



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

DISEÑO DE UNA RED PARA ACCESO FIJO INALAMBRICO LMDS PARA
MODERNIZAR LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES DE LA
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO

DIRECTOR: ING. EDWIN MORALES

ASESOR: ING. GEOVANNI BRITO

AUTOR: JUAN ROBERTO LOPEZ BAUTISTA

Ambato – Ecuador

2005

CONTENIDO

PRÓLOGO.....	i
PRESENTACIÓN.....	iv
CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos.....	6

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS QUE TIENEN LAS TELECOMUNICACIONES A NIVEL MUNDIAL.....	7
2.1 Introducción a las redes de acceso en el área de las Telecomunicaciones.....	7
2.2 Tipos de redes de acceso.....	14
2.3 Tecnologías de acceso que usan un medio de transmisión Alámbrico.....	16
2.3.1 Redes de acceso vía cable de cobre.....	17

2.3.1.1	RDSI.....	18
2.3.1.2	Xdsl.....	19
2.3.1.2.1	HDSL.....	19
2.3.1.2.2	ADSL.....	20
2.3.1.2.3	SDSL.....	22
2.3.1.2.4	IDSL.....	22
2.3.1.2.5	VDSL.....	22
2.3.1.2.6	RADSL.....	23
2.3.1.2.7	MDSL.....	24
2.3.1.2.8	HDSL2 o SHSDL.....	24
2.3.1.2.9	G.shdsl.....	25
2.3.1.2.10	UDSL.....	25
2.3.2	Redes de acceso vía fibra óptica.....	27
2.3.2.1	Fibra hasta la acera (FTTC).....	27
2.3.2.2	Fibra hasta el hogar del abonado (FTTH).....	28
2.3.2.3	Fibra hasta el edificio (FTTB).....	29
2.3.2.4	Fibra hasta el armario (FTTCab).....	29
2.3.3	Redes de acceso híbridas de fibra y cable coaxial (HFC).....	30
2.4	Redes de acceso que usan la combinación de tecnologías vía cable y vía radio.....	32
2.5	Tecnologías de acceso que usan un medio de transmisión inalámbrico.....	32
2.5.1	Redes con tecnología de acceso inalámbrico móvil.....	37
2.5.1.1	AMPS.....	39
2.5.1.2	D-AMPS.....	40
2.5.1.3	GSM.....	40
2.5.1.4	PCS.....	41
2.5.1.5	GPRS.....	42
2.5.1.6	EDGE.....	43

2.5.1.7	WCDMA.....	44
2.5.1.8	UMTS.....	45
2.5.1.9	CDMA2000.....	46
2.5.1.10	BLUETOOTH.....	47
2.5.1.11	WI-FI.....	48
2.5.2	Redes con tecnología de acceso inalámbrico fijo.....	49
2.5.2.1	Sistemas de microondas terrestres.....	50
	2.5.2.1.1 Redes de microonda analógica.....	53
	2.5.2.1.2 Redes de microonda digital.....	53
2.5.2.2	Sistemas de microondas por satélite.....	54
2.5.2.3	Sistemas de plataformas estratosféricas.....	57
2.5.2.4	WLL.....	58
2.5.2.5	MMDS.....	65
2.5.2.6	LMDS.....	69
2.6	Análisis comparativo entre las tecnologías de acceso fijo y móvil.....	72
2.7	Análisis comparativo entre las tecnologías de acceso fijo WLL y MMDS con respecto a LMDS.....	75
	Referencias Capítulo 2.....	77

CAPÍTULO 3

	ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO DE BANDA ANCHA LMDS.....	80
3.1	Introducción.....	80
3.2	Descripción general.....	81
3.3	Importancia.....	87
3.4	Características	89

3.5	Frecuencias de operación.....	90
3.6	Antenas utilizadas en LMDS	95
3.7	Diagrama general de un sistema LMDS.....	98
3.8	Arquitectura del sistema LMDS.....	101
3.8.1	Centro de Operaciones de la Red (NOC).....	102
3.8.2	Red de Transporte.....	107
3.8.3	Estaciones Base.....	109
3.8.4	Estación Terminal.....	115
3.9	Principio de funcionamiento del sistema LMDS.....	120
3.10	Tipos de modulación.....	128
3.11	Técnicas de multiplexación y duplexión.....	134
3.11.1	Multiplexación.....	134
3.11.1.1	Multiplexación por División en el Tiempo (TDM).....	135
3.11.1.2	Multiplexación por División de Frecuencia (FDM).....	136
3.11.2	Duplexión.....	137
3.11.2.1	Duplexión por División de Frecuencia (FDD).....	137
3.11.2.2	Duplexión por División de Tiempo (TDD).....	139
3.12	Métodos de acceso.....	141
3.12.1	Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).....	142
3.12.2	Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).....	143
3.12.3	Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).....	145
3.13	Métodos de multiplexación y acceso en LMDS.....	145
3.14	Capacidades y Coberturas.....	150
3.14.1	Capacidad del sistema.....	150
3.14.1.1	Capacidad de la tasa de datos con acceso FDMA	151
3.14.1.2	Número máximo de usuarios por sitio con acceso FDMA.....	153

3.14.1.3	Capacidad de la tasa de datos con acceso TDMA	153
3.14.1.4	Número máximo de usuarios por sitio con acceso TDMA.....	154
3.14.2	Coberturas del sistema LMDS.....	154
3.15	Propagación.....	156
3.16	Estandarización del sistema LMDS.....	159
3.17	Interfaces.....	161
3.17.1	Interfaces de red.....	163
3.17.1.1	Tráfico de datos.....	164
3.17.1.2	Tráfico de circuitos orientados.....	164
3.17.2	Interfaz aire.....	165
3.17.3	Interfaces de usuario.....	165
3.17.3.1	Interfaz Ethernet.....	165
3.17.3.2	Interfaz BA-ISDN.....	166
3.17.3.3	Interfaz POTS.....	166
3.17.3.4	Interfaz E1/T1 o Fraccional E1/T1.....	167
3.18	Servicios ofrecidos por LMDS.....	168
3.18.1	Servicios de conmutación de circuitos y de líneas dedicadas.....	168
3.18.2	Servicios digitales de video.....	169
3.18.3	Servicios de transmisión de datos.....	170
3.19	Ventajas y desventajas del sistema LMDS.....	172
3.19.1	Ventajas.....	172
3.19.2	Desventajas.....	174
3.20	Base legal nacional e internacional del sistema LMDS.....	174
3.20.1	Marco legal para el territorio nacional.....	174
3.20.1.1	Requisitos para ofrecer servicios LMDS.....	176
3.20.1.2	Contrato de autorización.....	179

3.20.1.3	Bandas de frecuencias asignadas para el sistema LMDS.....	182
3.20.1.4	Concesión de servicios LMDS.....	188
3.20.1.5	Tarifas y costos de concesión.....	190
3.20.2	Marco legal internacional para el sistema LMDS.....	194
3.20.2.1	Sector de estandarización de las telecomunicaciones (UIT-T).....	195
3.20.2.2	Sector de radiocomunicaciones (UIT-R).....	197
	Referencias Capítulo 3.....	200

