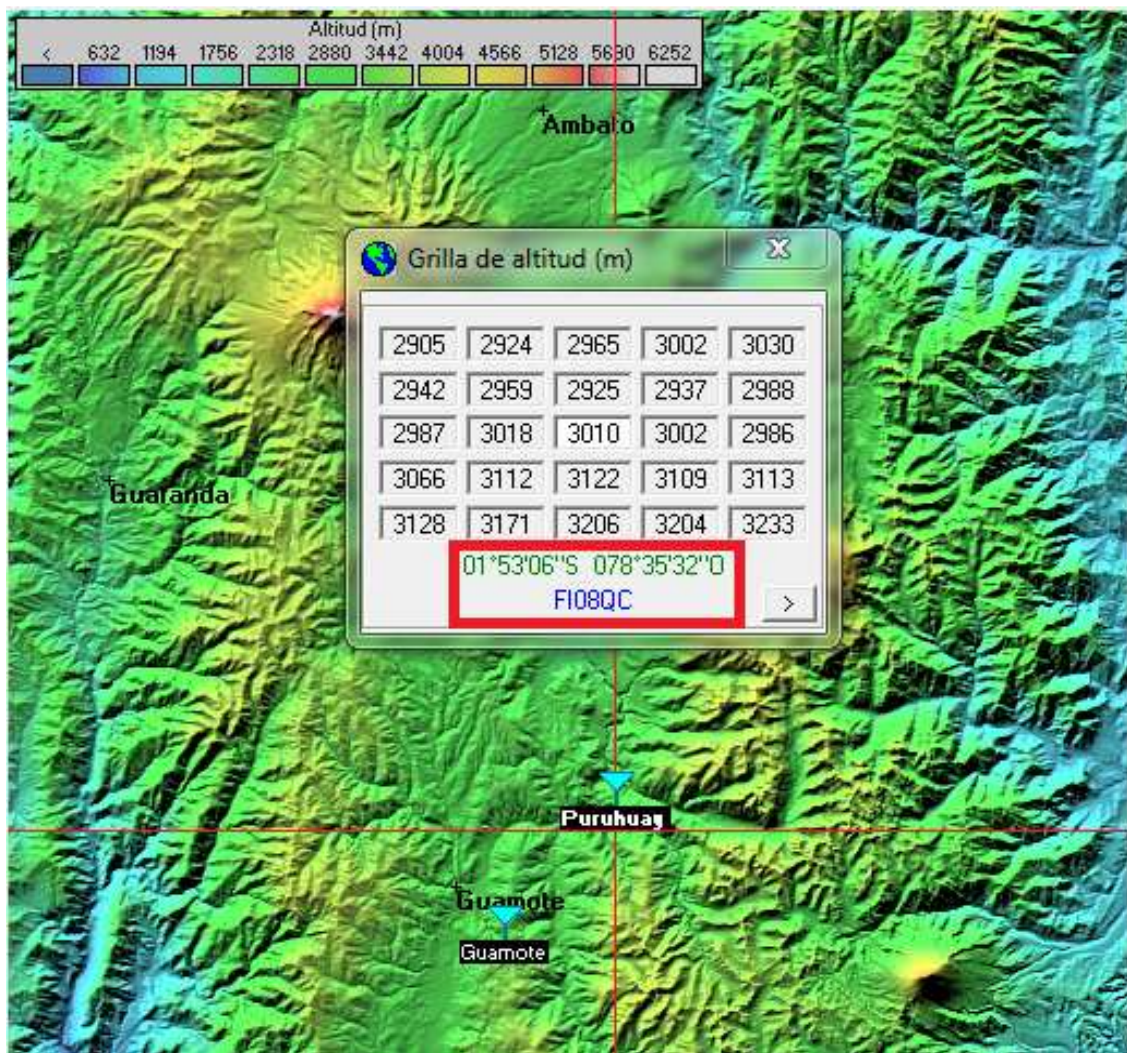


Figura III.23 Ubicación de Puruhuay

3.7.ESTABLECIMIENTO DE LA RED DE TRANSPORTE - PUERTA DE ACCESO A LA RED CNT EP

La red de transporte es la encargada de permitir la comunicación entre la Red de Acceso (sistema de estación base) y los sistemas de conmutación de voz, a través de repetidores.

3.7.1. ALTERNATIVAS DE SALIDA DE LA BTS PARA EL ACCESO A LA RED CNT EP.

En base la red existente actualmente en la red CNT EP AGENCIA CHIMBORAZO, establecemos las posibles rutas de salida de la BTS en Puruhuay de acuerdo a la cercanía, aspectos técnicos y geográficos.

La Tabla III.IX detalla la ubicación geográfica de las alternativas, datos basados en archivos de situación geográfica de la red CNT EP.

Tabla III.IX Alternativas de repetidoras

	CNT		
LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm
LA MIRA	01° 30' 33" S	78° 34' 57" W	3855
GUAMOTE	01° 57' 34" S	78° 40' 51" W	3586
RIOBAMBA CENTRO	01° 40' 20" S	78° 38' 54" W	2800
RIOBAMBA SUR	01° 41' 4.8" S	78° 37' 50.76" W	
SINDIAJIRI	01° 44' 31" S	78° 42' 31" W	3685

Mediante simulación del software RADIO MOBILE 10.6.7 podemos ver en la Figura III.24, III.25 como se encuentran distribuidos estos puntos de acuerdo a la BTS en Puruhuay.

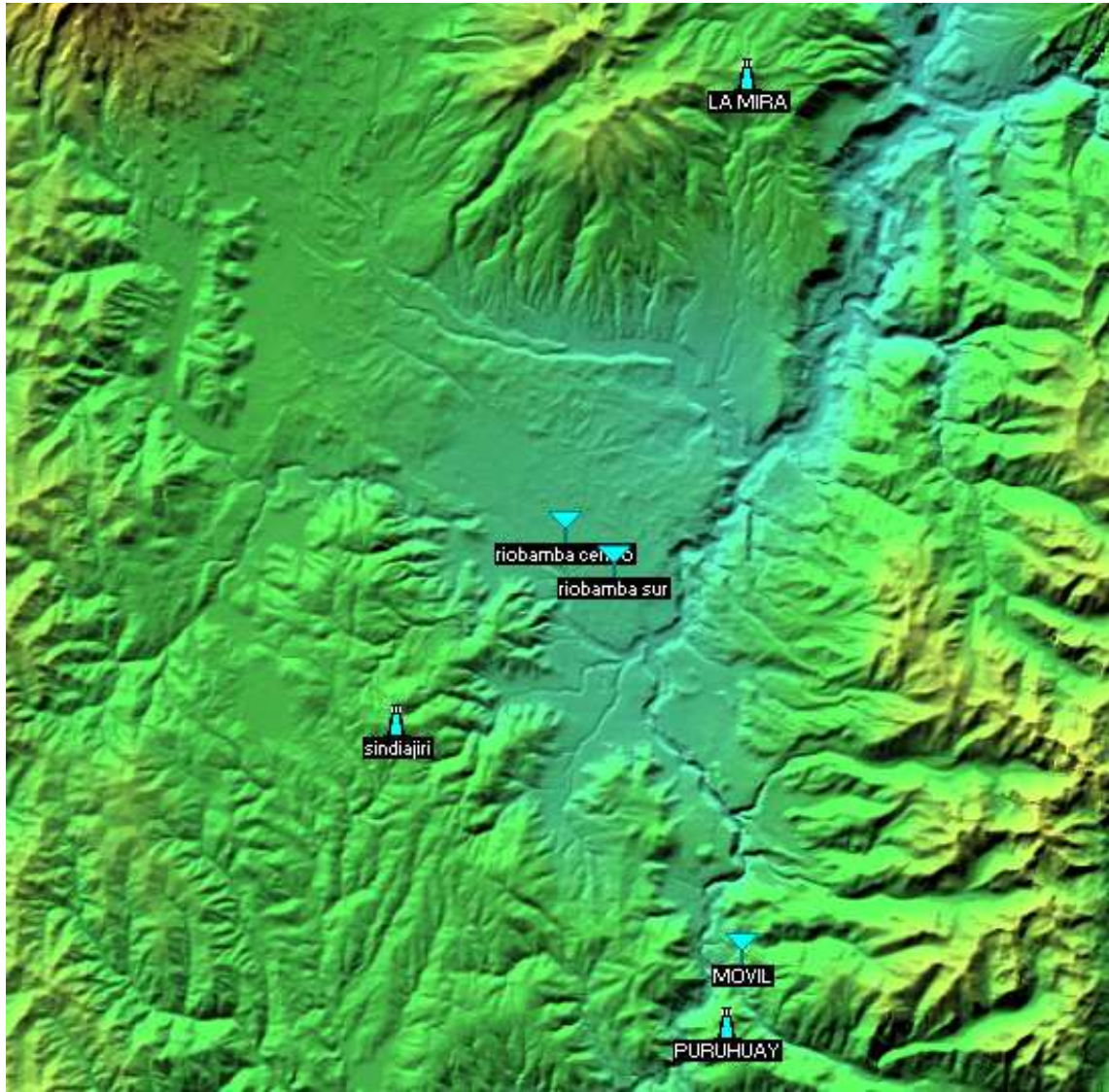


Figura III.24 Repetidoras alrededor de Puruhuay



Figura III.25 Ubicación de la repetidora Guamote con respecto a Puruhuay



Figura III.26 Línea de vista Puruhuay-La Mira

La Figura III.26 muestra un perfil de enlace entre Puruhuay y la Mira en el que los dos puntos se pueden ver sin ninguna interposición geográfica.

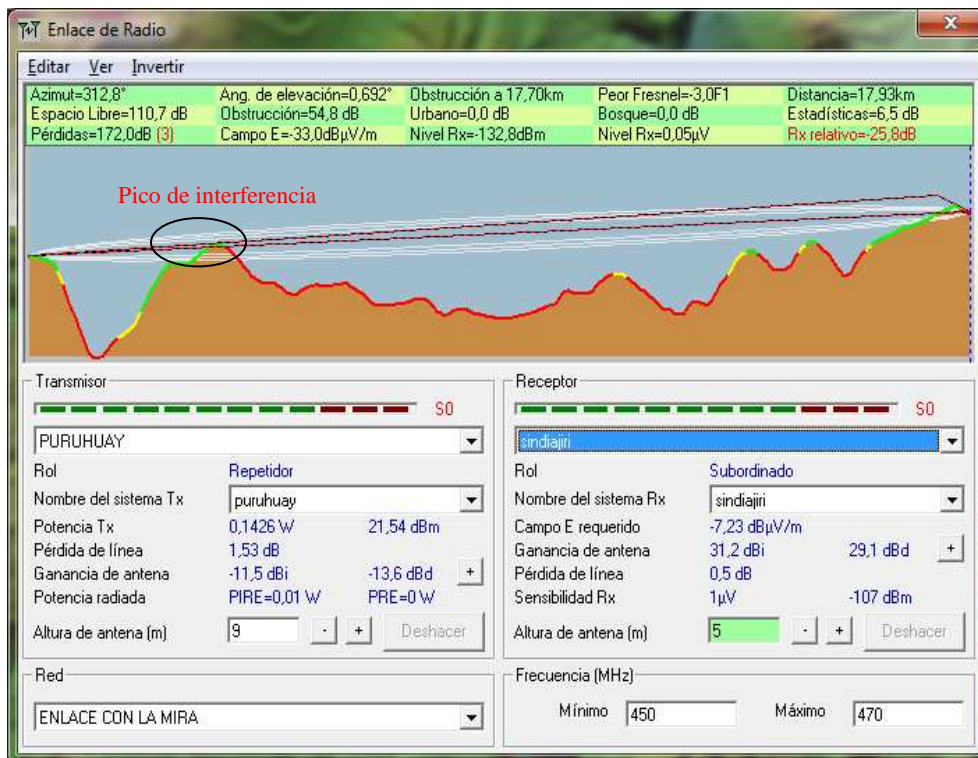


Figura III.27 Línea de vista Puruhuay-Sindiajiri

Mediante la Figura III.27 observamos que la línea de vista se ve amenazada por un pico de mayor altura al de Puruhuay.

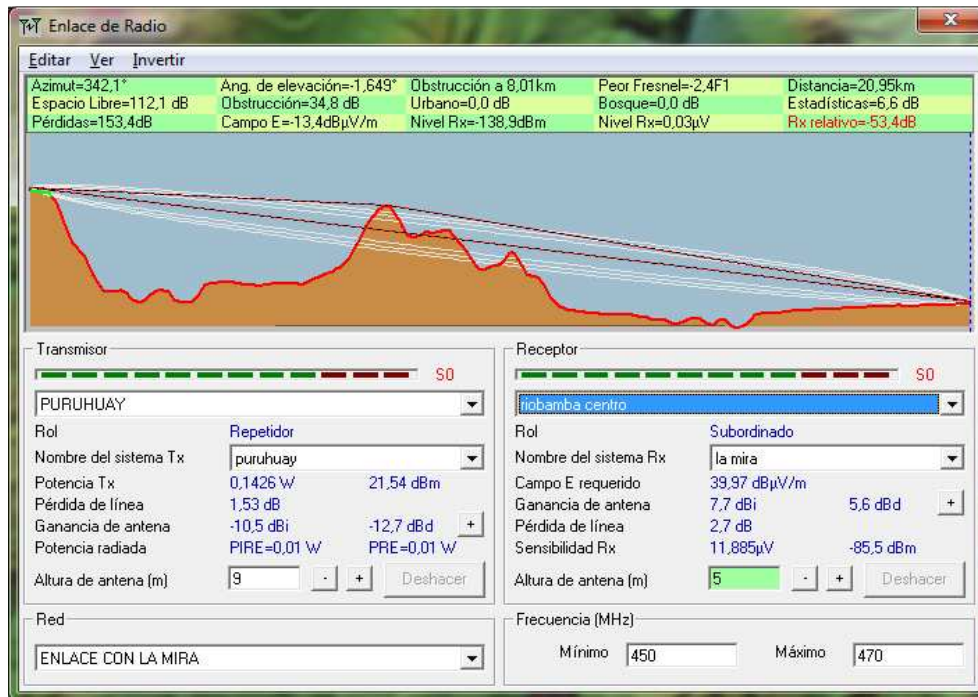


Figura III.28 Línea de vista Puruhuay-Riobamba Centro

La Figura III.28 muestra todo un tramo geográfico, dos picos con alturas considerables respecto a las alturas de los puntos del enlace Puruhuay-Riobamba Centro; esta interposición provocaría la pérdida de señal si se escogiese esta ruta.

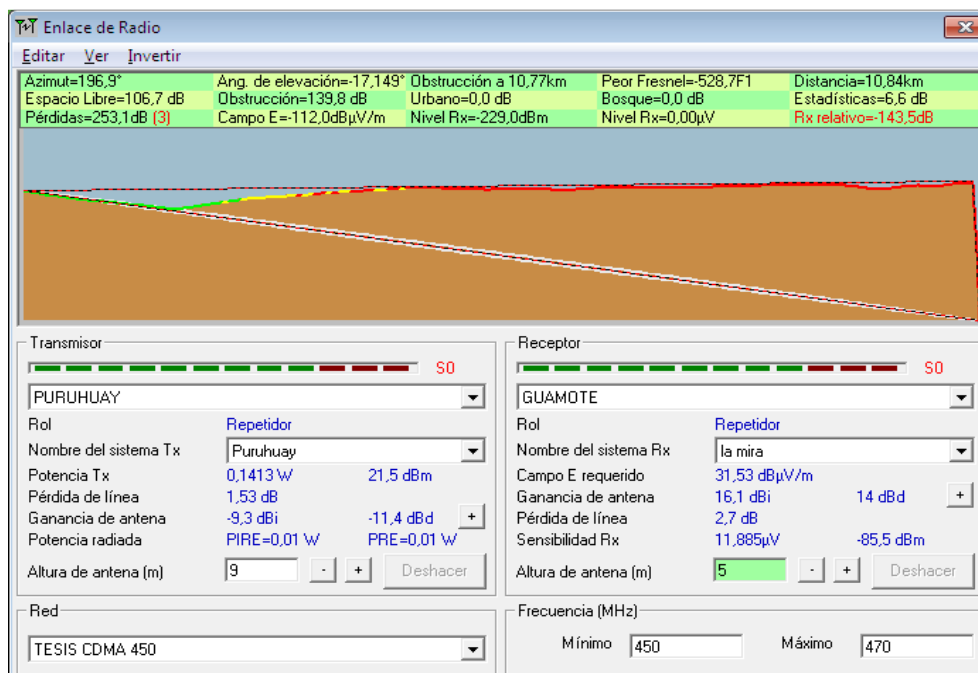


Figura III.29 Perfil Puruhuay-Guamote

La Figura III.29 muestra que el camino Puruhuay-Guamote no es lo suficientemente despejado como para optar por esta ruta, claramente observamos que tan solo un pequeño tramo geográfico tiene un buen despeje, y la mayor parte representa una amenaza para la señal. Esta ruta no presenta condiciones favorables.

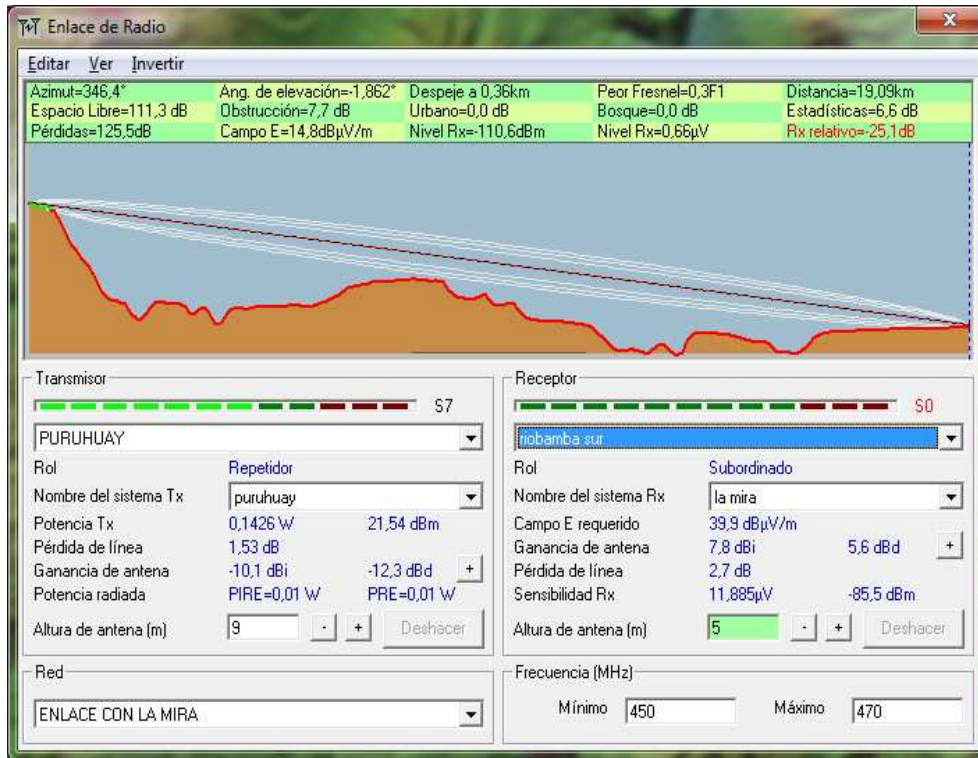


Figura III.30 Línea de vista Puruhuay-Riobamba Sur

El supuesto de la Figura III.30 que es el enlace Puruhuay-Riobamba Sur determina línea de vista pero las condiciones de la Figura III.26 correspondiente al enlace con la Mira muestra la opción más recomendada debido a que entre los dos puntos existe mayor despeje en su perfil topográfico y excelente línea de vista.

Una vez analizadas las posibles puertas de acceso a la red CNT EP, se determina que el enlace de red consistirá en un sistema de microondas desde la repetidora de La Mira hasta la estación base ubicada en el cerro Puruhuay, lugar de ubicación de la BTS como ya se mencionó anteriormente.

3.8.REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE LA RED

La Tabla III.X muestra los valores FER asumidos para este propósito. Este es un valor estándar para las redes CDMA. La Tasa de Error de Bastidor (FER) es un parámetro que indica la calidad de una llamada CDMA. Este valor debe ser más bajo para llamadas de voz porque el servicio de voz es más sensible a la degradación de calidad, mientras que las llamadas de datos pueden tolerar más errores porque solamente afecta a su rendimiento.

Tabla III.X Requerimiento de calidad de la red

Suposiciones sobre Requerimiento de Calidad de la Red	
Meta FER de Voz (Tasa de Error de Bastidor)	1%(FCH)
Meta FER de Datos (Tasa de Error de Bastidor)	5%(SCH)
Carga del Procesador	0.70
Tiempo de Establecimiento de Llamada	<8s

3.9. MODELO DE PROPAGACIÓN PARA EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA CDMA450

Para calcular las pérdidas aproximadas de todo el sistema de comunicación CDMA se recurre a aplicar modelos de propagación de manera que se pueda prevenir posibles inconvenientes o mejorar alguno existente.

Se calcula la pérdida de la señal a través del modelo Hata-Okumura.

La fórmula básica del modelo Hata-Okumura (23)²⁴ es:

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log r$$

En donde:

L= pérdidas de enlace (dB)

f= frecuencia central (MHz)

hb= altura de la estación base (m)

hm= altura del teléfono receptor (m)

²⁴ WIRELESS APLICACION COPR, Hata Okumura Model

r= distancia del enlace (km)

$\alpha(h_m)$ = factor de corrección de la altura de la antena móvil.

Para una población mediana-pequeña:

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8)$$

Como este modelo fue propuesto bajo el escenario de la ciudad de Tokyo, asumo que, para el caso de estudio la fórmula para áreas suburbanas se relaciona con el escenario propuesto.

Para áreas rurales:

$$L_{rurales} = L_o - 4.78((\log f)^2) + 18.33(\log f) - 40.94$$

3.9.1. Cálculo de pérdidas para el escenario propuesto:

a) Cálculo entre el Enlace de la BTS y la repetidora:

Factor de corrección de alturas:

$$\begin{aligned}\alpha(h_m) &= (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8) \\ \alpha(h_m) &= (1.1 \log(450\text{Mhz}) - 0.7)(5\text{m}) - (1.56 \log(450\text{Mhz}) - 0.8) \\ \alpha(h_m) &= 7.75 \text{ dB}\end{aligned}$$

Pérdida calculada entre el Enlace de la BTS y la repetidora:

f= 450MHz

h_b = 11 (m)

h_m = 5 (m)

r= 38.06 (km)

$\alpha(h_m)$ = 7.75 dB

$$\begin{aligned}L_o &= 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log r \\ L_o &= 69.55 + 26.16 \log(450\text{Mhz}) - 13.82 \log(11\text{m}) - 7.75\text{dB} \\ &\quad + (44.9 - 6.55 \log(11\text{m})) \log(38.06\text{km})\end{aligned}$$

$$L_o = 176.9\text{dB}$$

Para nuestro escenario áreas suburbanas:

$$L_{rural} = L_0 - 4.78((\log f)^2) + 18.33(\log f) - 40.94$$
$$L_{rural} = 176.9 - 4.78((\log 450\text{Mhz})^2) + 18.33(\log 450\text{Mhz}) - 40.94$$
$$L_{rural} = 150.94 \text{ dB}$$

b) Cálculo entre el Enlace de la BTS y la estación Móvil:

Factor de corrección de alturas:

$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(f) - 0.7)h_m - (1.56 \log(f) - 0.8)$$
$$\alpha(h_m) = (1.1 \log(450\text{Mhz}) - 0.7)(2\text{m}) - (1.56 \log(450\text{Mhz}) - 0.8)$$
$$\alpha(h_m) = 1.098 \text{ dB}$$

Pérdida calculada entre el Enlace de la BTS y la estación Móvil:

$$f = 450\text{MHz}$$

$$h_b = 9 \text{ (m)}$$

$$h_m = 2 \text{ (m)}$$

$$r = 9.52 \text{ (km)}$$

$$\alpha(h_m) = 1.09 \text{ dB}$$

$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - \alpha(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log r$$
$$L_0 = 69.55 + 26.16 \log(450\text{Mhz}) - 13.82 \log(9\text{m}) - 1.098\text{dB}$$
$$+ (44.9 - 6.55 \log(9\text{m})) \log(9.52\text{km})$$

$$L_0 = 162.49\text{dB}$$

Para nuestro escenario áreas suburbanas:

$$L_{rural} = L_0 - 4.78((\log f)^2) + 18.33(\log f) - 40.94$$
$$L_{rural} = 162.5 - 4.78((\log 450\text{Mhz})^2) + 18.33(\log 450\text{Mhz}) - 40.94$$
$$L_{rural} = 136.54 \text{ dB}$$

Está claro que a 450 MHz las pérdidas son menores que trabajando a 900 MHz o 1800 MHz, frecuencias estándar de operación de otros sistemas de comunicación con tecnología CDMA

3.9.2. GANANCIA DE LAS ANTENAS.

La ganancia de la antena Tx y Rx es proporcionada por el fabricante y viene expresada habitualmente en dB isotrópicos (dBi), es decir, la ganancia de potencia con respecto a un modelo teórico de antena isotrópica que radia la misma energía en todas las direcciones del espacio.

En nuestro caso las antenas Rx y Tx están incorporadas en sus respectivos radios, con una ganancia de:

G(dBi) = 37,2	(antenas directivas)
G(dBi) = 15	(antenas sectoriales de la BTS)
G(dBi) = 11	(terminales antena directiva)
G(dBi) = 2,15	(terminales antena omnidireccional)

3.9.3. SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR.

El equipo receptor necesita un mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento admisible (nivel de calidad), lo que se conoce habitualmente como sensibilidad. En nuestro caso la sensibilidad del receptor proporcionada en el software Radio Mobile es:

S(dBm) = -85.5 dBm	(antenas directivas)
S(dBm) = -123.7 dBm	(antenas sectoriales)
S(dBm) = -118 dBm	(terminales)

3.9.4. POTENCIA DE RECEPCIÓN.

La potencia de recepción que llega al receptor después de haber sufrido atenuaciones por la vegetación existente entre las estaciones, además de pérdidas de propagación en espacio libre y

perdidas adicionales de propagación; es decir es la diferencia entre la potencia de transmisión + las ganancias de las antenas y la atenuación total del enlace (pérdidas del enlace) (22)²⁵.

a) *Punto de transmisión Puruhuay y de recepción La Mira.*

Potencia de recepción = potencia total + ganancia de antena Tx + ganancia de antena Rx – pérdidas de cable – pérdidas de conectores – pérdidas del medio-sensibilidad de la antena.

La potencia total es de 25.4 dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 37.2dBi

Ganancia de la antena Rx= 37.2dBi

Pérdidas del enlace= 150.94 dB

Sensibilidad del receptor= -85.5dBm

Potencia de recepción

$$= 25.4dBm + 37.2dBi + 37.2dBi - 150.94dB - (-85.5dBm)$$

$$Potencia de recepción = 34.36 dBm$$

Con esto el enlace debería funcionar apropiadamente si los sitios están en line of sight (línea de visibilidad). Esto es porque la potencia es positiva y garantiza la recepción.

b) *Punto de transmisión Puruhuay y de recepción Estación Móvil.*

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 15dBi

Pérdidas del enlace= 136.54 dB

Sensibilidad del receptor= -123.7dBm

$$Potencia de recepción = 26.99dBm + 11dBi + 15dBi - 136.54dB - (-123.7dBm)$$

$$Potencia de recepción = 40.15 dBm$$

La potencia de recepción es positiva por lo que asegura la recepción.

²⁵ ING. CEVALLOS MARIO, 'Apuntes de clases de sistemas radiantes'

3.10. INGENIERÍA DE TRÁFICO

El cálculo de tráfico se realiza a través de las siguientes ecuaciones.

a. Tiempo medio de ocupación (\bar{t}).

$$t = \frac{\bar{t}}{n} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

b. Volumen de tráfico.-

$$V = \sum n_i \times t_i = n \times \bar{t} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde:

V = Volumen de tráfico

n = Número de llamadas

t_i = Tiempo de duración de cada llamada

\bar{t} = Tiempo promedio de duración de todas las llamadas

De acuerdo al estudio de demanda se pudo estimar la demanda con un total de 775 abonados.

Se considera un uso del 5,8 % de las líneas en hora pico.

$n = 47$ llamadas

$t = 63$ minutos

$T = 24$ horas de monitoreo

$$t = \frac{\bar{t}}{n}$$

$$\bar{t} = \frac{63 \text{ min}}{47 \text{ llamadas}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ seg}}$$

$$\bar{t} = 0.022 \text{ h}$$

$$V(\text{volúmen de tráfico}) = n * \bar{t}$$

$$V = 47 \text{ llamadas} * 0,022 \text{ h}$$

$$V = 1,05 \text{ Erlangs}$$

c. Intensidad de tráfico.-

$$A = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

A = Intensidad de tráfico (Erlangs)

V = Volumen de tráfico

T = Período de observación

$$A = \frac{V}{T} = \frac{1,05}{24} = 0,044 \text{ Erlangs}$$

d. Tráfico ofrecido (A_T).

$$A_T = A \times X \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Siendo X = número de abonados total.

$$A_T = 0,044 * 775$$

$$A_T = 34.1 \text{ Erlangs}$$

e. Fórmula de ERLANG para el tráfico

Cuando se dimensiona una ruta, deseamos encontrar el número de circuitos que servirán esa ruta. La formulas a disposición para determinar el número de circuitos basados en la carga de tráfico en la hora cargada es la ERLANG B.

Aquí la pérdida significa la probabilidad de bloqueo en el conmutador, debido a la congestión o a “totalidad de líneas troncales ocupadas”.

$$E_b = \frac{\frac{(A_T)^n}{n!}}{1 + A_T + \frac{(A_T)^2}{2!} + \frac{(A_T)^n}{n!}} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

n = número de troncales de servicio

A_T = tráfico ofrecido

Esta fórmula asume que:

- El tráfico se origina en un número infinito de fuentes.
- Las llamadas perdidas son borradas asumiendo un tiempo de retención cero.
- El número de troncales de canales de servicio es limitado.
- Existe completa disponibilidad.

Esta fórmula indica el porcentaje del tiempo durante el cual las N líneas de salida están ocupadas simultáneamente, es decir la razón de congestión en el tiempo, por lo tanto esta expresión representa también la fórmula de pérdida o fórmula de Erlang “B”.

$$Eb = \frac{\frac{34.1^{47}}{47!}}{1 + 34.1 - \frac{34.1^2}{2!} + \frac{34.1^{47}}{47!}}$$

$$Eb = 1$$

Según la tabla de Eb (Ver Anexo B4)

$$N = 4$$

Con este valor de N determinados que son necesarios 4 circuitos de 64 Kbps cada uno; es necesario únicamente utilizar un E1 ya que cada E1 tiene 2Mbps.

f. Calculo de Throughput.

La red CDMA2000-1X soporta los servicios de voz y datos. Para calcularlos, se adopta el término "throughput" para describir la carga de ambos servicios de voz y de datos.

$$S = Av \times v \times \alpha r$$

Donde:

S: Throughput (bit/s o kbit/s)

Av: Intensidad de tráfico.

Para servicio de voz, es el volumen de tráfico en hora pico, para el caso de CNT es = 0,04 Erlangs

Para el servicio de datos, se calcula en base del tiempo promedio de la sesión: Av = Tiempo promedio de la llamada en paquete = Tiempo de Sesión PPP * Tasa de Obligación de Sesión PPP.

V: Tasa de datos

αr : Factor de actividad. El valor típico es 0.4 para servicio de voz y 1.0 para servicio de datos.

Luego, se calcula el throughput de los servicios de voz y datos 1X, basándose en la fórmula y modelo de tráfico.

El throughput de todo el servicio de voz en RC3 es:

$$S = 0.04 * 9.6 * 0.4 = 0.154\text{kbps}$$

Donde

$V=9.6$ Kbps debido a que utilizamos el radio de configuración 3. Ir Anexo A4

El throughput promedio del servicio de datos se calcula en base a que se brindará servicio al 10% de los abonados con un ancho de banda del 10% del total.

Los parámetros se indican en la siguiente Tabla III.XI:

Tabla III.XI Troughput del servicio de datos

Ítems	Fórmula	Resultados
Velocidad promedio de datos por usuario (kbps)	-	64
Canales N	-	4
Total ancho de banda (kbps)	$64*4$	256
10% del total de ancho de banda (Kbps)	-	25.6
10% del total de abonados	-	78
Ancho de banda	$25.6/78$	0.32Kbps

Debido a la suposición que los abonados se distribuyen uniformemente en el área de cobertura, el throughput promedio de todos los tipos de abonados debe basarse en la planificación de capacidad, (Tabla III.XII).

Tabla III.XII Throughput promedio por abonado

Tipo de servicio	Throughput por abonado
Voz	154bps
Datos	320bps

3.11. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE LA RED

3.11.1. REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO

Los requerimientos básicos indicados en las bases del proceso y todos los supuestos se indican (Ver Anexo B5).

3.11.2. PRINCIPIO DE DISEÑO DE RED

Para cumplir los requerimientos de CNT, Se ha basado en las características especiales de sus productos CDMA mencionados a continuación, para mejorar el desempeño de la red propuesta:

- Red de acceso de radio de alto desempeño

El diseño y cotización de una red de radio que cumpla estrictamente con los requerimientos de las bases del proceso.

- Principio de selección de BTS

Basados en las consideraciones de ambientes diferentes (tales como: condición del terreno, densidad poblacional, pérdidas de propagación, etc.) hay requerimientos diferentes para el tipo de BTS.

Condición A: Ciudades medianas y pequeñas, pueblos se sugieren: BTS 3606C (6TRX) o 3606AC (6 TRX).

Condición B: Áreas altamente poblados y ciudad se sugiere: BTS 3606E (18 TRX) o 3606AC (9 TRX)

Condición C: Interiores, subterráneos, carreteras y vías férreas. Se recomienda BTS3601C (1 TRX) o ODU3601CE (1 TRX).

Estos son equipos de la empresa Huawei, y para nuestro estudio se ha utilizado la condición A.

- Propuesta de Transmisión

Condición A (área montañosa): En el área montañosa y de difícil acceso, se sugiere transmisión satelital con compensación en tiempo, patentada para garantizar la transmisión;

Condición B (lagos o área rural): Esta área tiene pequeños obstáculos y grandes distancias con línea de vista, entonces se sugiere una transmisión por enlaces de microondas de fácil implementación y bajo costo.

Condición C (áreas urbanas o de alta densidad): Se considera transmisión por Fibra Óptica con SDH por su alta velocidad de transmisión y confiable calidad.

3.12. DIAGRAMA DE RED ACTUAL DE CNT

RED ACTUAL donde se puede tener un concepto claro de la red entera.

Actualmente la CNT tiene en la región Sur-Oeste una red NGN basada en la tecnología de SoftSwitch. Para la Plataforma inalámbrica CDMA450 (A – A') se utiliza un MGW conectado a la NGN, la cual a su vez se conecta a la PSTN local utilizando varios MGWs.

Anteriormente la CNT (específicamente Pacifictel) adquirió una red CDMA450 con 27 BTS y una BSC, la misma que está instalada en el “Cuarto de Conmutación y Transmisión” de la Central Centro en Guayaquil. A continuación se muestra el diagrama de la red actual.

Este diagrama (Figura III.31) muestra la interconexión y networking de la red de CNT en Guayaquil.

El RAC se conecta con el MGW actual de CNT directamente con cables de E1; es recomendable que el RAC se implemente en la misma sala de equipos del MGW para ampliar la conmutación local. El PCF del RAC, la PDSN, y el AAA se conectan a través de una red LAN IP local.

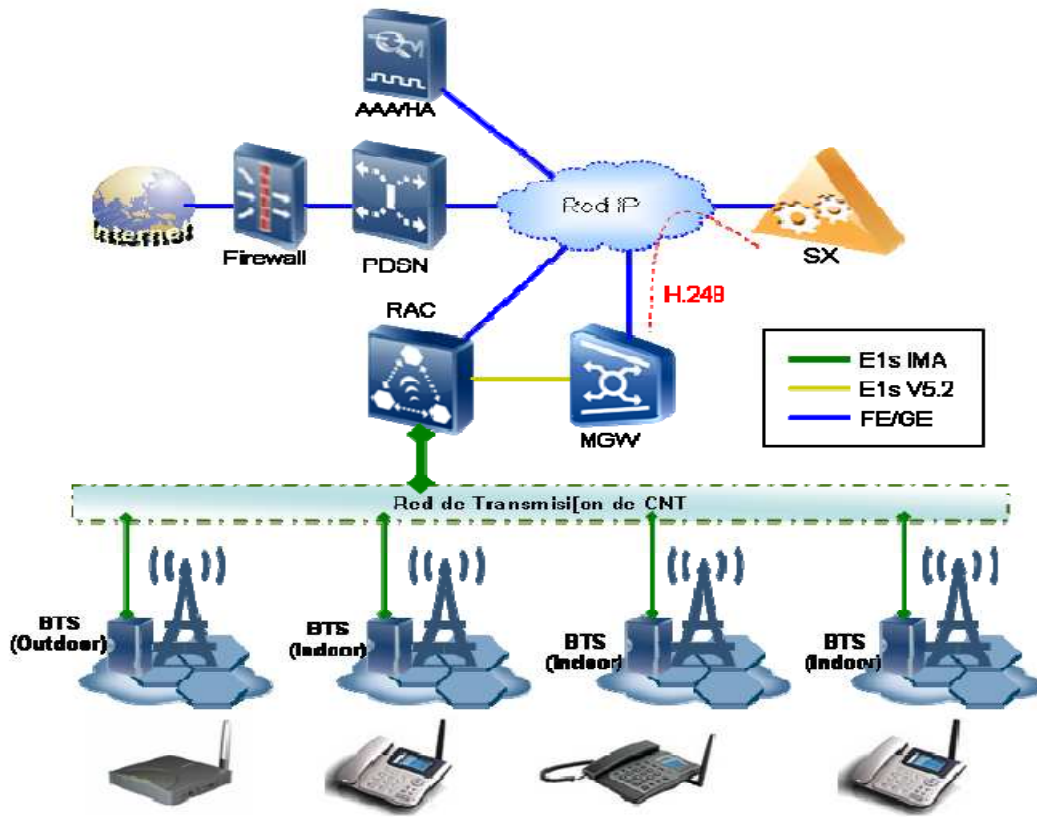


Figura III.31 Interconexión de red

3.12.1. ESTRUCTURA DE LA RED

Este diagrama de la Figura III.32 muestra la jerarquía de la red, incluyendo los equipos de Core de los dominios de Conmutación de Circuitos (CS) y Conmutación de Paquetes (PS). El MGW, la PDSN, el AAA y el Firewall de la red actual se localizan en el “Cuarto de Conmutación y Transmisión” de la Central Centro de Guayaquil. El MGW de acceso y el RAC son elementos de accesos distribuidos para procesar el tráfico local de cada región principal, utilizándose el interfaz V5.2 entre estos dos elementos de red. El RAC y el MGW de acceso se implementan en el mismo cuarto de equipos. La red entera tiene una estructura sencilla y distribuida.

Las BTSs se conectan con el RAC a través del interfaz Abis.

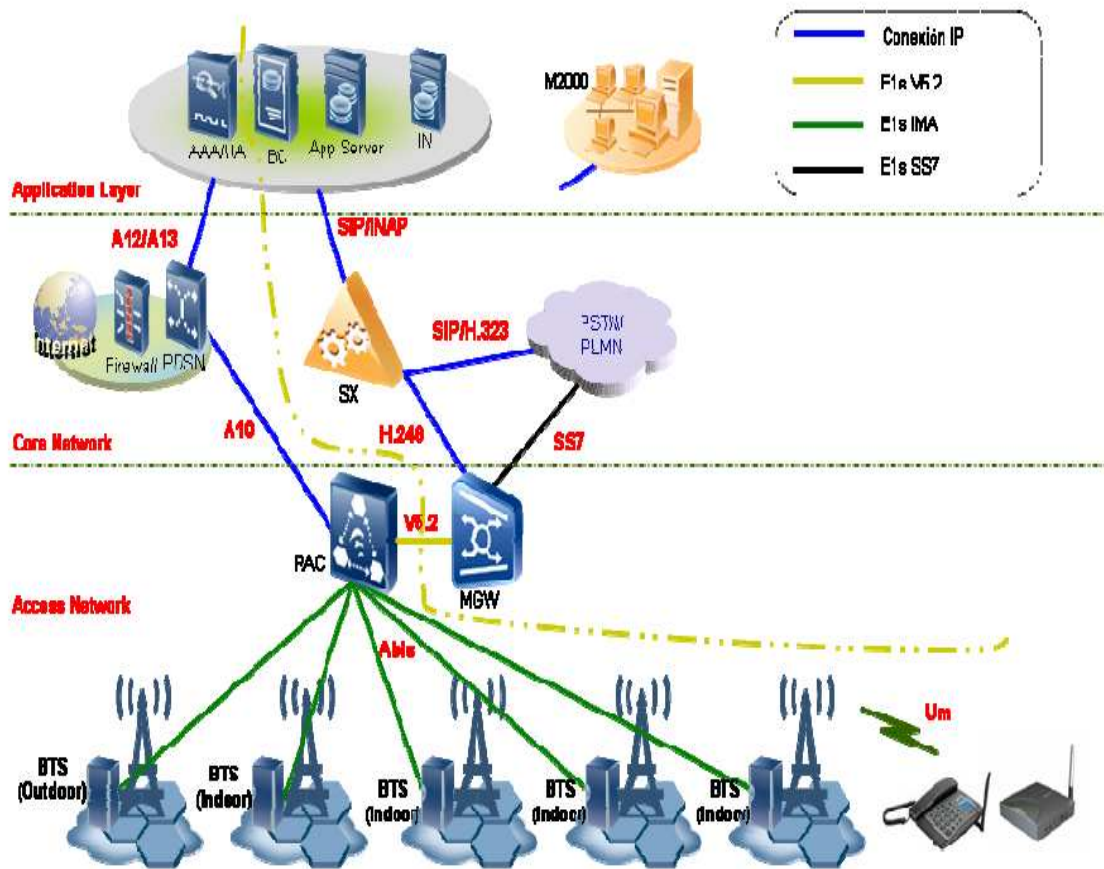


Figura III.32 Estructura de red CDMA

3.12.2. INTERCONEXIÓN CON LA RED DE LA CNT EP

CDMA450 tiene una gran aceptación en el Bucle Local Inalámbrico para brindar principalmente servicios de Telefonía e Internet.