CAPÍTULO 4

	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL QUE TIENEN LOS SERVICIOS DE COMUNICACIONES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.....	203
4.1	Introducción.....	203
4.2	Reconocimiento general de la Universidad Técnica de Ambato.....	205
4.2.1	Fundamentos generales.....	205
4.2.2	Infraestructura física y ubicación geográfica.....	207
4.2.3	Estructura organizacional.....	213
4.2.4	Carreras Universitarias.....	216
4.3	Descripción de la infraestructura técnica.....	222
4.4	Red de telecomunicaciones de la UTA.....	223
4.4.1	Red privada de telecomunicaciones.....	224
4.4.1.1	Red satelital.....	224
4.4.1.1.1	Estación satelital VSAT.....	226
4.4.1.2	Sistema Networking.....	241
4.4.1.3	Red inalámbrica.....	249

4.4.2	Red de interconexión interna a nivel de predios.....	264
4.5	Justificativos para el uso de la tecnología LMDS.....	274
	Referencias Capítulo 4.....	278

CAPÍTULO 5

	DISEÑO DE APLICACIÓN DE UNA RED DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO LMDS PARA LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.....	279
5.1	Introducción.....	279
5.2	Factores claves de viabilidad técnica del sistema LMDS.....	283
5.3	Fundamentos para la planificación de la red.....	290
5.3.1	Ganancia del sistema.....	291
5.3.2	Pérdida de trayectoria de espacio libre.....	292
5.3.3	Margen de desvanecimiento.....	294
5.3.4	Umbral del receptor.....	297
5.3.5	Portadora a ruido contra señal a ruido.....	300
5.3.6	Figura de ruido.....	301
5.3.7	Análisis del perfil del terreno.....	302
5.3.8	Zonas de Fresnel.....	304
5.3.9	Ambientes de propagación.....	307
5.3.10	Capacidad del sistema.....	309
5.3.11	Uso eficiente del espectro.....	311
5.3.12	Reutilización de frecuencias.....	313
5.3.13	Optimización del reuso de frecuencias.....	315
5.4	Metodología de diseño de la red.....	316
5.5	Diseño del sistema LMDS para la Universidad Técnica de Ambato.....	317

5.5.1	Proceso de planificación.....	318
5.5.2	Objetivos del diseño.....	319
5.5.3	Programa de planificación.....	320
5.5.4	Requerimientos para el diseño técnico.....	321
5.5.5	Determinación de los requerimientos de los suscriptores.....	327
5.5.5.1	Tráfico para acceso a Internet.....	327
5.5.5.2	Tráfico de servidores web.....	328
5.5.5.3	Tráfico para transmisión de datos.....	329
5.5.5.4	Tráfico para voz sobre IP.....	330
5.5.5.5	Tráfico de conexión de PBX's.....	330
5.5.5.6	Tráfico de videoconferencia.....	331
5.5.6	Disponibilidad del espectro y banda de frecuencia utilizada en el Ecuador.....	332
5.5.7	Elección del equipo a utilizarse.....	334
5.5.8	Determinación de las áreas de cobertura de servicio.....	337
5.5.9	Sectorización de las áreas de cobertura de servicio y ubicación de las radiobases.....	340
5.5.10	Resultados de los requerimientos de los suscriptores.....	347
5.5.11	Dimensionamiento de los equipos punto a multipunto.....	353
5.5.12	Informe técnico.....	356
5.5.13	Red de interconexión entre las estaciones base.....	359
5.5.13.1	Descripción del enlace de microondas punto a punto.....	363
5.5.14	Determinación del costo de la red.....	366
	Referencias Capítulo 5.....	373

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	374
6.1 Conclusiones.....	374
6.2 Recomendaciones.....	384

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXO 1	USUARIOS POTENCIALES.
ANEXO 2	EQUIPO LMDS.
ANEXO 3	LÍNEA DE VISTA.
ANEXO 4	CÁLCULOS LMDS.
ANEXO 5	CÁLCULOS, PERFILES Y EQUIPOS PUNTO A PUNTO.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS QUE TIENEN LAS TELECOMUNICACIONES A NIVEL MUNDIAL

Figura 2.1 Diagrama de interconexión de una Red Global de Telecomunicaciones.....	12
Figura 2.2 Esquema general de la red de acceso.....	13
Figura 2.3 Alternativas de acceso.....	16
Figura 2.4 Par trenzado sin blindaje.....	18
Figura 2.5 Módem digital HDSL.....	20
Figura 2.6 Conexión ADSL.....	21
Figura 2.7 Esquema de la fibra óptica.....	27
Figura 2.8 Red HFC.....	31
Figura 2.9 Tipos de transmisión inalámbrica.....	33
Figura 2.10 Comunicación punto a punto.....	36
Figura 2.11 Comunicación punto a multipunto.....	37
Figura 2.12 Enlace de microonda terrestre.....	52
Figura 2.13 Enlace satelital punto a multipunto.....	56
Figura 2.14 Enlace satelital punto a punto.....	56
Figura 2.15 Sistema de plataforma estratosférica.....	57
Figura 2.16 Configuración de un sistema WLL.....	60
Figura 2.17 Asignación de frecuencias para WLL.....	61
Figura 2.18 Sistema MMDS.....	66
Figura 2.19 Sistema LMDS.....	70

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO DE BANDA ANCHA LMDS

Figura 3.1	Sistema LMDS.....	85
Figura 3.2	Ubicación típica de las antenas en un sistema LMDS.....	87
Figura 3.3	Asignación de la banda LMDS en los Estados Unidos.....	92
Figura 3.4	Utilización del espectro de LMDS en los Estados Unidos.....	94
Figura 3.5	Sección longitudinal de una bocina cónica compensada con lente.....	96
Figura 3.6	Planificación celular LMDS típica.....	98
Figura 3.7	Diagrama de bloques de un Sistema LMDS.....	99
Figura 3.8	Arquitectura del sistema LMDS.....	102
Figura 3.9	Oficina Central.....	103
Figura 3.10	Estructura interna de la Oficina Central.....	106
Figura 3.11	Red de transporte con anillos de fibra óptica.....	108
Figura 3.12	Estación Base.....	110
Figura 3.13	Funciones de la estación Base Digital (DBS).....	112
Figura 3.14	Estación Base de Radio.....	113
Figura 3.15	Componentes de la Estación Base de un sistema LMDS.....	115
Figura 3.16	Ejemplo de RT.....	116
Figura 3.17	Terminación de red.....	118
Figura 3.18	Estación Terminal.....	119
Figura 3.19	Implementación de la UIN.....	125
Figura 3.20	Diagrama completo de un sistema LMDS.....	127
Figura 3.21	Fase de salida para un modulador de BPSK.....	129
Figura 3.22	Fase de salida de QPSK.....	130
Figura 3.23	Fase de salida para un modulador de 8-PSK.....	130