La estructura de una red WLL CDMA450 es esquematizada en la Figura III.33 y donde se puede identificar que el interfaz de conexión con la central de conmutación local y la red es el interfaz V5.2.

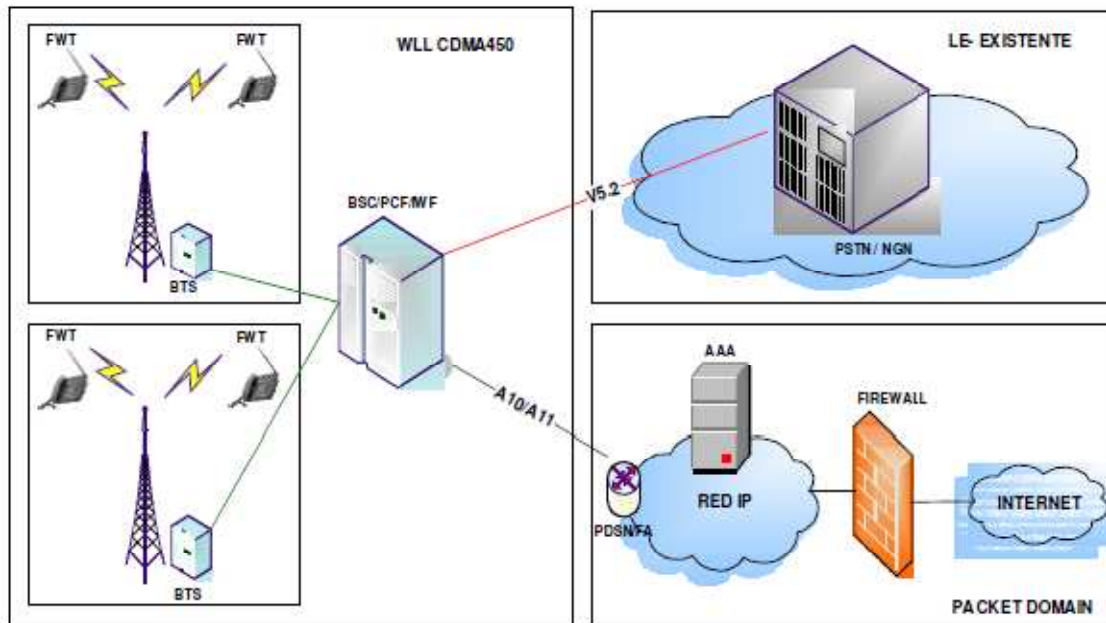


Figura III.33 Estructura de una red WLL CDMA 450

En la Figura III.34 muestra el camino que sigue desde la estación móvil (MS) para obtener voz o datos.

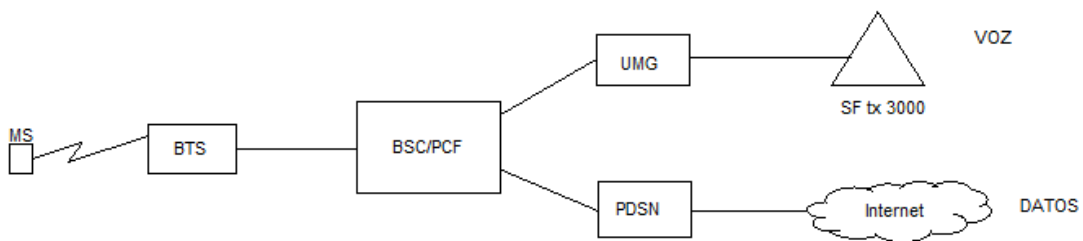


Figura III.34 Arquitectura de la red cdma 450

En la Figura III.35 se muestra como nuestra BTS en Puruhuay se conecta a la Repetidora la Mira y luego al RAC en Quito para en caminar una llamada telefónica, en el caso de datos se conectará al RAC en Guayaquil.

3.12.3. INTERFAZ V5.2 PARA INTERCONEXIÓN

El interfaz V5.2 es diseñado para distribuir servicios de telecomunicaciones soportados por el LE (Local Exchange) para servir a suscriptores WLL por una BSC. Se lista de funciones que son típicamente soportadas por el LE a través del interfaz V5.2 incluye:

- Procesamiento de llamadas
- Registro de llamadas y facturación
- Administración del plan de numeración
- Servicios suplementarios
- Supervisión contestada
- Administración y asignación del slot de tiempo.

El interfaz V5.2 suministra el sistema con mayor control operacional y funcional eficiencia. V5.2 soporta más suscriptores por enlace E1y por lo tanto puede ser implementado en un menor costo. V5.2 también suministra un incremento de la tolerancia del error el cual resulta en un global mejoramiento de calidad y fiabilidad para el cliente.

3.13. MATERIALES Y EQUIPOS

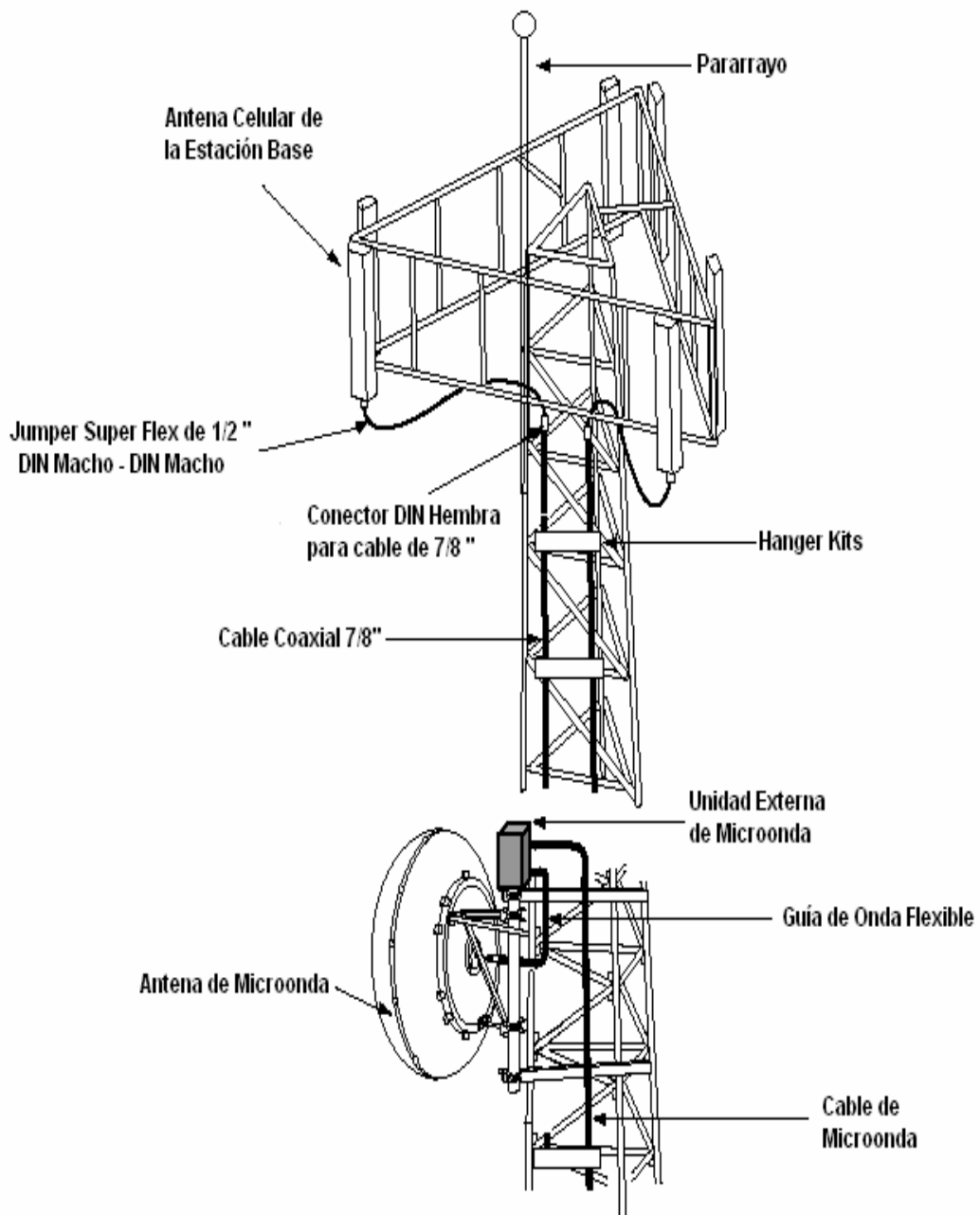
Un sistema de microonda está compuesto por: unidad interna, unidad externa, licencias, conectores, cables, guía de onda flexible, antenas de microonda y materiales de instalación. El sistema de fuerza utilizado para energizar los equipos es de -48V.

Un sistema de radio frecuencia está compuesto por: el equipo BTS, módulos de elementos de canal, licencias (que generalmente se incluyen en la compra del equipo BTS), guía de onda, conectores, jumpers, antenas celulares y materiales de instalación. El sistema de fuerza utilizado para energizar los equipos es de +24V.

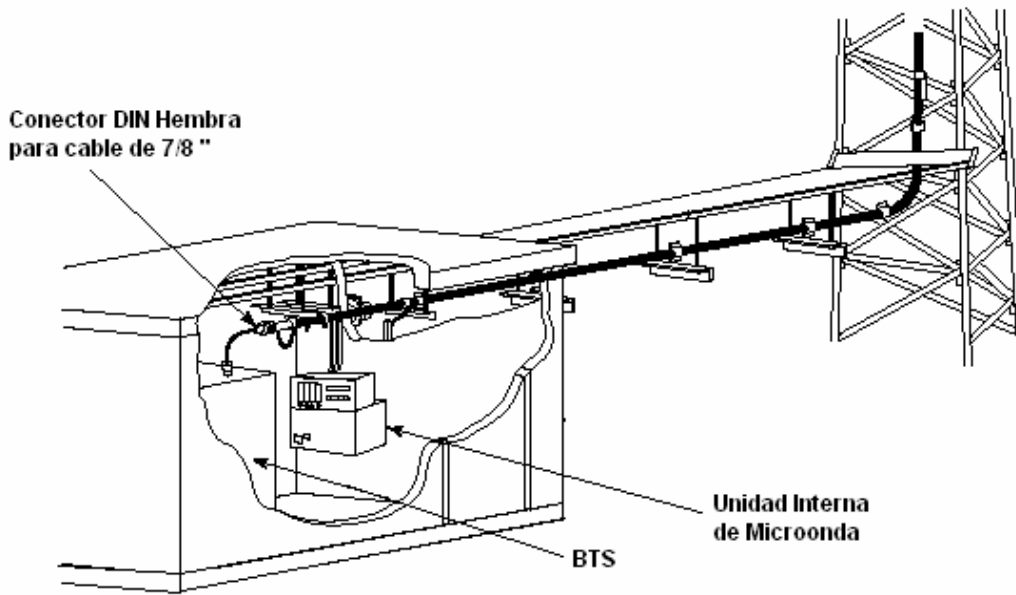
Estos dos sistemas se encuentran relacionados, compartiendo algunos de sus recursos; por ejemplo; en una CDMA Metro Cell Outdoor 2 Sectores se considera espacio en sus bastidores para la instalación de 2 unidades internas de microonda; adicionalmente; existen conversores DC/DC de +24V a -48V permitiendo de esta manera de un mismo sistema de

fuerza general energizar ambos sistemas. Se comparte un mismo sistema de alarmas internas y externas, para el control y monitoreo de estados activos, inactivos o de falla de equipos como: generadores, microondas, BTS, puertas abiertas, equipos de fuerza, sistema de incendios, etc.

Para mayor facilidad, en la Figura III.36 se presenta gráficamente un ejemplo de implementación de dichos sistemas.



a)



b)

Figura III.36 Elementos que conforman el sistema de microonda y radio frecuencia

3.13.1. Selección de la Antena BTS

La selección de la antena BTS es una parte muy importante de la planificación de la red de radio CDMA, y fundamentalmente se basa en requerimientos de cobertura, prioridad de selección de antena y espacio de instalación.

La Tabla III.XIII muestra nuestra recomendación sobre la selección de antena en situaciones típicas del proyecto CDMA.

Tabla III.XIII Parámetro recomendado de antena

Selección de Antena en Situaciones Típicas del Proyecto CNT CDMA					
Banda de operación (MHz)	Tipo de antena	Ganancia (dBi)	Ancho de lóbulo principal 3dB (grados)	Polarización	Downtilt eléctrico (grado)
450	direcciona	37.2	65	polarización dual $\pm 45^\circ$	0

La Figura III.37 muestra los patrones de antena de las típicas antenas direccionales:

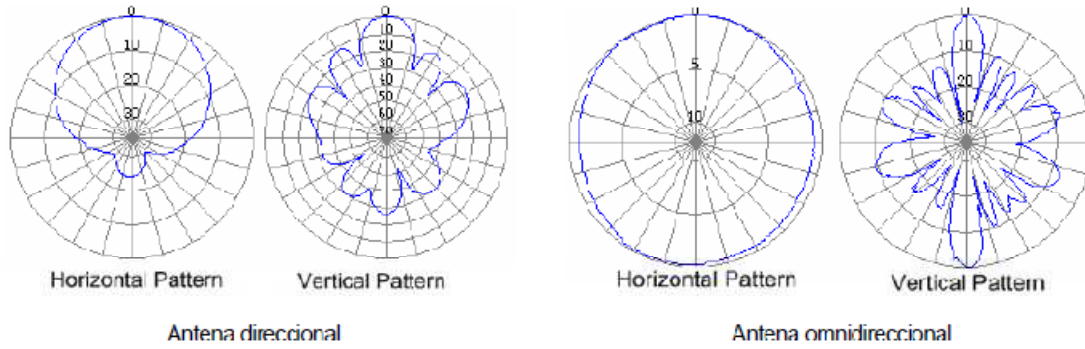


Figura III.37 Patrón Típico de antena

3.13.2. Selección de Antena del Terminal FWT

Los terminales FWT se pueden configurar con dos tipos de antena, una de tipo indoor que permite una ubicación flexible del terminal y provee una ganancia determinada, así como existen antenas exteriores que puede optimizar dramáticamente la cobertura, es decir aumentar la distancia entre el terminal y la estación base garantizando la calidad de la comunicación.

La Tabla III.XIV muestra nuestra recomendación sobre la selección de la antena FWT en situaciones típicas para este proyecto CDMA.

Tabla III.XIV Parámetro recomendado de antena terminal

Banda de operación (MHz)	Tipo de antena	Ganancia (dBi)	Tipo	Longitud de cable (m)
450	direccional	11	Yagi	10
450	omni	2.15	Auto-self	0

Link Budget de la Red de Radio

Los parametros del link budget del enlace reverso y del enlace directo se presentan en los Anexos B6 y B7.

Para la selección de la BTS de acuerdo a los parámetros de selección antes mencionados hemos escogido:

La BTS3606AC que es una BTS tipo outdoor soporta hasta 3 sectores por gabinete, y puede trabajar en entornos outdoor sin necesidad de cuarto de equipos. Por lo anotado, esta BTS es ideal para lugares con limitado espacio.

Esta selección se realizó de acuerdo al lugar por características climatológicas y de acceso al terreno.

3.13.3. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA BTS PROPUESTA:

La MACRO BTS3606AC outdoor, soporta aire acondicionado incluido en el gabinete, ideal para zonas de calor intenso. Además, provee radiador de calor para zonas menos calientes, baterías y soporte para el sistema de transmisión de microonda.

Soporta también hasta 9 sectores-carrier, y voltajes de alimentación de 220V, 230V y 240V, y también es compatible con sistemas de 110 V AC, 115V AC y 127V AC una fase y tri-fásicos. La BTS3606AC puede ser instalada en diferentes tipos de ambientes y campos electromagnéticos complejos pues cumple el estándar de seguridad IP55.

- Eficiencia en el Amplificador de potencia (High PA - Power Amplifier) y bajo consumo de potencia: la eficiencia del amplificador de potencia (PA) de las BTS. Con esta característica (High PA efficiency), las BTS pueden ahorrar hasta un 40% de costos por consumo de potencia.
- La BTS adopta un amplificador de potencia altamente lineal y un filtro integrado de alto desempeño. Este diseño de hardware garantiza la construcción de sistemas co-sitio. Esta característica permite ahorrar en cuarto de equipos, troncales E1 de transmisión, y permite una rápida instalación.
- Mediante la tecnología patentada “intelligent software phase lock technology” y con los osciladores de cristal integrados de alta precisión, se mejora la estabilidad del reloj, lo cual permite que la BTS siga operando varias horas después de haber perdido la señal de satélite. Esta característica asegura su operación en casos de emergencia..
- La BTS soporta un networking flexible, que incluye ATM sobre E1/T1, microonda, satélite, IP sobre E1/T1, FE.

La configuración de las BTS se resume a continuación, Tabla III.XV:

Tabla III.XV Clasificación de las BTS NUEVAS 3606AC

BTS (450MHz)	E1 para A bis por BTS	TRX por BTS	CE Hardware por BTS	CE Software por BTS
BTS3606AC S111 para 1X	1	3	256	110

Dimensión Física de la BTS

La dimensión física de las diferentes BTS propuestas por HUAWEI se presenta en la Tabla III.XVI.

Tabla III.XVI Dimensión física de la BTS

Gabinete BTS3606AC	1400mm x 700mm x 800mm
--------------------	------------------------

La presión mínima del piso del cuarto de equipos no debe ser menor a 400KG/ m².

A continuación se encuentran los componentes q necesita la BTS3606AC outdoor.

3.13.3.1. Sistema de alimentación

A continuación se describen las características principales de cada uno de los componentes de la solución.

a. Rectificadores

Se han configurado cuatro modelos de rectificadores:

- Emerson PS48300
- PSU-EPW30

A continuación se describen las características técnicas de cada uno de los modelos especificados.

- **Emerson PS48300**

Este rectificador es de tipo modular y permite la instalación de 10 módulos rectificadores de 30 A cada uno, por lo tanto la capacidad máxima de este rectificador es de 300A. El equipo cuenta con un módulo de control modelo M500D, con un procesador incluido y con un display para configuración y visualización de alarmas.

- **PSU - EPW30**

La BTS en su versión AC, cuenta una unidad de rectificación incorporada, formada por una unidad controladora y una capacidad modular de hasta tres módulos de rectificación de alta frecuencia de 30A cada uno. Adicionalmente cuenta con las protecciones correspondientes a la entrada de AC.

b. Bancos de Baterías Outdoor de 150Ah

Para los bancos de baterías de los sitios outdoor, se han configurado bancos de baterías de 150Ah, conformados por baterías de 12VDC marca Narada. Tienen un tiempo de vida útil de al menos 10 años. deberán ser instalados en el gabinete de el cual cuenta con el compartimiento para instalación de baterías. (Figura III.38).



Figura III.38 Baterías de 12VDC utilización outdoor

c. Protecciones

Emerson SPD Clase B Serie VT

Es un supresor de transientes Clase B protector de transientes de sobre voltaje, está configurado junto a la entrada AC de los sitios se ha configurado el rectificador EPW30-48 A, en todos los sitios outdoor. En la figura a continuación se muestra el esquema de conexión de un SPD Clase B conectado en serie.

3.13.3.2. Fwt (fixed wireless terminal)

A continuación se presenta un resumen de las características de las terminales para abonados.

ETS2052



Figura III.39 Terminal ETS2052

Servicio de voz

El terminal HUAWEI ETS2052 (Figura III.39) cumple el protocolo CDMA2000 1X y la tecnología CDMA y tiene las siguientes características:

- Conversación clara, baja tasa de caída de llamadas, gran privacidad, baja radiación electromagnética, etc.
- Requiere de una baja inversión y ofrece una alta tasa de retorno en áreas remotas de población esparcida;
- Ofrece servicios de voz de alta calidad, servicios de datos, PC fax, incrementando el ARPU del operador.

3.13.4. COSTOS REFERENCIALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED CDMA 450.

Para la realización del presupuesto necesario para el diseño de la red CDMA450 propuesta, se analizan: costos de equipos y elementos, costos de instalación y configuración, y el costo de mano de obra.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED CDMA 450.

En este proyecto se presenta una proforma de precios de la infraestructura facilitada por HUAWIE TECHNOLOGIESECUADOR, donde se detallan los siguientes aspectos:

- Precios de los equipos donde están incluidos BBS (Base Station System), PDS (Packed Data System), M2000 (Sistema de Gestión), Antenas y Alimentadores, y Repuestos.
- Precios del transporte y seguros internacionales y locales de los equipos.
- Precios del servicio de entrenamiento para el manejo de los equipos y servicios profesionales.
- Los precios de los servicios profesionales de optimización de red de RF y de mantenimiento anual del sistema CDMA450 son opcionales.

A continuación se detalla los precios de cada uno de los equipos y elementos antes mencionados. (Ver Tabla III.XVII). Ver Anexo B8.

Tabla III.XVII Precios Del Sistema Cdma450-WLL

ITEM	PRECIO(USD)
BSS(Base Station System)	157.922,47
PDS (Packet Data System)	213.572,33
M2000 (Sistema de Gestión)	61.940,52
Miscellaneous for CDMA (Antenas, feeders, etc)	5.558,20
Spare Parts	10.064,75
Precio Total de Equipos	449.058,27
ITEM	PRECIO(USD)
Transporte y seguros internacionales	11.934,50
Transporte y seguros nacionales	47.737,99
Transporte y seguros locales	2.486,35
Total Equipos sin IVA	511.217,11
ITEM	PRECIO(USD)
Training	23.400,00
Service	71.998,50
RF planning Professional Service	9.198,00
Total de servicios sin IVA	104.596,50
PRECIO TOTAL BIENES Y SERVICIOS sin IVA.	1.064.871,88
Opcional (preacios sin IVA.)	PRECIO(USD)
Servicios Profesionales de Optimización de RF	13.308,00
Mantenimiento anual del sistema CDMA	101.182,82

CAPÍTULO IV

Este capítulo contiene todo el resultado arrojado por el simulador Radio Mobile en base a los parámetros de diseño ya establecidos en el tercer capítulo y a los datos de levantamiento del terreno.

Con las simulaciones se obtiene el comportamiento de las antenas, datos de transmisión y recepción, características de la señal y se realiza la estimación de la cobertura.

Por medio de las pruebas se determina la factibilidad de nuestra propuesta de solución ante la falta de comunicación en Iztizñag y sus alrededores.

PRUEBAS DE DISEÑO

4.1. LEVANTAMIENTO DE PARÁMETROS PARA SIMULACIÓN

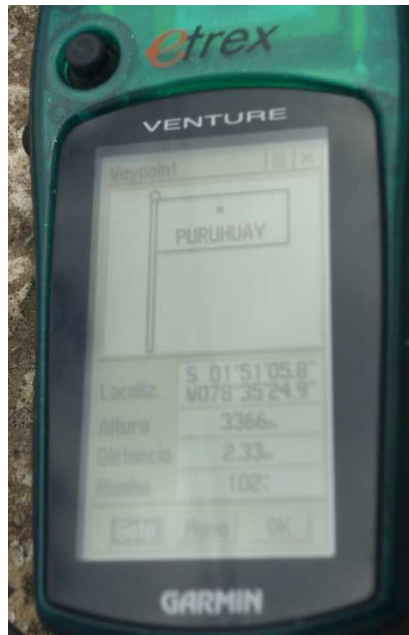


Figura IV.40 Levantamiento de coordenadas geográficas en la Loma Puruhuay mediante GPS

Después de realizar un levantamiento en el sector a intervenir se determinan las siguientes coordenadas geográficas (Figura IV.40):

Los resultados se muestran en la Tabla IV.XVIII.

Tabla IV.XVIII Ubicación de la BTS en Puruhuay

UBICACIÓN BTS EN EL SECTOR A INTERVENIR	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
Puruhuay	01° 51' 5.8'' S	78° 35' 24,9'' W	3363 m

4.2. PUERTA DE ACCESO A LA RED CNT EP

Se determino que la Mira va a ser la repetidora a través de la cual podremos salir a la red CNT para brindar el servicio de telecomunicaciones. La Tabla IV.XIX muestra la ubicación de la repetidora la Mira.

Tabla IV.XIX Ubicación de la repetidora la Mira

	CNT		
LOCALIDAD	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm
LA MIRA	01° 30' 33" S	78° 34' 57" W	3855

Se tiene las siguientes consideraciones:

- La transmisión directa entre la BTS con la red CNT EP se debe realizar haciendo un radioenlace conectando la BTS a ubicarse en la Loma Puruhuay y la repetidora en La Mira, donde existe línea de vista total entre las dos localidades.
- El enlace de microondas se lo realizará entre los equipos de transmisión y recepción ubicados en las lomas especificadas anteriormente utilizando frecuencias de 450MHz a 470 MHz.
- En la loma Puruhuay se ubicarán tanto el equipo para el enlace de microondas con su respectiva antena y el equipo destinado para CDMA450 con su respectiva antena.
- Para el usuario final se considera un teléfono móvil que trabaja en la frecuencia de 450 MHz.
- Se utiliza el simulador Radio Mobile 10, para probar la propuesta de diseño.

4.2.1. ENLACE PURUHUAY-LA MIRA

Este enlace sirve para que la BTS Puruhuay salga a la red CNT y pueda satisfacer el servicio de comunicación, objetivo primordial del estudio.

Los Parámetros del enlace de red Puruhuay-la Mira son:

Frecuencia Mínima= 450 MHz

Frecuencia Máxima= 470 MHz

Polarización horizontal

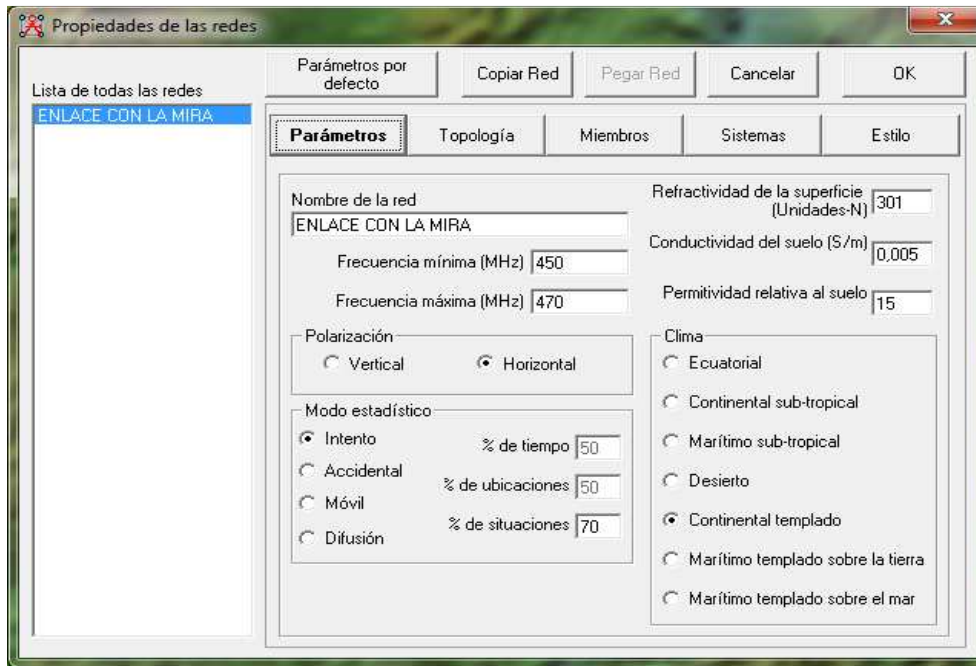


Figura IV.41 Propiedades de la red. Parámetros

En la Figura IV.41 indica la asignación de los parámetros establecidos; el nombre del enlace de acceso a la red CNT que en este caso es “ENLACE CON LA MIRA” y por otro lado ingresamos el rango de frecuencia en las que trabaja la tecnología CDMA 450

Selección de miembros de la red.

Puruhuay= repetidor; La mira= repetidor; Móviles=subordinados

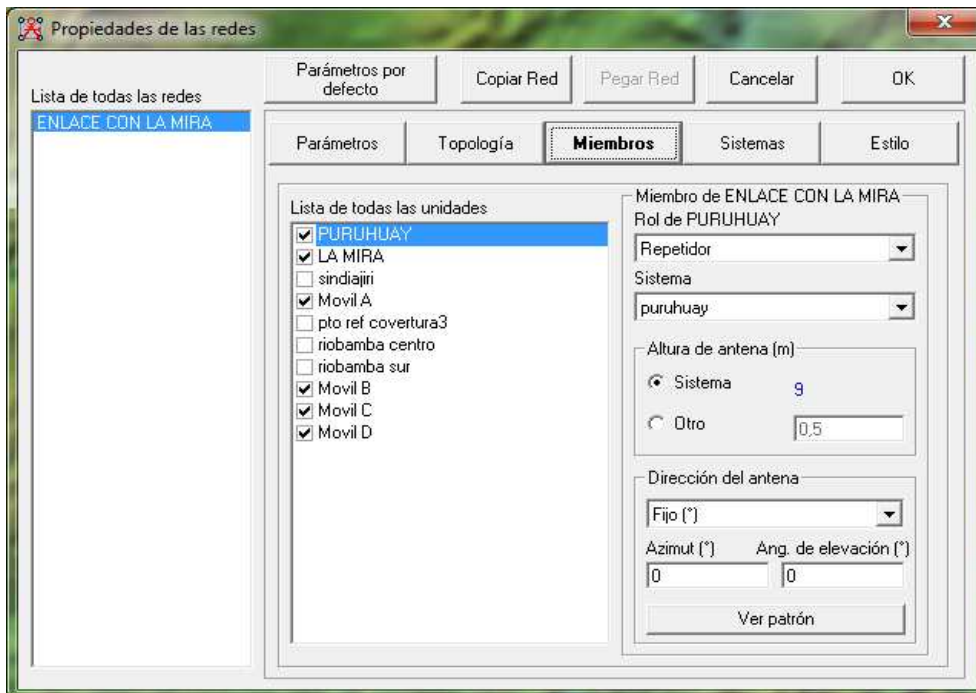


Figura IV.42 Propiedades de la red. Miembros

En la Figura IV.42 se determina los miembros de la red y su modo de operación ya sea control, repetidor o subordinado. Puruhuay y la mira como repetidora y la estación de control BSC en Quito y los móviles A, B, C y D representan a las terminales fijas, estas son subordinados.

Selección de la topología:

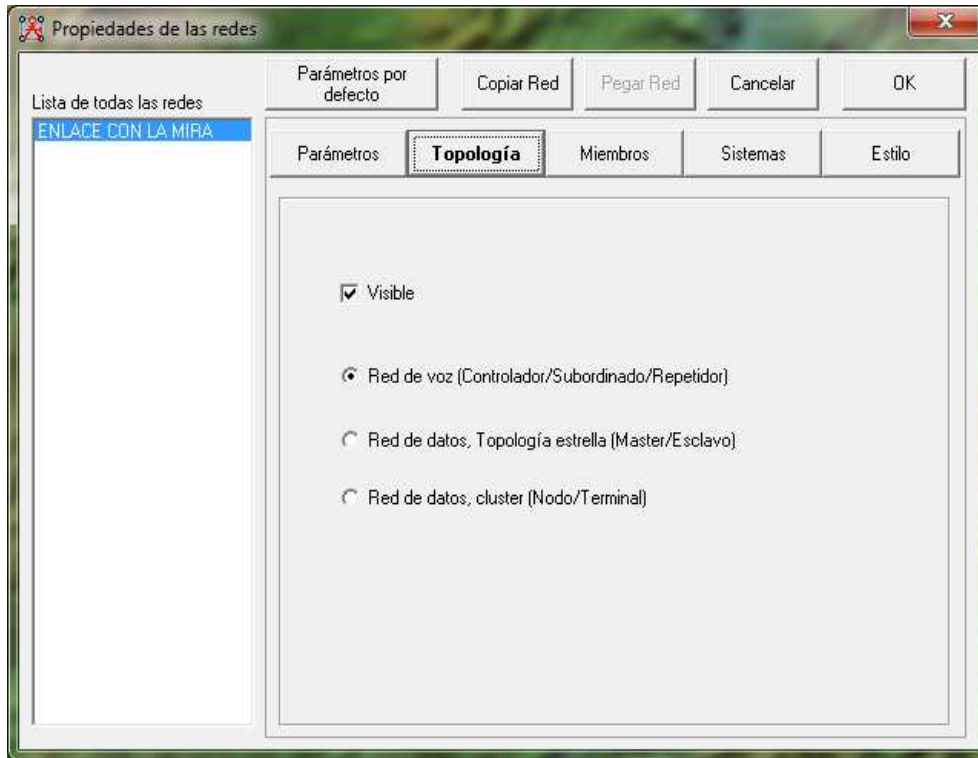


Figura IV.43 Topología

Se selecciona la red de voz puesto que el proyecto usa CDMA 450 x1, diseñado para voz (Figura IV.43) debido a que se dejara una pequeña porción del diez por ciento para datos.

Especificaciones técnicas en La Mira:

En la Figura IV.44 se observa todas las especificaciones técnicas de la antena en la repetidora la Mira.

La Mira tendrá una potencia de transmisión de 25,4 dBm para comunicarse con Puruhuay, -85,5 dBm como umbral de recepción, pérdidas establecidas por los medios de transmisión de 2,7dB.

La antena a usarse en este caso es direccional debido a que este enlace es para la comunicación específica con Puruhuay. Ver Figura IV.45.

La ganancia de la antena es de 37,2 dBi y una altura estimada de 5 metros es suficiente debido al perfil geográfico de ambos puntos.

Estas características son las mismas para el caso del sistema de la antena direcciva en Puruhuay.

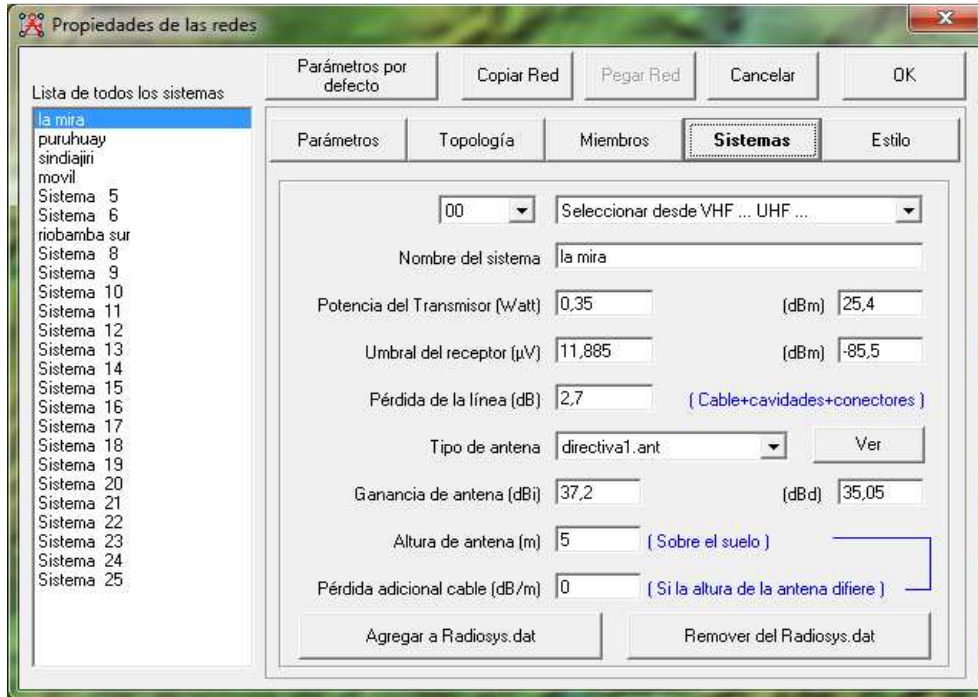


Figura IV.44 Especificaciones técnicas de la Mira

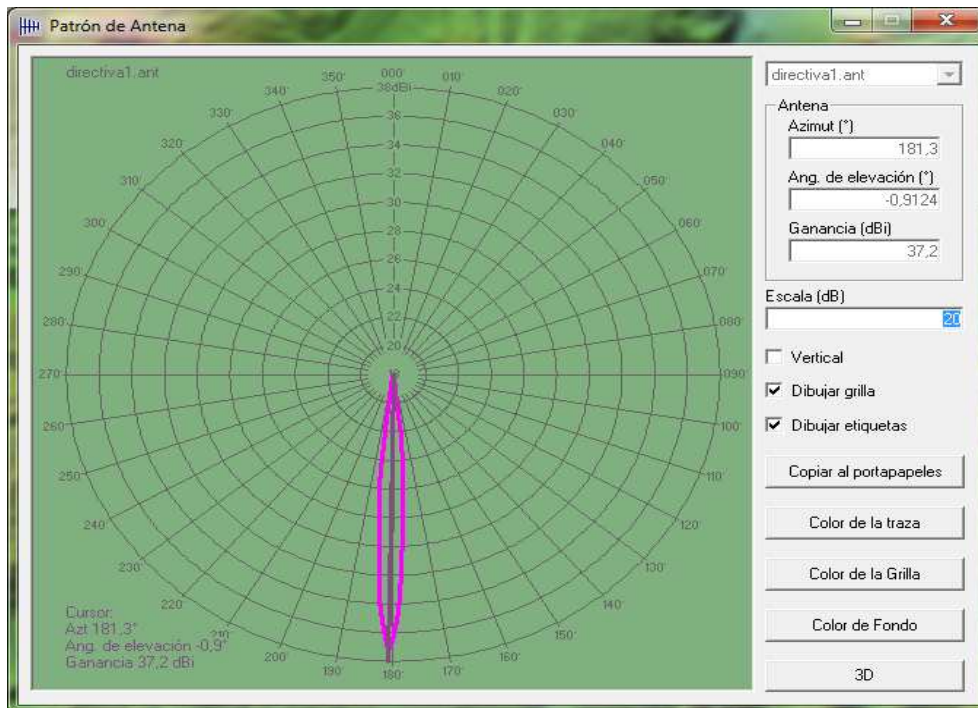
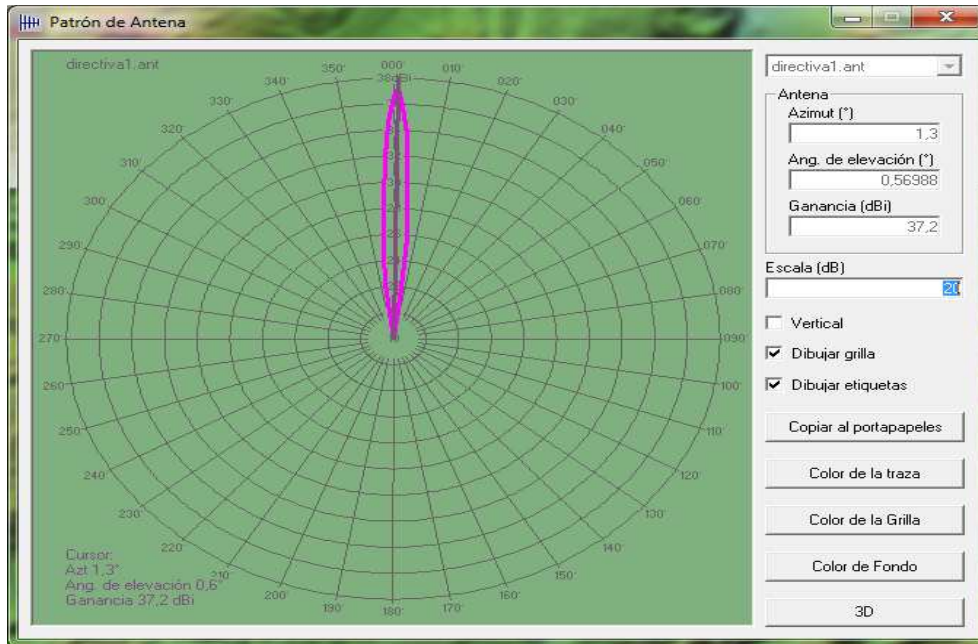


Figura IV.45 Antena de la Mira

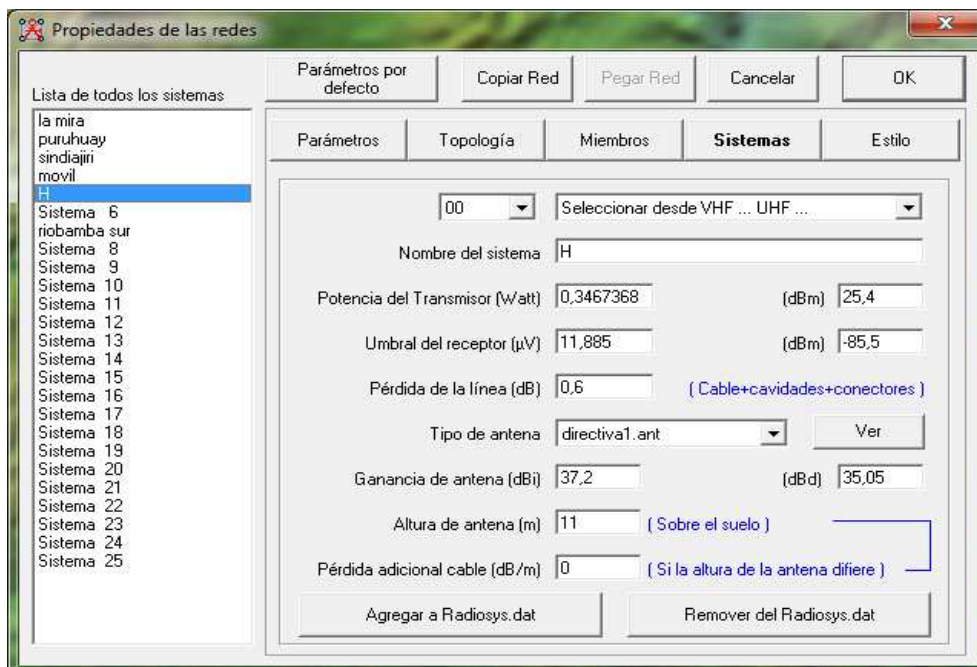
Especificaciones técnicas en PURUHUAY

Antena directiva para la comunicación con la repetidora la Mira.



a)

Especificación del Sistema en Puruhuay.



b)

Figura IV.46 Especificaciones técnicas de Puruhuay

Como ya se mencionó el sistema para la antena directiva denominado sistema H, en este punto tiene las mismas características técnicas que la de la Mira.

El sistema Puruhuay en cuanto a la antena sectorial de 120 grados que es la que se usará tendrá una potencia de transmisión de 21.5 dBm para comunicarse con los terminales FWT, -123.7 dBm como umbral de recepción, perdidas establecidas por los medios de transmisión de 1.53dB. Ver Figura IV.46.

La antena a usarse en este caso es sectorial como muestra el diagrama de irradiación de la Figura IV.47 debido a que Puruhuay será la repetidora. La ganancia de la antena es de 15 dBi y una altura estimada de 11 metros es suficiente para la comunicación.

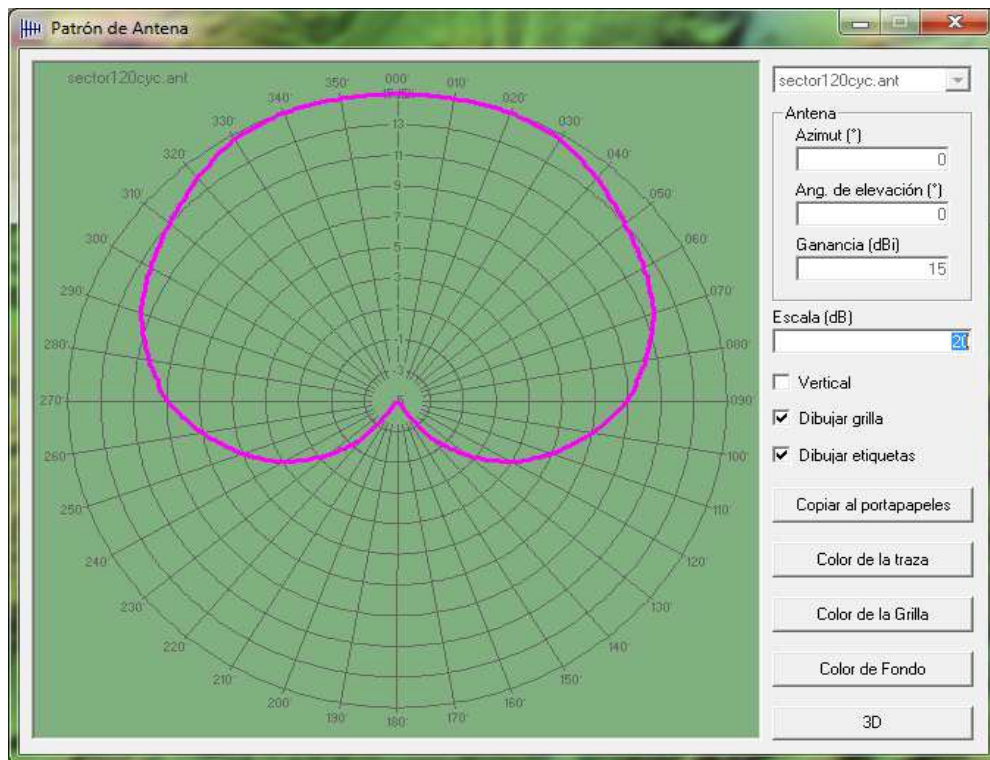


Figura IV.47 Antena de Puruhuay

Especificaciones técnicas en los Terminales

Los terminales que vienen a representar el punto final es decir en la ubicación del abonado tendrán las siguientes especificaciones técnicas: potencia de transmisión de 27 dBm para comunicarse con la Puruhuay, -118 dBm como umbral de recepción, pérdidas establecidas por los medios de transmisión de 2dB. Ver Figura IV.48.

La antena a usarse en este caso es omnidireccional como muestra el diagrama de irradiación de la Figura IV.49 debido a que se encontrará ubicado en diferentes posiciones según la ubicación de la vivienda del abonado y tendrá que comunicarse con el lóbulo de cobertura de la antena sectorial de Puruhuay.

La ganancia de la antena es de 11 dBi y una altura estimada de 1 metro referenciales debido a la infraestructura de las viviendas de una planta más el tamaño de la antena de ser necesario.

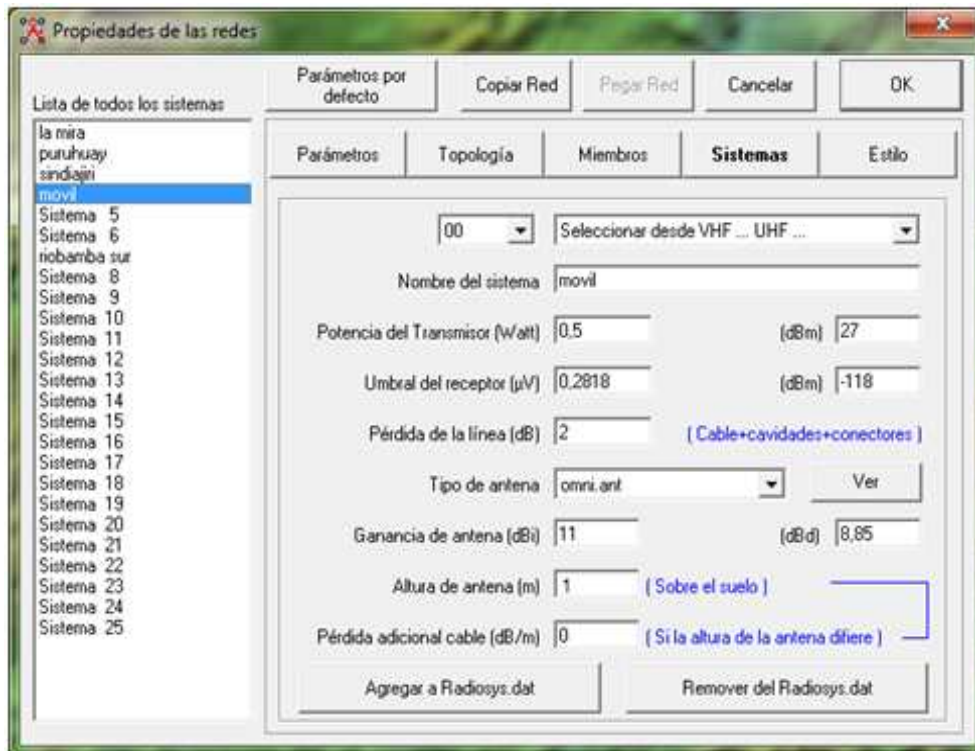
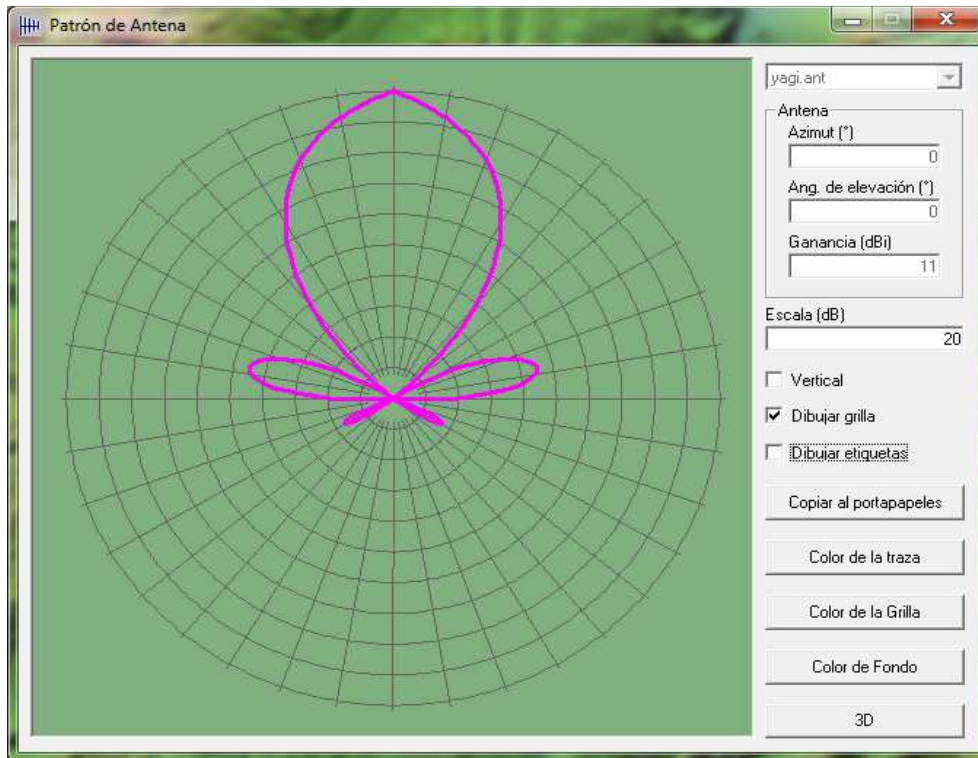
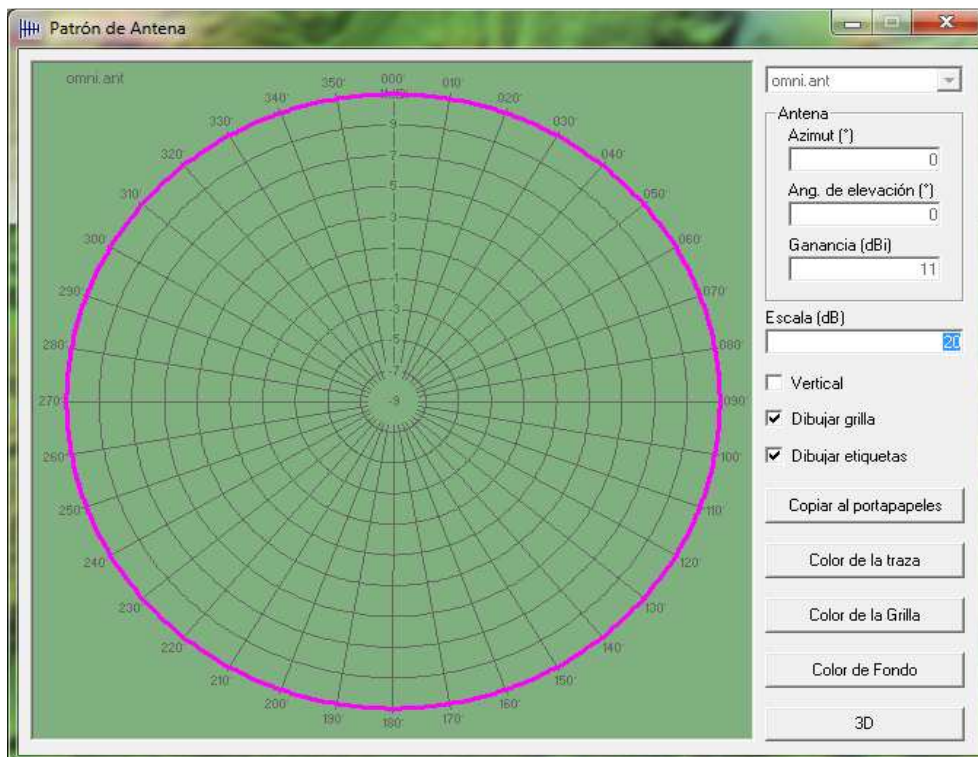


Figura IV.48 Especificaciones técnicas de móvil



a)



b)

Figura IV.49 a) Antena del terminal de 11 dB; b) Antena del terminal de 2.15 dB

4.2.2. ENLACE LA MIRA-PURUHUAY.

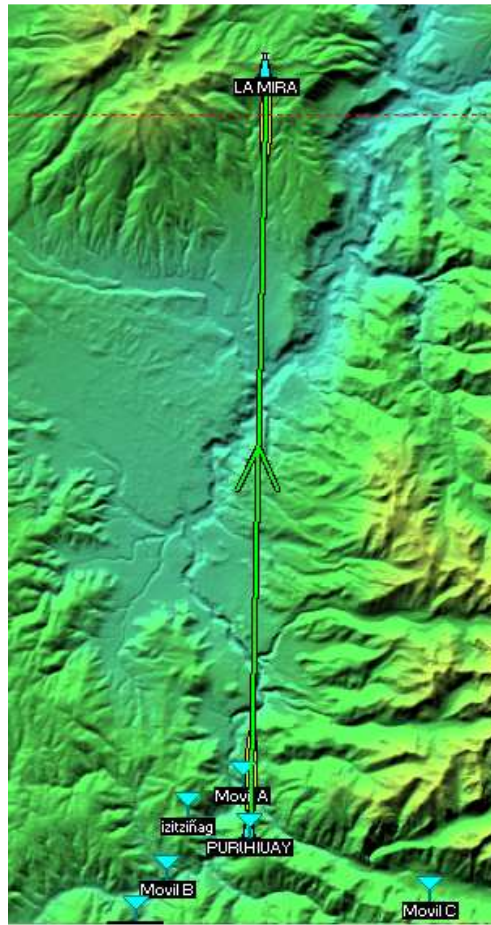


Figura IV.50 Enlace la Mira – Puruhuay

Mediante un enlace vía microondas desde los dos cerros, se puede observar en la Figura IV.50 que no existe pérdidas debido a la no obstrucción geográfica en los puntos de enlace, es por esto que la antena a colocarse en Puruhuay estará a una altura de 20 metros para evitar que las pérdidas de cualquier tipo.

Debido a la posición estratégica de estos cerros, no presentan otro tipo de obstrucción y por lo tanto la potencia del transmisor y el umbral de recepción son válidos.

Para el servicio de voz y datos en la banda de los 450 MHz, se ha empleado dos sistemas distintos, ya que los equipos en las dos localidades no poseen la misma potencia de transmisión, ganancia de la antena ni tampoco el mismo umbral de recepción.

4.3.PRUEBA DE ENLACES

4.3.1. PRUEBA1. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR LA MIRA

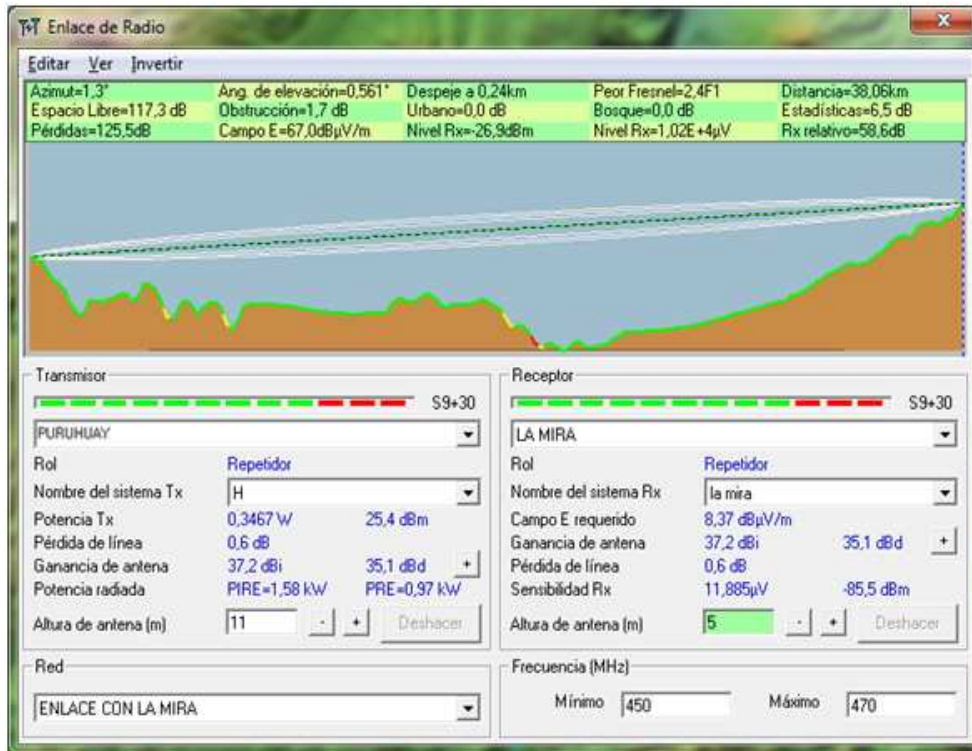


Figura IV.51 Transmisor Puruhuay - Receptor La Mira

Resultado:

El diagrama de perfil de la Figura IV.51 muestra claramente la factibilidad del enlace teniendo en cuenta la línea de vista total y despejada entre las dos localidades a más del nivel de transmisión y recepción existente.

La potencia de recepción de 58.6 dB obtenida en la simulación resulta de la intervención de varios factores.

La potencia de recepción resulta del resultado de la las ganancias y pérdidas sobre la potencia de transmisión, por lo que tenemos:

$$\text{Potencia de recepción} = \text{potencia total} + \text{ganancia de antena Tx} + \text{ganancia de antena Rx} - \text{pérdidas de cable} - \text{pérdidas de conectores} - \text{pérdidas del medio (obstrucción y espacio libre)}$$

La potencia total es de 25.4dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 37.2dBi

Ganancia de la antena Rx= 37.2Bi

Pérdidas por obstrucción igual a 1.7 dB correspondientes a factores varios de pérdidas y bosque.

Pérdidas de espacio libre iguales a 117.3 dB correspondientes al medio.

El despeje es de 0.24 Km lo que significa que después de dicha distancia se tiene completamente despejado el medio geográfico.

Se obtiene un total de pérdidas de línea de 1.2 dB entre el enlace punto a punto Puruhuay-la Mira.

La potencia de recepción es de 58.6 dB resultado de haber realizado la operación antes mencionada y diferenciar con la sensibilidad de recepción que es de -85.5 dBm; si el resultado fuera un valor negativo dicho valor representa la no factibilidad del enlace bajo las condiciones de diseño especificadas, aunque este no es el caso.

La Figura IV.52 muestra la distribución de la señal en base a lo antes mencionado.

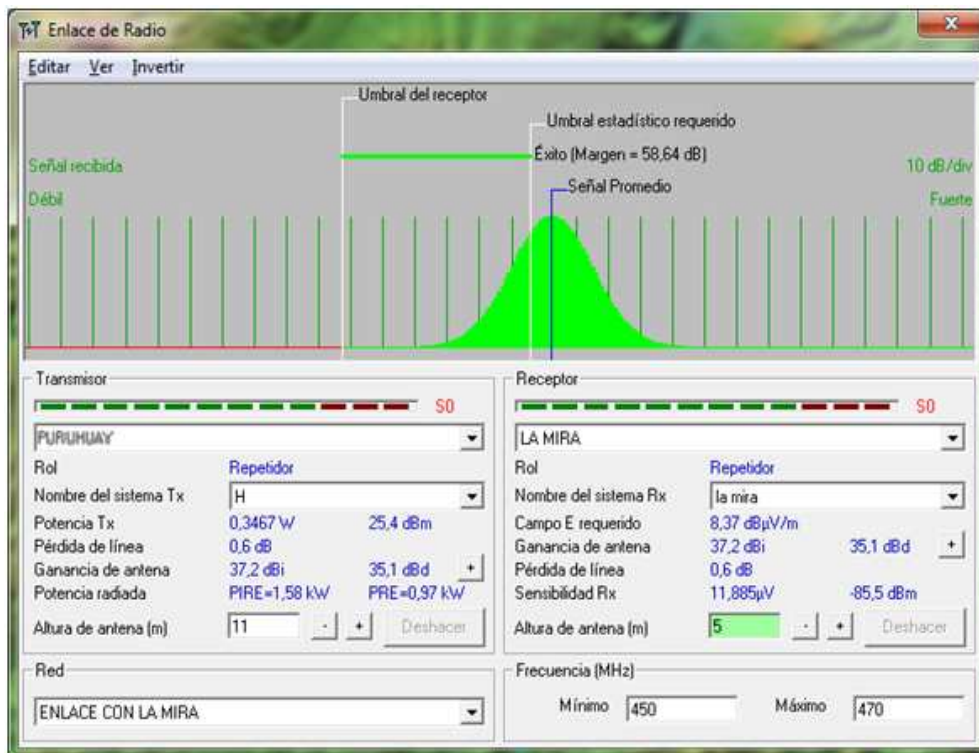


Figura IV.52 Distribución de la señal Puruhuay-la Mira

4.3.2. PRUEBA2. TRANSMISOR LA MIRA - RECEPTOR PURUHUAY

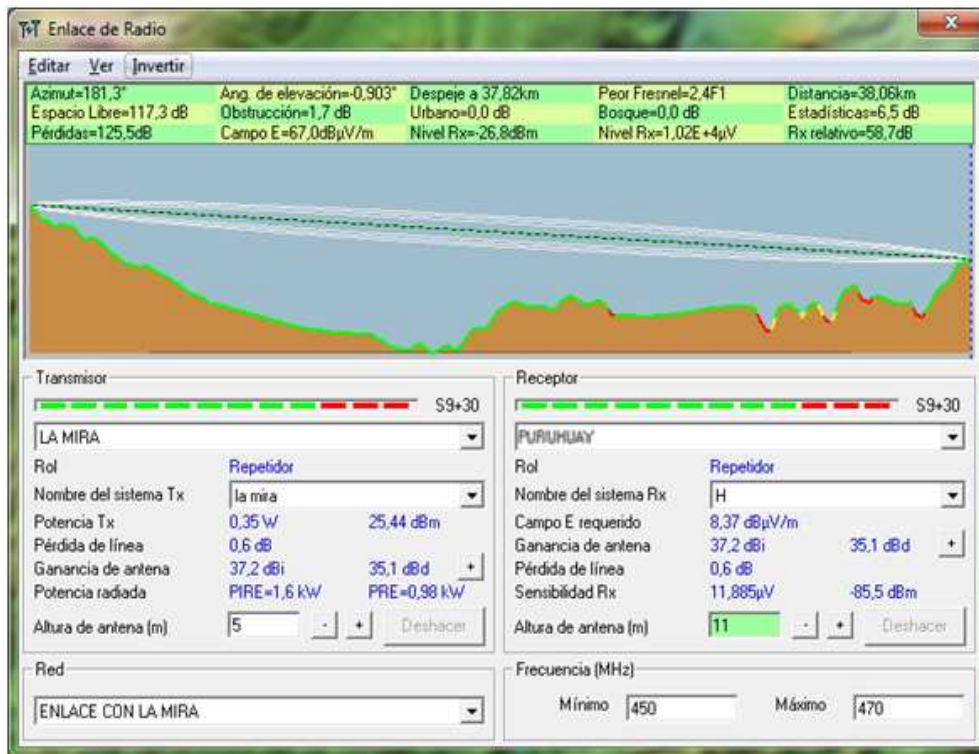


Figura IV.53 Transmisor la Mira - Receptor Puruhuay

Resultado:

El diagrama de perfil de la Figura IV.53 muestra al igual que en la Prueba 1, la factibilidad del enlace teniendo en cuenta la línea de vista total y despejada entre las dos localidades a más del nivel de transmisión y recepción existente.

La potencia de recepción es de 58.7 dB obtenida en la simulación, igual que en la Prueba anterior detallamos a continuación los factores que intervienen en ese resultado.

$$\text{Potencia de recepción} = \text{potencia total} + \text{ganancia de antena Tx} + \text{ganancia de antena Rx} - \text{pérdidas de cable} - \text{pérdidas de conectores} - \text{pérdidas del medio}$$

La potencia total es de 25.44dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 37.2dBi

Ganancia de la antena Rx= 37.2dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 1.7 dB correspondientes a factores varios de pérdidas y bosque.

Pérdidas de espacio libre iguales a 117.3 dB correspondientes al medio.

El despeje es de 37.82 Km lo que significa que después de dicha distancia tenemos completamente despejado el medio geográfico.

Se tiene un total de pérdidas de línea de 1.2 dB la Mira y Puruhuay.

La potencia de recepción es de 58.7 dB resultado de haber realizado la operación antes mencionada y diferenciar con la sensibilidad de recepción que es de -85.5 dBm; si el resultado fuera un valor negativo dicho valor representa la no factibilidad del enlace bajo las condiciones de diseño especificadas, aunque este no es el caso.

La Figura IV.54 muestra la distribución de la señal en base a lo antes mencionado.

Las pérdidas por obstrucción son las mismas debido a las mismas condiciones geográficas en el sistema transmisor Puruhuay-receptor la Mira lo mismo sucede con los niveles de recepción.

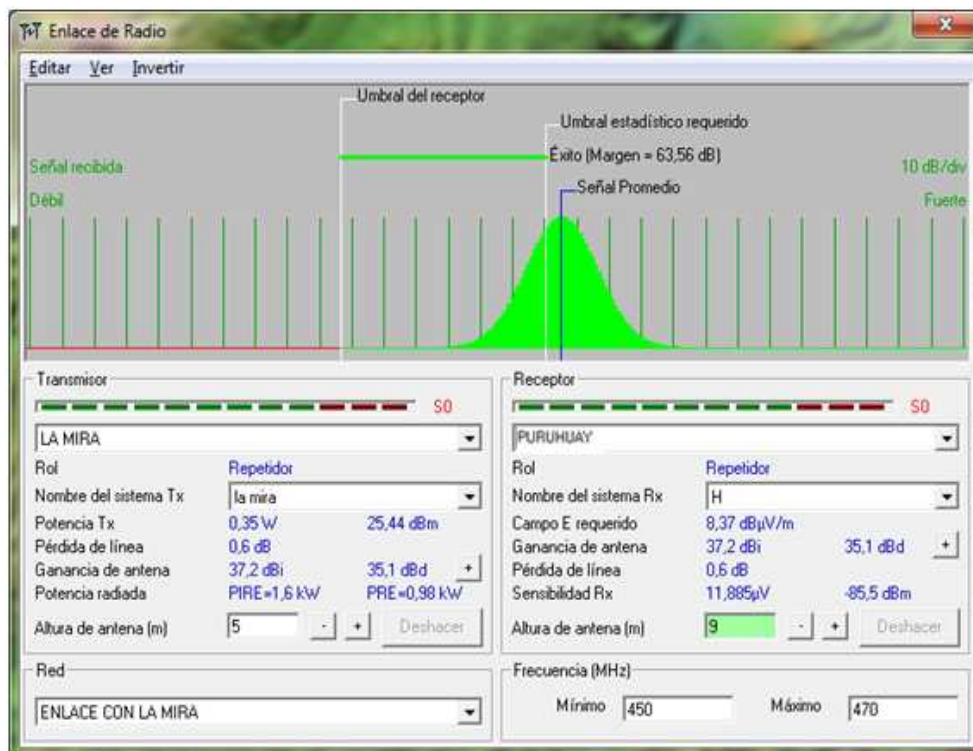


Figura IV.54 Distribución de la señal la Mira-Puruhuay

4.3.3. PRUEBA3. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL A

La prueba3 consiste en una simulación de la comunicación entre Puruhuay y un terminal llamado en simulación móvil A y ubicado en la parroquia Pungalá sector Pungalapamba en el Parque Central; el diagrama de perfil de la Figura IV.55 muestra un enlace de comunicación óptimo para esa localidad.

La potencia de recepción para este caso es de 14.3 dB.

Potencia de recepción = potencia total + ganancia de antena Tx + ganancia de antena Rx – pérdidas de cable – pérdidas de conectores – pérdidas del medio

La potencia total es de 21.54dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 15dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 47.0 dB correspondientes a factores varios de pérdidas y bosque.

Pérdidas de espacio libre iguales a 94.1 dB correspondientes al medio.

Se encuentra una pequeña obstrucción a 0.41 Km antes de un despeje completo pero la comunicación no se ve afectada.

Se obtiene un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay y Móvil A.

La sensibilidad de recepción es de -118 dBm.

La potencia de recepción es de 14.3 dB.

La Figura IV.56 muestra la distribución de la señal en base a lo antes mencionado.

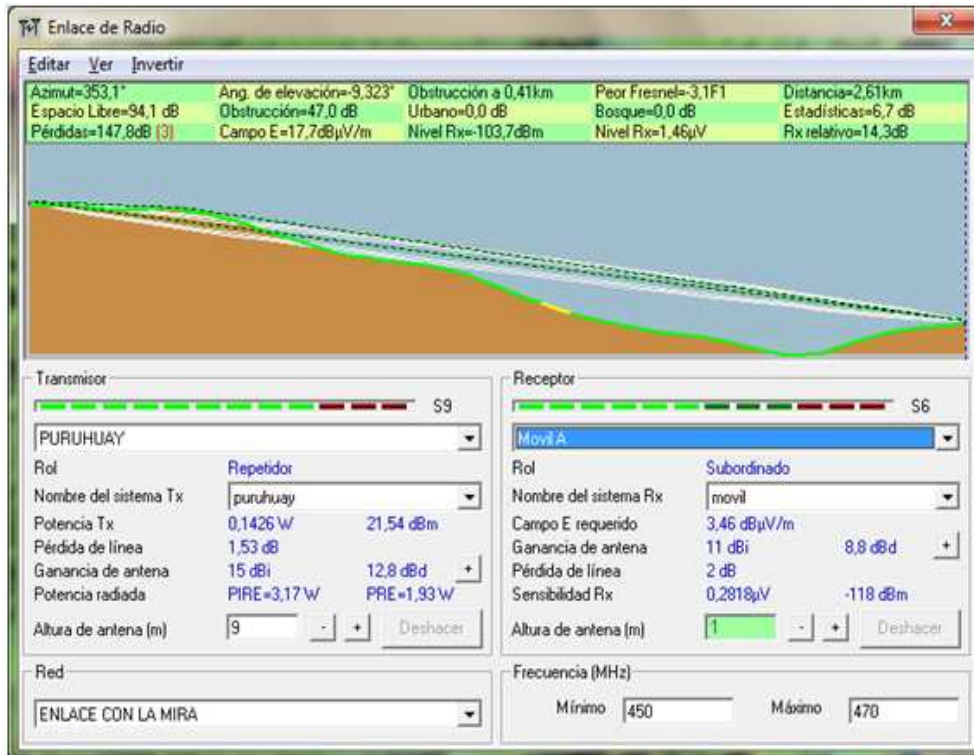


Figura IV.55 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil A

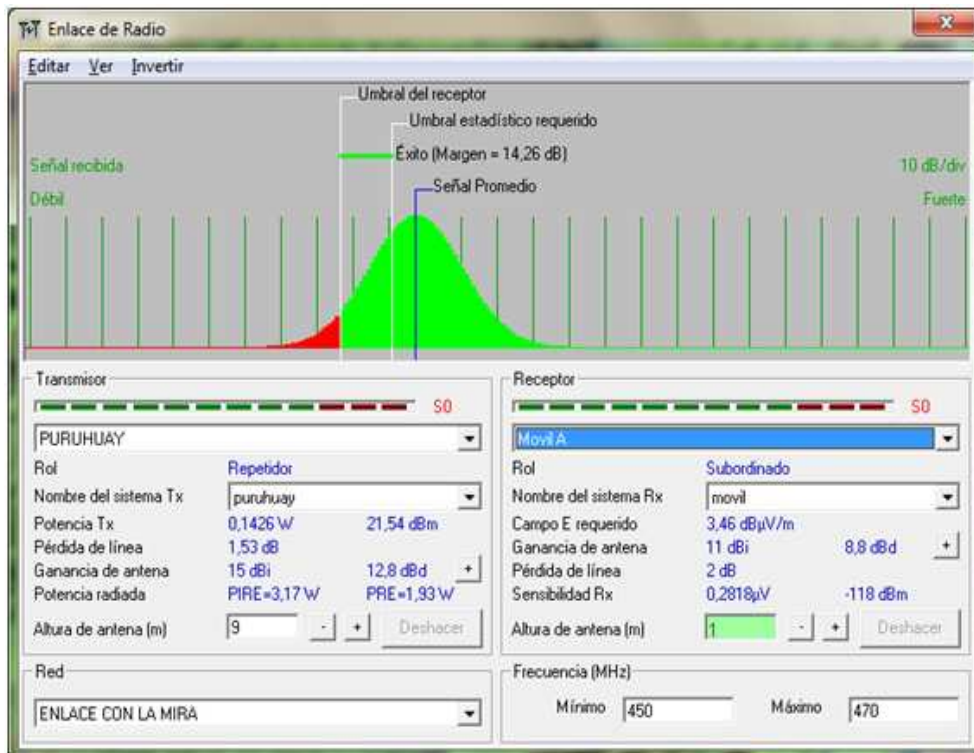


Figura IV.56 Distribución de la señal la Puruhuay-Móvil A

4.3.4. PRUEBA4. TRANSMISOR MÓVIL A- RECEPTOR PURUHUAY

Esta prueba detalla el enlace reverse de la prueba3 como muestra el diagrama de perfil de la Figura IV.57.

La potencia de recepción para este caso es de 25.4.

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 15dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 47 dB.

Pérdidas de espacio libre iguales a 94.1 dB.

Se observa una obstrucción a 2.2 Km sin incidencia en la señal.

Se obtiene un total de pérdidas de línea de 3.53 dB.

La sensibilidad de recepción que es de -123.68 dBm.

La potencia de recepción es de 25.4 dB.

La Figura IV.58 muestra la distribución de la señal en base a lo antes mencionado.

Los niveles de recepción cambian a 25.4dB dando un diferencia de 11.1 dB con respecto a la prueba3.

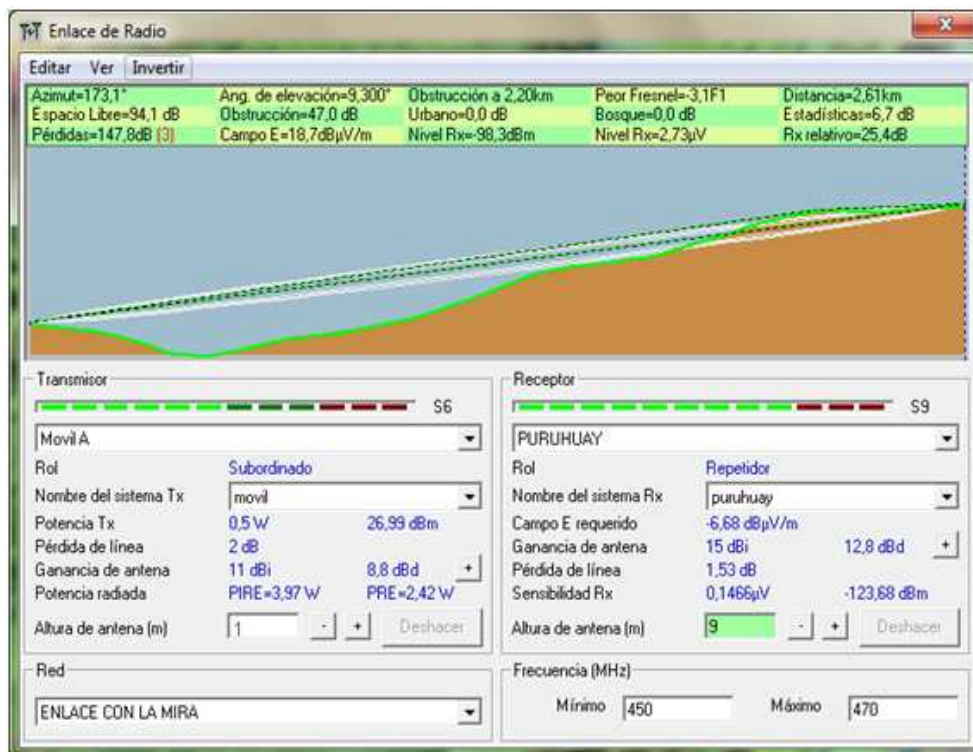


Figura IV.57 Transmisor Móvil A- Receptor Puruhuay

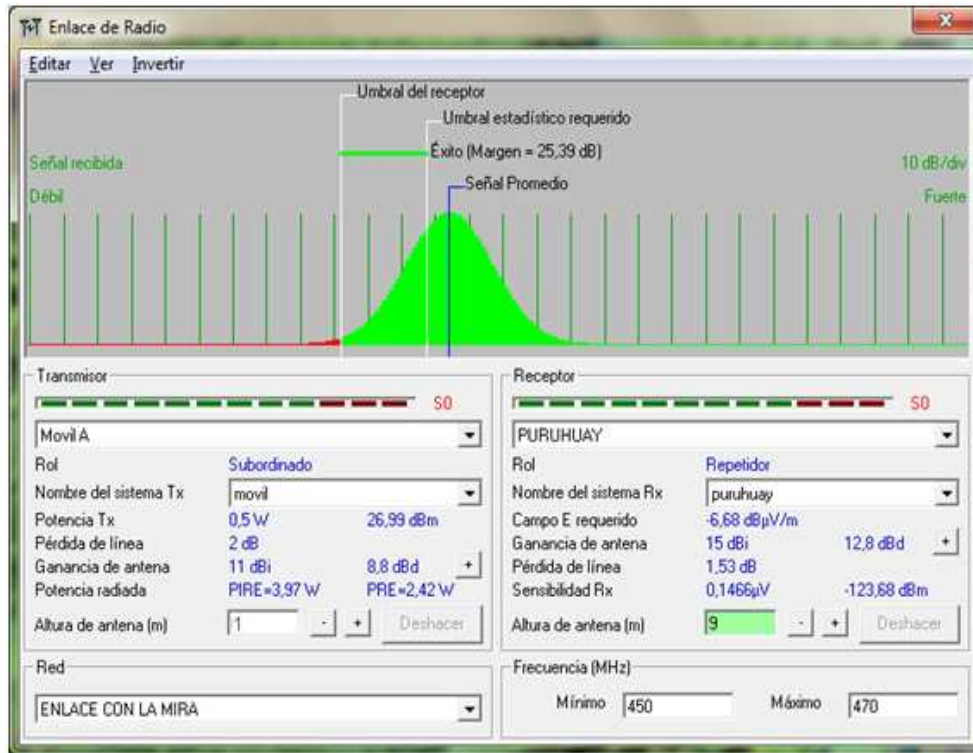


Figura IV.58 Distribución de señal Móvil A-Puruhuay

4.3.5. PRUEBA5. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL B

La prueba5 consiste en una simulación de la comunicación desde Puruhuay y un terminal llamado Móvil B en la simulación y ubicado en la parroquia de Flores sector Cecel Grande en la Escuela Libertad; el diagrama de perfil de la Figura IV.59 muestra también un enlace de comunicación óptimo para esa localidad.

La potencia de recepción es de 18.7 dB.

La potencia total es de 21.54dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 4.2dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 26.9 dB correspondientes a factores varios de pérdidas y bosque.

Pérdidas de espacio libre iguales a 99 dB correspondientes al medio.

Se encuentra una pequeña obstrucción a 3 Km antes de un despeje completo sin incidencia en la comunicación.

Se tiene un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay y Móvil B.

La sensibilidad de recepción es de -118 dBm.

La potencia de recepción es de 18.7 dB.

La Figura IV.60 muestra la distribución de la señal de la prueba 5.