Figura 3.24 Distancias de operación del sistema LMDS de acuerdo al tipo de modulación empleado.....	133
Figura 3.25 Multiplexación por División en el Tiempo.....	135
Figura 3.26 Multiplexación por División de Frecuencia.....	136
Figura 3.27 FDD.....	138
Figura 3.28 TDD.....	140
Figura 3.29 Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).....	142
Figura 3.30 Acceso múltiple por División de Tiempo (TDMA).....	144
Figura 3.31 Multiplexación TDM y acceso FDMA.....	146
Figura 3.32 Multiplexación TDMA y acceso FDMA-TDMA.....	147
Figura 3.33 Localización espectral de USA, Canadá y Europa.....	160
Figura 3.34 Interfaces en el sistema LMDS.....	162
Figura 3.35 Elementos de la IDU y ODU.....	163
Figura 3.36 Interconexión PBX.....	169
Figura 3.37 Servicio de Internet/Intranet.....	171
Figura 3.38 Plan Nacional de Frecuencias (24,75 – 31,3 GHz).....	187

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL QUE TIENEN LOS SERVICIOS DE COMUNICACIONES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Figura 4.1 Ingahurco.....	208
Figura 4.2 Huachi.....	209
Figura 4.3 Centro Cultural Universitario.....	210
Figura 4.4 Querochaca.....	211
Figura 4.5 Plano de la ciudad de Ambato.....	214

Figura 4.6	Red privada de telecomunicaciones de la UTA.....	222
Figura 4.7	Esquema general de la red privada de la UTA.....	224
Figura 4.8	Enlace satelital con estación VSAT.....	227
Figura 4.9	Elementos de una estación VSAT.....	228
Figura 4.10	Unidad Interna de la estación VSAT.....	230
Figura 4.11	Unidad Externa de la estación VSAT.....	232
Figura 4.12	Cobertura satelital del SATMEX 5.....	232
Figura 4.13	Unidades de la estación VSAT ubicadas en el predio Huachi...	240
Figura 4.14	Diagrama del sistema Networking.....	249
Figura 4.15	Nodos de la red de telecomunicaciones de la UTA.....	251
Figura 4.16	Diagrama de la red de telecomunicaciones de la UTA.....	255
Figura 4.17	Equipo de radio Stratum MP2002.....	256
Figura 4.18	Antena Hiperlink.....	258
Figura 4.19	Diagrama funcional de la red inalámbrica de la UTA.....	261
Figura 4.20	Diagrama completo de la red privada de la UTA.....	262
Figura 4.21	Infraestructura técnica de la UTA.....	264
Figura 4.22	Diagrama de enlaces con fibra óptica – Huachi.....	266
Figura 4.23	Diagrama de enlaces con fibra óptica – Ingahurco.....	267
Figura 4.24	Diagrama de enlaces con cable UTP C5e – Querochaca.....	269
Figura 4.25	Diagrama de redes locales – Huachi.....	271
Figura 4.26	Diagrama de redes locales – Ingahurco.....	272
Figura 4.27	Diagrama de redes locales – Querochaca.....	273

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE APLICACIÓN DE UNA RED DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO LMDS PARA LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Figura 5.1	Porcentaje de empresas conectadas al Internet.....	282
Figura 5.2	Ganancias y pérdidas del sistema.....	294
Figura 5.3	Opciones de corrección del haz de la señal transmitida.....	303
Figura 5.4	Componentes para la corrección de la curvatura de la Tierra...	304
Figura 5.5	Radio de la primera zona de Fresnel.....	305
Figura 5.6	Características del enlace de microondas con línea de vista....	308
Figura 5.7	Diagrama de reutilización de frecuencias.....	314
Figura 5.8	Optimización del reuso de frecuencias.....	316
Figura 5.9	Propuesta para la asignación del espectro en el Ecuador.....	334
Figura 5.10	Zonas mundiales de lluvia dadas por la UIT-R.....	339
Figura 5.11	Diagrama de sectorización de la celda Centro Cultural.....	345
Figura 5.12	Diagrama de sectorización de la celda Huachi.....	345
Figura 5.13	Diagrama de sectorización de la celda Ingahurco.....	346
Figura 5.14	Diagrama de sectorización de la celda Querochaca.....	346
Figura 5.15	Diagrama de antenas.....	364
Figura 5.16	Diagrama de interconexión entre celdas.....	365

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE LAS PRINCIPALES TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS QUE TIENEN LAS TELECOMUNICACIONES A NIVEL MUNDIAL

Tabla 2.1	Comparativo entre los diferentes tipos de DSL.....	26
Tabla 2.2	Rangos de frecuencia del espectro radioeléctrico.....	34
Tabla 2.3	Espectro de las microondas.....	51
Tabla 2.4	Bandas de frecuencia utilizadas por el sistema WLL en el Ecuador.....	62
Tabla 2.5	Bandas de frecuencia asignadas por la FCC.....	71

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO DE BANDA ANCHA LMDS

Tabla 3.1	Bandas de frecuencia de LMDS en el mundo.....	95
Tabla 3.2	Métodos de modulación para acceso FDMA y TDMA.....	132
Tabla 3.3	Resumen comparativo de TDMA y FDMA.....	149
Tabla 3.4	Eficiencia espectral de acuerdo al tipo de modulación.....	151
Tabla 3.5	Interfaces y servicios de usuario.....	167
Tabla 3.6	Servicios que brinda LMDS.....	171
Tabla 3.7	Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias 24,75 – 31,3 GHz.....	186

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL QUE TIENEN LOS SERVICIOS DE COMUNICACIONES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Tabla 4.1	Infraestructura de la UTA.....	212
Tabla 4.2	Carreras Universitarias y Programas de Posgrado.....	219
Tabla 4.3	Resumen de los recursos Institucionales de la UTA.....	220
Tabla 4.4	Canales de frecuencia del Stratum MP.....	257
Tabla 4.5	Resumen de los radioenlaces de la UTA.....	258
Tabla 4.6	Infraestructura de la red interna vía fibra óptica.....	265
Tabla 4.7	Infraestructura de la red interna vía cable UTP.....	268

CAPÍTULO 5

DISEÑO DE APLICACIÓN DE UNA RED DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO LMDS PARA LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Tabla 5.1	Radio de cobertura de un sistema LMDS para la sierra y la costa ecuatoriana.....	285
Tabla 5.2	Velocidades garantizadas y porcentaje de empresas que las requieran.....	329
Tabla 5.3	Radio de las celdas (Km) a 28 GHz según la disponibilidad y las zonas de lluvia dadas por la UIT-R.....	338
Tabla 5.4	Lugares seleccionados para ubicar las estaciones Base.....	342
Tabla 5.5	Asignación de las Estaciones Base a su respectiva celda.....	343

Tabla 5.6	Número de usuarios para cada servicio.....	347
Tabla 5.7	Resumen del tráfico para cada celda de servicio.....	352
Tabla 5.8	Distribución de frecuencias para la banda de 28 GHz.....	356
Tabla 5.9	Costo de los equipos LMDS.....	367
Tabla 5.10	Lista de equipos enlace Huachi – Nitón.....	368
Tabla 5.11	Lista de equipos enlace Nitón – Ingahurco.....	369
Tabla 5.12	Lista de equipos enlace Nitón – Querochaca.....	370
Tabla 5.13	Lista de equipos enlace Sindicato de Choferes – Pinllo.....	371
Tabla 5.14	Lista de equipos enlace Pinllo – Nitón.....	372



1.1 INTRODUCCIÓN.

Desde el inicio de la existencia del hombre, la comunicación ha sido una necesidad muy importante y fundamental, existiendo diversas formas de comunicación, las cuales se han ido evolucionando de acuerdo a la cantidad y complejidad de la información que se desee transmitir y recibir.