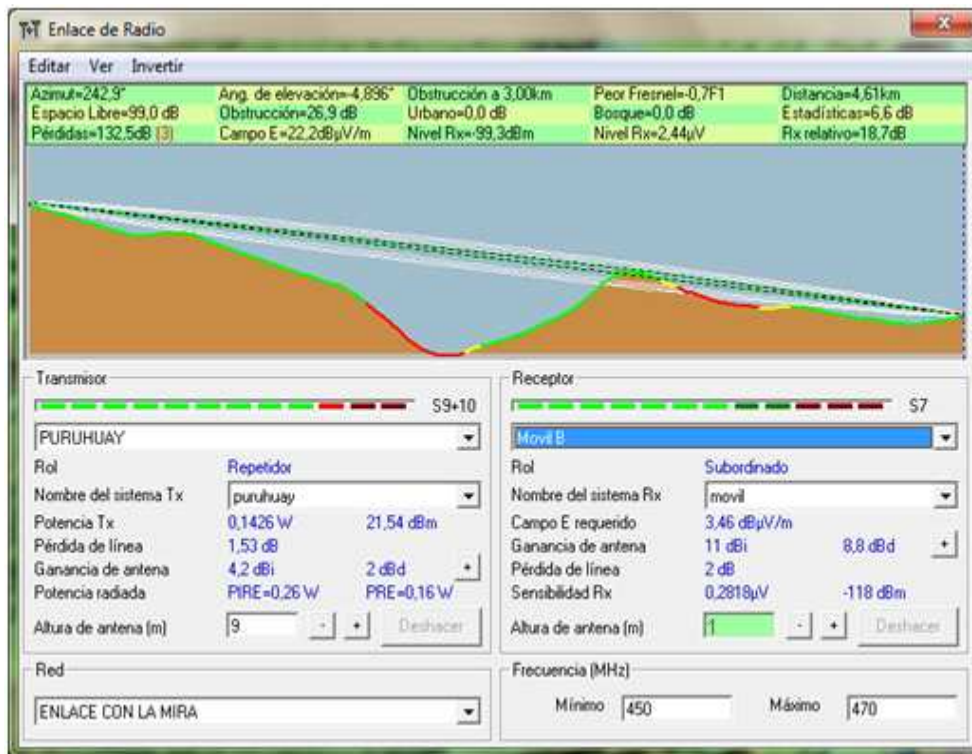


Figura IV.59 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil B

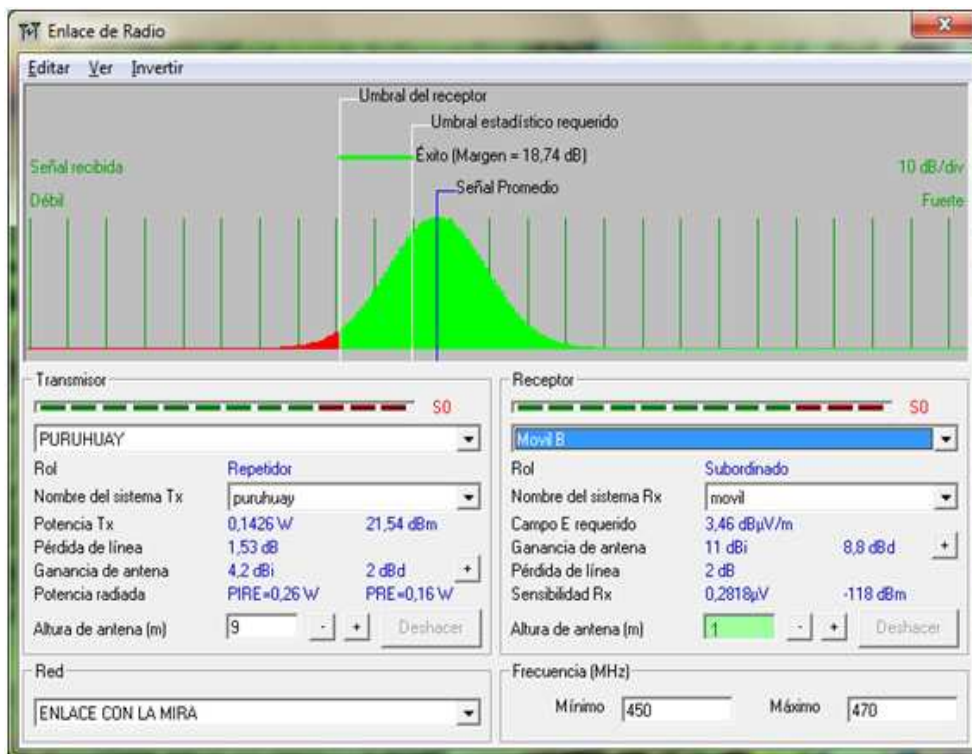


Figura IV.60 Distribución de señal Puruhuay-Móvil B

4.3.6. PRUEBA6. TRANSMISOR MÓVIL B - RECEPTOR PURUHUAY

Esta prueba detalla el enlace reverse de la prueba5 como muestra el diagrama de perfil de la Figura IV.61.

La potencia de recepción para este caso es de 29.9 dB.

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 4.2dBi

Pérdidas por obstrucción iguales a 26.9 dB.

Pérdidas de espacio libre iguales a 99 dB.

Se observa una obstrucción a 1.62 Km sin incidencia en la señal.

Se tiene un total de pérdidas de línea de 3.53 dB.

La sensibilidad de recepción que es de -123.68 dBm.

Por lo que la potencia de recepción es de 29.9 dB.

La Figura IV.62 muestra la distribución de la señal en base a lo antes mencionado.

Los niveles de recepción cambian a 29.9dB dando un diferencia de 11.2 dB con respecto a la prueba5.

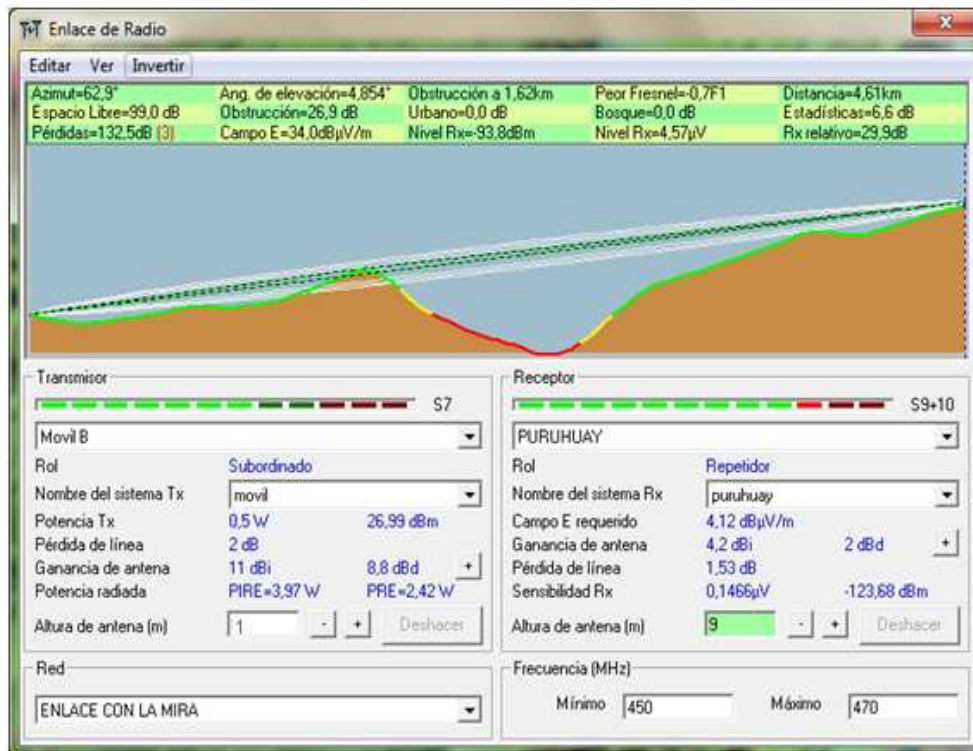


Figura IV.61 Transmisor Móvil B - Receptor Puruhuay

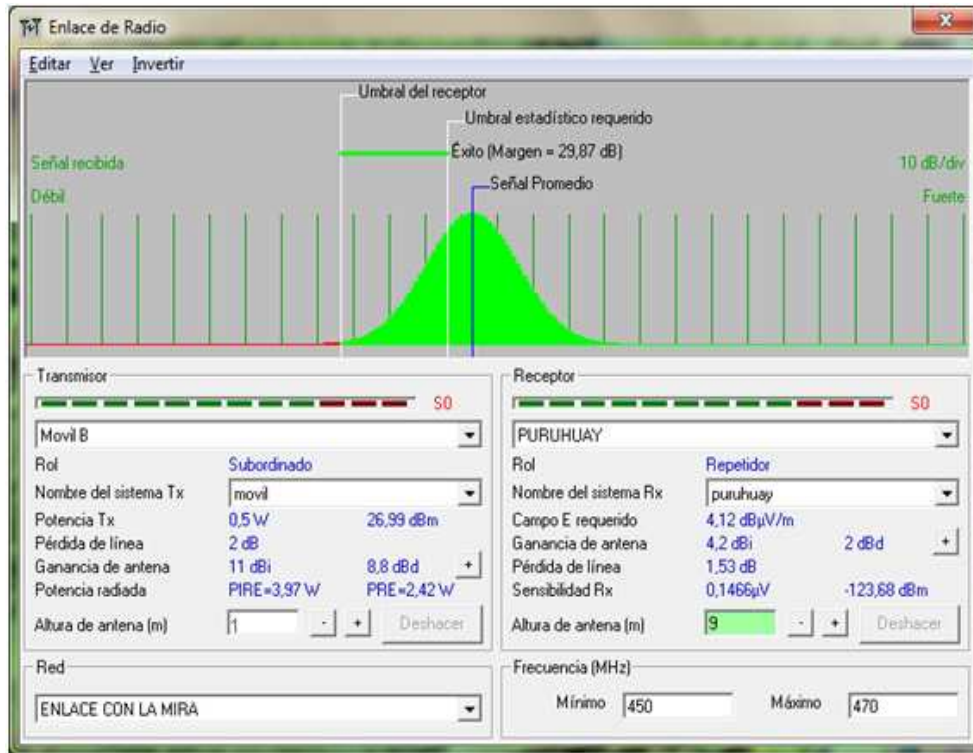


Figura IV.62 Distribución de señal Móvil B-Puruhuay

4.3.7. PRUEBA7. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL C

En esta prueba se simulará la comunicación entre Puruhuay y el terminal llamado Móvil C en la simulación y ubicado en la parroquia de Alao sector San Antonio de Alao en el IESS; el diagrama de perfil de la Figura IV.63 muestra también un enlace de comunicación óptimo para esa localidad.

La potencia de recepción es de 38.1 dB.

La potencia total es de 21.54dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 5.3dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 2.4 dB.

Pérdidas de espacio libre iguales a 105.2 dB correspondientes al medio.

Se puede ver un despeje total a 8.39 Km.

Se tiene un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay y Móvil C.

La sensibilidad de recepción es de -118 dBm.

De manera que la potencia de recepción es de 38.1 dB.

La Figura IV.64 muestra la distribución de la señal de la prueba 7.

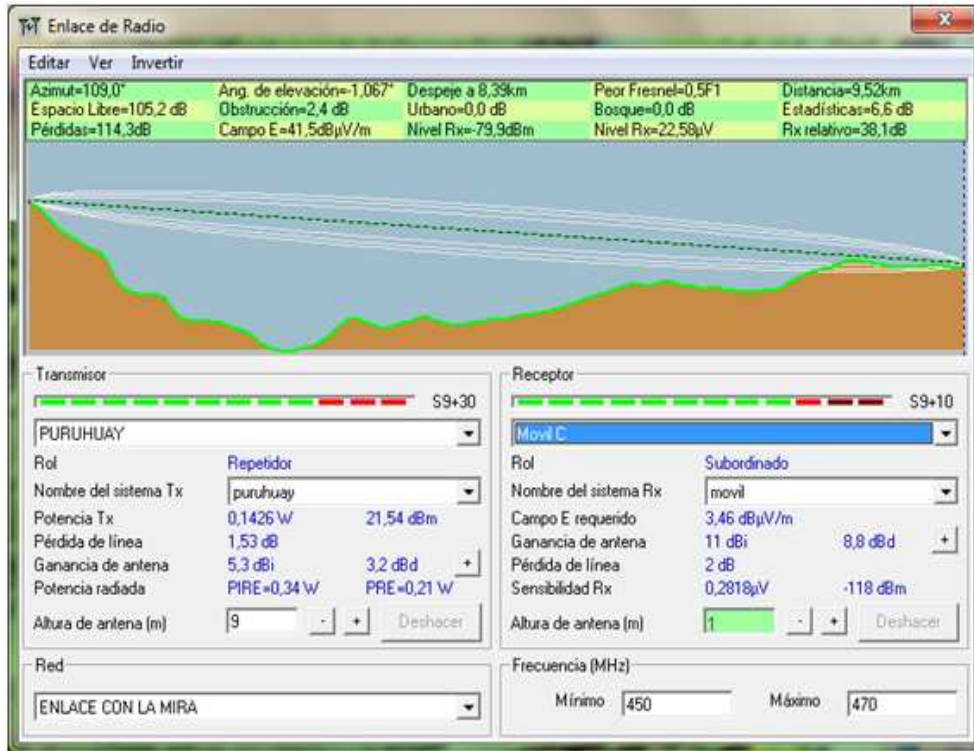


Figura IV.63 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil C

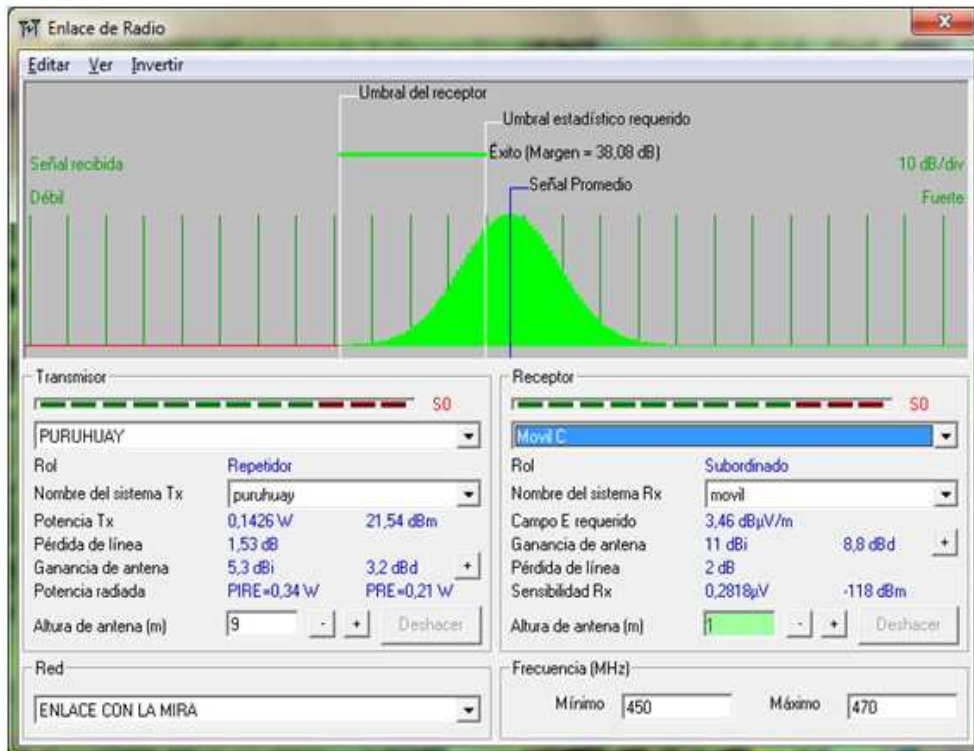


Figura IV.64 Distribución de señal Puruhuay -Móvil C

4.3.8. PRUEBA8. TRANSMISOR MÓVIL C- RECEPTOR PURUHUAY

En esta simulación se tiene el enlace reverso de la prueba7 como muestra el diagrama de perfil de la Figura IV.65.

La potencia de recepción es de 49.2 dB.

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 5.3dBi

Pérdidas por obstrucción iguales a 2.4 dB.

Pérdidas de espacio libre iguales a 105.2 dB.

Tenemos un despeje a 1.13 Km sin incidencia en la señal.

Tenemos un total de pérdidas de línea de 3.53 dB.

La sensibilidad de recepción que es de -123.68 dBm.

Por lo que la potencia de recepción es de 49.2 dB.

La Figura IV.66 muestra la distribución de la señal en base a lo antes mencionado.

Los niveles de recepción cambian a 49.2dB dando un diferencia de 11.1 dB con respecto a la prueba7.



Figura IV.65 Transmisor Móvil C- Receptor Puruhuay

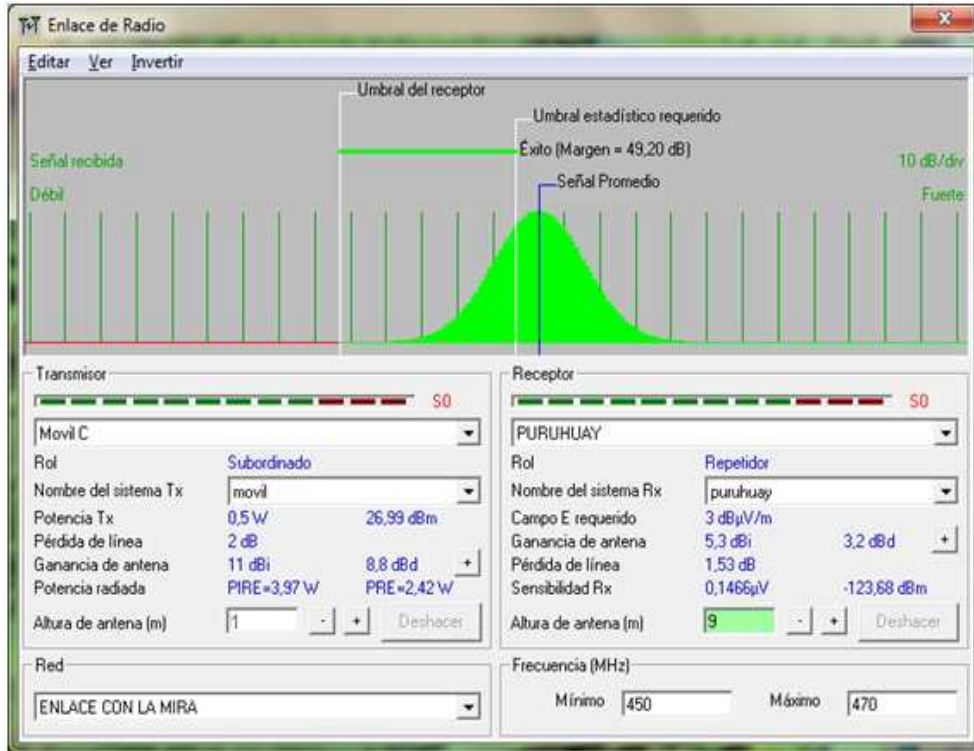


Figura IV.66 Distribución de señal Móvil C –Puruhuay

4.3.9. PRUEBA9. TRANSMISOR PURUHUAY - RECEPTOR MÓVIL D

La prueba9 consiste en una simulación más en base a un terminal denominado en este caso Móvil D ubicado en la parroquia de Cebadas sector San Diego; el diagrama de perfil de la Figura IV.67 muestra también un enlace de comunicación óptimo para esa localidad.

La potencia de recepción es de 40.9 dB.

La potencia total es de 21.54dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 1.9dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 1.2 dB.

Pérdidas de espacio libre iguales a 102.5 dB correspondientes al medio.

Se puede ver un despeje total a 8.39 Km.

Se obtiene un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay y Móvil D.

La sensibilidad de recepción es de -118 dBm.

De manera que la potencia de recepción es de 40.9 dB.

La Figura IV.68 muestra la distribución de la señal de la prueba9.

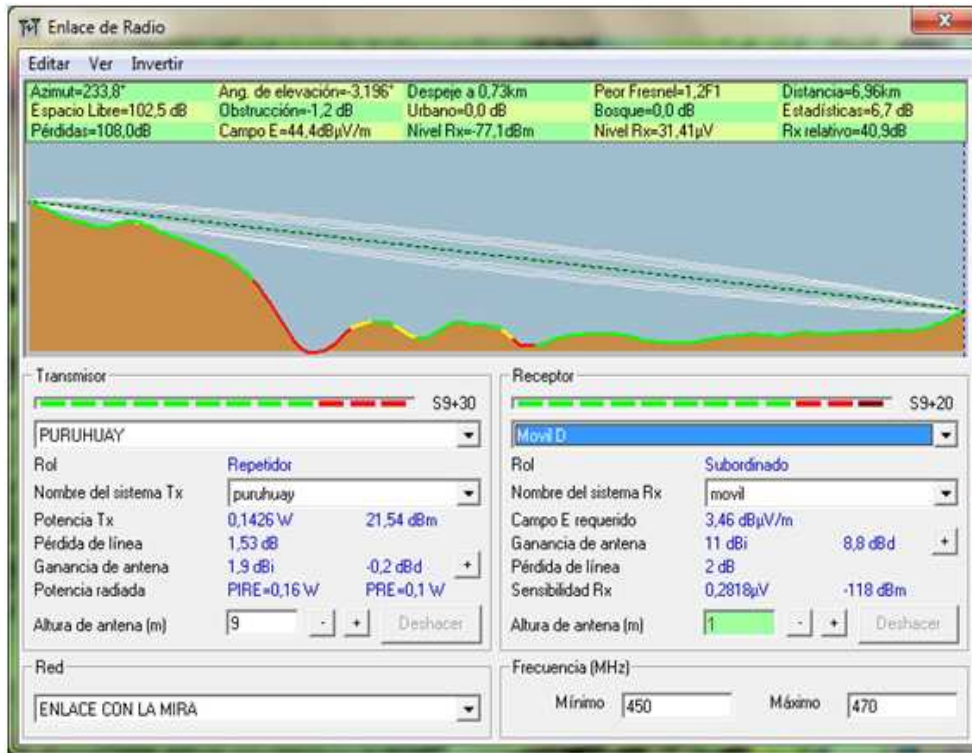


Figura IV.67 Transmisor Puruhuay - Receptor Móvil D

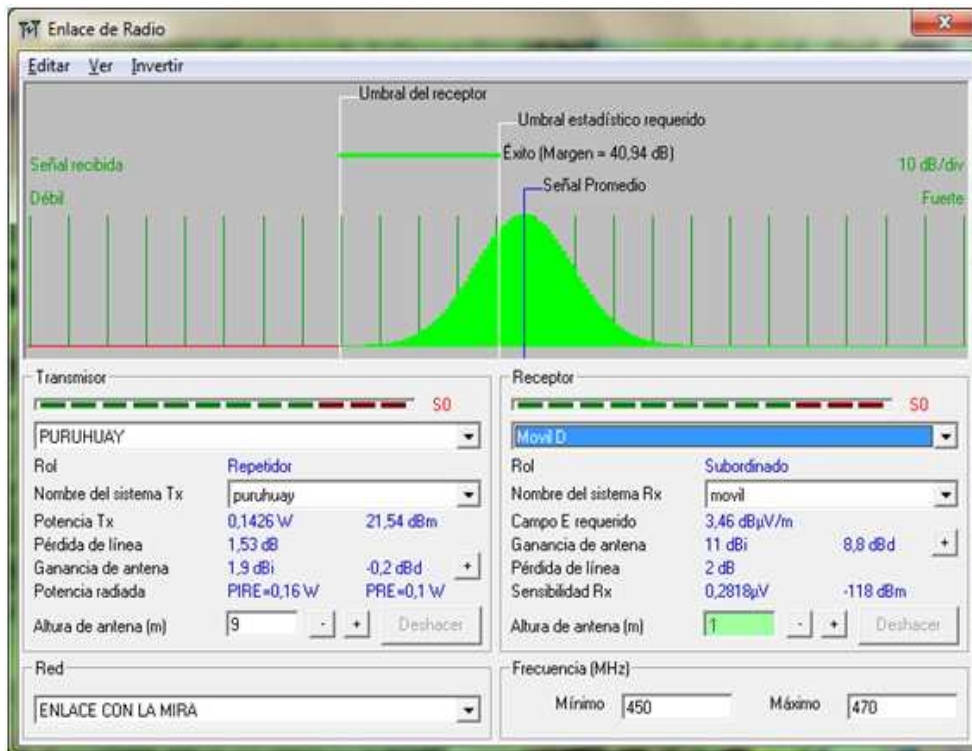


Figura IV.68 Distribución de señal Puruhuay-Móvil D

4.3.10. PRUEBA10. TRANSMISOR MÓVIL D - RECEPTOR PURUHUAY

En esta simulación tenemos el enlace reverso de la prueba9, ver la Figura IV.69.

La potencia de recepción es de 52.1 dB.

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 1.9dBi

Pérdidas por obstrucción iguales a 1.2 dB.

Pérdidas de espacio libre iguales a 102.5 dB.

Se tiene un despeje a 6.23 Km sin incidencia en la señal.

Se obtiene un total de pérdidas de línea de 3.53 dB.

La sensibilidad de recepción que es de -123.68 dBm.

Por lo que la potencia de recepción es de 52.1 dB.

La Figura IV.70 muestra la distribución de la señal en base a lo antes mencionado.

Los niveles de recepción cambian a 52.1dB dando un diferencia de 11.2 dB con respecto a la prueba9.

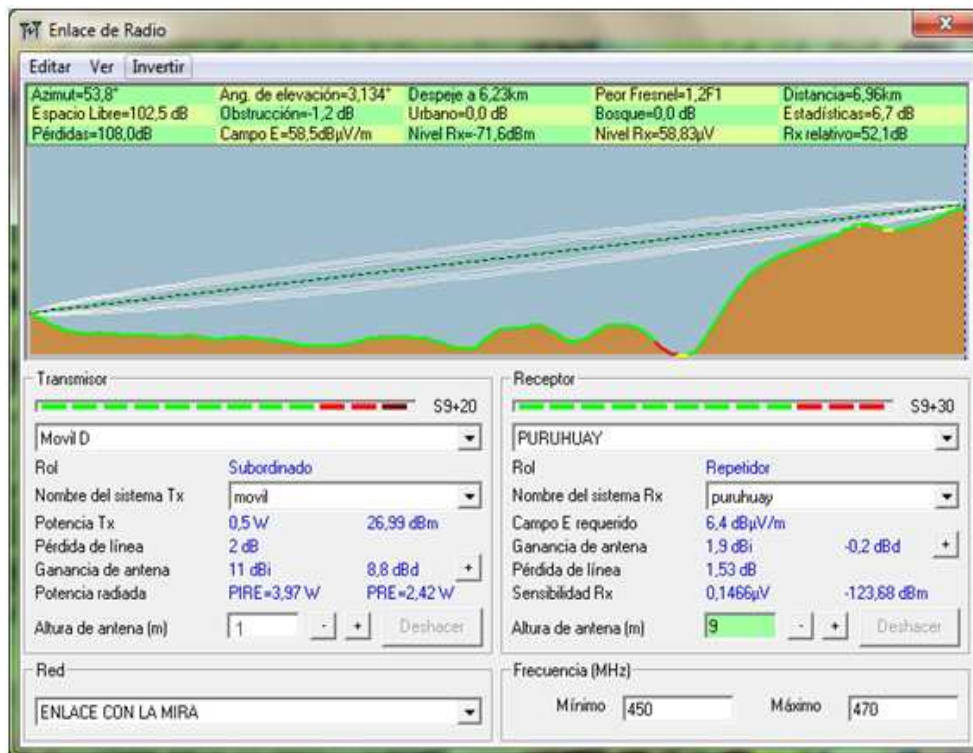


Figura IV.69 Transmisor Móvil D- Receptor Puruhuay

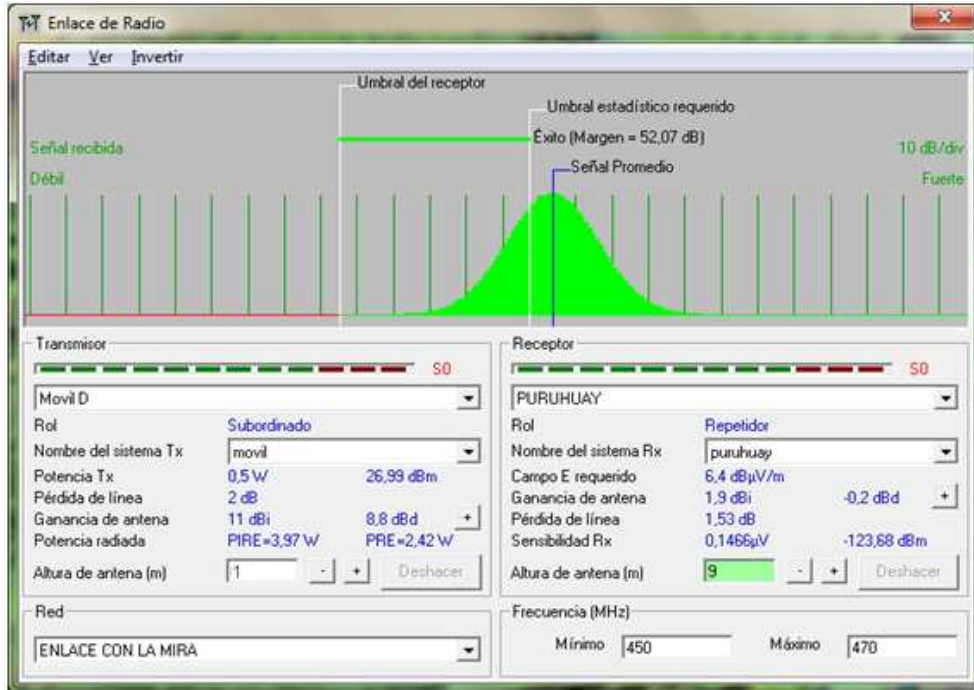


Figura IV.70 Distribución de señal Móvil D –Puruhuay

4.3.11. INTERPRETACIÓN

Las pruebas 1 y 2 dieron lugar a las simulaciones del enlace Puruhuay – La Mira, se determinó que existe buena Tx y Rx tanto en enlace directo como en el reverso; al ser los sistemas de iguales características técnicas como ganancia de las antenas, sensibilidad de recepción y mismo tipo de antena, no existe variación en cuanto a la potencia Rx.

Desde la prueba 3 hasta la prueba 10 se hizo simulaciones de comunicación entre la BTS y los terminales móviles de enlace directo y reverso. La potencia de recepción del enlace reverso es decir desde los terminales hacia la BTS es mayor a la potencia de recepción en enlace directo o desde la BTS a los terminales móviles, esto debido en parte a la sensibilidad de recepción que resulta mayor en los terminales móviles con 5,7 dBm. Todos los escenarios arrojaron resultados positivos en cuanto a la existencia de comunicación entre los puntos de prueba de cada sector y la BTS, existiendo buenas características de propagación con línea de vista directa en las pruebas casi en su totalidad, CDMA tiene excelente capacidad de penetración interior y debido a que la presencia de obstrucción que se mostró en el caso de la simulación 3 para el móvil A, es muy pequeña a medida que no supero la zona de fresnel, las pérdidas tuvieron un pequeño incremento por lo que no existe perdida de enlace.

4.4. COBERTURA

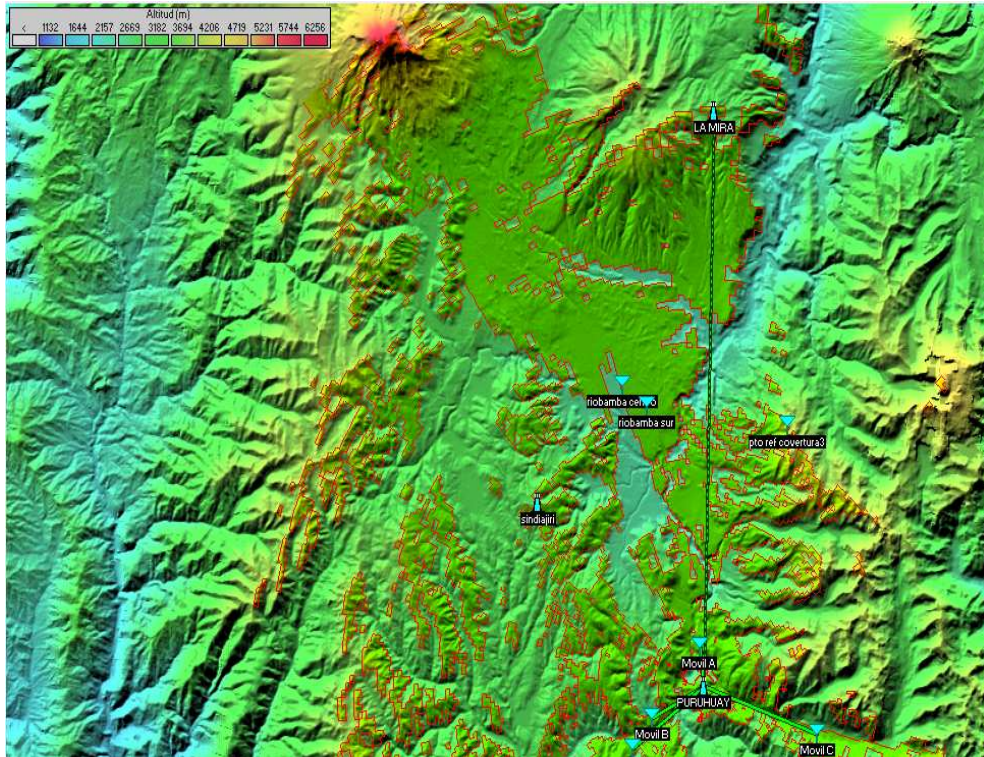


Figura IV.71 Zona geográfica con cobertura

Con ayuda del simulador Radio Mobile10.6.7 se puede ver en la Figura IV.71 como está dispuesta la cobertura sobre la carta geográfica del sector de interés.

En los capítulos anteriores se pudo establecer que en una cobertura rural, en una propagación de largo alcance en condiciones amplias de base y baja densidad con CDMA 450 se puede llegar hasta los 100 kilómetros.

También se estableció que con CDMA se combina los servicios de comunicación inalámbrica CDMA 2000 con cobertura de red asequible con base en la banda de frecuencia 450 MHz; y al utilizar los 450 MHz es la gran propagación de la señal con la utilización de una sola estación base; se calcula que sin ningún tipo de obstáculo una estación base CDMA2000 en los 450 MHz, podría cubrir hasta 80 kilómetros teóricos.

Ahora después de realizar la simulación de la red con los equipos establecidos en el diseño para la zona a intervenir, podemos observar que el alcance máximo que se logró tener es de 50,23 kilómetros teóricos lo que supera lo previsto en un inicio que fue de 50 kilómetros.

En la Figura IV.72 se observa una zona de color amarillo, dicha zona representa cobertura de nuestra red; establecemos un punto referencial de cobertura sobre el resultado de la simulación realizada para poder determinar la distancia a un punto umbral, ver la Figura IV.73.

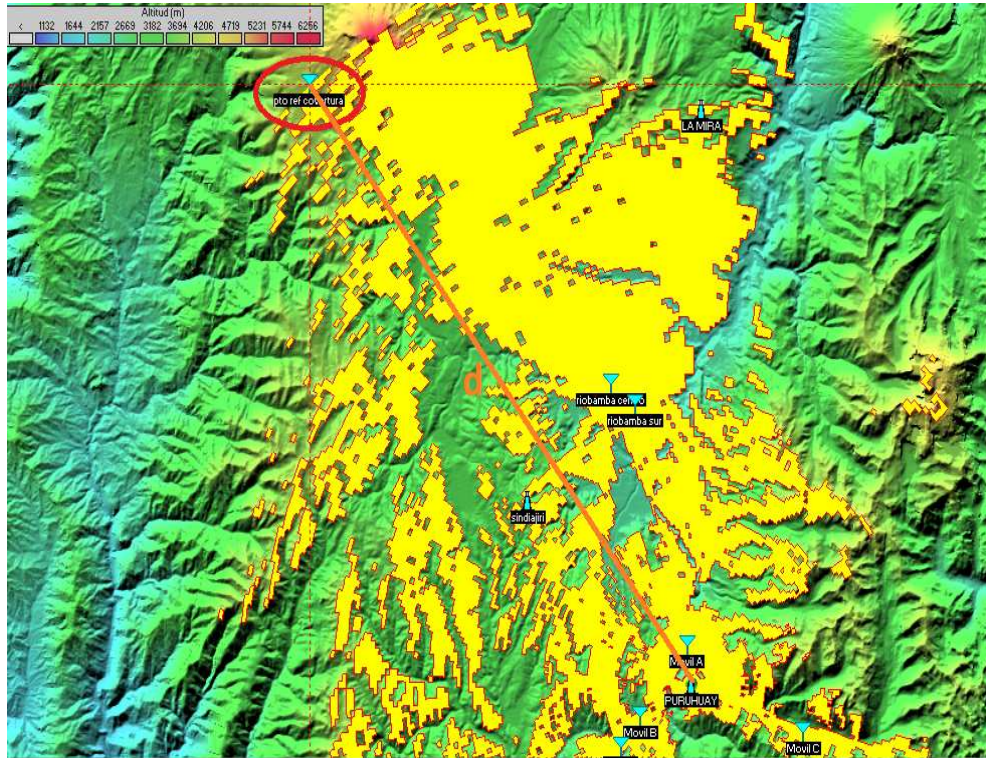


Figura IV.72 Punto referencial uno de alcance de cobertura

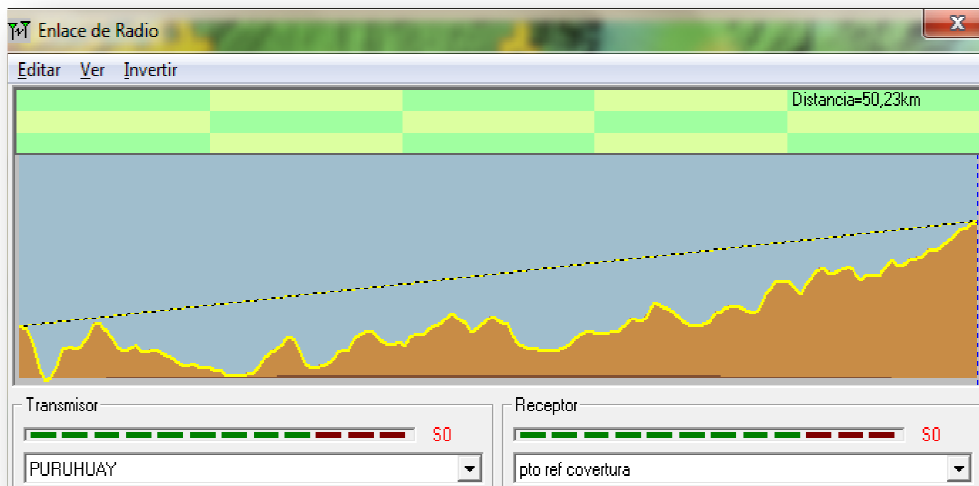


Figura IV.73 Distancia al punto referencial uno de cobertura

A continuación establecemos otros dos puntos referenciales de cobertura para poder tener una mejor visión de la situación del alcance de la red.

Punto referencial de cobertura2.

El Figura IV.74 vemos otro punto referencial al este de la antena en donde vemos un punto elevado en donde existe cobertura, la Figura IV.75 muestra la distancia a dicho punto.

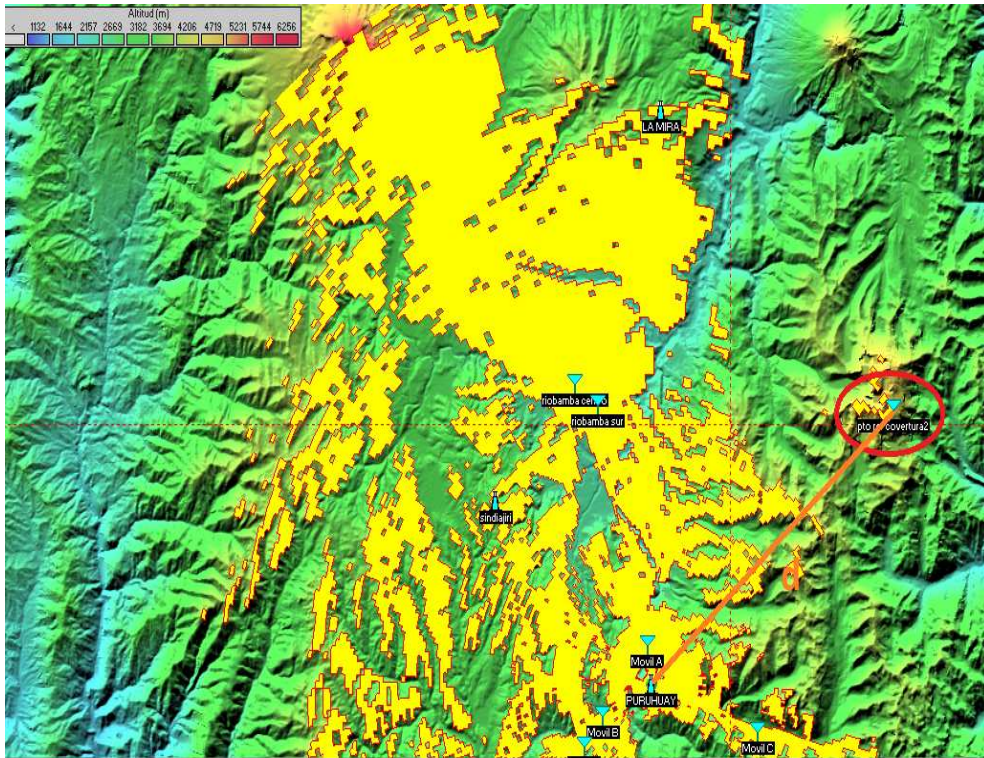


Figura IV.74 Punto referencial dos de alcance de cobertura

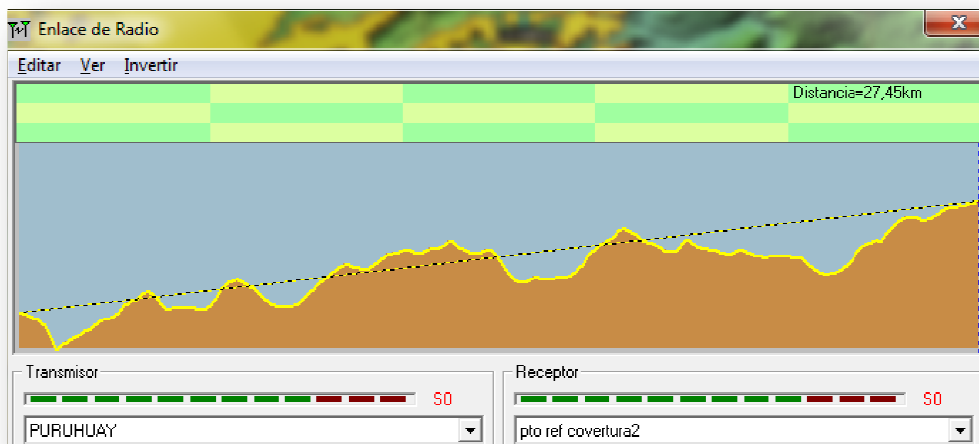


Figura IV.75 Distancia al punto referencial dos de cobertura

Punto referencial de cobertura3.

El Figura IV.76 vemos un punto referencial al este de la antena en donde vemos la zona este de cobertura, la Figura IV.77 muestra la distancia a dicho punto.

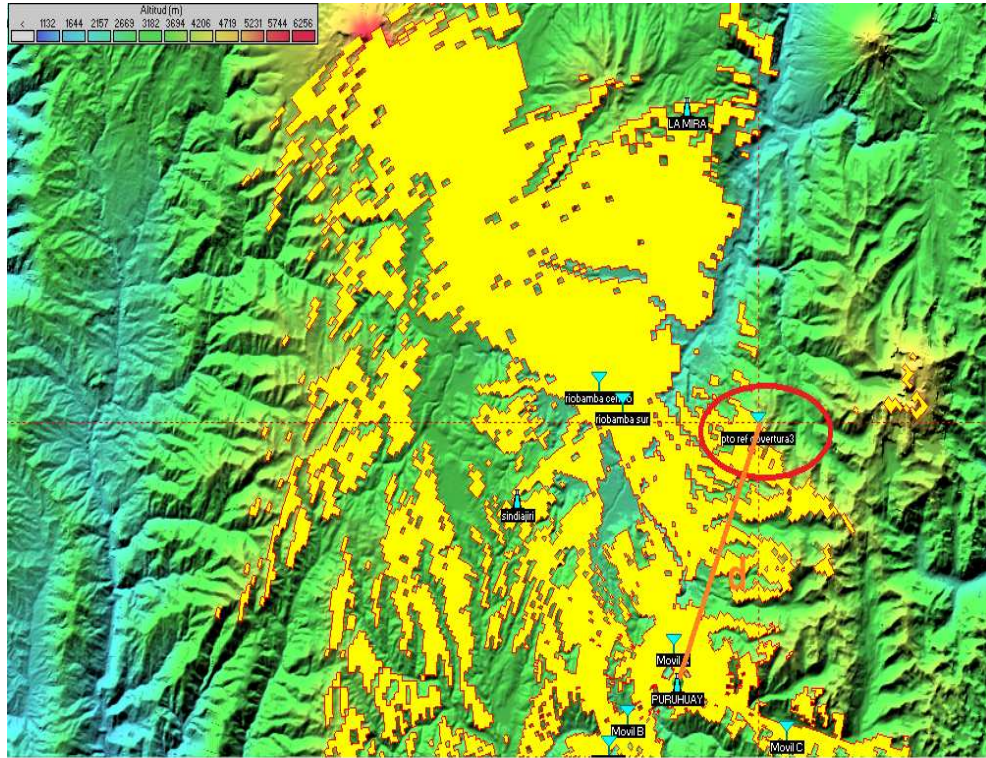


Figura IV.76 Punto referencial tres de alcance de cobertura

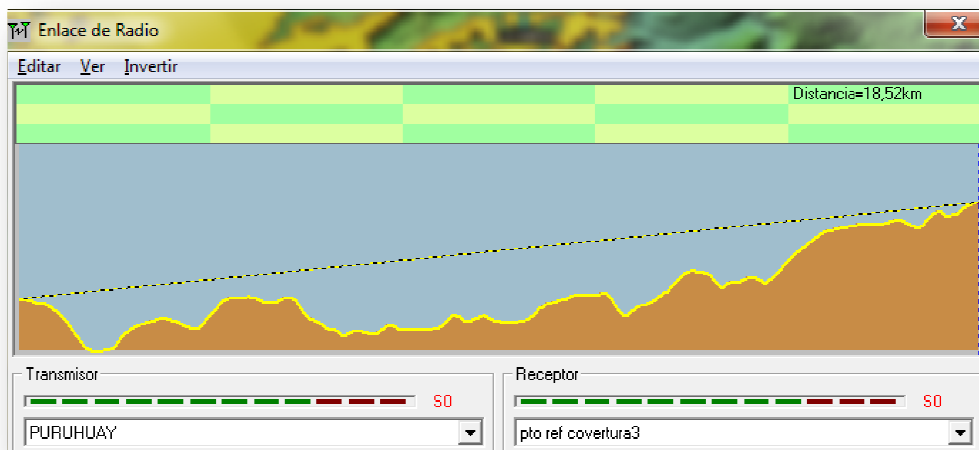


Figura IV.77 Distancia al punto referencial tres de cobertura

4.5. PRUEBAS CON TRES ANTENAS SECTORIALES EN LA BTS PURUHUAY.

En las pruebas anteriores vemos que una sola antena sectorial puede abastecer del servicio telefónico a los sectores de estudio debido a su posición geográfica, proporcionando a CNT EP una solución para el problema de comunicación con menos recursos. Ahora debido a que todos los proyectos en esta empresa de los ha realizado con una visión de cobertura total o de 360 grados, se va a añadir dos antenas sectoriales en la BTS Puruhuay para cumplir con este requerimiento y realizar las pruebas correspondientes.

La antena sectorial 2 y 3 añadida se llaman (H,) y (H,,) respectivamente y se encuentran en Puruhuay (ver Figura IV.78).

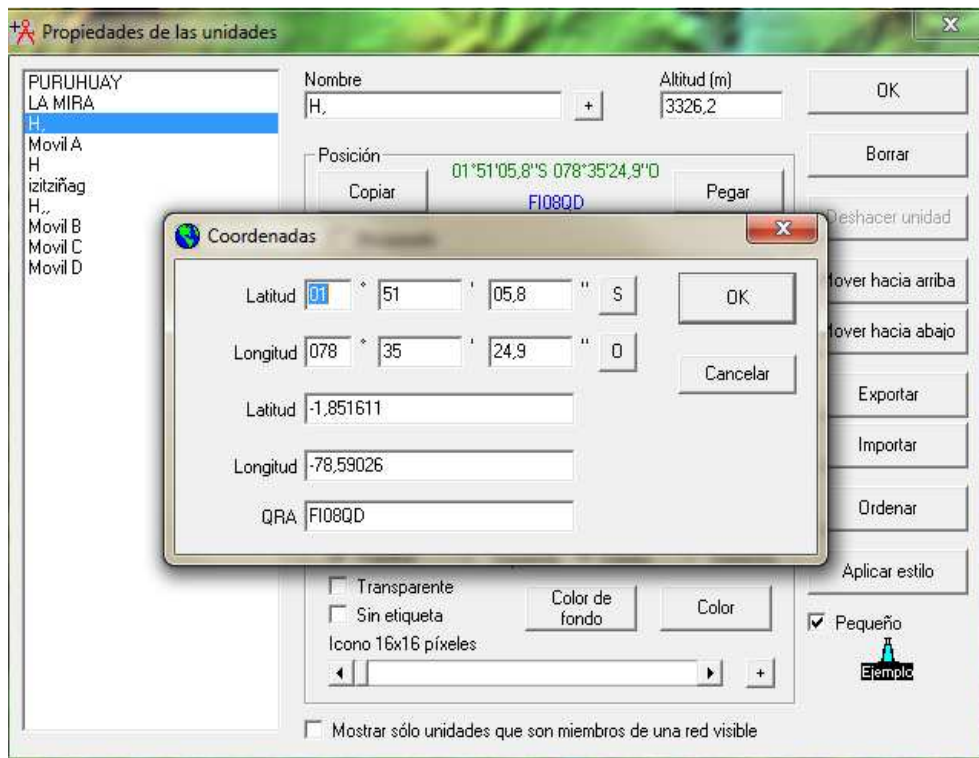


Figura IV.78 Punto (H,) para la ubicacion de la antena sectorial 2

Los demás parámetros de diseño son los mismos excepto la dirección de las sectoriales como veremos más adelante.

En la Figura IV.79 vemos a todos los miembros de la red, ahora tenemos la dos antenas H, y H,, y los añadimos a la red.

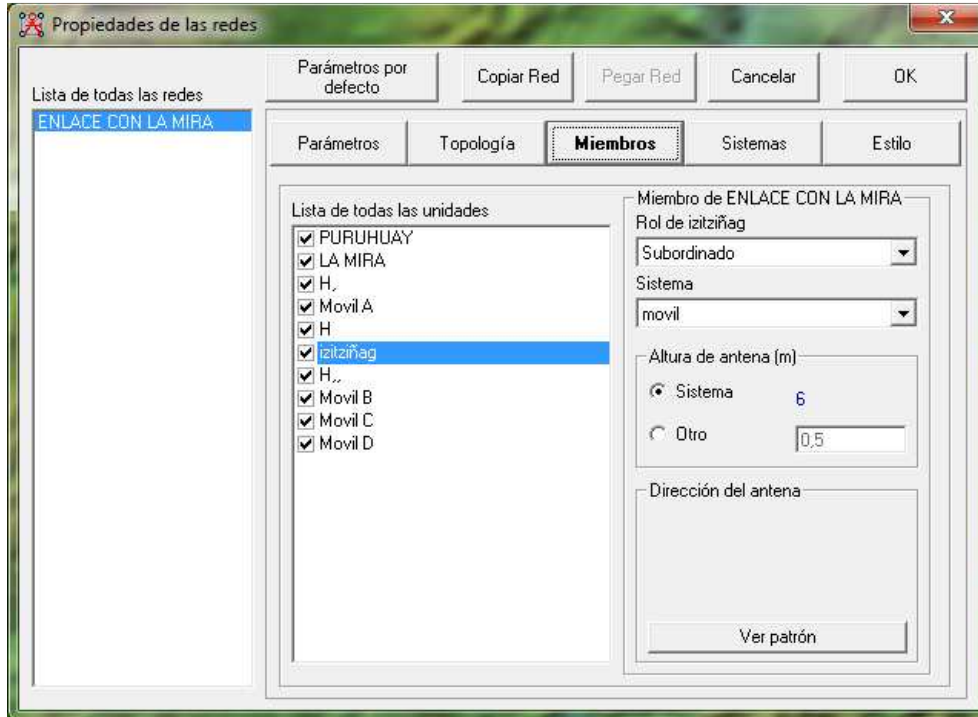


Figura IV.79 Miembros de la red

Se ve que la red sigue siendo funcional puesto que hay enlace entre todos los puntos de interés. Ver Figura IV.80.

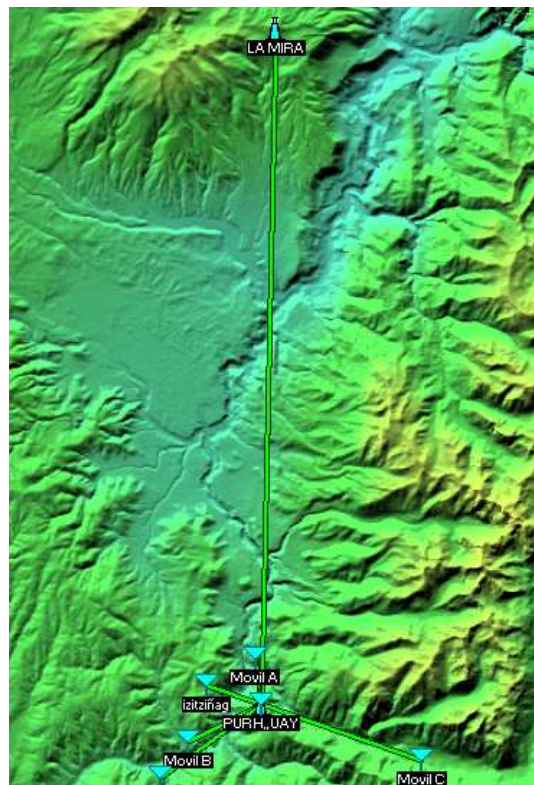


Figura IV.80 Red CDMA

4.5.1. PATRÓN DE LAS ANTENAS PARA EL CASO DE 3 SECTORIALES

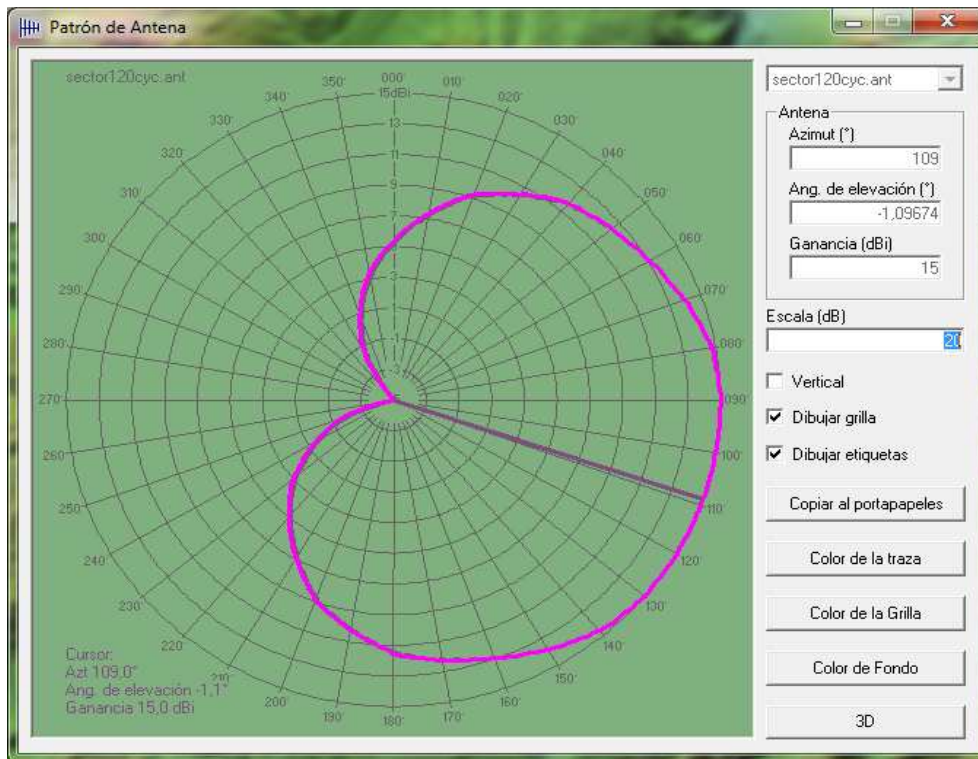


Figura IV.81 Antena sectorial 1 dirigida hacia Alao.

La Figura IV.81. muestra la antenna la nueva dirección de la antenna sectorial 1, nosotras la hemos dirigido hacia Alao seleccionando este sector tan solo como un punto referencial de partida. Con esta dirección el azimut es de 109° , 120° hacia arriba y 120° hacia abajo nos darán el azimut para las otras dos antenas.

Cada antenna sectorial es de 120° para así cubrir los 360° con las tres antenas.

En la Figura IV.82 vemos la dirección de la segunda antenna con un azimut de 349° y la Figura IV.83 muestra la tercera antenna con un azimut de 229° .

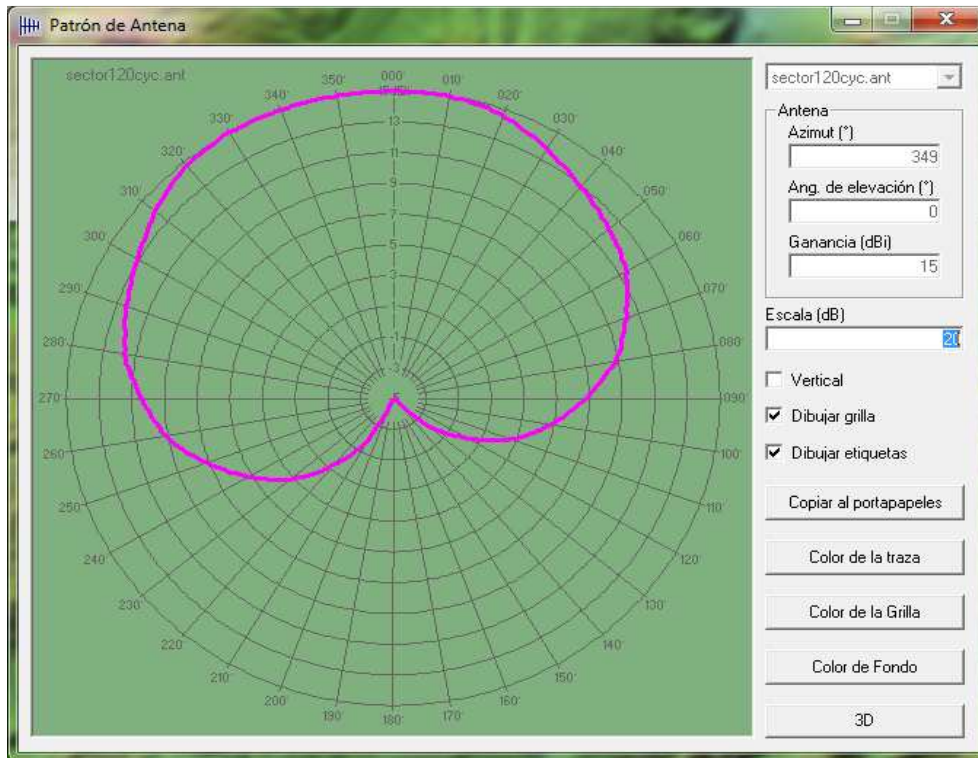


Figura IV.82 Antena sectorial 2

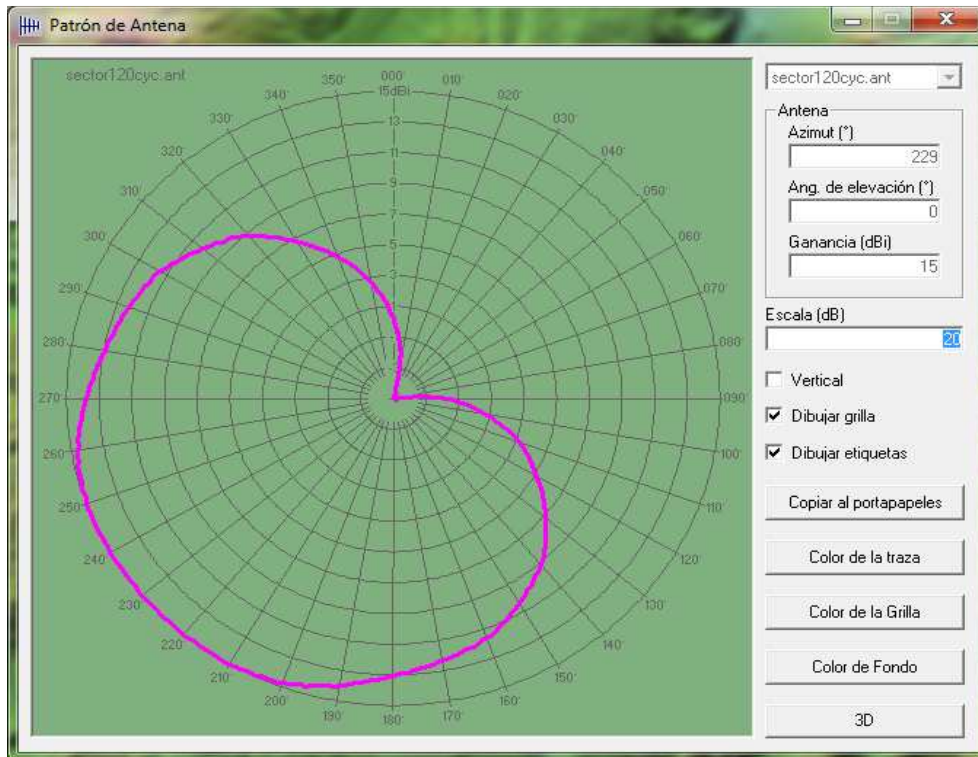


Figura IV.83 Antena sectorial 3.

4.5.2. PRUEBAS DE LOS ENLACES

4.5.2.1. Pruebas con la antena sectorial 1 ubicada en Puruhuay y las terminales móviles de prueba.



Figura IV.84 Vista aérea de la dirección de la sectorial 1

La Figura IV.84 muestra una vista aérea desde el simulador en el que se observa la dirección de la antena sectorial 1 y la ubicación de los sectores de interés con respecto a ésta.

El diagrama de perfil de la Figura IV.85 muestra la existencia del enlace entre las dos localidades a más de los diferentes resultados de transmisión y recepción debido a diferentes factores como ya se explicó en las pruebas anteriores con una sectorial.

La potencia total es de 21.54dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 15dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 6.4 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 105.2 dB correspondientes al medio.

El despeje es de 8.47 Km.

Tenemos un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay con la sectorial 1 y el Móvil C ubicado el Alao.

La potencia de recepción es de 54.9 dB, la sensibilidad de recepción que es de -118 dBm.

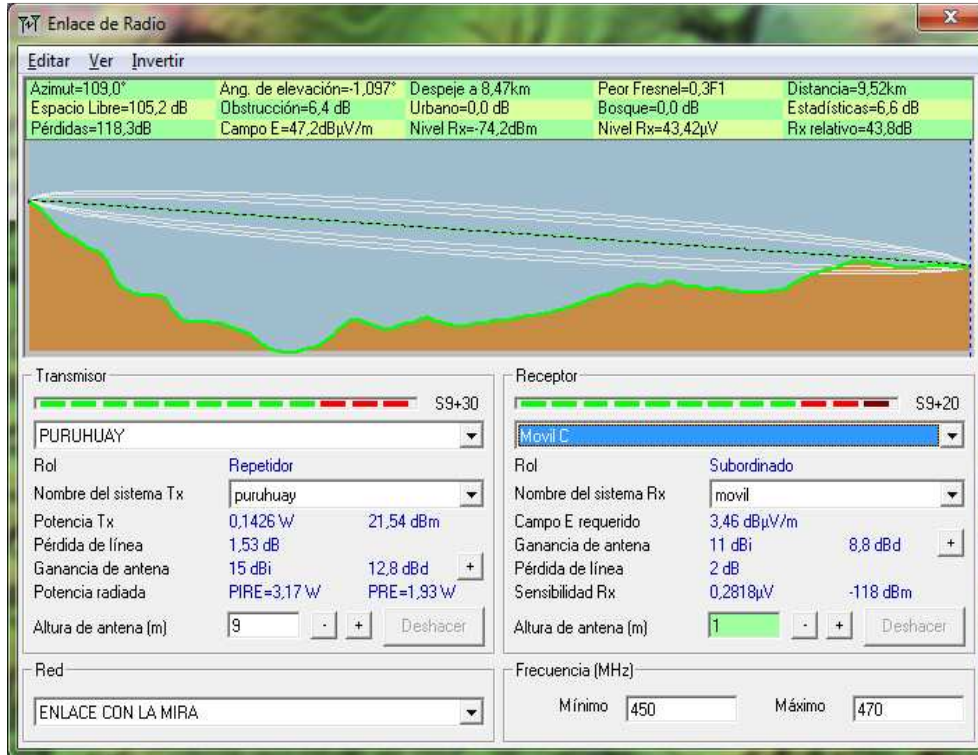


Figura IV.85 Transmisor Puruhuay S1 - receptor Móvil C

Enlace reverso:

En la Figura IV.86 se observa el enlace reverso.

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 15dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 6.4 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 105.2 dB correspondientes al medio.

El despeje es de 1.05 Km.

Pérdidas de línea de 3.53 dB.

La potencia de recepción es de 54.9 dB, la sensibilidad de recepción que es de -123.68dBm.

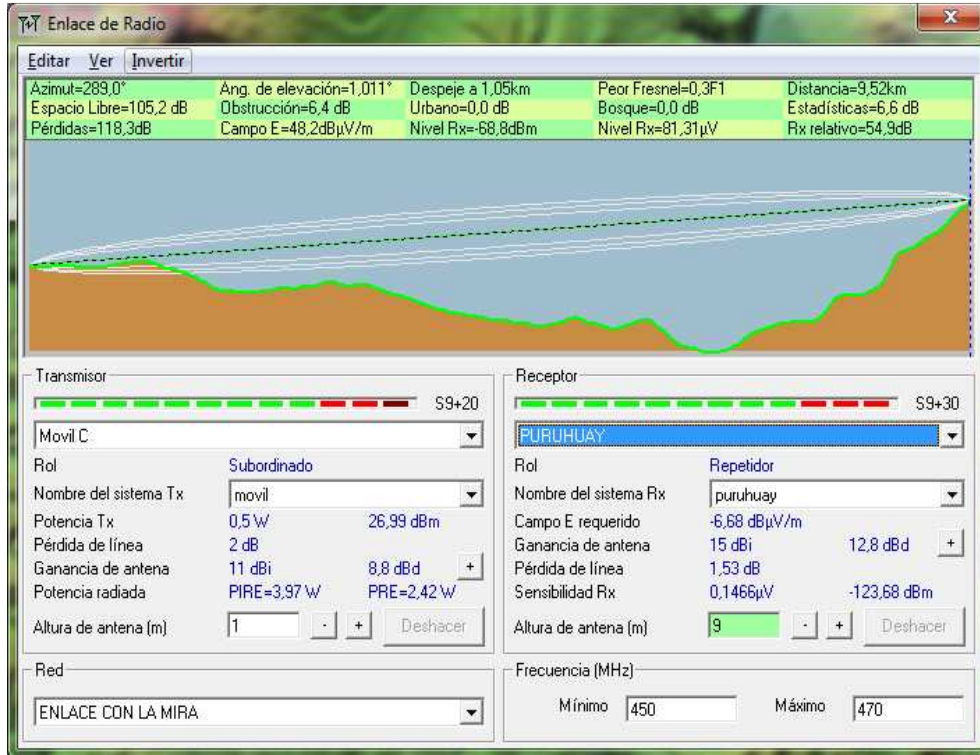


Figura IV.86 Transmisor Móvil C - receptor Puruhuay S1

4.5.2.2. Pruebas con la antena sectorial 2 ubicada en Puruhuay y los terminales móviles.



Figura IV.87 Vista aérea de la dirección de la sectorial 2

La Figura IV.87 muestra también una vista aérea en este caso de la dirección de la antena sectorial 2 y la ubicación de los sectores de interés con respecto a ésta; la dirección de la antena apunta al sector de Izitziñag y el Móvil A, este ultimo representativo de todo el sector de Pungalá.

a. Prueba con la antena sectorial 2 en Puruhuay y el móvil A

El diagrama de perfil de la Figura IV.88 muestra el enlace entre Puruhuay y el Móvil A. La potencia total o de transmisión es de 21.54dBm

Ganancia de la antena Tx = 15dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 47.4 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 94.1 dB

Una pequeña obstrucción a 0.41 Km.

Tenemos un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay con la sectorial 2 y el Móvil A ubicado el Pungalapamba en Pungalá.

La potencia de recepción es de 13.9 dB, la sensibilidad de recepción que es de -118 dBm.

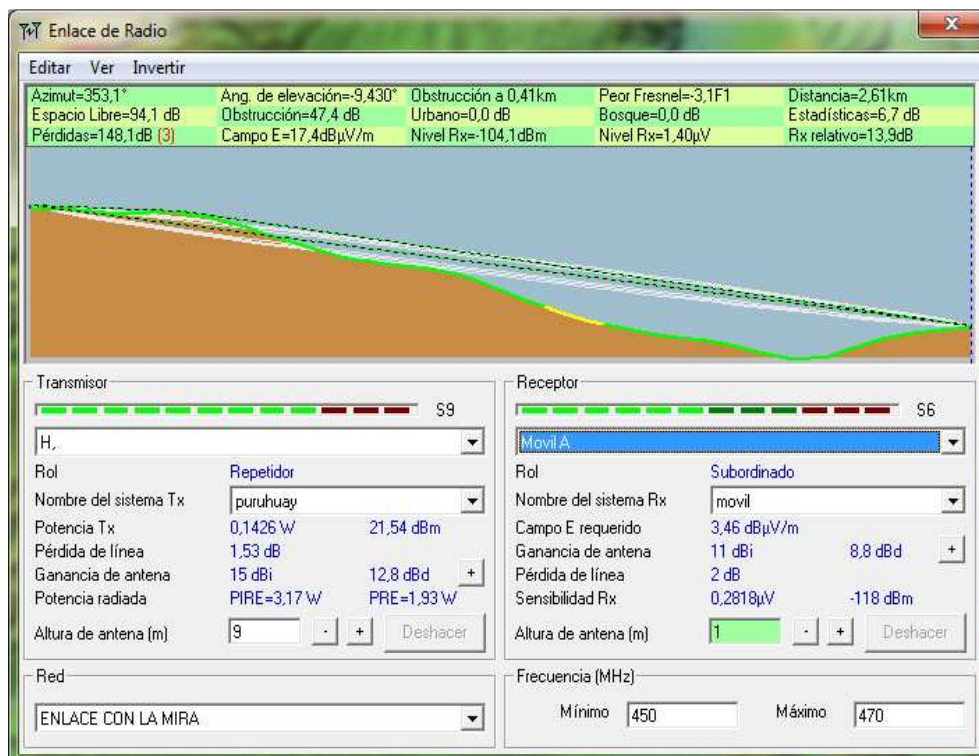


Figura IV.88 Transmisor Puruhuay S2 - receptor Móvil A

Enlace reverso:

En la Figura IV.89 observamos el enlace reverso.

La potencia total es de 26.99dBm

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 15dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 47.4 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 94.1 dB

Presencia de una pequeña obstrucción a 2.20 Km.

Pérdidas de línea de 3.53 dB.

La potencia de recepción es de 25.0 dB, la sensibilidad de recepción que es de -123.68dBm.

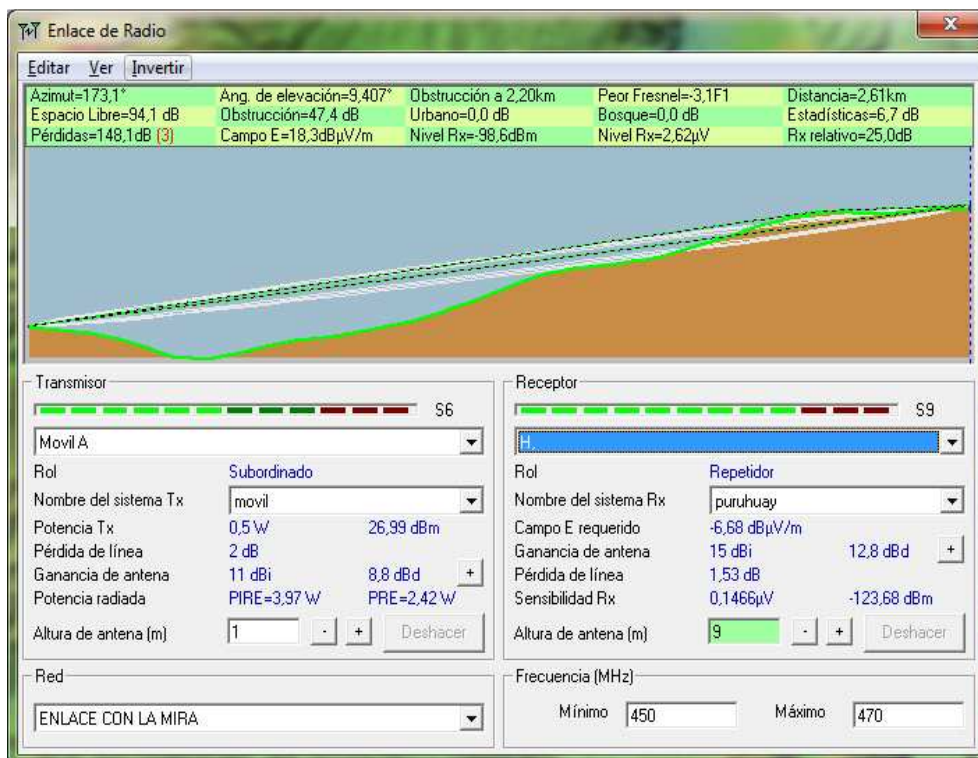


Figura IV.89 Transmisor Móvil A - receptor Puruhuay S2

b. Prueba entre Puruhuay con la antena sectorial 2 y Santa Rosa de Izitziñag

El diagrama de perfil de la Figura IV.90 muestra la existencia del enlace entre la sectorial2 en Puruhuay y Santa Rosa de Izitziñag.

La potencia total es de 21.54dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 10.4dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 2.1 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 95.9 dB

El despeje es de 0.08 Km.

Tenemos un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay con la sectorial 2 y el Móvil en Izitziñag.

La potencia de recepción es de 59.0 dB, la sensibilidad de recepción que es de -118 dBm.

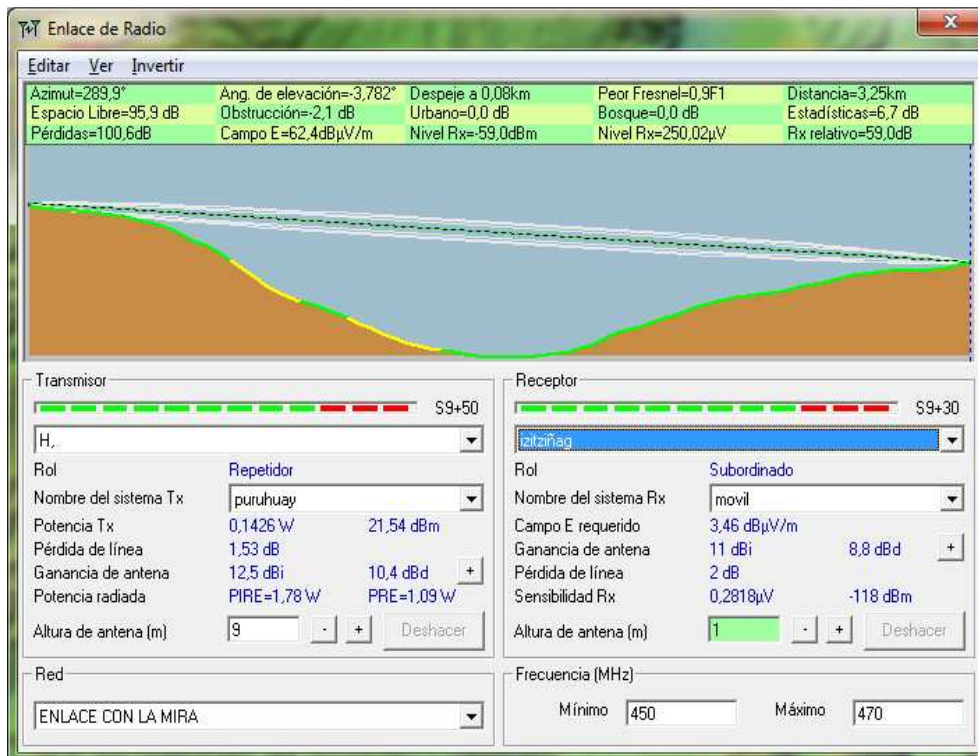


Figura IV.90 Transmisor Puruhuay S2 - receptor Izitziñag

Enlace reverso:

En la Figura IV.91 tenemos el enlace reverso.

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 10.4dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 2.1 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 95.9 dB correspondientes al medio.

El despeje es de 3.17 Km.

Pérdidas de línea de 3.53 dB.

La potencia de recepción es de 70.1 dB, la sensibilidad de recepción que es de -123.68dBm.

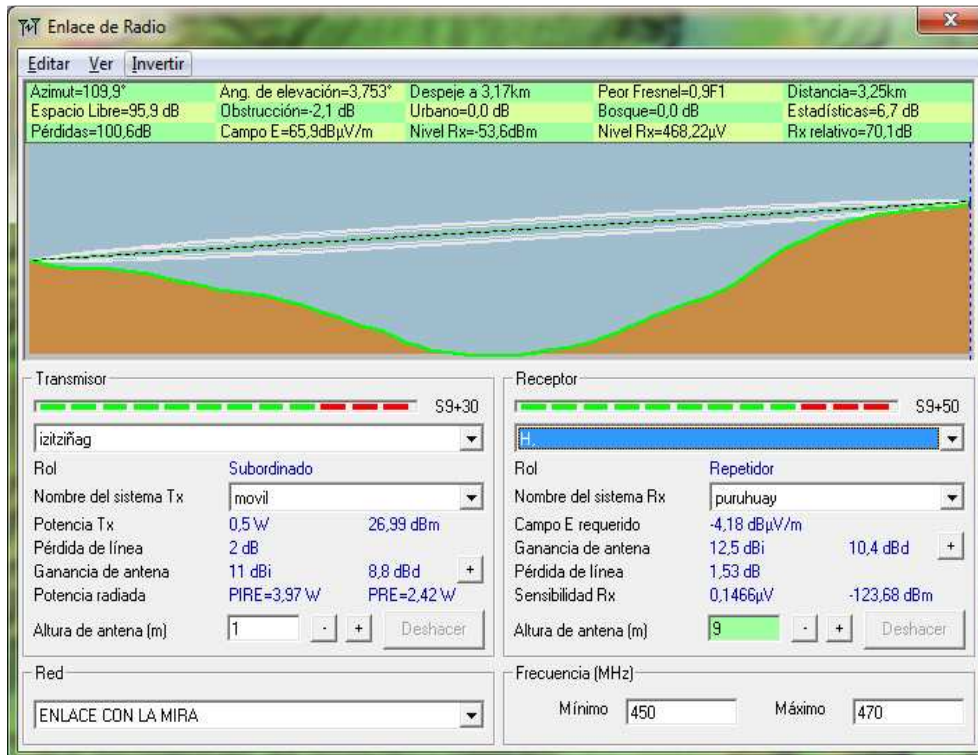


Figura IV.91 Transmisor Izitiñag - receptor Puruhuay S2

4.5.2.3. Pruebas con la antena sectorial 3 ubicada en Puruhuay y los terminales móviles.



Figura IV.92 Vista aérea de la dirección de la antena sectorial 3

La Figura IV.92 muestra una vista aérea de la dirección de la antena sectorial 3, con esta antena ya se logra cubrir los 360 grados completos.

a. Prueba con la antena sectorial 3 en Puruhuay y el móvil B

El diagrama de perfil de la Figura IV.93 muestra el enlace entre la antena sectorial 3 en Puruhuay y el móvil B.

La potencia total es de 21.54 dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 15 dBi

Ganancia de la antena Rx = 11 dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 27.5 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 99.0 dB correspondientes al medio.

Pequeña obstrucción a 3.0 Km.

Tenemos un total de pérdidas de línea de 3.53 dB entre Puruhuay con la antena sectorial 3 y el Móvil B ubicado en Flores.

La potencia de recepción es de -28.99 dB, la sensibilidad de recepción que es de -118 dBm.

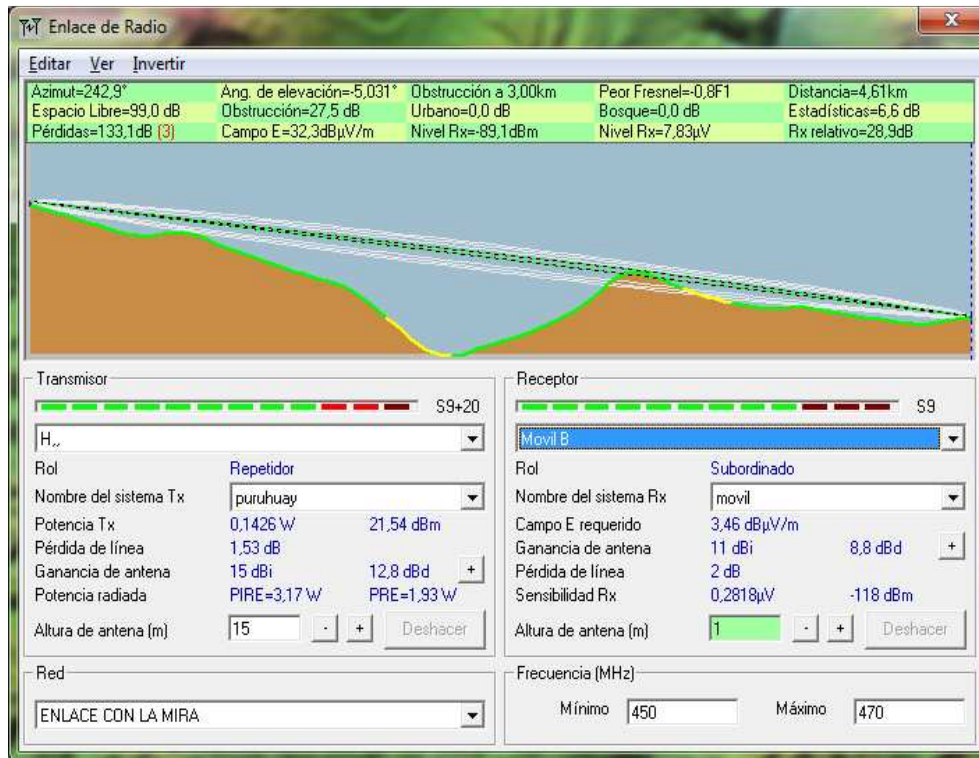


Figura IV.93 Transmisor Purahuay S3 - receptor Móvil B

Enlace reverso:

En la Figura IV.94 se observa el enlace reverso.