En el último siglo, las tecnologías de redes de acceso han tenido un avance tecnológico de gran escala en el mundo, debido a la insaciable demanda de velocidad, a la facultad de acceso instantáneo a fuentes de información y a la imperiosa necesidad de adaptarse a fluctuantes exigencias de los usuarios; lográndose una rápida convergencia entre las distintas formas de comunicación, al igual que, un notable progreso en la transportación, almacenamiento y procesamiento de la información, dando origen a nuevos y mejorados sistemas de comunicaciones entre los usuarios; que cada vez tienden a hacerse más independientes del lugar donde se encuentran, con lo cual se nota una tendencia hacia los sistemas de acceso inalámbrico.

Los sistemas de acceso inalámbrico, han sido diseñados para ofrecer una amplia gama de servicios de gran capacidad como voz, datos, video, Internet, etc., permitiendo tener más de dos dispositivos interconectados entre sí en instantes de tiempo diferentes y cuando se lo requiera, aprovechando al máximo el espectro radioeléctrico.

Todas las redes que soportan los distintos sistemas de comunicaciones inalámbricos, se han desempeñado con el uso de varias tecnologías análogas y digitales para el manejo cada vez más eficiente de los recursos utilizados en las comunicaciones; lo cual permitirá incrementar las exigencias de

globalización, movilidad, cobertura, capacidad, flexibilidad, funcionalidad, interconectividad, variedad y calidad en los servicios que ofrece.

Dentro de las comunicaciones inalámbricas se han destacado tecnologías tales como: Microondas terrestres y de satélite, tecnologías Celulares, WLL (Circuito Cerrado Inalámbrico Local), LMDS (Servicio de Distribución Local en Puntos Múltiples), MMDS (Sistema de Distribución Multicanal Multipunto), etc., las cuales han permitido tener un mayor número de servicios y flexibilidad sin precedentes en lo que se refiere a costos, diseño y adaptabilidad de sus redes para servir eficazmente a los usuarios.

Actualmente estas redes han incrementado su demanda debido a sus significativos beneficios en la mayoría de países del mundo, reemplazando gradualmente a las tecnologías basadas en cable, las cuales ocasionan baja velocidad en la transmisión de datos, costos elevados, limitación en la capacidad de transmisión e incomodidad con el cableado en el espacio físico.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

A nivel mundial, las redes de acceso inalámbrico, han proporcionado servicios confiables, diversificados, modernos y eficientes, integrados en un solo paquete

de conexión; permitiendo realizar un ahorro considerable de espacio físico, tiempo y dinero, en la conectividad de los diversos abonados, existiendo dos tipos de sistemas inalámbricos para su conexión: los fijos y los móviles.

La UTA en la actualidad cuenta con un sistema cableado de comunicaciones en sus redes de acceso, la misma que no es aprovechada al máximo debido a que los equipos existentes solo permiten tener tasas de datos de hasta 10 Mbps, lo que impide tener otros servicios que la tecnología moderna presenta.

Además, con la estructura cableada se dificulta la distribución de los servicios a usuarios particulares por los elevados costos que acarrea su implementación, por lo que se hace necesario diseñar un sistema de acceso inalámbrico, el cual será de tipo fijo, ya que la movilidad en los terminales no es de mucha importancia en el diseño de la red.

Los sistemas de acceso fijo, cuentan con una gran capacidad en su ancho de banda, son aplicables para un buen rango de frecuencias de microondas y brindan diversos y modernos servicios como voz, datos, video, Internet, etc.; sobresaliendo el sistema LMDS que aparece como una nueva y prometedora tecnología de gran valor estratégico en el marco de las comunicaciones inalámbricas de banda ancha y que permitirá satisfacer muchos requerimientos de los servicios de telecomunicaciones modernos tales como: bajos costos de

implementación, rápida expansión e instalación, facilidad de operación y mantenimiento, agilidad para la recuperación de la inversión, y flexibilidad y facilidad de evolución a nuevas tecnologías, siendo beneficiarios de las ventajas de este sistema autoridades, docentes, alumnos y público en general.

Por lo tanto al realizar el diseño para ampliar y modernizar los servicios de telecomunicaciones con que cuenta hoy en día la Universidad, se lo hará mediante la utilización de la tecnología de acceso LMDS, la cual aplica tecnología Punto a Multipunto y arquitectura celular para su cobertura.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 GENERAL.

- Elaborar un diseño para optimizar las comunicaciones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO utilizando el sistema inalámbrico de banda ancha LMDS.

1.3.2 ESPECÍFICOS.

- Analizar los fundamentos técnicos, las principales características y las aplicaciones que tienen los sistemas WLL, LMDS y MMDS en el ámbito de las telecomunicaciones.
- Determinar las ventajas y desventajas de cada una de las tecnologías antes mencionadas.
- Evaluar la infraestructura física de los equipos y los principales servicios de comunicaciones con que cuenta la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Formular una metodología de diseño para la tecnología LMDS y plantear un sistema de modernización de las comunicaciones para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.



2.1 INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE ACCESO EN EL ÁREA DE LAS TELECOMUNICACIONES.

Una red de telecomunicaciones es un conjunto de recursos interconectados entre sí que, gestionados de algún modo, interaccionan para satisfacer las necesidades de los usuarios que la utilizan.

En general, una red de telecomunicaciones moderna suele dividirse en: *red de conmutación y transporte* y *red interna de usuario* ambos interconectados mediante la *red de acceso*.

La *red de conmutación y transporte* efectúa las funciones básicas de la red de larga distancia como multiplexación, enrutamiento, tarifación, operación, mantenimiento, gestión global de la red y además de las funciones que su propio nombre indica, las mismas que se centralizan en lugares estratégicos llamados Nodos, de modo que la ejecución y la distribución de la red no sea de costos muy elevados.

Los nodos son los que reciben los datos que provienen de los elementos de acceso o de otros nodos y los envían hacia los elementos de acceso o hacia otros nodos y que a la vez son la puerta de enlace entre la red de transporte y la red de acceso.

Los datos son enviados de un nodo a otro mediante los equipos de transmisión, los mismos, que dependiendo de la amplitud de la red, se comunican a través de los diversos medios de transmisión como por ejemplo: fibra óptica, cables coaxiales, par trenzado, con enlaces de radio o satelitales, etc. Por lo tanto la red de transporte es considerada como la sección de mayor amplitud en la red,

pues puede abarcar extensiones físicas grandes y cubrir la mayor parte de un área metropolitana.

Dentro del sistema de transporte de la red se pueden diferenciar dos partes fundamentales que son:

- Red Troncal de Transporte.
- Red de Distribución.

La Red Troncal de Transporte es el primer nivel de la red de transporte que dependiendo de su diseño se la considera como la estructura principal de la red, encargada de que esta alcance cualquier extensión geográfica.

La Red de Distribución realiza las operaciones de transmisión de datos y conmutación, cuyo objetivo fundamental es adecuar el sistema de transporte y multiplexar la información que procede de los diversos administradores de servicios o usuarios a las particularidades del bucle de abonado; es decir que la red deberá desarrollar la liberación y establecimiento de las distintas conexiones de banda ancha o de banda estrecha con los bucles de abonado, además de transportar la información con diferentes tipos de requerimientos en cuestiones de ancho de banda.

En las últimas décadas las nuevas tendencias hacia los sistemas de banda ancha han cristalizado cambios significativos en esta parte de la red, derivados principalmente de la evolución de las tecnologías de conmutación (de analógico a digital), de transmisión (de cobre a fibra óptica), y la integración de los servicios que brindarán innovadores matices a la red de transporte.

Gracias a este cambio tecnológico, se está evolucionando desde un marco de redes separadas para soportar un único servicio (telefonía básica, Internet, televisión por cable, etc.), hacia el concepto de una Red Multiservicios, la cual es una red global única capaz de brindar múltiples servicios independientemente de su naturaleza (vídeo, voz o datos), lo que permitirá alcanzar un mayor número de usuarios, pero sin dejar de lado que en el futuro se obtenga flexibilidad y facilidad para la introducción de nuevas aplicaciones.

El segundo bloque de la red global de telecomunicaciones lo constituye la *Red Interna de Usuario*. Esta red debe ser capaz de compensar los requerimientos que los usuarios demandan, tomando en cuenta que las exigencias de los negocios grandes van hacer muy diferentes a los establecidos por los usuarios residenciales o de empresas de menor presupuesto; es decir que las primeras requerirán enlaces de mayores anchos de banda debido a la gran cantidad de información que deban transmitir, mientras que las empresas pequeñas o de uso residencial demandarán un acceso directo de los diversos servicios.

Una alternativa que logrará resolver estos inconvenientes, es a través de la red de acceso con plataforma multiservicios, la misma que proporcionará la posibilidad de satisfacer las demandas de los usuarios de grandes negocios, como por ejemplo: el crecimiento sostenido de la cantidad de tráfico generado, flexibilidad en cuanto al ancho de banda requerido, aplicaciones multimedia y multipunto, videoconferencia, interconexión de Redes de Área Local, etc.; así como la oportunidad soñada por parte de los operadores de proveer a los usuarios residenciales y de pequeños negocios, servicios de distribución de televisión, vídeo bajo demanda, acceso a servidores de información multimedia, tele-compra, videoteléfono, etc., que, por una parte amplía el ámbito de negocio, y por la otra, permite una más rápida amortización de las inversiones requeridas para una empresa de telecomunicaciones determinada.

La figura 2.1 muestra una red completa de telecomunicaciones.

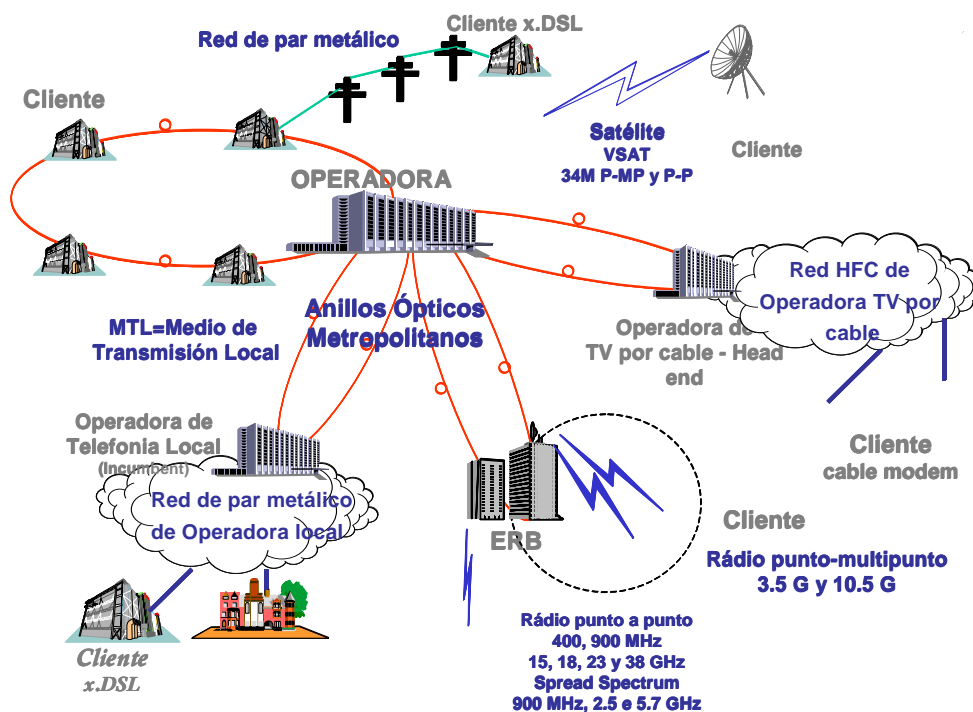


Figura 2.1. Diagrama de interconexión de una Red Global de Telecomunicaciones.

La **Red de Acceso** abarca los elementos tecnológicos que soportan los enlaces de telecomunicaciones entre los usuarios finales y el último nodo de la red. A menudo se denomina bucle de abonado o simplemente la última milla; por tanto es la que realiza la conexión entre la red de transporte y la red interna de usuario [1].

Dentro del entorno de liberalización de las telecomunicaciones en que estamos sumergidos en la actualidad, la posibilidad de que la red de acceso pueda ser accesada por diversos servicios al mismo tiempo desde cualquier localidad

como por ejemplo la transmisión de datos de una entidad con sucursales en distintos sectores en un área metropolitana, una residencia o una oficina, hace que esta red deba ser compartida por varios operadores, lo cual impone a la red de acceso el requisito de ser capaz de dar entrada e interconexión a más de una red de conmutación y transporte, propiedad de los distintos operadores.

Por otro lado, dado el incremento en capacidad de conmutación, resultado de las actuales tecnologías y estudios económicos, han demostrado que la red de acceso constituye una parte cada vez más importante en comparación con la red de transporte y conmutación, no sólo en lo referente a las inversiones, sino también en cuanto a costes de operación y mantenimiento.