La potencia total es de 21.54dBm.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 15dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 27.5 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 99.0 dB

Una pequeña obstrucción 1.62 Km.

Pérdidas de línea de 3.53 dB.

La potencia de recepción es de 40.0 dB, la sensibilidad de recepción que es de -123.68dBm.

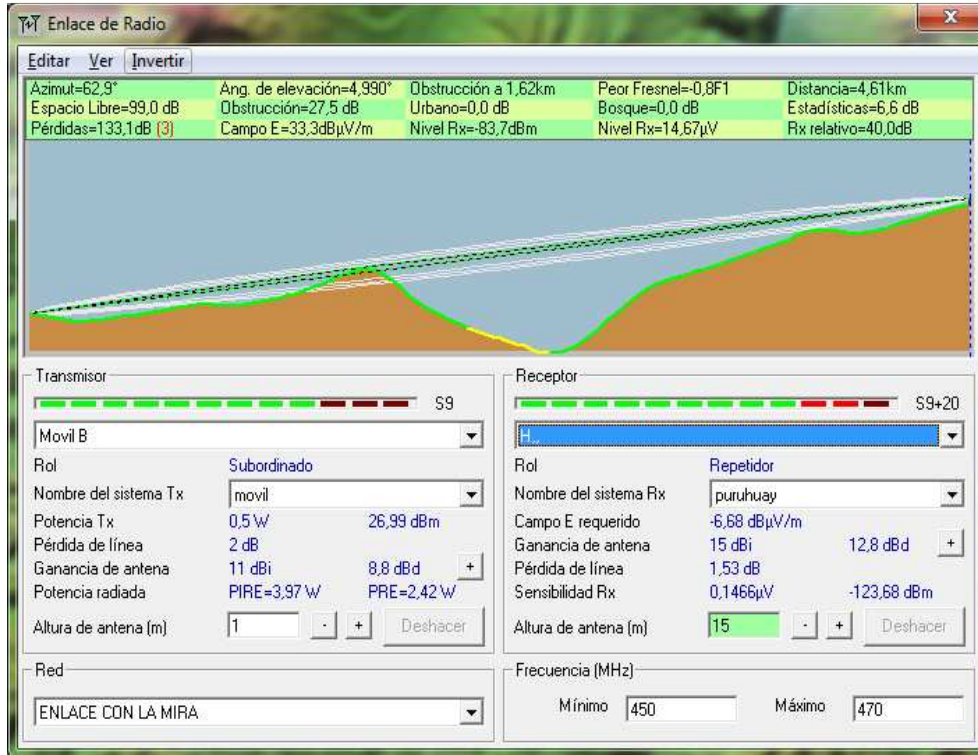


Figura IV.94 Transmisor Móvil B - receptor Puruhuay S3

b. Prueba con la antena sectorial 3 en Puruhuay y el móvil D

El diagrama de perfil de la Figura IV.95 hace referencia al enlace entre la sectorial3 en Puruhuay y el móvil D ubicado en Cebadas.

La potencia total es de 21.54dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 15dBi

Ganancia de la antena Rx= 11dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 4.8 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 102.5 dB correspondientes al medio.

El despeje es de 0.73 Km.

Tenemos un total de pérdidas de línea de 3.53 dB.

La potencia de recepción es de 48.0 dB, la sensibilidad de recepción que es de -118 dBm.

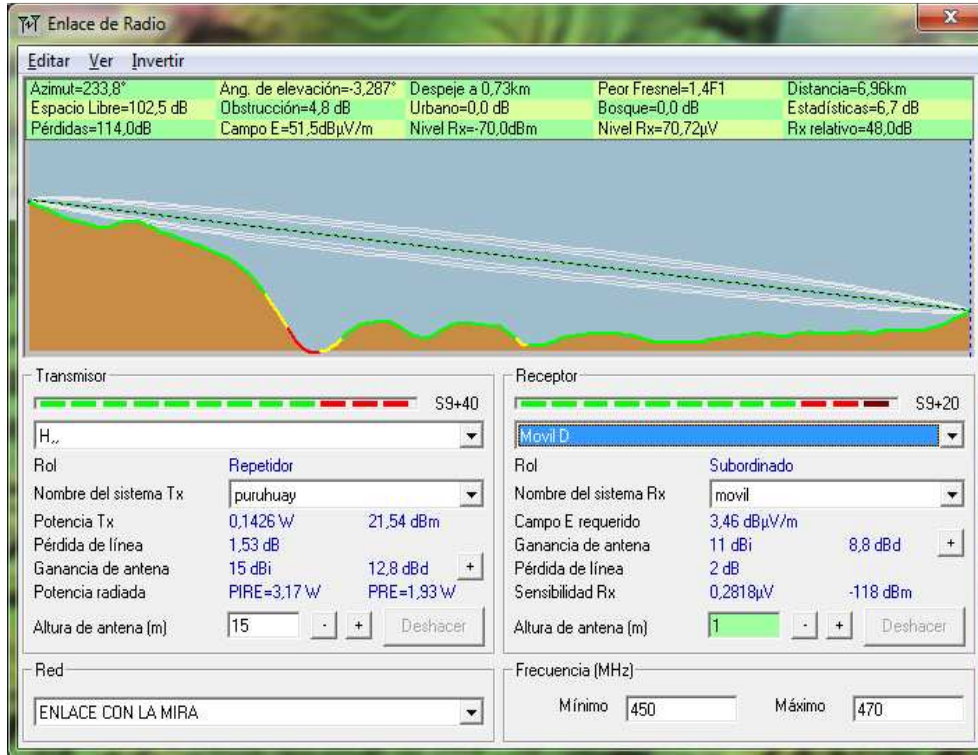


Figura IV.95 Transmisor Puruhuay S3 - receptor Móvil D

Enlace reverso:

En la Figura IV.96 se observa el enlace reverso.

La potencia total es de 26.99dBm que es la potencia de transmisión.

Ganancia de la antena Tx = 11dBi

Ganancia de la antena Rx= 15dBi

Pérdidas por obstrucción igual a 4.8 dB

Pérdidas de espacio libre iguales a 102.5 dB correspondientes al medio.

El despeje es de 6.23 Km.

Pérdidas de línea de 3.53 dB.

La potencia de recepción es de 59.1 dB, la sensibilidad de recepción que es de -123.68dBm.

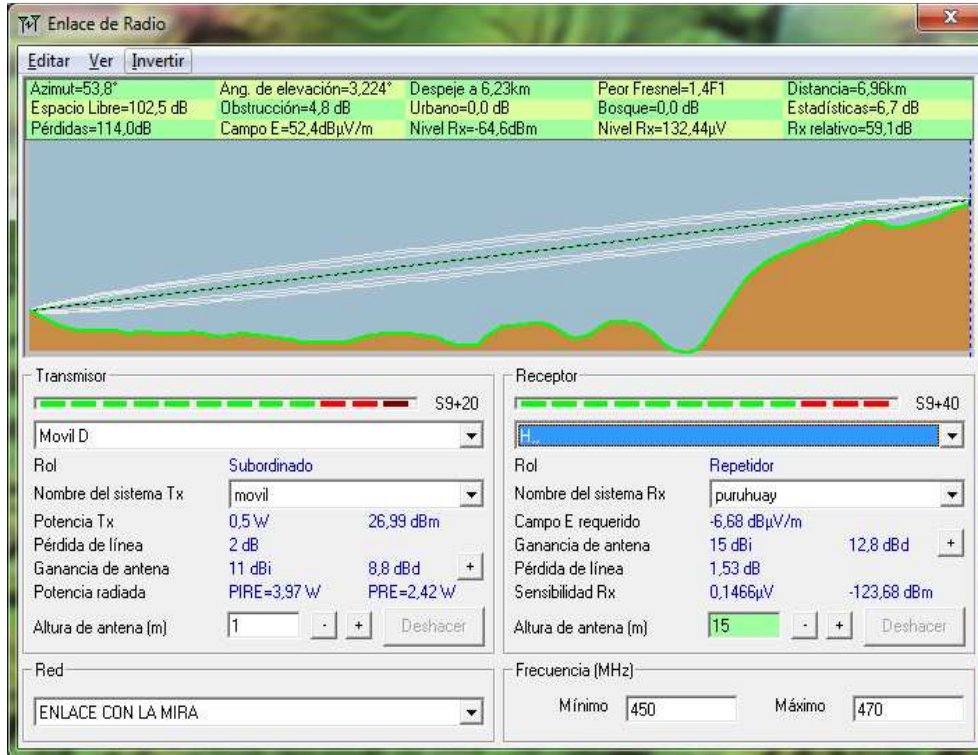


Figura IV.96 Transmisor Móvil D - receptor Puruhuy S3

4.5.3. INTERPRETACIÓN DE LAS SIMULACIONES CON TRES ANTENAS SECTORIALES

Las simulaciones con tres antenas sectoriales para el caso de la comunicación entre los terminales móviles hacia la BTS y viceversa a diferencia del primer diseño propuesto, a parte de ofrecer mayor ganancia en la potencia de recepción ofrece cobertura total de 360 grados como establece necesario la CNT EP en sus proyectos.

El diseño 1 con una antena sectorial de 120 grados cubre todos los sectores de estudio debido a su disposición geográfica y la ubicación de la antena; pero en el diseño 2 con tres antenas sectoriales de 120 grados a parte de cubrir las poblaciones de estudio puede llegar a brindar el servicio en otras comunidades no consideradas para el proyecto.

El aporte del diseño 1 es proporcionar una solución al problema abaratando costos y agilizando el desarrollo del proyecto, pudiendo añadir las otras dos antenas más adelante de acuerdo a las necesidades y presupuesto de inversión

CAPÍTULO V

En este capítulo se busca comparar datos del diseño para comprobar la fiabilidad del proyecto, de esta manera en esta sección se valorará de manera cualitativa los datos del enlace para más tarde comprobar la hipótesis mediante el método de Ji- Cuadrado en base a la variable independiente, dependiente y a sus respectivos indicadores.

COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

5.1.SISTEMA HIPOTÉTICO

5.1.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

A través de un análisis de la tecnología CDMA 450, se podrá obtener las condiciones técnicas, económicas y demográficas para el diseño de la red de telecomunicaciones que permitirá dar el servicio de voz y datos en la zona de Santa Rosa de Izitziñag, provincia de Chimborazo

5.1.2. OPERATIVIDAD DE LAS VARIABLES

En la Tablas V.XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV se presentan la operatividad conceptual y metodológica de las variables, las mismas que se han identificado de acuerdo a la hipótesis:

Tabla V.XX Operatividad conceptual de las variables.

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN
V1. Análisis de la tecnología CDMA	Independiente	Estudio de los diferentes tecnologías: CDMA 2000 1X, EVDO, EV-DV
V2. Demanda insatisfecha	Dependiente	Consiste en la cantidad de posibles abonados, que requieran del servicio ofrecido.
V3. Capacidad de servicio	Dependiente	Se refiere al tipo y calidad de servicio que puede brindar a los posibles abonados.
V4. Fiabilidad del enlace	Dependiente	Se refiere al nivel de confianza de transmisión y recepción entre la BTS, la repetidora la Mira y los móviles.

5.1.3. OPERATIVIDAD METODOLÓGICA

Tabla V.XXI Operatividad Metodológica de la variable independiente

Variables	Categoría	Indicadores	Técnicas	Fuente de Verificación
V1. Independiente Análisis de la tecnología CDMA	Compleja	I1. Evolución de la tecnología CDMA I2. Servicio de la tecnología CDMA I3. Capacidad de la tecnología CDMA	Observación Razonamiento Recopilación de información Análisis Lectura científica	Información bibliográfica (Libros, Internet, Tesis)

Tabla V.XXII Operatividad Metodológica de la variable dependiente DEMANDA INSATISFECHA

Variable	Categoría	Indicadores	Técnica	Fuente de Verificación
V2. Dependiente Demanda Insatisfecha	Compleja	I4. Encuestas I5. Proyecciones	Observación Razonamiento Recopilación de información Análisis	Información bibliográfica Cálculos estadísticos.

Tabla V.XXIII Operatividad Metodológica de la variable dependiente CAPACIDAD DE SERVICIO

Variable	Categoría	Indicadores	Técnica	Fuente de Verificación
V3. Dependiente Capacidad de servicio	Compleja	I6.Ingeniería de tráfico I7.throughput	Pruebas Resultados simulación Conclusiones	Cálculos matemáticos

Tabla V.XXIV Operatividad Metodológica de la variable dependiente FIABILIDAD DEL ENLACE

Variable	Categoría	Indicadores	Técnica	Fuente de Verificación
V4. Dependiente Fiabilidad del enlace	Compleja	I8. Potencia de recepción y transmisión. I9. Ganancias y pérdidas del enlace	Pruebas Conclusiones	Simulación RADIO MOBILE

5.1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES Y SUS RESPECTIVOS INDICADORES

Para el estudio se determinaron varios indicadores que servirán de base para comprobar la hipótesis planteada

5.1.4.1.V1. VARIABLE INDEPENDIENTE: Análisis de la tecnología CDMA

5.1.4.1.1. INDICADORES

I1. Evolución de la tecnología CDMA

CDMA desencadena varias tecnologías que cubren diferentes servicios, y q brindad distintos soportes de comunicación para brindar telefonía fija inalámbrica.

I2. Servicios de la tecnología CDMA

Los servicios que brinda cada tecnología de CDMA se tomará muy en cuenta dependiendo de las necesidades específicas del escenario en estudio.

I3. Capacidad de la tecnología CDMA

Se expresa la variación de ancho de banda real destinado para cada servicio dependiendo de la tecnología escogida para el proyecto.

5.1.4.2.V2. VARIABLE DEPENDIENTE: Demanda Insatisfecha

5.1.4.2.1. INDICADORES

I4.Encuestas

Para obtener una perspectiva real de la demanda se realiza un estudio de campo.

I5.Proyecciones

En base a antecedentes estadísticos de población, se establece los datos que indiquen la falta y demanda del servicio en el sector planteado.

5.1.4.3.V3. VARIABLE DEPENDIENTE: Capacidad de servicio

5.1.4.3.1. INDICADORES

I6.Ingeniería de tráfico

Para dimensionar los circuitos de tráfico telefónico es necesario conocer la intensidad de tráfico representativa dentro de un tiempo de observación.

I7.Throughput

La cantidad de información que puede fluir por un elemento de red en un periodo dado de tiempo.

5.1.4.4.V4. VARIABLE DEPENDIENTE: FIABILIDAD DEL ENLACE

5.1.4.4.1. INDICADORES

18.Potencia de Transmisión y Recepción

El cálculo de las potencias determina si existe un enlace que permita la comunicación entre la estación base, sus terminales y la repetidora.

19.Ganancias y pérdidas del enlace

Dependiendo de las ganancias de las antenas y las pérdidas del medio define las condiciones de transmisión y recepción de la señal.

5.2.ESTUDIO COMPARATIVO

Las variables serán comparados en base a sus características mediante cuadros comparativos, de esta manera se los califica cualitativamente en base a criterio del autor basándose en los resultados obtenidos en la simulación RADIO MOBILE junto con la información teórica de la tecnología CDMA, de esta manera se consigue interpretar objetivamente los resultados que se pueden extraer en base a la simulación.

5.2.1. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Para la valoración cualitativa de los indicadores de la variable independiente se utilizará la siguiente escala. (Ver Tabla V.XXV):

Tabla V.XXV Indicadores de la variables

0	Muy deficiente
1	Deficiente
2	Regular

3	Medio
4	Bueno
5 en adelante	Muy bueno

INDICADOR 1. Evolución de la tecnología CDMA

En dependencia al escenario de estudio se compara las tecnologías de CDMA para determinar cuál es la más adecuada.(Ver Tabla V.XXVI).

Tabla V.XXVI Evolución de la tecnología CDMA

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
CDMA 2000 1X	8	1
CDMA ED-VO	3	3
CDMA EV-VD	2	5

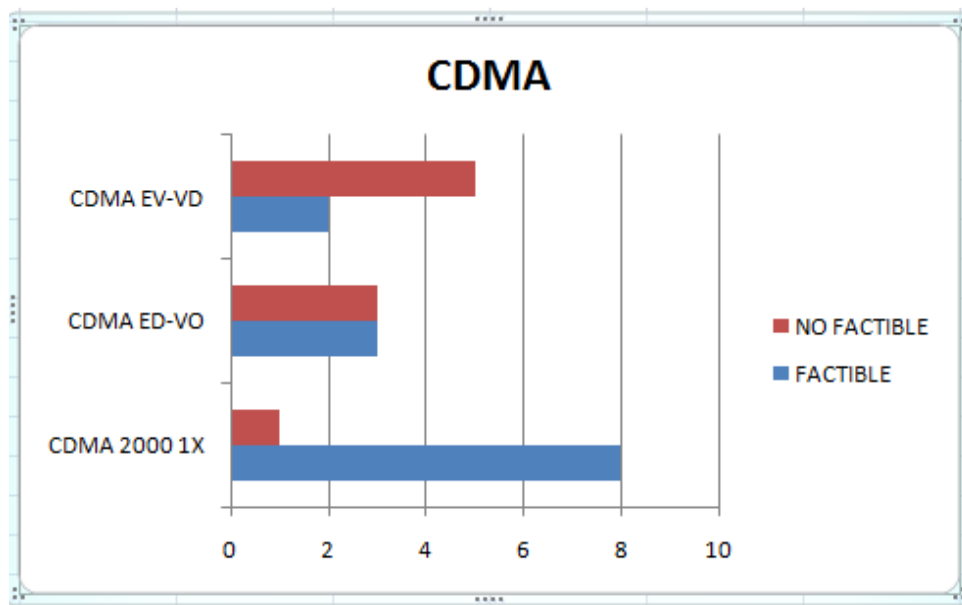


Figura V.97 Evolución de la tecnología CDMA

Interpretación:

La opción que mejor se acopla al sector de aplicación es CDMA 2000 1x por que la demanda determina una mayor necesidad de telefonía y empezar a insertar la transmisión de datos ya que no es de gran necesidad para los posibles abonados, CDMA ED-VO complementaria el servicio de datos para una proyección a futuro, y CDMA EV-DV sería otra opción de tecnología que no encaja en el escenario planteado.(Ver Figura V.97).

INDICADOR 2. Servicios de la tecnología CDMA

De a cuerdo al servicio de telefonía y datos que ofrece la tecnología y las características del escenario de estudio se determina cual es la más adecuada.(Ver Tabla V.XXVII).

Tabla V.XXVII Servicios de la tecnología CDMA

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
CDMA 2000 1X	7	2
CDMA ED-VO	4	2
CDMA EV-VD	2	4

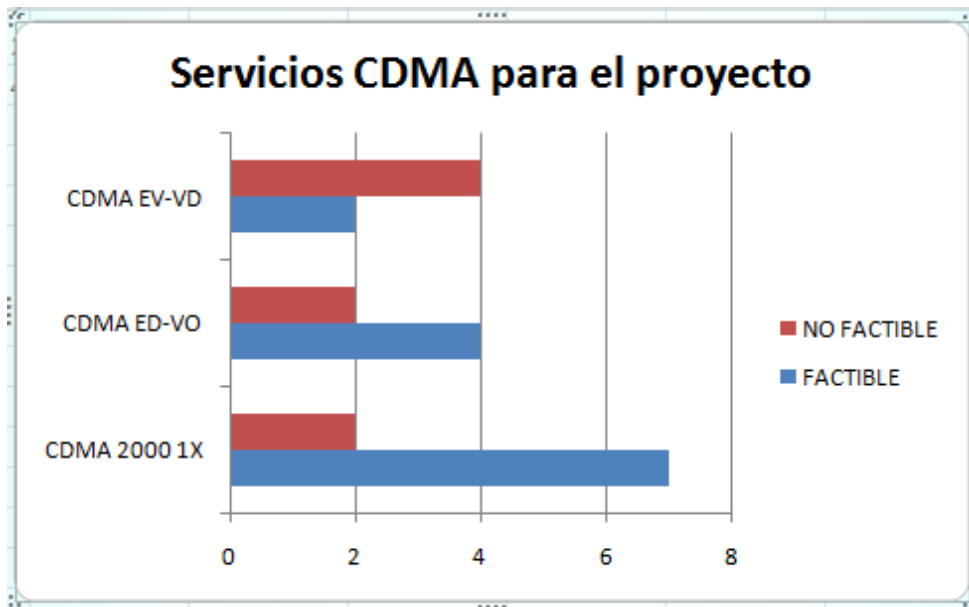


Figura V.98 Servicios de la tecnología CAMA

Interpretación:

CDMA 2000 1x es quien brinda el servicio que más se acopla a la zona rural en la que se proyecta brindar servicio telefónico. (Ver Figura V.98).

INDICADOR 3. Capacidad de la tecnología CDMA

De acuerdo a la capacidad de ancho de banda que ofrece la tecnología y las características del escenario de estudio se determina cual es la más adecuada. (Ver Tabla V.XXVIII).

Tabla V.XXVIII Capacidad de la tecnología CDMA

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
CDMA 2000 1X	6	1
CDMA ED-VO	7	2
CDMA EV-VD	2	4

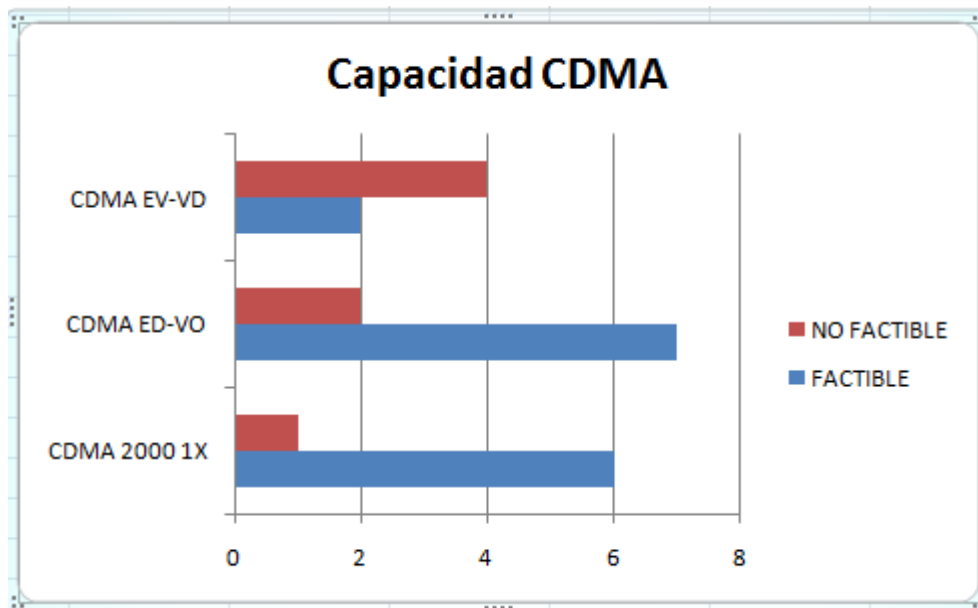


Figura V.99 Capacidad de la tecnología CDMA

Interpretación:

En conclusión CDMA EV-VD sería la tecnología que brinda un mayor ancho de banda pero CDMA 1x es la mejor opción para el escenario de estudio. (Ver Figura V.99).

5.2.1.1. TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Tabla V.XXIX Resumen de la variable independiente

V1. Análisis de la tecnología CMA	PARÁMETROS	FACTIBLE	NO FACTIBLE
I1. Evolucion CDMA	CDMA 2000 1X	8	1
	CDMA ED-VO	3	3
	CDMA EV-VD	2	5
I2. Servicios CDMA	CDMA 2000 1X	7	2
	CDMA ED-VO	4	2
	CDMA EV-VD	2	4
I3. Capacidad CDMA	CDMA 2000 1X	6	1
	CDMA ED-VO	7	2
	CDMA EV-VD	2	4
TOTAL		41	24

Se puede observar en la Tabla IV.XXIX que la tecnología CDMA 2000 1x es la que describe un mejor desempeño para el sector de estudio a comparación con las otras dos.

5.2.2. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE DEMANDA INSATISFECHA

INDICADOR 4. ENCUESTAS

De acuerdo a las encuestas se determina la demanda del servicio de telefonía en la zona del proyecto. (Ver Tabla V.XXX).

Tabla V.XXX Aceptación de servicio

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Servicio telefónico	6	1
servicio de datos	2	7

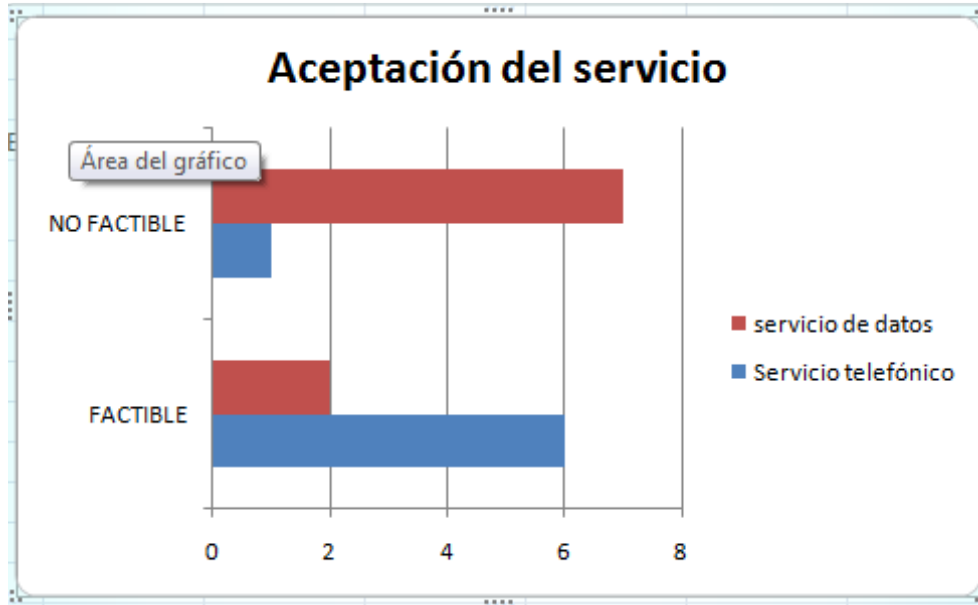


Figura V.100 Aceptación de servicio

Interpretación:

De acuerdo al gráfico existe un alto índice de aceptación de servicio telefónico muy al contrario del servicio de datos. (Ver Figura V.100).

INDICADOR 5. PROYECCIONES

Con las proyecciones se determina la cantidad de los posibles abonados que requerirán el servicio telefónico y si cubre con la demanda necesaria para poner en marcha el proyecto. (Ver Tabla V.XXXI).

Tabla V.XXXI Proyecciones

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
398 Posibles abonados	7	1

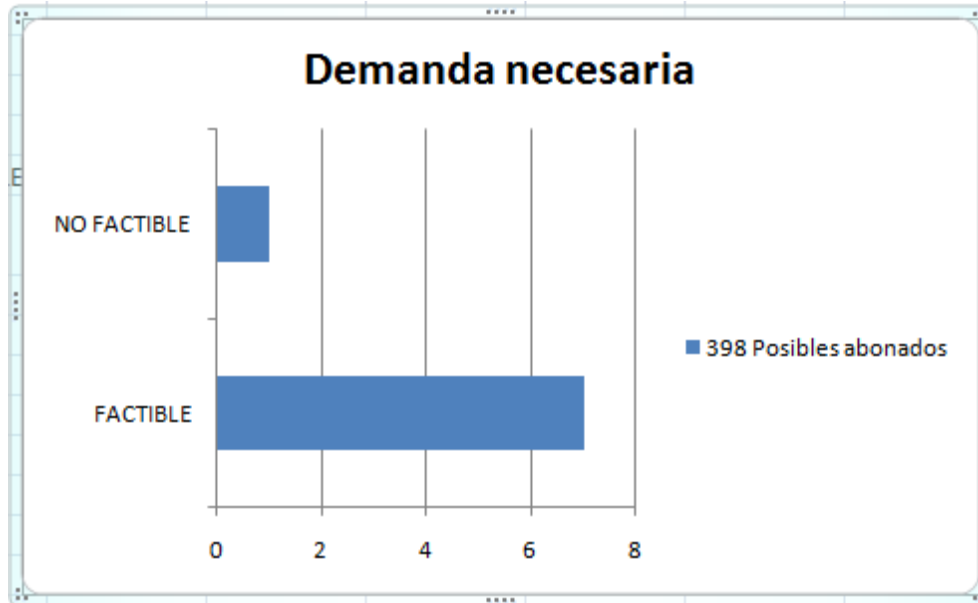


Figura V.101 Demanda necesaria

Interpretación:

La demanda necesaria para el proyecto supera el mínimo necesario pedido por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. (Ver Figura V.XXXII).

5.2.2.1.TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE DEMANDA INSATISFECHA

Tabla V.XXXII Resumen de la variable dependiente demanda insatisfecha

V2. Demanda Insatisfecha	PARÁMETROS	FACTIBLE	NO FACTIBLE
14. Encuestas	Servicio telefónico	6	1
	Servicio de datos	2	7
15. Proyecciones	398 Posibles abonados	7	1
TOTAL		15	9

En la Tabla V.XXXII se determina que el número de posibles abonados son los necesarios para poder implementar el proyecto en esta zona, ya que del total de población de las

comunidades más del 11% desean adquirir el servicio, que es el mínimo necesario indicado por la CNT para poner en marcha un proyecto.

5.2.3. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE CAPACIDAD DE SERVICIO

INDICADOR 6. INGENIERÍA TRÁFICO

Con los cálculos de tráfico se determina el número de circuitos necesarios para cubrir la demanda de tráfico telefónico para los abonados. (Tabla V.XXXIII).

Tabla V.XXXIII Ingeniería tráfico

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Circuitos 1 E1	8	1

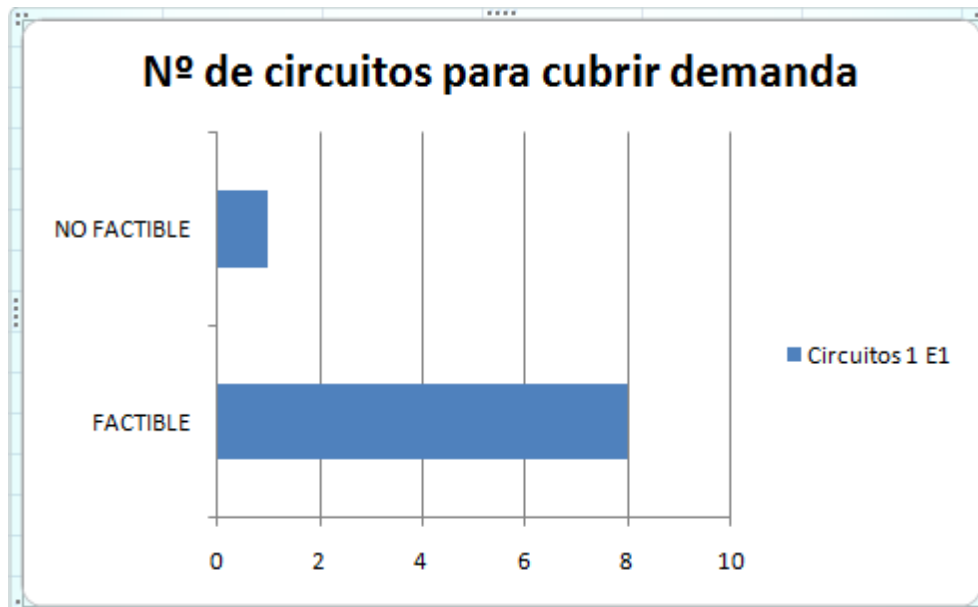


Figura V.102 Circuitos para cubrir la demanda

Interpretación:

El cálculo de tráfico determinó que se necesita un E1 para cubrir la demanda por lo que como el gráfico indica la factibilidad del diseño. (Ver Figura V.102).

INDICADOR 7. THROUGHPUT

Con los cálculos de throughput determina el ancho de banda necesario para los abonados.
(Ver Tabla V.XXXIV).

Tabla V.XXXIV Throughput

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Throughput necesario	7	1

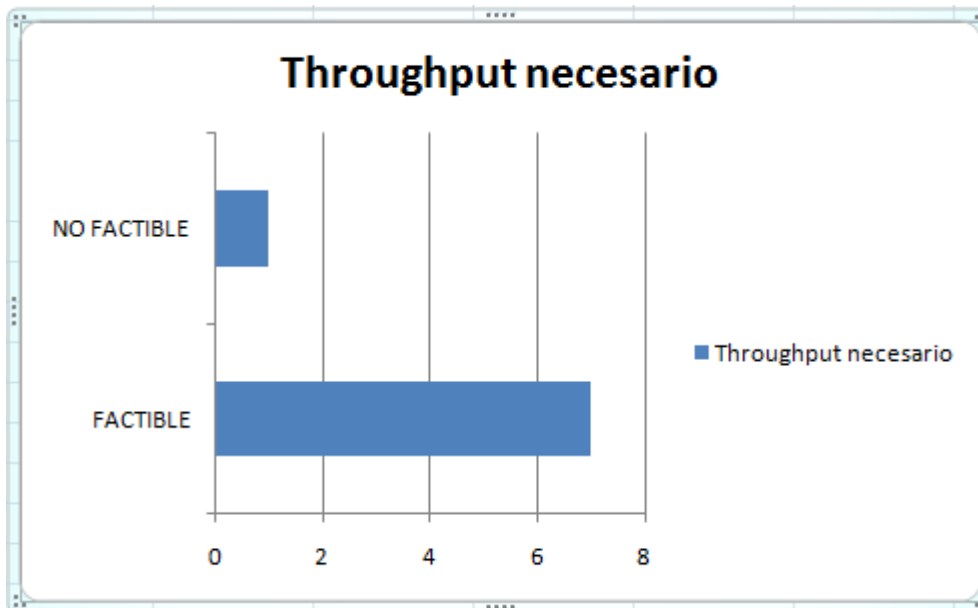


Figura V.103 Throughput necesario

5.2.3.1. TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE CAPACIDAD DE SERVICIO

Tabla V.XXXV Resumen de la variable dependiente capacidad de servicio

V3. Capacidad de servicio	PARÁMETROS	FACTIBLE	NO FACTIBLE
16. Ingeniería de tráfico	Circuitos 1 E1	8	1
17. Throughput	Throughput necesario	7	1
TOTAL		15	2

En la Tabla V.XXXV describe que los cálculos realizados para el tráfico y ancho de banda son los necesarios para cubrir el servicio que se brindará a los posibles abonados.

5.2.4. ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE FIABILIDAD DEL ENLACE

INDICADOR 8. POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

Con estos datos obtenidos por el simulador y también calculados describimos si el enlace es factible de acuerdo al nivel de recepción y transmisión. (Ver Tabla V.XXXVI).

Tabla V.XXXVI Potencia de transmisión y recepción

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Potencia de transmisión	8	1
Potencia de recepción	7	1

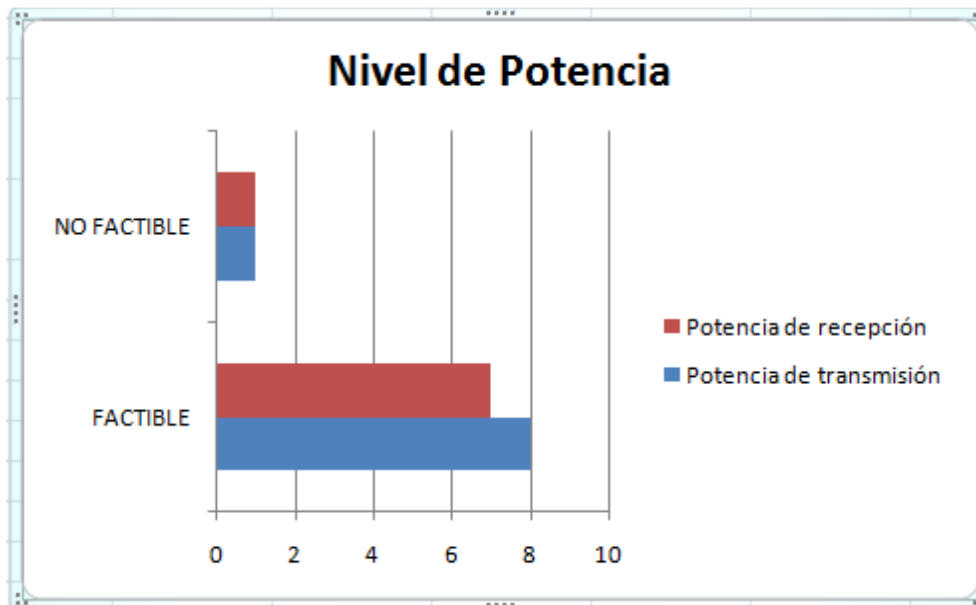


Figura V.104 Factibilidad según el nivel de potencia

Según la Figura V.104 los niveles de potencia de transmisión y recepción si son factibles para el enlace propuesto para el diseño.

INDICADOR 9. GANANCIAS Y PÉRDIDAS DEL ENLACE

Se determina si las ganancias de las antenas y pérdidas del medio son las apropiadas para el escenario del enlace. (Ver Tabla V.XXXVII).

Tabla V.XXXVII Ganancias y pérdidas del enlace

	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Ganancia de las antenas	9	1
Pérdidas del medio	8	2

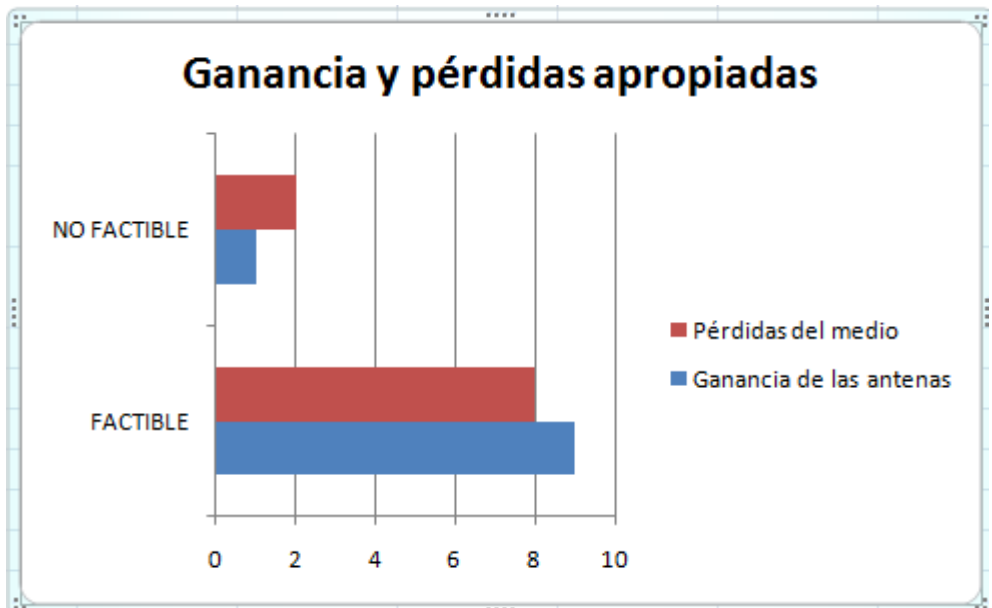


Figura V.105 Ganancias y pérdidas del enlace

Las pérdidas del medio y ganancias de las antenas calculadas en el simulador son apropiadas para el enlace diseñado. (Ver Figura V.105).

5.2.4.1.TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE CAPACIDAD DE SERVICIO

Tabla V.XXXVIII Resumen de la variable dependiente capacidad de servicio

V4. Fiabilidad del enlace	PARÁMETROS	FACTIBLE	NO FACTIBLE
18. Potencia de Transmisión y recepción	Potencia de transmisión	8	1
	Potencia de recepción	7	1
19. Ganancias y pérdidas del enlace	Ganancia de las antenas	9	1
	Pérdidas del medio	8	2
TOTAL		32	5

Con la tabla anterior se determina que los valores calculados de potencia, ganancia y pérdidas son las adecuadas para obtener el enlace entre la BTS sus terminales y la repetidora.

5.3.PUNTAJES TOTALES

A continuación tenemos los resultados generales de las variables dependientes de los valores obtenidos para el proyecto. (Ver Tabla V.XXXIX).

Tabla V.XXXIX Puntajes totales

Variables	Indicadores	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Demanda Insatisfecha	14	8	8
	15	7	1
Total V2		15	9
Capacidad de servicio	16	8	1
	17	7	1
Total V3		15	2
Fiabilidad del enlace	18	15	2
	19	17	2
Total V4		32	4
Total		62	15

5.4.COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la comprobación de la hipótesis planteada se debe calcular el estadístico Ji- Cuadrado utilizando los datos que se obtuvo en el análisis de la tecnología CDMA con la frecuencia 450 para el diseño de una BTS mediante análisis cuantitativos y cualitativos, mediante la simulación con RADIO MOBILE y análisis de información teórica.

Hipótesis para Ji- cuadrado:

Hi: hipótesis de la investigación

Ho: hipótesis nula

Hi: A través de un análisis de la tecnología CDMA 450, se podrá obtener las condiciones técnicas, económicas y demográficas para el diseño de la red de telecomunicaciones que permitirá dar el servicio de voz y datos en la zona de Santa Rosa de Izitziñag, provincia de Chimborazo.

Ho: A través de un análisis de la tecnología CDMA 450, se podrá obtener las condiciones técnicas, económicas y demográficas para el diseño de la red de telecomunicaciones que no permitirá dar el servicio de voz y datos en la zona de Santa Rosa de Izitziñag, provincia de Chimborazo.

En la Tabla V.XL se puede observar los valores de las variables estimadas en el estudio para nuestro proyecto.

Variable independiente: Análisis de la tecnología CDMA.

Variables dependientes: Demanda Insatisfecha, Capacidad de servicio, Fiabilidad del enlace.

Tabla V.XL Variables dependientes

Análisis de la tecnología CAMA	Indicadores	FACTIBLE	NO FACTIBLE
Demanda Insatisfecha	14	8	8
	15	7	1
Capacidad de servicio	16	8	1
	17	7	1
Fiabilidad del enlace	18	15	2
	19	17	2
Total		62	15

Frecuencias Observadas

Las frecuencias observadas se encuentran sumando los indicadores de cada variable dependiente. (Ver Tabla V.XLI).

Tabla V.XLI Frecuencias observadas

	FACTIBLE	NO FACTIBLE	Sumatoria de cada variable
Demanda Insatisfecha	15	9	24
Capacidad de servicio	15	2	17
Fiabilidad del enlace	32	4	36
Total	62	15	77

Frecuencias Esperadas

Las frecuencias esperadas de cada celda, se calcula mediante la siguiente

$$fe = \frac{(total_de_fila)(total_de_columna)}{N}$$

Donde *N* es el número total de frecuencias observadas.

Tabla V.XLII Frecuencias esperadas

	FACTIBLE	NO FACTIBLE	Sumatoria de cada variable
Demanda Insatisfecha	19,32467532	4,67532468	24
Capacidad de servicio	13,68831169	3,31168831	17
Fiabilidad del enlace	28,98701299	7,01298701	36
Total	62	15	77

Calculo de X²:

Para encontrar el valor de Ji- cuadrado se utiliza la siguiente fórmula

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

O: Frecuencia observada en cada celda

E: Frecuencia esperada en cada celda

Tabla V.XLIII Cálculo de x²

Observado(O)	Esperado(E)	(O-E)	(O-E) ²	{(O-E) ² /E}
13	19,32467532	-6,32467532	40,0015179	2,069971021
9	4,67532468	4,32467532	18,70281662	4,000324663
10	13,68831169	-3,68831169	13,60364312	0,993814535
9	3,31168831	5,68831169	32,35688988	9,770511852
32	28,98701299	3,01298701	9,078090722	0,313177861
13	7,01298701	5,98701299	35,84432454	5,111135168
			X ² =	22,2589351

Grados de libertad:

Para poder realizar la comparación del resultado de Ji- cuadrado debemos encontrar los grados de libertad de nuestra tabla, para ello tenemos la siguiente fórmula:

$$Gl = (f - 1)(c - 1)$$

Donde:

r: es el número de filas de la tabla de contingencia

c: es el número de columnas de la tabla de contingencia

$$Gl = (3-1) (4-1) \rightarrow Gl = 6$$

De la tabla de distribución de X² que se encuentra en los anexos, podemos decir que con un 95% de seguridad y con 6 grados de libertad el valor de crítico de Ji- cuadrado es 12,59.

Criterio de decisión

- SI X^2 calculado es mayor a X^2_{α} (Valor crítico) de la tabla de distribución se rechaza la hipótesis nula H_0 y por lo tanto se acepta la hipótesis de Investigación.
- SI X^2 calculado es menor a X^2_{α} (Valor crítico) de la tabla de distribución se acepta la hipótesis nula H_0 y por lo tanto se rechaza la hipótesis de Investigación.

Por lo tanto tenemos el siguiente resultado:

$$X^2 \text{ Calculado} = 22,25$$

$$X^2_{\alpha} \text{ (Valor crítico)} = 12,59$$

$$22,46 > 12,59$$

$$\text{Por lo tanto: } X^2 > X^2_{\alpha}$$

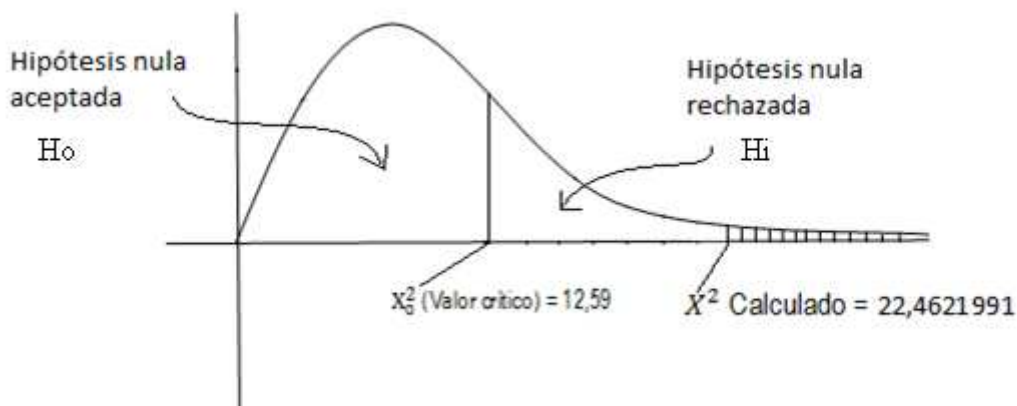


Figura V.106 Gráfico Ji- cuadrado

De esta manera aceptamos la hipótesis de la investigación (H_i) que indica que a través de un análisis de la tecnología CDMA 450, se podrá obtener las condiciones técnicas, económicas y demográficas para el diseño de la red de telecomunicaciones que permitirá dar el servicio de voz y datos en la zona de Santa Rosa de Iztiziñag, provincia de Chimborazo

CONCLUSIONES

Nuestro aporte en este proyecto fue enfocado en tres áreas principales como son; el levantamiento de información útil y necesaria para determinar la demanda insatisfecha en sectores rurales geográficamente distantes, zonas donde el servicio de red telefónica, datos y video son inaccesibles por diferentes criterios como son: económicos, demográficos, tecnológicos, entre otros, por lo que previo a un planteamiento del problema se realizó el estudio de la situación actual del sector denominado “Santa Rosa de Izitziñag”, así luego de un extenso y muy profundo análisis, prueba y puesta en marcha del diseño de la red, se constató que la alternativa capaz de solventar dichas falencias en forma parcial es una tecnología de segunda generación como es CDMA, por factores geográficos y las debidas actualizaciones del espectro de frecuencia electromagnética se optó por concesionar una parte de la sub banda A del espectro de 450 Mhz, con la cual se podrá alcanzar una línea de vista de aproximadamente 50 kilómetros de cobertura , cabe recalcar que existen sectores que no estarán cubiertos debido a sus condiciones geográficas que por aspectos tecnológicos, una de la mayores desventajas de la puesta en marcha de esta tecnología es el mal dimensionamiento realizado tanto en la capacidad, flexibilidad y escalabilidad que ofrece CDMA, siendo difícil ofrecer servicios complementarios e importantes como son datos y video, para lo cual se deja establecido en nuestro aporte cual sería un alternativa o solución para ofrecer tanto servicios y / o aplicaciones de nueva generación bajo tecnologías que parten de CDMA 2000 como son 1xEV-DO, o EV-DO.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a CNT la aplicación del estudio del sistema CDMA 450 en zonas rurales del Cantón Riobamba para brindar el servicio de telefonía fija inalámbrica, por sus características para brindar este servicio en donde es difícil acceder a través de un medio de transmisión guiado como es el cobre, además se tome en cuenta proporcionar el servicio de datos y video intentando escalar en la tecnología al ser parte de una red de nueva generación, tecnologías que como EV-DO y EV-VD pueden funcionar en base a los equipos ya instalados, destinados a dar telefonía que pueden ser complementados para brindar un servicio que vaya a la par con el avance tecnológico y crecimiento de necesidades sociales; así mismo se tenga especial cuidado en el estudio técnico y de demanda para evitar el sobredimensionamiento de la capacidad de los equipos y pérdidas económicas para la empresa.

RESUMEN

Se realizó el análisis de la tecnología CDMA en la frecuencia de 450Mhz a través del cual se obtuvo las condiciones técnicas, económicas y demográficas para el diseño de la estación base que brindará servicio telefónico a la comunidad de Santa Rosa de Izitziñag y sus alrededores de la Provincia de Chimborazo.

Se realizó el estudio demográfico de la zona, ubicación y descripción geográfica; un estudio de demanda actual y proyectada en base a datos estadísticos y encuestas realizadas. Se desarrolló la fase de diseño y dimensionamiento de la red CDMA, se estableció los parámetros técnicos; selección del sitio para la instalación de la BTS, alternativas de salida de la BTS para el acceso a la red CNT EP, suposiciones sobre el requerimiento de calidad de la red basado en tecnología cdma450, cálculo de pérdidas, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, estudio de tráfico, estructura y equipamiento de la red.

El diseño creado en función de la tecnología CDMA 450 satisface la necesidad de penetración de señal, cubriendo el 100% del área planificada, tomando en cuenta la capacidad requerida para brindar los servicios de voz a la demanda inicial de usuarios y su proyección de crecimiento durante los próximos 10 años.

Según el estudio de demanda como el análisis técnico y demográfico concluye que es factible desarrollar el proyecto en este sector, para solucionar la falta de comunicación por medio de la tecnología CDMA 450.

Se recomienda a CNT la aplicación del estudio del sistema CDMA 450 en zonas rurales del Cantón Riobamba para brindar el servicio de telefonía fija inalámbrica.

SUMMARY

It has been carried out and analysis of the 450 Mhz – frequency CDMA technology through which it has been possible to obtain technical, economical and demographic conditions to design the base station that will give telephone service to the community of “Santa Rosa de Izitziñag” and its surroundings in the province of Chimborazo.

A demographic study of the zone, its location and geographic features has been done according to current requirements, and based on statistic data and surveys.

We have developed the design and size of the net CDMA, set up technical parameters, selected the place for the BATS installation, determined CNT EP net access BATS outlet options, CDMA 450 based technology net quality request assumptions, loss rate, antenna performance, receiver sensitivity, traffic survey, structure and net equipment.

The design created according to the CDMA 450 technology meets the penetration signal requirements, covering one hundred per cent of the referred area, taking into account the required capacity necessary to give voice service to the users, the same as its estimate growth rate for the next ten years.

Grounded on the request survey and technical and demographic analysis, we conclude that it is feasible to develop the project in this area, in order to solve the lack of communication through CDMA 450 technology.

We suggest to apply the CDMA 450 system survey in rural areas of the canon of Riobamba for stable wireless telephone service.

GLOSARIO

Canal de tráfico

Canal que, en telefonía móvil, se utiliza normalmente para realizar las conversaciones, aunque algunas veces se pueden enviar datos durante la conversación para la supervisión de llamadas.

Canal de voz

Canal con un margen de frecuencias de 300 a 3,400 Hz, indicado para transmisión de voz, datos, fax o servicio telegráfico.

CDMA

"Code Division Multiple Access" (CDMA) es la tecnología digital inalámbrica más moderna que ha abierto la puerta a una nueva y excitante generación de productos y servicios de comunicación inalámbrica. Utilizando codificación digital y técnicas de frecuencias de radio de espectro amplio (RF), CDMA provee una mejor calidad de voz y más privacidad, capacidad y flexibilidad que otras tecnologías inalámbricas.

BTS

Las estaciones base de telefonía móvil son radios bidireccionales multicanal de baja potencia, es decir, emiten y reciben varias señales a la vez. Las Estaciones Base cubren un área de terreno conocido como "celda". Las celdas son más grandes en terrenos llanos donde la señal no se ve interrumpida por obstáculos del terreno o edificios. Cuando una persona que está usando el móvil, se traslada, la señal de radiofrecuencia pasa de una Estación Base a otra, permitiendo una comunicación continua.

PDSN

Packet Data Service Node (Nodo de Servicios de Paquetes de Datos). es responsable también de la gestión de la movilidad y actúa como un Foreign Agent (FA) para la funcionalidad de Mobile IP (MIP).

SS7

Signaling System 7 (Sistema de Señalización No. 7).

HLR

Home Location Register Base de datos con el registro de los suscriptores y sus respectivos perfiles de servicios.

AAA

Accounting, Authentication and Authorization contiene la información de provisión de paquetes de datos de los abonados. Se utiliza para labores de autenticación.

PCF

Packet Control Function que es uno de los nuevos elementos necesarios en el BSS para soportar la conmutación de paquetes de la interfaz R-P.

BSS

El Sistema de Estación Base es la entidad responsable del establecimiento de las comunicaciones con las estaciones móviles que se encuentran dentro de su área de influencia.

ANEXOS

ANEXOS A

Anexo A1 REQUISITOS DEL 1xEV-DV

REQUISITOS	CONFORMIDAD DEL ESTÁNDAR	OBSERVACIÓN
Compatibilidad con redes ANSI-41	√	
En comparación con CDMA2000, al menos 2 veces el número de llamadas de voz simultáneas para un solo canal de radio, para la misma configuración de antena de la estación de base y usando el mismo vocoder.	X	La capacidad de voz del CDMA2000 ha sido conservada en 1xEV-DV.
Al menos 2,4 Mbps en el canal portador directo cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre.	√	3,09 Mbps es soportado en F-PDCH ⁵ .
Al menos 1,25 Mbps en el canal portador reverso cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre.	X	Velocidad de datos pico en el canal reverso es 451,2 Kbps.
Al menos 600 Kbps en el canal portador directo cuando solo se da servicio al tráfico de datos de paquetes para cualquier usuario en un ambiente vehicular de alta velocidad y al aire libre.	√	Velocidad de datos promedio de 1,7 Mbps es soportada en el canal portador directo.
1xEV-DV operará con configuración de radio 3x.	√	1xEV-DV puede ser extendida fácilmente para operar en modo 3x debajo de la estructura del sistema actual.
Handoff de los servicios de datos y voz entre el canal de radio 1xEV-DV y otros canales de radio que están operando de acuerdo con las especificaciones de la familia del CDMA2000	√	Todos los tipos de handoff son posibles entre el IS-95, IS-95A, IS-95B, y CDMA2000 release A, release B, y 1xEV-DV para llamadas de voz. Las llamadas de voz no pueden ser rechazadas a un sistema 1xEV-DO.
Si una estación móvil soporta tanto 1xEV-DV como 1xEV-DO, entonces la estación móvil soportará la transferencia de servicios de datos comúnmente soportados entre los canales de radio de 1xEV-DO y de 1xEV-DV.	√	
Sesiones de datos de paquetes múltiples y simultáneas por usuario.	√	

Anexo A2 CARACTERÍSTICAS DEL CDMA 450

CARACTERÍSTICAS DE CDMA450	
Parámetros	CDMA450
Reuso de Frecuencia	1
Ancho de banda de portadora	1,25 MHz
Espectro requerido (para 3 portadoras)	4,5 MHz
Número efectivo de portadoras por sector	3
Número de Canales de voz por sector	84 (28 x 3)
Erlang por sector (Grado de Servicio de 2%)	60,45 (20,15 x 3)
Erlang por Sector/MHz	13,4

Anexo A3 PRODUCTOS EN LA SERIE BTS

Modelo	Max portadoras por gabinete	Capacidad	Aplicación	Tipo
BTS3606E	36	Media	Ciudades pequeñas y medianas y pueblos donde existe suficiente espacio en cuarto de equipos	BTS interior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
		Grande	Areas densamente pobladas y ciudades	BTS interior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
BTS3606AE	36	Media	Ciudades medianas y pequeñas y pueblos donde el tráfico es pesado y no se tiene disponible espacio en cuarto de equipos	BTS exterior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
		Grande	Areas densamente pobladas donde el tráfico es pesado y no se tiene disponible espacio en cuarto de equipos	BTS exterior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
BTS3601C	1	Pequeña	Interiores, carreteras, subterráneos y vías férreas	BTS exterior soporta CDMA2000 1x (aplica también para condiciones internas)
BTS3601CE	6	Pequeña	Interiores, carreteras, subterráneos y vías férreas	BTS exterior soporta CDMA2000 1x y 1xEV-DO (aplica también para condiciones internas)
BTS3606C	18	Media	Ciudades medianas y pequeñas, pueblos, y áreas subterráneas	BTS interior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO
BTS3606AC	9	Media	Ciudades medianas y pequeñas, pueblos, y áreas subterráneas	BTS exterior soporta CDMA2000 1x and 1xEV-DO

Anexo A4 TASA DE ENSANCHAMIENTO Y CONFIGURACIÓN DE RADIO.

Tasa de Ensanchamiento	Enlace Directo	Configuración de Radio	Velocidad de Datos (bps)	Velocidad de Datos (bps)	Configuración de Radio	Enlace Reverso
SR1 1xRTT 1 Portadora 1.2288 Mcps	Requerido. Compatible IS-95. Características de codificación no de CDMA2000	RC1	9600	9600	RC1	Requerido. Compatible IS-95. Características de codificación no de CDMA2000
	Compatible con IS-95B RS2. Características de codificación no de CDMA2000.	RC2	14400	14400	RC2	Compatible con IS-95B RS2. Características de codificación no de CDMA2000.
	1/4 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600.	RC3	9600	9600	RC3	1/4 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación.
	1/2 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600	RC4	153600	153600		1/2 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600
	1/4 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400	RC5	9600	307200	RC4	1/4 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400
SH3 3xRTT	1/6 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600	RC6	14400	14400	RC5	Requerido. 1/4 o 1/3 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600
	Requeridos. 1/3 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 9600	RC7	9600	307200		
	1/4 o 1/3 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400	RC8	460800	460800	RC6	1/4 o 1/3 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400
1/5 o 1/3 de la tasa de codificación. Convulsional o Turbo Codificación. Velocidad Base 14400	RC9	11100	1036800			

ANEXOS B

Anexo B1 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

Sector / Indicador	Medida	
EDUCACIÓN – POBLACIÓN		
Analfabetismo	%(15 años y más)	35,20
Analfabetismo – hombres	%(15 años y más)	24,60
Analfabetismo – mujeres	%(15 años y más)	43,60
Analfabetismo funcional	%(15 años y más)	53,10
Analfabetismo funcional – hombres	%(15 años y más)	45,10
Analfabetismo funcional – mujeres	%(15 años y más)	59,40
Primaria completa	%(12 años y más)	21,70
Primaria completa – hombres	%(12 años y más)	27,00
Primaria completa – mujeres	%(12 años y más)	18,00
Secundaria completa	%(18 años y más)	2,30
Secundaria completa – hombres	%(18 años y más)	2,70
Secundaria completa – mujeres	%(18 años y más)	2,00
Instrucción superior	%(24 años y más)	1,40
Instrucción superior – hombres	%(24 años y más)	1,70
Instrucción superior – mujeres	%(24 años y más)	1,10
EDUCACIÓN - COBERTURA Y ACCESO		
Tasa bruta de escolarización básica	%(5 a 14 años)	94,40
Tasa bruta de escolarización básica – hombres	%(5 a 14 años)	94,40
Tasa bruta de escolarización básica – mujeres	%(5 a 14 años)	94,40
Tasa bruta de escolarización primaria	%(6 a 11 años)	130,20
Tasa bruta de escolarización primaria – hombres	%(6 a 11 años)	128,90
Tasa bruta de escolarización primaria – mujeres	%(6 a 11 años)	131,60
Tasa bruta de escolarización secundaria	%(12 a 17 años)	28,00
Tasa bruta de escolarización secundaria – hombres	%(12 a 17 años)	31,80
Tasa bruta de escolarización secundaria – mujeres	%(12 a 17 años)	24,50
Tasa bruta de escolarización superior	%(18 a 24 años)	4,00
Tasa bruta de escolarización superior – hombres	%(18 a 24 años)	3,60
Tasa bruta de escolarización superior – mujeres	%(18 a 24 años)	4,20
Tasa neta de escolarización básica	%(5 a 14 años)	81,60
Tasa neta de escolarización básica – hombres	%(5 a 14 años)	80,00
Tasa neta de escolarización básica – mujeres	%(5 a 14 años)	83,10
Tasa neta de escolarización primaria	%(6 a 11 años)	91,10
Tasa neta de escolarización primaria – hombres	%(6 a 11 años)	89,80
Tasa neta de escolarización primaria – mujeres	%(6 a 11 años)	92,40
Tasa neta de escolarización secundaria	%(12 a 17 años)	20,20
Tasa neta de escolarización secundaria – hombres	%(12 a 17 años)	21,10

Tasa neta de escolarización secundaria – mujeres	%(12 a 17 años)	19,30
Tasa neta de escolarización superior	%(18 a 24 años)	2,10
Tasa neta de escolarización superior – hombres	%(18 a 24 años)	1,40
Tasa neta de escolarización superior – mujeres	%(18 a 24 años)	2,60
Tasa de escolarización 5 a 14 años	Porcentaje	82,20
Tasa de escolarización 5 a 14 años – hombres	Porcentaje	80,90
Tasa de escolarización 5 a 14 años – mujeres	Porcentaje	83,40
Tasa de escolarización 6 a 11 años	Porcentaje	91,50
Tasa de escolarización 6 a 11 años – hombres	Porcentaje	90,00
Tasa de escolarización 6 a 11 años – mujeres	Porcentaje	93,00
Tasa de escolarización 12 a 17 años	Porcentaje	57,00
Tasa de escolarización 12 a 17 años – hombres	Porcentaje	57,50
Tasa de escolarización 12 a 17 años – mujeres	Porcentaje	56,70
Tasa de escolarización 18 a 24 años	Porcentaje	15,80
Tasa de escolarización 18 a 24 años – hombres	Porcentaje	16,10
Tasa de escolarización 18 a 24 años – mujeres	Porcentaje	15,60

SALUD DE LA NIÑEZ

Tasa de mortalidad infantil (método directo)	Tasa por 1.000 nacidos vivos	59,90
----------------------------------------------	------------------------------	-------

EMPLEO - OFERTA LABORAL

Población en edad de trabajar (PET)	Número	3982
Población económicamente activa (PEA)	Número	2626
Tasa bruta de participación laboral	Porcentaje	43,00
Tasa global de participación laboral	Porcentaje	66,00

TRABAJO INFANTIL Y ADOLESCENTE

Niños/as que trabajan y no estudian de 8 a 17 años	Porcentaje	18,70
Niños/as que no trabajan ni estudian de 8 a 17 años	Porcentaje	6,30
Niños/as que no trabajan y sí estudian de 8 a 17 años	Porcentaje	63,20
Niños/as que trabajan y estudian de 8 a 17 años	Porcentaje	11,80

VIVIENDA

Viviendas	Número	1515
Hogares	Número	1517
Casas, villas o departamentos	%(viviendas)	73,80
Piso de entablado, parquet, baldosa, vinil, ladrillo o cemento	%(viviendas)	26,90
Agua entubada por red pública dentro de la vivienda	%(viviendas)	17,70
Red de alcantarillado	%(viviendas)	8,90
Sistemas de eliminación de excretas	%(viviendas)	49,40
Servicio eléctrico	%(viviendas)	86,40
Servicio telefónico	%(viviendas)	4,40
Servicio de recolección de basura	%(viviendas)	1,10
Déficit de servicios residenciales básicos	%(viviendas)	93,90
Vivienda propia	%(hogares)	92,90
Personas por dormitorio	Promedio	2,90

Hacinamiento	%(hogares)	30,50
Servicio higiénico exclusivo	%(hogares)	13,90
Ducha exclusiva	%(hogares)	9,20
Cuarto de cocina	%(hogares)	79,60
Uso de gas o electricidad para cocinar	%(hogares)	13,40
Uso de gas para cocinar	%(hogares)	13,00
Uso de leña o carbón para cocinar	%(hogares)	85,60

POBREZA

Incidencia de la pobreza de consumo	%(población total)	78,60
Incidencia de la extrema pobreza de consumo	%(población total)	45,80
Pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)	%(población total)	95,10
Extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)	%(población total)	79,80
Personas que habitan viviendas con características físicas inadecuadas	%(población total)	73,30
Personas que habitan viviendas con servicios inadecuados	%(población total)	92,90
Personas en hogares con alta dependencia económica	%(población total)	5,60
Personas en hogares con niños que no asisten a la escuela	%(población total)	11,40
Personas en hogares con hacinamiento crítico	%(población total)	37,30

PROGRAMAS SOCIALES - BIENESTAR SOCIAL

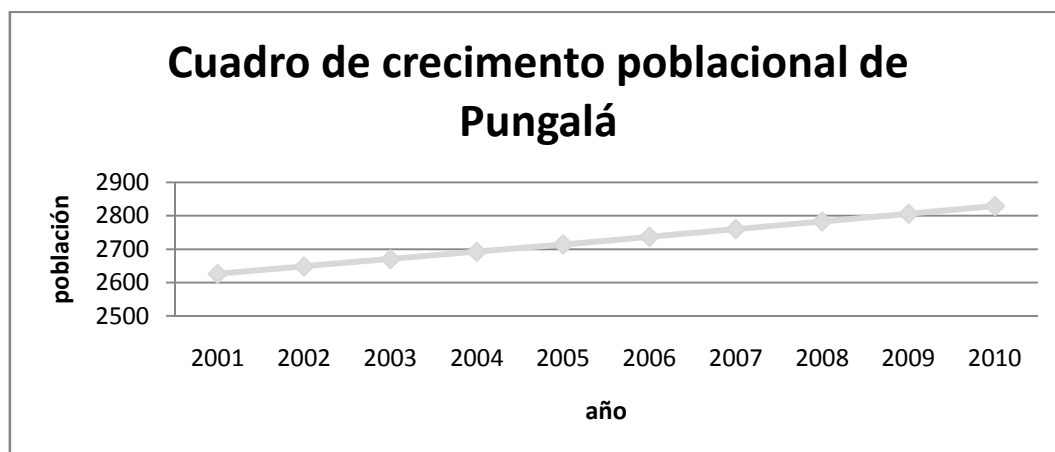
Bono de Desarrollo Humano – madres	Número	897
Bono de Desarrollo Humano - tercera edad	Número	165
Bono de Desarrollo Humano – discapacitados	Número	1
Bono de Desarrollo Humano - todos los beneficiarios	Número	1,063

POBLACIÓN - DINÁMICA DEMOGRÁFICA

Población (habitantes)	Número	6,11
Población – hombres	Número	2,85
Población – mujeres	Número	3,26
Población - menores a 1 año	Número	150
Población - 1 a 9 años	Número	1,608
Población - 10 a 14 años	Número	918
Población - 15 a 29 años	Número	1,229
Población - 30 a 49 años	Número	1,132
Población - 50 a 64 años	Número	619
Población - de 65 y más años	Número	454
Población afroecuatoriana	Número	16
Población indígena	Número	5,208
Población mestiza	Número	789
Población Blanca	Número	97
Índice de feminidad	%(mujeres c/100 hombres)	114,4
Proporción de mujeres	%(población total)	53,4

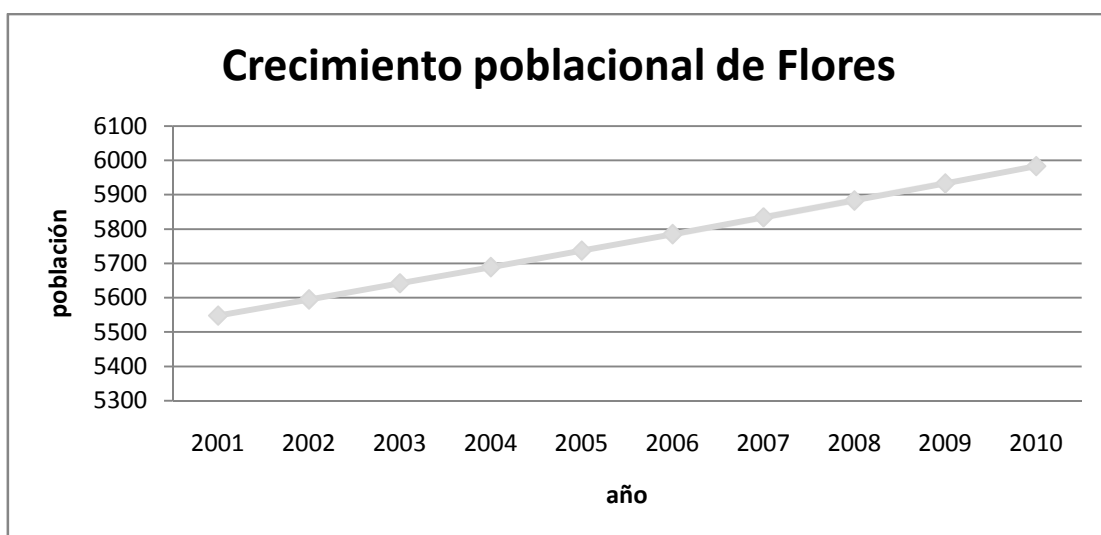
Anexo B2 PROYECCIÓN POBLACIONAL DE LA PARROQUIA PUNGALÁ

Año	Población
2001	2626
2002	2648
2003	2670
2004	2692
2005	2714
2006	2737
2007	2760
2008	2783
2009	2806
2010	2829



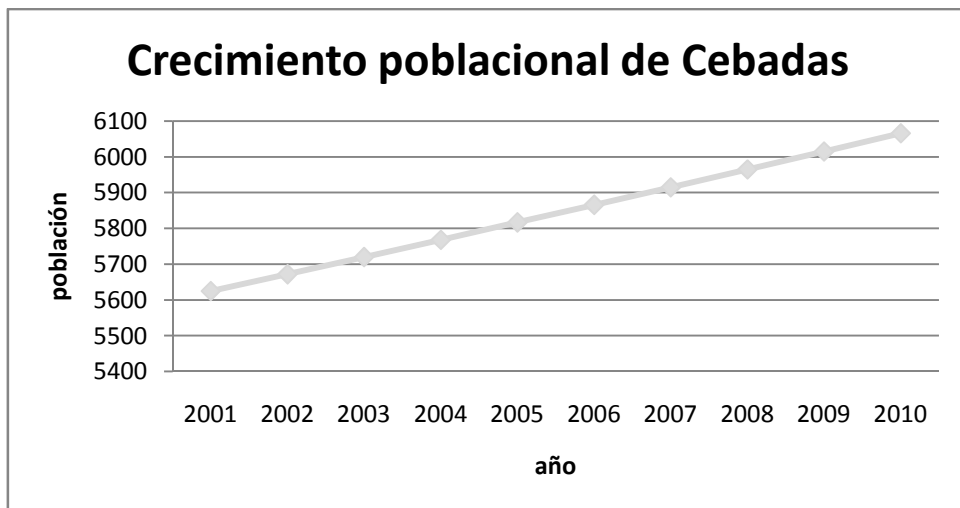
PROYECCIÓN POBLACIONAL DE LA PARROQUIA FLORES

Año	Población
2001	5548
2002	5595
2003	5642
2004	5689
2005	5737
2006	5785
2007	5834
2008	5883
2009	5933
2010	5983



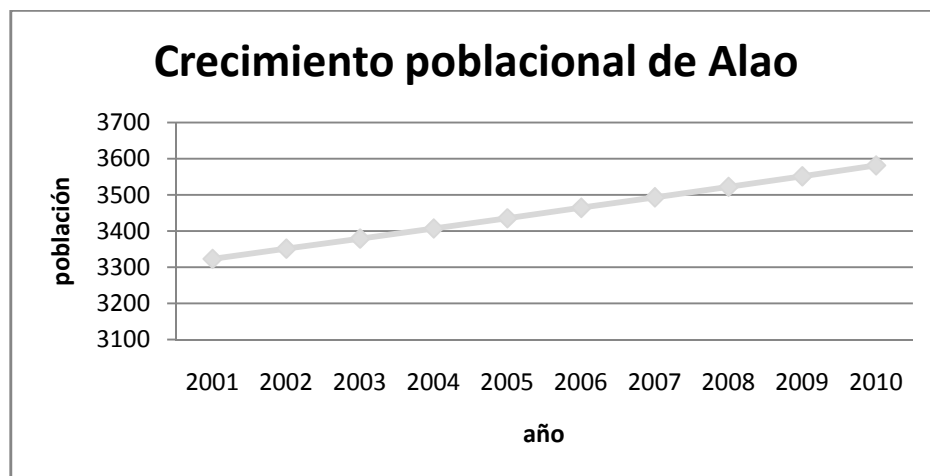
PROYECCIÓN POBLACIONAL DE LA PARROQUIA CEBADAS

Año	Población
2001	5625
2002	5672
2003	5720
2004	5768
2005	5817
2006	5866
2007	5915
2008	5965
2009	6015
2010	6066



PROYECCIÓN POBLACIONAL DE LA PARROQUIA ALAO

Año	Población
2001	3323
2002	3351
2003	3379
2004	3407
2005	3435
2006	3464
2007	3493
2008	3522
2009	3551
2010	3581



Anexo B4 TABLA DE VALORES DE ERLANG B

N	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32
33	22.155	22.429	22.678	22.909	24.626	25.844	27.721	31.301	37.524	52.718	33
34	23.001	23.281	23.536	23.772	25.529	26.776	28.698	32.367	38.754	54.379	34
35	23.849	24.136	24.397	24.638	26.435	27.711	29.677	33.434	39.985	56.041	35
36	24.701	24.994	25.261	25.507	27.343	28.647	30.657	34.503	41.216	57.703	36
37	25.556	25.854	26.127	26.378	28.254	29.585	31.640	35.572	42.448	59.365	37
38	26.413	26.718	26.996	27.252	29.166	30.526	32.624	36.643	43.680	61.028	38
39	27.272	27.583	27.867	28.129	30.081	31.468	33.609	37.715	44.913	62.690	39
40	28.134	28.451	28.741	29.007	30.997	32.412	34.596	38.787	46.147	64.353	40
41	28.999	29.322	29.616	29.888	31.916	33.357	35.584	39.861	47.381	66.016	41
42	29.866	30.194	30.494	30.771	32.836	34.305	36.574	40.936	48.616	67.679	42
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43
44	31.605	31.946	32.256	32.543	34.682	36.203	38.557	43.088	51.086	71.006	44
45	32.478	32.824	33.140	33.432	35.607	37.155	39.550	44.165	52.322	72.669	45

46	33.353	33.705	34.026	34.322	36.534	38.108	40.545	45.243	53.559	74.333	46
47	34.230	34.587	34.913	35.215	37.462	39.062	41.540	46.322	54.796	75.997	47
48	35.108	35.471	35.803	36.109	38.392	40.018	42.537	47.401	56.033	77.660	48
49	35.988	36.357	36.694	37.004	39.323	40.975	43.534	48.481	57.270	79.324	49
50	36.870	37.245	37.586	37.901	40.255	41.933	44.533	49.562	58.508	80.988	50
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
51	37.754	38.134	38.480	38.800	41.189	42.892	45.533	50.644	59.746	82.652	51
52	38.639	39.024	39.376	39.700	42.124	43.852	46.533	51.726	60.985	84.317	52
53	39.526	39.916	40.273	40.602	43.060	44.813	47.534	52.808	62.224	85.981	53
54	40.414	40.810	41.171	41.505	43.997	45.776	48.536	53.891	63.463	87.645	54
55	41.303	41.705	42.071	42.409	44.936	46.739	49.539	54.975	64.702	89.310	55
56	42.194	42.601	42.972	43.315	45.875	47.703	50.543	56.059	65.942	90.974	56
57	43.087	43.499	43.875	44.222	46.816	48.669	51.548	57.144	67.181	92.639	57
58	43.980	44.398	44.778	45.130	47.758	49.635	52.553	58.229	68.421	94.303	58
59	44.875	45.298	45.683	46.039	48.700	50.602	53.559	59.315	69.662	95.968	59
60	45.771	46.199	46.589	46.950	49.644	51.570	54.566	60.401	70.902	97.633	60
61	46.669	47.102	47.497	47.861	50.589	52.539	55.573	61.488	72.143	99.297	61
62	47.567	48.005	48.405	48.774	51.534	53.508	56.581	62.575	73.384	100.96	62
63	48.467	48.910	49.314	49.688	52.481	54.478	57.590	63.663	74.625	102.63	63
64	49.368	49.816	50.225	50.603	53.428	55.450	58.599	64.750	75.866	104.29	64
65	50.270	50.723	51.137	51.518	54.376	56.421	59.609	65.839	77.108	105.96	65
66	51.173	51.631	52.049	52.435	55.325	57.394	60.619	66.927	78.350	107.62	66
67	52.077	52.540	52.963	53.353	56.275	58.367	61.630	68.016	79.592	109.29	67
68	52.982	53.450	53.877	54.272	57.226	59.341	62.642	69.106	80.834	110.95	68
69	53.888	54.361	54.793	55.191	58.177	60.316	63.654	70.196	82.076	112.62	69
70	54.795	55.273	55.709	56.112	59.129	61.291	64.667	71.286	83.318	114.28	70
71	55.703	56.186	56.626	57.033	60.082	62.267	65.680	72.376	84.561	115.95	71
72	56.612	57.099	57.545	57.956	61.036	63.244	66.694	73.467	85.803	117.61	72
73	57.522	58.014	58.464	58.879	61.990	64.221	67.708	74.558	87.046	119.28	73
74	58.432	58.930	59.384	59.803	62.945	65.199	68.723	75.649	88.289	120.94	74
75	59.344	59.846	60.304	60.728	63.900	66.177	69.738	76.741	89.532	122.61	75
76	60.256	60.763	61.226	61.653	64.857	67.156	70.753	77.833	90.776	124.27	76
77	61.169	61.681	62.148	62.579	65.814	68.136	71.769	78.925	92.019	125.94	77
78	62.083	62.600	63.071	63.506	66.771	69.116	72.786	80.018	93.262	127.61	78
79	62.998	63.519	63.995	64.434	67.729	70.096	73.803	81.110	94.506	129.27	79
80	63.914	64.439	64.919	65.363	68.688	71.077	74.820	82.203	95.750	130.94	80
81	64.830	65.360	65.845	66.292	69.647	72.059	75.838	83.297	96.993	132.60	81
82	65.747	66.282	66.771	67.222	70.607	73.041	76.856	84.390	98.237	134.27	82
83	66.665	67.204	67.697	68.152	71.568	74.024	77.874	85.484	99.481	135.93	83
84	67.583	68.128	68.625	69.084	72.529	75.007	78.893	86.578	100.73	137.60	84
85	68.503	69.051	69.553	70.016	73.490	75.990	79.912	87.672	101.97	139.26	85
86	69.423	69.976	70.481	70.948	74.452	76.974	80.932	88.767	103.21	140.93	86
87	70.343	70.901	71.410	71.881	75.415	77.959	81.952	89.861	104.46	142.60	87
88	71.264	71.827	72.340	72.815	76.378	78.944	82.972	90.956	105.70	144.26	88
89	72.186	72.753	73.271	73.749	77.342	79.929	83.993	92.051	106.95	145.93	89

90	73.109	73.680	74.202	74.684	78.306	80.915	85.014	93.146	108.19	147.59	90
91	74.032	74.608	75.134	75.620	79.271	81.901	86.035	94.242	109.44	149.26	91
92	74.956	75.536	76.066	76.556	80.236	82.888	87.057	95.338	110.68	150.92	92
93	75.880	76.465	76.999	77.493	81.201	83.875	88.079	96.434	111.93	152.59	93
94	76.805	77.394	77.932	78.430	82.167	84.862	89.101	97.530	113.17	154.26	94
95	77.731	78.324	78.866	79.368	83.134	85.850	90.123	98.626	114.42	155.92	95
96	78.657	79.255	79.801	80.306	84.100	86.838	91.146	99.722	115.66	157.59	96
97	79.584	80.186	80.736	81.245	85.068	87.826	92.169	100.82	116.91	159.25	97
98	80.511	81.117	81.672	82.184	86.035	88.815	93.193	101.92	118.15	160.92	98
99	81.439	82.050	82.608	83.124	87.003	89.804	94.216	103.01	119.40	162.59	99
100	82.367	82.982	83.545	84.064	87.972	90.794	95.240	104.11	120.64	164.25	100
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
101	83.296	83.916	84.482	85.005	88.941	91.784	96.265	105.21	121.89	165.92	101
102	84.225	84.849	85.419	85.946	89.910	92.774	97.289	106.30	123.13	167.58	102
103	85.155	85.783	86.357	86.888	90.880	93.765	98.314	107.40	124.38	169.25	103
104	86.086	86.718	87.296	87.830	91.850	94.756	99.339	108.50	125.63	170.91	104
105	87.017	87.653	88.235	88.773	92.821	95.747	100.36	109.60	126.87	172.58	105
106	87.948	88.589	89.175	89.716	93.791	96.738	101.39	110.70	128.12	174.25	106
107	88.880	89.525	90.115	90.660	94.763	97.730	102.42	111.79	129.36	175.91	107
108	89.812	90.462	91.055	91.604	95.734	98.722	103.44	112.89	130.61	177.58	108
109	90.745	91.399	91.996	92.548	96.706	99.715	104.47	113.99	131.86	179.24	109
110	91.678	92.336	92.937	93.493	97.678	100.71	105.49	115.09	133.10	180.91	110
111	92.612	93.274	93.879	94.438	98.651	101.70	106.52	116.19	134.35	182.58	111
112	93.546	94.212	94.821	95.384	99.624	102.69	107.55	117.29	135.59	184.24	112
113	94.481	95.151	95.764	96.330	100.60	103.69	108.57	118.39	136.84	185.91	113
114	95.416	96.090	96.707	97.277	101.57	104.68	109.60	119.49	138.09	187.57	114
115	96.352	97.030	97.650	98.223	102.54	105.68	110.63	120.58	139.33	189.24	115
116	97.287	97.970	98.594	99.171	103.52	106.67	111.66	121.68	140.58	190.91	116
117	98.224	98.910	99.538	100.12	104.49	107.66	112.69	122.78	141.83	192.57	117
118	99.160	99.851	100.48	101.07	105.47	108.66	113.71	123.88	143.07	194.24	118
119	100.10	100.79	101.43	102.01	106.44	109.66	114.74	124.98	144.32	195.91	119
120	101.04	101.73	102.37	102.96	107.42	110.65	115.77	126.08	145.57	197.57	120
121	101.97	102.68	103.32	103.91	108.39	111.65	116.80	127.18	146.81	199.24	121
122	102.91	103.62	104.26	104.86	109.37	112.64	117.83	128.28	148.06	200.90	122
123	103.85	104.56	105.21	105.81	110.35	113.64	118.86	129.38	149.31	202.57	123
124	104.79	105.50	106.16	106.76	111.32	114.64	119.89	130.48	150.55	204.24	124
125	105.73	106.45	107.10	107.71	112.30	115.63	120.92	131.58	151.80	205.90	125
126	106.67	107.39	108.05	108.66	113.28	116.63	121.95	132.68	153.05	207.57	126
127	107.61	108.34	109.00	109.61	114.25	117.63	122.98	133.78	154.29	209.23	127
128	108.55	109.28	109.95	110.57	115.23	118.62	124.01	134.88	155.54	210.90	128
129	109.49	110.22	110.90	111.52	116.21	119.62	125.04	135.99	156.79	212.57	129
130	110.43	111.17	111.85	112.47	117.19	120.62	126.07	137.09	158.03	214.23	130
131	111.37	112.12	112.79	113.42	118.17	121.62	127.10	138.19	159.28	215.90	131
132	112.31	113.06	113.74	114.38	119.15	122.62	128.13	139.29	160.53	217.57	132