Así pues, cualquier reducción en sus costes repercute ampliamente en los costes globales de la red, incidiendo substancialmente en la relación entre ingresos e inversiones, y en la viabilidad de la introducción de nuevos servicios que requieran nuevas infraestructuras para su explotación. La figura 2.2 muestra un esquema general de la red de acceso de acuerdo al tipo de medio de transmisión.

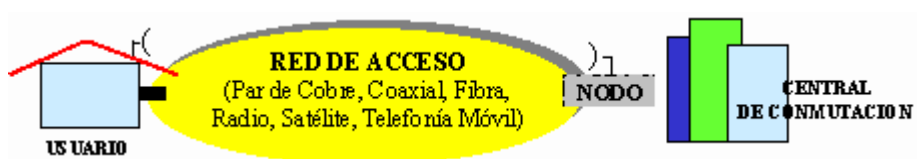


Figura 2.2. Esquema general de la red de acceso.

2.2 TIPOS DE REDES DE ACCESO.

Las diferencias entre las redes de acceso se mantendrán presentes, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo cada vez más probadas por el propio mercado, de tal forma que esto ocasionará nuevos retos para las industrias dedicadas al desarrollo de sistemas de telecomunicaciones, lo que implica que, con un mercado tan competitivo en las redes de acceso y en los equipos terminales, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental para permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

El acceso a través de comunicaciones de banda ancha es un desafío que se viene logrando desde la década pasada, puesto que estas permiten tener las tecnologías y equipamiento adecuado para ofrecer servicios de voz, datos y video. El problema fundamental está en desarrollar tecnologías que permitan altas velocidades en la última milla, a través de medios de transmisión convencionales como el par trenzado telefónico, el cable coaxial de las redes cableadas o el espacio radioeléctrico [2].

Es conveniente dejar en claro que lo que el usuario desea es utilizar los servicios de telecomunicaciones para que satisfagan sus necesidades de comunicación, entretenimiento, etc., los mismos que dependiendo del precio al

cual se espera vender cada uno de ellos, se determinará la implementación tanto de la arquitectura como de la tecnología de las redes, y no a la inversa como ha sucedido hasta hace poco tiempo.

Con esta visión se hace imprescindible que se presenten alternativas de nuevas plataformas de acceso, tendiendo principalmente a los sistemas de banda ancha, poniendo especial enfoque en los sistemas inalámbricos, que precisamente por esta razón el presente proyecto de titulación se referirá a este tipo de tecnologías, no sin antes dejar en claro que en este capítulo se abordará conceptos breves acerca de las redes de banda ancha basadas en cable.

Por lo tanto, las opciones para la implementación de las redes de acceso de banda ancha son varias, ya sea que se refiera a tecnologías de acceso que usan un medio de transmisión vía cable, a tecnologías de acceso que usan un medio de transmisión inalámbrico o a sistemas que usan la combinación de tecnologías vía cable y vía radio.

La figura 2.3 muestra algunas alternativas de acceso [5].

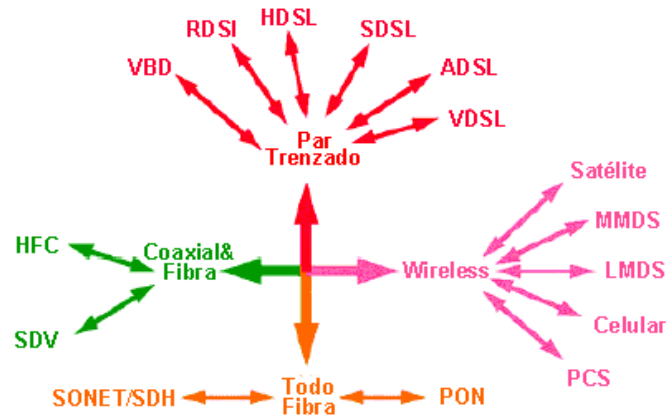


Figura 2.3. Alternativas de Acceso.

2.3 TECNOLOGÍAS DE ACCESO QUE USAN UN MEDIO DE TRANSMISIÓN ALÁMBRICO.

Las tecnologías de acceso vía cable son las más comunes y todavía las de mayor utilización en nuestro medio, sin embargo estas tienen ciertas limitaciones en cuanto se refiere: a los costos, la poca flexibilidad y sobre todo la baja capacidad de adaptación y extensión a las nuevas tecnologías.

Dentro de las alternativas para las redes de acceso de banda ancha basadas en cable se tiene la siguiente clasificación:

- redes de acceso vía cable de cobre,

- redes de acceso vía fibra óptica y,
- redes de acceso híbridas de fibra y cable coaxial.

2.3.1 REDES DE ACCESO VÍA CABLE DE COBRE.

Los cables de cobre son, sin lugar a duda, el medio de acceso más utilizado en cuanto se refiere a transmisiones tanto analógicas como digitales, ya que, siguen siendo la base de las redes telefónicas.

Dentro de este tipo de redes de acceso se tiene la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), y como tecnología de actualidad la *xDSL* (*x = generic Digital Subscriber Line, línea de suscriptor digital x = símbolo genérico*) la cual ha venido a mitigar un poco el problema que se tenía con las velocidades que se podían obtener utilizando como medio, el tradicional par de cobre.

El par trenzado es el medio de transmisión más antiguo y el de mayor utilización, debido a sus características de bajo costo, flexibilidad, fácil instalación y sobre todo porque el uso del trenzado tiende a disminuir las interferencias electromagnéticas (diafonía) de pares similares cercanos.

La figura 2.4 muestra el diagrama de un cable de par trenzado sin blindaje (UTP) [3].

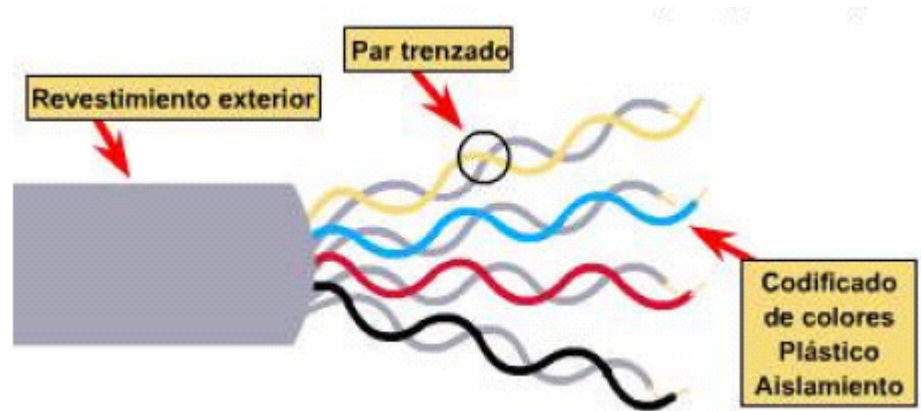


Figura 2.4 Par trenzado sin blindaje (UTP).

2.3.1.1 RDSI (RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS) [4].

La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI/ISDN) es una tecnología que permite realizar conexiones digitales extremo a extremo a una distancia máxima de aproximadamente 5500 metros, con una velocidad promedio de 144 Kbps y así proporcionar a través de un acceso único una amplia gama de servicios, facilidad de instalación, confiabilidad de la conexión y bajos costos.

Entre los servicios que ofrece la RDSI tenemos: telefonía, correo electrónico, acceso interactivo a bases de datos remotas, realización de transacciones bancarias, etc.

En el Ecuador, la tecnología RDSI no ha tenido el auge necesario para su desarrollo e implementación.

2.3.1.2 xDSL (LÍNEA DE SUSCRIPTOR DIGITAL).

Las xDSL, son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado, puesto que convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de elevada velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia [5].

Las técnicas xDSL tienen entre ellas diferencias dependientes de las velocidades, el tipo de conexión y las distancias que alcanzan. Su desventaja radica principalmente en que no alcanzan largas distancias entre los MODEMS conectados punto a punto.

Las técnicas xDSL más conocidas son [6]:

2.3.1.2.1 HDSL (*High Bit Rate Digital Subscriber Line*).

HDSL (*Línea de abonado digital de alta velocidad binaria ó DSL de Alta velocidad*) es una técnica eficaz para transmitir datos a altas velocidades dado que es simétrica y bidireccional. Generalmente ocupa dos o tres pares de cobre

lo que permite ofrecer servicios a velocidades de hasta 2,048 Mbps, que de acuerdo a las técnicas de modulación utilizadas puede tener un ancho de banda que varía entre 8 KHz y 240 KHz, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa, será la misma. La longitud máxima que se puede alcanzar con esta técnica es de 4.572 metros.

La figura 2.5 muestra un módem digital HDSL de 2 Mbps para líneas de cobre de 2 ó 4 hilos.

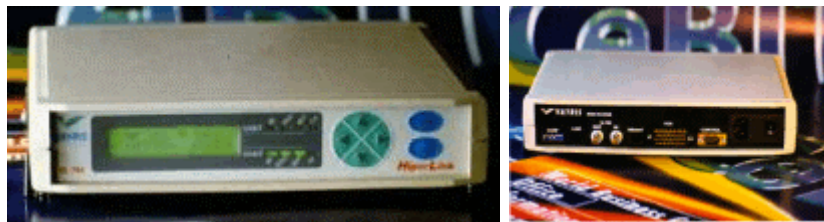


Figura 2.5. Módem digital HDSL.

2.3.1.2.2 ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).

ADSL (*Línea de abonado digital asimétrica*) es una nueva tecnología estandarizada y escalable de módem que convierte las líneas telefónicas existentes de par trenzado en caminos de acceso para multimedia como: video bajo demanda, video conferencia, voz sobre IP, etc., y comunicaciones de datos a alta velocidad como: acceso a Internet y acceso remoto a LAN's.

La tecnología ADSL proporciona un acceso asimétrico, o sea, que las velocidades de transmisión y recepción son distintas, de modo que, el módem situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del lazo, en la central local, lo que origina que se pueden conseguir velocidades de trabajo descendentes (de la central hasta el usuario) de 1,5 Mbps sobre distancias de 5 Km ó cercanas a los 6 Km, hasta los 9 Mbps si la distancia se reduce a 3 Km (muy próxima a los 10 Mbps de una LAN Ethernet). En cambio para la transmisión ascendente (del usuario hasta la central), se tiene velocidades de 16 a 640 Kbps, sobre los mismos tramos. Estas distancias resultan adecuadas para cubrir el 95% de los abonados. La distancia máxima es de 5.847 metros (3.658 metros para las velocidades más rápidas).

La figura 2.6 muestra el esquema de una conexión ADSL.

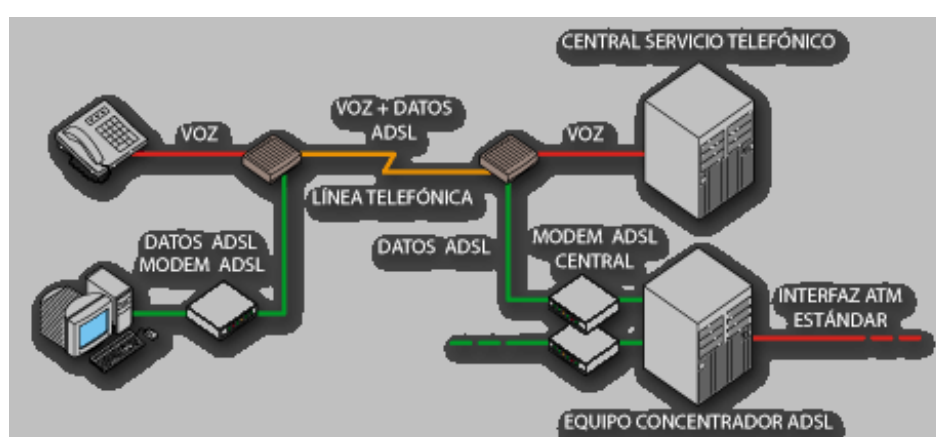


Figura 2.6. Conexión ADSL.

2.3.1.2.3 SDSL (*Symmetric Digital Subscriber Line*).

SDSL (*Línea digital de abonados simétrica*) es muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas; pero con dos particularidades: utiliza un solo par de cobre y tiene un rango máximo de operación de 3.048 metros, lo que la hace ideal para empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos en la Web. Dentro de esta distancia, será posible mantener una velocidad similar a HDSL (1,5 Mbps).

2.3.1.2.4 IDSL (*ISDN Digital Subscriber Line*).

IDSL (*Línea de abonados digital ISDN*) es una tecnología simétrica, similar a la SDSL, pero a diferencia de esta, opera a una distancia mayor, en longitudes de hasta 5.500 metros, y a velocidades más bajas. Actualmente se la utiliza como conexión al Internet para la transferencia de datos, telefonía sobre IP o video teléfonos, ya que transmite datos digitales a velocidades de 128 Kbps o 144 Kbps sobre una línea ISDN / RDSI (Red Digital de Servicios Integrados).

2.3.1.2.5 VDSL (*Very High Digital Subscriber Line*).

VDSL (*Línea de abonado digital de muy alta velocidad*) esta tecnología es la más rápida dentro de las xDSL, pero a diferencia de las demás opera a

distancias muy cortas, de tal manera que los modems VDSL utilizados para los enlaces descendente y ascendente deben estar separados a una distancia máxima de 1.371 metros.

Las velocidades de operabilidad sobre un único par de cobre están comprendidas entre los 52 Mbps a distancias de 300 metros y de sólo 13 Mbps para la distancia máxima, esto para el enlace que va desde la central hasta el usuario; mientras que para el sentido contrario las velocidades están comprendidas entre 1,5 y 6,4 Mbps. VDSL ofrece las mismas aplicaciones que ADSL, pero con una nueva opción, la de suministrar señales de TV de alta definición (HDTV).