133	113.26	114.01	114.69	115.33	120.12	123.61	129.16	140.39	161.77	219.23	133
134	114.20	114.95	115.64	116.28	121.10	124.61	130.19	141.49	163.02	220.90	134
135	115.14	115.90	116.59	117.24	122.08	125.61	131.22	142.59	164.27	222.56	135
136	116.09	116.85	117.54	118.19	123.06	126.61	132.25	143.69	165.52	224.23	136
137	117.03	117.80	118.50	119.14	124.04	127.61	133.28	144.80	166.76	225.90	137
138	117.97	118.74	119.45	120.10	125.02	128.61	134.32	145.90	168.01	227.56	138
139	118.92	119.69	120.40	121.05	126.00	129.61	135.35	147.00	169.26	229.23	139
140	119.86	120.64	121.35	122.01	126.98	130.61	136.38	148.10	170.50	230.90	140
141	120.81	121.59	122.30	122.96	127.97	131.61	137.41	149.20	171.75	232.56	141
142	121.75	122.54	123.26	123.92	128.95	132.61	138.44	150.30	173.00	234.23	142
143	122.70	123.49	124.21	124.88	129.93	133.61	139.48	151.41	174.25	235.89	143
144	123.64	124.44	125.16	125.83	130.91	134.61	140.51	152.51	175.49	237.56	144
145	124.59	125.39	126.11	126.79	131.89	135.61	141.54	153.61	176.74	239.23	145
146	125.54	126.34	127.07	127.75	132.87	136.61	142.57	154.71	177.99	240.89	146
147	126.48	127.29	128.02	128.70	133.86	137.61	143.61	155.82	179.24	242.56	147
148	127.43	128.24	128.98	129.66	134.84	138.61	144.64	156.92	180.48	244.23	148
149	128.38	129.19	129.93	130.62	135.82	139.62	145.67	158.02	181.73	245.89	149
150	129.32	130.14	130.88	131.58	136.80	140.62	146.71	159.12	182.98	247.56	150
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
151	130.27	131.09	131.84	132.53	137.79	141.62	147.74	160.23	184.23	249.22	151
152	131.22	132.04	132.79	133.49	138.77	142.62	148.77	161.33	185.47	250.89	152
153	132.17	132.99	133.75	134.45	139.75	143.62	149.81	162.43	186.72	252.56	153
154	133.12	133.95	134.71	135.41	140.74	144.63	150.84	163.53	187.97	254.22	154
155	134.06	134.90	135.66	136.37	141.72	145.63	151.87	164.64	189.22	255.89	155
156	135.01	135.85	136.62	137.33	142.70	146.63	152.91	165.74	190.47	257.56	156
157	135.96	136.80	137.57	138.29	143.69	147.63	153.94	166.84	191.71	259.22	157
158	136.91	137.76	138.53	139.25	144.67	148.64	154.98	167.95	192.96	260.89	158
159	137.86	138.71	139.49	140.21	145.66	149.64	156.01	169.05	194.21	262.56	159
160	138.81	139.66	140.44	141.17	146.64	150.64	157.05	170.15	195.46	264.22	160
161	139.76	140.62	141.40	142.13	147.63	151.65	158.08	171.25	196.70	265.89	161
162	140.71	141.57	142.36	143.09	148.61	152.65	159.12	172.36	197.95	267.55	162
163	141.66	142.53	143.32	144.05	149.60	153.66	160.15	173.46	199.20	269.22	163
164	142.61	143.48	144.28	145.01	150.58	154.66	161.19	174.56	200.45	270.89	164
165	143.57	144.44	145.23	145.97	151.57	155.66	162.22	175.67	201.70	272.55	165
166	144.52	145.39	146.19	146.93	152.55	156.67	163.26	176.77	202.94	274.22	166
167	145.47	146.35	147.15	147.89	153.54	157.67	164.29	177.88	204.19	275.89	167
168	146.42	147.30	148.11	148.86	154.53	158.68	165.33	178.98	205.44	277.55	168
169	147.37	148.26	149.07	149.82	155.51	159.68	166.36	180.08	206.69	279.22	169
170	148.32	149.21	150.03	150.78	156.50	160.69	167.40	181.19	207.94	280.88	170
171	149.28	150.17	150.99	151.74	157.48	161.69	168.43	182.29	209.18	282.55	171
172	150.23	151.13	151.95	152.71	158.47	162.70	169.47	183.39	210.43	284.22	172
173	151.18	152.08	152.91	153.67	159.46	163.70	170.50	184.50	211.68	285.88	173
174	152.14	153.04	153.87	154.63	160.44	164.71	171.54	185.60	212.93	287.55	174
175	153.09	154.00	154.83	155.60	161.43	165.71	172.58	186.71	214.18	289.22	175
176	154.04	154.95	155.79	156.56	162.42	166.72	173.61	187.81	215.42	290.88	176

177	155.00	155.91	156.75	157.52	163.41	167.72	174.65	188.91	216.67	292.55	177
178	155.95	156.87	157.71	158.49	164.39	168.73	175.69	190.02	217.92	294.22	178
179	156.91	157.83	158.67	159.45	165.38	169.73	176.72	191.12	219.17	295.88	179
180	157.86	158.78	159.63	160.42	166.37	170.74	177.76	192.23	220.42	297.55	180
181	158.81	159.74	160.59	161.38	167.36	171.75	178.79	193.33	221.66	299.22	181
182	159.77	160.70	161.55	162.34	168.35	172.75	179.83	194.44	222.91	300.88	182
183	160.72	161.66	162.52	163.31	169.33	173.76	180.87	195.54	224.16	302.55	183
184	161.68	162.62	163.48	164.27	170.32	174.77	181.91	196.65	225.41	304.21	184
185	162.64	163.58	164.44	165.24	171.31	175.77	182.94	197.75	226.66	305.88	185
186	163.59	164.54	165.40	166.21	172.30	176.78	183.98	198.85	227.91	307.55	186
187	164.55	165.50	166.37	167.17	173.29	177.79	185.02	199.96	229.15	309.21	187
188	165.50	166.46	167.33	168.14	174.28	178.79	186.05	201.06	230.40	310.88	188
189	166.46	167.42	168.29	169.10	175.27	179.80	187.09	202.17	231.65	312.55	189
190	167.42	168.37	169.25	170.07	176.26	180.81	188.13	203.27	232.90	314.21	190
191	168.37	169.34	170.22	171.03	177.25	181.81	189.17	204.38	234.15	315.88	191
192	169.33	170.30	171.18	172.00	178.24	182.82	190.20	205.48	235.40	317.55	192
193	170.29	171.26	172.14	172.97	179.23	183.83	191.24	206.59	236.64	319.21	193
194	171.24	172.22	173.11	173.93	180.22	184.84	192.28	207.69	237.89	320.88	194
195	172.20	173.18	174.07	174.90	181.21	185.85	193.32	208.80	239.14	322.55	195
196	173.16	174.14	175.04	175.87	182.20	186.85	194.35	209.90	240.39	324.21	196
197	174.12	175.10	176.00	176.84	183.19	187.86	195.39	211.01	241.64	325.88	197
198	175.07	176.06	176.96	177.80	184.18	188.87	196.43	212.11	242.89	327.54	198
199	176.03	177.02	177.93	178.77	185.17	189.88	197.47	213.22	244.13	329.21	199
200	176.99	177.98	178.89	179.74	186.16	190.89	198.51	214.32	245.38	330.88	200
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
201	177.95	178.95	179.86	180.71	187.15	191.89	199.55	215.43	246.63	332.54	201
202	178.91	179.91	180.82	181.67	188.14	192.90	200.58	216.53	247.88	334.21	202
203	179.87	180.87	181.79	182.64	189.13	193.91	201.62	217.64	249.13	335.88	203
204	180.82	181.83	182.75	183.61	190.12	194.92	202.66	218.74	250.38	337.54	204
205	181.78	182.79	183.72	184.58	191.11	195.93	203.70	219.85	251.63	339.21	205
206	182.74	183.76	184.69	185.55	192.10	196.94	204.74	220.95	252.87	340.88	206
207	183.70	184.72	185.65	186.52	193.10	197.95	205.78	222.06	254.12	342.54	207
208	184.66	185.68	186.62	187.48	194.09	198.96	206.82	223.17	255.37	344.21	208
209	185.62	186.65	187.58	188.45	195.08	199.97	207.85	224.27	256.62	345.88	209
210	186.58	187.61	188.55	189.42	196.07	200.97	208.89	225.38	257.87	347.54	210
211	187.54	188.57	189.52	190.39	197.06	201.98	209.93	226.48	259.12	349.21	211
212	188.50	189.54	190.48	191.36	198.06	202.99	210.97	227.59	260.37	350.88	212
213	189.46	190.50	191.45	192.33	199.05	204.00	212.01	228.69	261.61	352.54	213
214	190.42	191.46	192.42	193.30	200.04	205.01	213.05	229.80	262.86	354.21	214
215	191.38	192.43	193.38	194.27	201.03	206.02	214.09	230.90	264.11	355.87	215
216	192.34	193.39	194.35	195.24	202.02	207.03	215.13	232.01	265.36	357.54	216
217	193.30	194.35	195.32	196.21	203.02	208.04	216.17	233.12	266.61	359.21	217
218	194.26	195.32	196.29	197.18	204.01	209.05	217.21	234.22	267.86	360.87	218
219	195.23	196.28	197.25	198.15	205.00	210.06	218.25	235.33	269.11	362.54	219

220	196.19	197.25	198.22	199.12	206.00	211.07	219.29	236.43	270.36	364.21	220
221	197.15	198.21	199.19	200.09	206.99	212.08	220.33	237.54	271.60	365.87	221
222	198.11	199.18	200.16	201.06	207.98	213.09	221.37	238.65	272.85	367.54	222
223	199.07	200.14	201.12	202.04	208.97	214.10	222.41	239.75	274.10	369.21	223
224	200.03	201.11	202.09	203.01	209.97	215.11	223.45	240.86	275.35	370.87	224
225	201.00	202.07	203.06	203.98	210.96	216.12	224.48	241.96	276.60	372.54	225
226	201.96	203.04	204.03	204.95	211.95	217.14	225.52	243.07	277.85	374.21	226
227	202.92	204.00	205.00	205.92	212.95	218.15	226.56	244.18	279.10	375.87	227
228	203.88	204.97	205.97	206.89	213.94	219.16	227.60	245.28	280.35	377.54	228
229	204.85	205.94	206.94	207.86	214.94	220.17	228.65	246.39	281.59	379.21	229
230	205.81	206.90	207.91	208.84	215.93	221.18	229.69	247.49	282.84	380.87	230
231	206.77	207.87	208.87	209.81	216.92	222.19	230.73	248.60	284.09	382.54	231
232	207.73	208.83	209.84	210.78	217.92	223.20	231.77	249.71	285.34	384.21	232
233	208.70	209.80	210.81	211.75	218.91	224.21	232.81	250.81	286.59	385.87	233
234	209.66	210.77	211.78	212.72	219.91	225.22	233.85	251.92	287.84	387.54	234
235	210.62	211.73	212.75	213.70	220.90	226.23	234.89	253.02	289.09	389.20	235
236	211.59	212.70	213.72	214.67	221.90	227.25	235.93	254.13	290.34	390.87	236
237	212.55	213.67	214.69	215.64	222.89	228.26	236.97	255.24	291.58	392.54	237
238	213.52	214.64	215.66	216.61	223.88	229.27	238.01	256.34	292.83	394.20	238
239	214.48	215.60	216.63	217.59	224.88	230.28	239.05	257.45	294.08	395.87	239
240	215.44	216.57	217.60	218.56	225.87	231.29	240.09	258.56	295.33	397.54	240
241	216.41	217.54	218.57	219.53	226.87	232.30	241.13	259.66	296.58	399.20	241
242	217.37	218.50	219.54	220.51	227.86	233.32	242.17	260.77	297.83	400.87	242
243	218.34	219.47	220.51	221.48	228.86	234.33	243.21	261.88	299.08	402.54	243
244	219.30	220.44	221.48	222.45	229.85	235.34	244.25	262.98	300.33	404.20	244
245	220.27	221.41	222.46	223.43	230.85	236.35	245.29	264.09	301.58	405.87	245
246	221.23	222.38	223.43	224.40	231.84	237.36	246.34	265.20	302.82	407.54	246
247	222.20	223.34	224.40	225.37	232.84	238.38	247.38	266.30	304.07	409.20	247
248	223.16	224.31	225.37	226.35	233.84	239.39	248.42	267.41	305.32	410.87	248
249	224.13	225.28	226.34	227.32	234.83	240.40	249.46	268.52	306.57	412.54	249
250	225.09	226.25	227.31	228.30	235.83	241.41	250.50	269.62	307.82	414.20	250
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
251	226.06	227.22	228.28	229.27	236.82	242.43	251.54	270.73	309.07	415.87	251
252	227.02	228.19	229.25	230.25	237.82	243.44	252.58	271.84	310.32	417.54	252
253	227.99	229.16	230.23	231.22	238.81	244.45	253.62	272.94	311.57	419.20	253
254	228.95	230.12	231.20	232.19	239.81	245.46	254.67	274.05	312.82	420.87	254
255	229.92	231.09	232.17	233.17	240.81	246.48	255.71	275.16	314.07	422.54	255
256	230.89	232.06	233.14	234.14	241.80	247.49	256.75	276.26	315.31	424.20	256
257	231.85	233.03	234.11	235.12	242.80	248.50	257.79	277.37	316.56	425.87	257
258	232.82	234.00	235.09	236.09	243.80	249.52	258.83	278.48	317.81	427.53	258
259	233.78	234.97	236.06	237.07	244.79	250.53	259.87	279.58	319.06	429.20	259
260	234.75	235.94	237.03	238.04	245.79	251.54	260.91	280.69	320.31	430.87	260
261	235.72	236.91	238.00	239.02	246.78	252.56	261.96	281.80	321.56	432.53	261
262	236.68	237.88	238.98	239.99	247.78	253.57	263.00	282.90	322.81	434.20	262

263	237.65	238.85	239.95	240.97	248.78	254.58	264.04	284.01	324.06	435.87	263
264	238.62	239.82	240.92	241.95	249.77	255.60	265.08	285.12	325.31	437.53	264
265	239.58	240.79	241.89	242.92	250.77	256.61	266.12	286.23	326.56	439.20	265
266	240.55	241.76	242.87	243.90	251.77	257.62	267.17	287.33	327.80	440.87	266
267	241.52	242.73	243.84	244.87	252.77	258.64	268.21	288.44	329.05	442.53	267
268	242.49	243.70	244.81	245.85	253.76	259.65	269.25	289.55	330.30	444.20	268
269	243.45	244.67	245.79	246.82	254.76	260.66	270.29	290.65	331.55	445.87	269
270	244.42	245.64	246.76	247.80	255.76	261.68	271.33	291.76	332.80	447.53	270
271	245.39	246.61	247.73	248.78	256.75	262.69	272.38	292.87	334.05	449.20	271
272	246.36	247.58	248.71	249.75	257.75	263.71	273.42	293.98	335.30	450.87	272
273	247.32	248.55	249.68	250.73	258.75	264.72	274.46	295.08	336.55	452.53	273
274	248.29	249.52	250.66	251.71	259.75	265.73	275.50	296.19	337.80	454.20	274
275	249.26	250.50	251.63	252.68	260.74	266.75	276.55	297.30	339.05	455.87	275
276	250.23	251.47	252.60	253.66	261.74	267.76	277.59	298.40	340.30	457.53	276
277	251.20	252.44	253.58	254.64	262.74	268.78	278.63	299.51	341.54	459.20	277
278	252.16	253.41	254.55	255.61	263.74	269.79	279.67	300.62	342.79	460.87	278
279	253.13	254.38	255.53	256.59	264.74	270.80	280.71	301.73	344.04	462.53	279
280	254.10	255.35	256.50	257.57	265.73	271.82	281.76	302.83	345.29	464.20	280
281	255.07	256.32	257.48	258.54	266.73	272.83	282.80	303.94	346.54	465.87	281
282	256.04	257.30	258.45	259.52	267.73	273.85	283.84	305.05	347.79	467.53	282
283	257.01	258.27	259.42	260.50	268.73	274.86	284.89	306.16	349.04	469.20	283
284	257.98	259.24	260.40	261.48	269.73	275.88	285.93	307.26	350.29	470.87	284
285	258.95	260.21	261.37	262.45	270.72	276.89	286.97	308.37	351.54	472.53	285
286	259.91	261.18	262.35	263.43	271.72	277.91	288.01	309.48	352.79	474.20	286
287	260.88	262.16	263.32	264.41	272.72	278.92	289.06	310.58	354.04	475.86	287
288	261.85	263.13	264.30	265.39	273.72	279.93	290.10	311.69	355.28	477.53	288
289	262.82	264.10	265.27	266.36	274.72	280.95	291.14	312.80	356.53	479.20	289
290	263.79	265.07	266.25	267.34	275.72	281.96	292.18	313.91	357.78	480.86	290
291	264.76	266.05	267.23	268.32	276.72	282.98	293.23	315.01	359.03	482.53	291
292	265.73	267.02	268.20	269.30	277.71	283.99	294.27	316.12	360.28	484.20	292
293	266.70	267.99	269.18	270.28	278.71	285.01	295.31	317.23	361.53	485.86	293
294	267.67	268.96	270.15	271.25	279.71	286.02	296.36	318.34	362.78	487.53	294
295	268.64	269.94	271.13	272.23	280.71	287.04	297.40	319.44	364.03	489.20	295
296	269.61	270.91	272.10	273.21	281.71	288.05	298.44	320.55	365.28	490.86	296
297	270.58	271.88	273.08	274.19	282.71	289.07	299.49	321.66	366.53	492.53	297
298	271.55	272.86	274.06	275.17	283.71	290.09	300.53	322.77	367.78	494.20	298
299	272.52	273.83	275.03	276.15	284.71	291.10	301.57	323.88	369.03	495.86	299
300	273.49	274.80	276.01	277.13	285.71	292.12	302.62	324.98	370.28	497.53	300
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
n	Probabilidad de pérdida (E)										n

Anexo B5 DATOS PARA DISEÑO

	Item	Value
Requerimientos de servicios de voz	Porcentaje de usuarios de voz	100%
	GoS	0.02
	Erlangs por usuario	0.04
	Duración de la marcación	< 8s
	Disponibilidad del sistema en una configuración típica	> 99.99%
	Duración promedio de llamada (Average Call Holding Time)	180s
	Trafico originado por los terminales fijos inalámbricos	45%
	Trafico finalizado en los terminales fijos inalámbricos	55%
Requerimientos para servicios de paquetes de datos	Porcentaje de usuarios de datos	10%
	Duración de una sesión PPP	1500 segundos
	Duración de una llamada de paquetes	350 segundos
	Porcentaje de usuarios con aplicaciones de datos durante BH	50%
	Velocidad de datos para usuarios	64 kbps
Requerimientos del Sistema	Intentos de Llamada en la Hora Pico por abonado BHCA/rural	0.8BHCA/rural
	Carga del procesador	70%
	Duración promedio de llamada (Average Call Holding Time)	180s
	Tiempo de Inicio de llamada (Call Setup Time)	<8s
	Porcentaje de llamadas exitosas (Call Success Rate)	>=98%

Anexo B6 LINNK BUDGET DEL ENLACE REVERSO POR TIPO DE ÁREA

	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Extendida	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Extendida
Velocidad de Datos del Servicio (kbps)	9.60	9.60	9.60	9.60
Potencia de Transmisión del FWT (dBm)	21.54	21.54	21.54	21.54
Pérdidas del Feeder y Conectores (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
Ganancia de Antena FWT (dBi)	2.15	11.00	2.15	11.00
Pérdida de Cuerpo FWT (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
PIRE para el enlace reverso (dBm)	23.69	32.54	23.69	32.54
Densidad del Ruido Térmico del Ambiente (dBm/Hz)	-174.00	-174.00	-174.00	-174.00
Figura de Ruido BTS (dB)	3.70	3.70	3.70	3.70
Eb/Nt requerido para enlace inverso (dB)	3.50	3.50	3.50	3.50
Ganancia del Procesamiento Reverso (dB)	21.07	21.07	21.07	21.07
Sensibilidad de Receptor de la BTS (dBm)	-126.98	-126.98	-126.98	-126.98
Ganancia de Antena BTS (dB)	15.00	15.00	15.00	15.00
Pérdidas de Feeder de la BTS (dB)	0.93	0.93	0.93	0.93
Pérdida de Jumper de la BTS (dB)	0.10	0.10	0.10	0.10
Pérdida de Conectores de la BTS (dB)	0.50	0.50	0.50	0.50
Intensidad Mínima de Señal Recibida Requerida (dBm)	-140.45	-140.45	-140.45	-140.45
Ganancia de Soft Handoff (dB)	3.62	3.62	3.62	3.62
Margen de Disipación de Sombra (dB)	5.40	5.40	5.40	5.40
Margen de Interferencia (dB)	3.01	3.01	3.01	3.01
Pérdida de Penetración en Edificio (dB)	15.00	15.00	12.00	12.00
Pérdidas Máximas Permitidas por Propagación (dB)	144.36	153.21	147.36	156.21
Morfología	Suburbano	Suburbano	Rural	Rural
Modelo de Propagación	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata
Frecuencia del Centro Portador del Sistema (Mhz)	450.00	450.00	450.00	450.00
Altura Efectiva de BTS (m)	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura Efectiva de FWT (m)	1.50	1.50	1.50	1.50
Radio de BTS para Enlace Reverso (km)	9.12	16.26	17.53	31.26

Anexo B7 LINK BUDGET DEL ENLACE DIRECTO POR TIPO DE ÁREA

	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Suburbano para Antena Direccional y Antena FWT Extendida	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Interna	Rural para Antena Direccional y Antena FWT Extendida
Velocidad de Datos del Servicio (kbps)	9.60	9.60	9.60	9.60
Potencia de Transmisión del Canal de Tráfico de la BTS (dBm)	34.76	34.76	34.76	34.76
Pérdidas de feeders de la BTS (dB)	0.93	0.93	0.93	0.93
Pérdidas de Jumper de la BTS (dB)	0.10	0.10	0.10	0.10
Pérdidas de Conectores de la BTS (dB)	0.50	0.50	0.50	0.50
Ganancia de Antena BTS(dBi)	15.00	15.00	15.00	15.00
PIRE para el enlace directo (dBm)	48.24	48.24	48.24	48.24
Densidad de Ruido Térmico del Ambiente (dBm/Hz)	-174.00	-174.00	-174.00	-174.00
Figura de Ruido FWT (dB)	8.00	8.00	8.00	8.00
Eb/Nt requerido para el enlace directo (dB)	2.49	2.49	2.49	2.49
Ganancia del Procesamiento Directo (dB)	21.07	21.07	21.07	21.07
Sensibilidad de Receptor Terminal (dBm)	-123.68	-123.68	-123.68	-123.68
Ganancia de Antena FWT (dB)	2.15	11.00	2.15	11.00
Pérdidas de Cable y Conector del feeder del FWT (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
Pérdidas de Cuerpo FWT (dB)	0.00	0.00	0.00	0.00
Intensidad Mínima de Señal Recibida Requerida (dBm)	-125.83	-134.68	-125.83	-134.68
Ganancia de SHO	3.62	3.62	3.62	3.62
Margen de Disipación de Sombra (dB)	5.40	5.40	5.40	5.40
Margen de Interferencia (dB)	6.64	6.64	6.64	6.64
Pérdida de Penetración de Edificio (dB)	15.00	12.00	12.00	12.00
Pérdidas Máximas Permitidas por Propagación (dB)	150.65	162.50	153.65	162.50
Morfología	Suburbano	Suburbano	Rural	Rural
Modelo de Propagación	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata	Okumuru Hata
Frecuencia del Centro Portador del Sistema (Mhz)	450.00	450.00	450.00	450.00
Altura Efectiva de BTS (m)	30.00	30.00	30.00	30.00
Altura Efectiva de FWT (m)	1.50	1.50	1.50	1.50
Radio de BTS para Enlace Directo (km)	13.75	29.84	26.44	47.15

Anexo B8 DETALLE DE PRECIOS DE LOS EQUIPOS Y SERVICIOS

Nº	ITEM	PRECIO(USD)
1.	BSS (BASE STATION SYSTEM)	
1.1	RAC 6610 (CBTS:3;TRX:9;Channel: 352)	
	Hardware	44.837,47
	Basic software	17.600,00
	optiional Software	5.548,00
	Subtotal	67.985,47
1.2	BTS (CBTS:3 ; TRS:9)	
	CBTS Hardware	51.195,00
	CBTS Software	26.880,00
	CBTS Document	560,00
	Subtotal	78.635,00
1.3	ANTENNA AND Feeder	
	Satellite Antenna and Feeder	1.900,00
	BTS Antenna	1.827,00
	Feeders	6.933,00
	Feeders Installation	582,00
	Subtotal	11.302,00
	Precio Subtotal BSS	157.922,47
2.	PDS (PACKET DATA SYSTEM)	
2.1	PDSN	
	PDSN Hardware	90.222,12
	PDSN Software	198
	Optional Software	-
	Subtotal	90.420,10
2.2	AAA	
	AAA Hardware	98.285,21
	Basic software	24.867,00
	AAA PPS Optioinal Software	-
	Subtotal	123.152,21
	Subtotal PDS	213.572,33
3.	M2000 SISTEMA DE GESTION	
3.1	M2000-V2 (NE:2,Remote Site:0)	
	Hardware and OS software	55.500,22
	Basic software	6.440,30
	Optioinal Software	-

	Subtotal	61.940,52
	Subtotal M2000	
4.	Spare Parts	
4.1	Spare	
	Spare parts for HLR	-
	Spare parts for MSCe	-
	Spare parts for MGW	-
	Spare parts for CBSC	4.189,75
	Spare parts for CBTS	5.875,00
	Spare parts for PDSN	-
	Spare parts for HA	-
	subtotal	10.064,75
	Subtotal Spare parts	10.064,75
5.	Miscellaneous for CDMA	
5.1	Miscellaneous	
	DDF &ODF &PDF & Cable ladder	5.558,20
	Subtotal	5.558,20
	Subtotal Miscellaneous for CDMA	5.558,20
6.	Training	
6.1	Training	
	Training for NSS	-
	Training fo BSS	8.960,00
	Training for M2000	840,00
	Training for PDS	1.400,00
	Others	12.200,00
	Subtotal	23.400,00
	Subtotal Training	23.400,00
7.	Service	
7.1	Service	
	servicefor NSS	-
	servicefo BSS	24.486,00
	servicefor M2000	32.512,50
	servicefor PDS	15.000,00
	Subtotal	71.998,50
	Subtotal Service	71.998,50
8.	RF planning Professional Service	
	RF Network Planning	
	RF Network Planning	9.198,00

	Subtotal	9.198,00
	Subtotal RF Planning Professional Service	9.198,00
	PRECIO TOTAL	553.654,77
9.	RF Optimization Professional Service	
9.1	RF Network Optimization	
	RF Network Optimization	13.608,00
	Subtotal	13.608,00
	Subtotal RF Optimization Professional Service	13.608,00
10.	CDMA Maintenance	
10.1	Maintenance Service for 1 year(s)	
	Technical Support&Hardware Support	
	Technical Support&Hardware Support for NSS	-
	Technical Support&Hardware Support for BSS	32.020,73
	Technical Support&Hardware Support for PDSN	52.132,21
	Technical Support&Hardware Support for M2000	17.029,88
	Annual Software Maintenance	
	Annual Software Maintenance for NSS	-
	Annual Software Maintenance for BSS	-
	Annual Software Maintenance for PDSN	-
	Annual Software Maintenance for M2000	-
	Subtotal	101.182,82
	Subtotal CDMA Maintenance	101.182,82

ANEXOS C

Anexo C1 ENCUESTA

UBICACIÓN:.....

PARROQUIA:.....

CANTÓN:.....

NÚMERO DE MIEMBROS DE LA FAMILIA:.....

1. Tiene Usted Servicio Telefónico

Si _____ no _____

2. ¿En caso de no tener servicio telefónico desearía tenerlo?

Si _____ no _____

3. ¿Desearía tener servicio de Internet?

Voz..... Internet.....

¿En qué horas del día se realizan mayor número de llamadas?

07H00 – 10H00

10H00 – 15H00

15H00 – 18H00

18H00 – 22H00

5. Cree usted que requerirá más líneas telefónicas.

Si..... No.....

8. Observaciones:

.....
.....
.....
.....

Anexo C2 PARAMETROS PARA LA DETERMINACION DE LA MUESTRA


N=3690

MUESTRA PILOTO

SI (1)	NO (0)	VARIANZA	p =probabilidad de acierto
$n=20$		0,00378947	$p=0.5$
			varianza de la muestra = $p(1-p)$
			varianza de la muestra =0.25

Anexo C3 INGRESO DE NUMEROS TELEFÓNICOS AL SISTEMA BSC UIO

CDMA 450

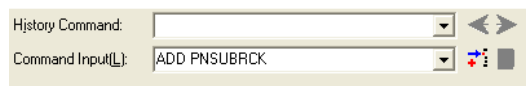
Damos un clic en  Nos ubicamos en MML Command que se encuentra en la parte inferior derecha del programa



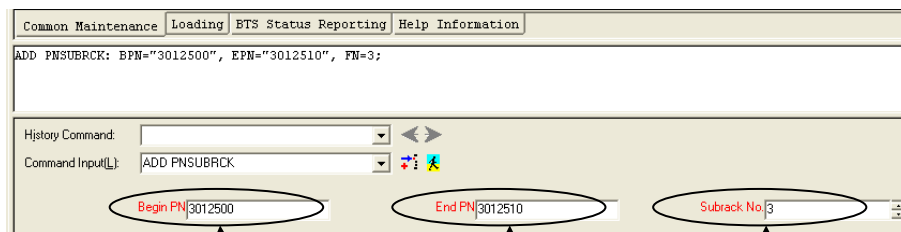
Tenemos que ingresar 4 pasos por cada número a ingresar:

1. BSC

Ingresamos en comando **ADD PNSUBRCK** +



Ingresamos los datos del número, los casilleros que están con rojo son obligatorios



Telefónico inicial

Telefónico final

Subrack

(siempre 3)

Nota: Se pueden ingresar los números telefónicos en grupos si estos están seguidos

Para guardar los cambios presionamos F9

2. NGN ⇔ UMG

Ingresamos en comando **ADD V5BAPORT** +

History Command:
 Command Input(L):

Ingresamos los datos del número, los casilleros que están con rojo son obligatorios

Common Maintenance | Loading | BTS Status Reporting | Help Information

ADD V5BAPORT: FN=3, DID=DID_ASL_V52, V5ID=16, L3ADDR=3315, TELNO="033012500", NUM=50;

History Command:
 Command Input(L):

Subrack Interface (siempre 3) ID (siempre 3) → CIPS Subrack No: Port Type: V5 Interface ID:

L3 Address: Subscriber FN: Number of batch-add:

L3 address Ver en listado # Teléfono ↑ rango de teléfonos a crear

16)

Nota: Se pueden ingresar los números telefónicos en grupos si estos están seguidos **L3 address y Subscriber** en grupos de 50, el rango de números a crear lo ubicamos en **Number of batch-add**

Para guardar los cambios presionamos F9

3. Establecer una relación del CDMA con el aparato telefónico

Ingresamos en comando **ADD IMSIAKEYESN** +

History Command:
 Command Input(L):

Ingresamos los datos del número, los casilleros que están con rojo son obligatorios

Common Maintenance | Loading | BTS Status Reporting | Help Information

ADD IMSIAKEYESN: IMSI="740030033012500", AKEY="1111111111111111", AUTOREGESNOPT=NO, ESN="06D6DC95";

History Command:
 Command Input(L):

Siempre 740030 + 03 + # Teléfono → Subscriber IMSI: A_KEY Value: If Register ESN/MEID Automatically:

ESN/MEID: # S-IMD Teléfono Number of batch-add: Siempre

1111111111111111

Para guardar los cambios presionamos F9

4. Habilitar el servicio que va a tener el terminal

Ingresamos en comando **ADD SUBSCR** ↵

History Command:
 Command Input(L):

Ingresamos los datos del número, los casilleros que están con rojo son obligatorios

REMOVER NÚMEROS

1. Ingresamos en comando **RMV SUBSCR** ↵

History Command:
Command Input(L):

Ingresamos los datos del número, los casilleros que están con rojo son obligatorios

Common Maintenance Loading BTS Status Reporting Help Information
RMV SUBSCR: SUBSCRINFO=PN, PN="033012500", IFFORCE=NO;

History Command:
Command Input(L):

Subscriber Information: **Subscriber PN** Remove Subscriber by Force:

Number of Batch-Remove Subscribers:

Telefónico

Para guardar los cambios presionamos F9

2. Ingresamos en comando **ADD IMSIAKEYESN** +

History Command:
Command Input(L):

Ingresamos los datos del número, los casilleros que están con rojo son obligatorios

Common Maintenance Loading BTS Status Reporting Help Information
RMV IMSIAKEYESN: IMSI="740030033012500";

History Command:
Command Input(L):

Subscriber IMSI Number of batch-remove:

Siempre 740030 + 03 + 3012500
Telefónico

Para guardar los cambios presionamos F9

ANEXOS D

Anexo D1 PLANOS

BIBLIOGRAFIA

CARLOS KILLIAN. “CDMA 450. Una Solución para Servicio Universal”. Argentina. América Latina. 2010. Pp 4-6.

<http://www.google.com.ec/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ahciet.net%2Fcomun%2Fpags%2Fagenda%2Feventos%2F2006%2F143%2Fponencias%2FIVFOROAHCIETMOVILOctubre2006CarlosKillian.ppt&rct=j&q=450%20Una%20Soluci%C3%B3n%20para%20Servicio%20Universal&ei=9C-iTPSUG4K8lQe4uPCcBA&usg=AFQjCNGviPyo4bk8LvUVIKxHNJmex9spqQ&sig2=4UJC8dvaQAP39eSaOdP2Dg&cad=rjt>

(2010-06-20)

CEVALLOS MARIO, “Apuntes de Clases de Sistemas Radiantes”. Argentina. América Latina. 2010. Pp 11-14.

CARRIÓN HUGO, “Apuntes de Clases de Ingeniería de Tráfico”. Argentina. América Latina. 2010. Pp 24,25.

CDG; 3G WORLD UPDATE. “La migración acelerada hacia 3G”. Argentina. Prícolo. 2010. Pp 53-64.

CDMA DEVELOPMENT GROUP. “CDMA 450 For Rural Communications”. EEUU. Limusa. 2003. Pp 3-5.

http://www.cdg.org/technology/3g/resource/450_Status.pdf

(2010-08-24)

CDMA WIRELESS ACADEMY. “Wireless Mobile Technology”. EEUU. Limusa. 2010. Pp 45-89.

CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones), “Se creó la empresa pública Corporación Nacional de Telecomunicaciones - CNT EP” (Artículo), Enero, 28 de 2010. http://www.cnt.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=206&Itemid=6 (2010-03-2010)

CNT (CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES). “En el año, 2009 la CNT cumplió con el Ecuador”(Artículo), BP-P-212-2009, Pp 2, Diciembre, 31 del 2009. <http://www.cnt.com.ec/> (2010-07-14)

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. “Información Confidencial – CNT E.P - GNP”. Riobamba, 2010, Pp 3-5.

EDUARDO SUÁREZ ROSALES ‘Modelo de propagación para la tecnología CDMA 450 en enlaces rurales.’ (Tesis) (Ing. Electrónico), Loja, Universidad Técnica Particular De Loja, Facultad de Electrónica Y Telecomunicaciones. 2010, Pp 1-12.

ESMAILZADEH, RIAZ. “TDD-CDMA for wireless communications”, Artech House, Boston, Mass, 2003.pp 29-45.

http://books.google.com.ec/books?id=bOeH1vMXqAUC&pg=PR3&dq=ESMAILZADEH,+RIAZ.+%E2%80%9CTDD-CDMA+for+wireless+communications%E2%80%9D,+Artech+House,+Boston,+Mass,+2003.&hl=es&ei=X2GhTNmrNIP88AaY7ayrBQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCoQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

(2010-05-24)

HUAWEI TECHNOLOGIES. “Propuesta Técnica de RED CDMA450 - Ampliación de la Plataforma tecnológica wll cdma450 Existente en la corporación nacional de Telecomunicaciones CNT E.P”. Ecuador, pp 11-70. 2010.

ING. EDUARDO CADENA CNT. Conferencia "Redes Fijas Inalámbricas para el Sector Rural", Simposio Internacional "LAS TICs Y EL CAMBIO CLIMATICO", Quito, 460p. <http://www.cnt.com.ec/>

(2010-06-17)

MARÍA ALEXANDRA CAMPOVERDE PESÁNTEZ , “Estudio Y Diseño De Una Red Inalámbrica Utilizando Cdma450 Para Dar El Servicio De Telefonía Fija Para Varias Localidades En El Sector Noroccidental De La Provincia De Pichincha Para Andinatel S.A.”(Tesis) (Ing. Electrónico), Quito, ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Facultad de Ingeniería Eléctrica, 2010, pp 12 -106.

O'SHEA D. “Around the World in 450 MHz”, EEUU, *Telephony*, 2004, Pp 32-34.

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN. “INEC-Censo de Población y Vivienda”. ECUADOR, 2001, Pp 24-65.

http://www.inec.gov.ec/web/guest/ecu_est/est_soc/cen_pob_viv?doAsUserId=p%252Bx9vuBVM9g%253D

(2010-09-23)

QUALCOMM LEARNING CENTER, “Introduction to CDMA Online Course”, EEUU, EBooks, 2010, 2050P .

<http://www.cdmauniversity.com/ProdTech/cdma/training/cdma25/index.html>.

(2010-08-10)

QUALCOMM, Inc. “1xEV: 1x Evolution IS-856 TIA/EIA Standard Air link Overview”. EEUU, Ebooks , 2010, Pp 14 -56.

<http://www.cs.ucsb.edu/~almeroth/classes/W03.595N/papers/1xev.pdf>

(2010-09-27)

SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES DEL ECUADOR, “**CDMA 450**” (Articulo). Ecuador, Marzo de 2010, 2P.

<http://www.supertel.gov.ec/index.php/Articulos-recomendados/cdma-450.html>

(2010-08-12)

SANDEEP AGRAWAL Y OTROS, "Inside 3G Wireless Systems: The 1xEV-DV Technology". EEUU, EBooks, 2003. Pp 67-81.

http://b2b.vzw.com/assets/files/Rev_A_WP.pdf

(2010-09-19)

TERÁN FUENTES; KLÉBER FABIÁN. "Diseño de un sistema de videotelefonía para implantar una red celular con tecnología CDMA2000" (Tesis) (Ing. Electrónico). Quito, EPN. 2006, Pp 34-86.

WIRELESS APLICATION CORP, "Hata Okumura Model", 2010, pag 1.

<http://wirelessapplications.com/pdf/lf/Hata.pdf>

(2010-06-16)

ZIGANGIROV KSH, ANDERSON JB. "Theory of Code Division Multiple Access Communications", Willey-IEEE, 2004. Pp. 203 -217.

<http://books.google.com.ec/books?id=eMfG0kuaL->

[kC&pg=PA439&dq=%E2%80%9CTheory+of+Code+Division+Multiple+Access+Communications%E2%80%9D&hl=es&ei=omChTKOoCcG78ga_9cm8BA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=%E2%80%9CTheory%20of%20Code%20Division%20Multiple%20Access%20Communications%E2%80%9D&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=eMfG0kuaL-kC&pg=PA439&dq=%E2%80%9CTheory+of+Code+Division+Multiple+Access+Communications%E2%80%9D&hl=es&ei=omChTKOoCcG78ga_9cm8BA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=%E2%80%9CTheory%20of%20Code%20Division%20Multiple%20Access%20Communications%E2%80%9D&f=false)

(2010-08-10)