2.3.1.2.6 RADSL (*Rate Adaptive Digital Subscriber Line*).

RADSL (*Línea de abonado digital de Tasa Adaptable*) es una tecnología que se adapta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea, es decir que, permite conectar diferentes líneas a velocidades variables. Las velocidades de operación son de hasta 8 Mbps para el enlace de bajada y de 1,544 Mbps en sentido contrario; sin embargo estas velocidades pueden disminuir con el rango máximo de operación, alrededor de los 5.500 metros.

Las aplicaciones que brinda esta tecnología son varias entre las cuales tenemos: Acceso a Internet/Intranet, vídeo bajo demanda, acceso a LANs remotas, VoIP (voz sobre IP), multimedia interactiva.

2.3.1.2.7 MDSL (*Multi-Rate Symmetric Digital Subscriber Line*).

MDSL (*Línea de abonado digital simétrica Multi Tasa*) o también llamada M/SDSL (Multi-rate SDSL), es una tecnología simétrica y construida sobre un par simple de la SDSL, características que hacen que la MDSL soporte cambios significativos en la tasa de transmisión de acuerdo a las distancias a las cuales esté trabajando. Proporciona velocidades comprendidas entre los 128 Kbps y 2,048 Mbps en ambas direcciones, sobre distancias comprendidas entre 4.500 metros y 8.900 metros como máximo.

2.3.1.2.8 HDSL2 o SHDSL (*Higt Bit Rate Digital Subscriber Line 2*).

HDSL2 (*Línea de abonado digital de índice de datos alto 2*) es una nueva tecnología que ofrecerá el mismo rendimiento que HDSL, puesto que brinda los mismos 2,048 Mbps de velocidad, pero con la ventaja de requerir solamente un simple par trenzado de cobre. HDSL2 espera aplicarse en primera instancia en Norte América, ya que algunos proveedores han optado por construir un estándar universal llamado G.shdsl.

2.3.1.2.9 G.shdsl.

G.shdsl, es un estándar de la ITU que ofrece un conjunto de características muy ricas, como por ejemplo tasas adaptables de transmisión, permitiendo mayores distancias de operación que cualquier estándar actual.

G.shdsl permite el acceso “siempre conectado” a Internet a altas velocidades utilizando el cableado existente y permitiendo el uso simultáneo del teléfono, ya que este método ofrece anchos de bandas simétricos comprendidos entre 192 Kbps y 2,3 Mbps, con un 30% más de longitud del cable que SDSL; además presenta cierta compatibilidad con otras variantes DSL y está solicitado para empezar a reemplazar a las tecnologías HDSL, SDSL, HDSL2, ISDN e IDSL; puesto que espera aplicarse en todo el mundo.

2.3.1.2.10 UDSL (*Unidirectional Digital Subscriber Line*).

UDSL (*Línea de abonados digital Unidireccional*) es una versión unidireccional de HDSL propuesta por una compañía europea. UDSL proporciona tasas de datos muy rápidas, puesto que sólo existe una dirección de transmisión. Las velocidades de transferencia que se pueden alcanzar con esta nueva tecnología son de hasta 200 Mbps, posibilitando la oferta de televisión de alta definición y servicios tales como video y voz.

La tabla 2.1 muestra en forma simplificada una breve comparación de las diferentes tecnologías xDSL analizadas anteriormente.

Tipo DSL	Significado	Distancia máxima (m)	Velocidad descendente	Velocidad ascendente	Aplicación
HDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad binaria ó DSL de Alta velocidad.	4572	2,048 Mbps	2,048 Mbps	Comunicaciones de redes públicas y privadas, acceso a redes LAN y WAN, conexión de servidores de Internet.
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica.	5847 (3.658 metros para velocidades más rápidas)	1,5 Mbps a 9 Mbps	16 Kbps a 640 Kbps	Acceso Internet, vídeo bajo demanda, multimedia interactiva.
SDSL	Línea de abonado digital simétrica.	3048	1,5 Mbps	1,5 Mbps	Ideal para empresas pequeñas y medianas que requieren una conexión eficaz para subir y bajar datos de la Web.
IDSL	Línea de abonado digital ISDN.	5500	128 Kbps o 144 Kbps	128 Kbps o 144 Kbps	Acceso a Internet/Intranet para la transferencia de datos, telefonía sobre IP, video teléfonos.
VDSL	Línea de abonado digital de muy alta velocidad.	1371	Asimétrico 13 Mbps a 52 Mbps	Asimétrico 1,5 Mbps a 6,4 Mbps	Igual que ADSL más TV de alta definición.
			Simétrico 10 Mbps	Simétrico 10 Mbps	
RADSL	Línea de abonado digital de Tasa Adaptable.	5500	8 Mbps	1,544 Mbps	Acceso a Internet/Intranet vídeo bajo demanda, acceso a LANs remotas, VPNs (Redes Privadas Virtuales), VoIP (voz sobre IP), multimedia interactiva.
MDSL	Línea de abonado digital Simétrica Multi Tasa.	8900	128 Kbps y 2,048 Mbps	128 Kbps y 2,048 Mbps	Con una habilidad de auto-tasa (similar a RADSL), las aplicaciones simétricas pueden ser universalmente desarrolladas
HDSL2	Línea de abonado digital de índice de datos alto 2	1800	2,048 Mbps	2,048 Mbps	Posible aplicación en Norte América

Tabla 2.1. Comparativa entre los diferentes tipos de xDSL.

2.3.2 REDES DE ACCESO VÍA FIBRA ÓPTICA.

La fibra óptica se define como un medio capaz de conducir energía de naturaleza óptica. Está compuesta por un conductor cilíndrico delgado y flexible de dimensiones muy reducidas, entre 2 a 125 micrómetros, y que en su interior está formada por tres secciones concéntricas tales como: el núcleo, el revestimiento y la cubierta [7]. La figura 2.7 muestra el esquema de la fibra óptica.

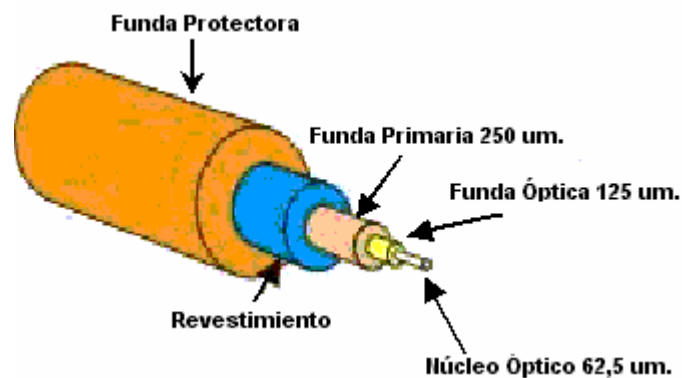


Figura 2.7. Esquema de la Fibra Óptica.

Los diferentes tipos de redes ópticas de acceso son [1] [2]:

2.3.2.1 FTTC (Fiber To The Curb).

La FTTC o fibra hasta la acera (desde el nodo de concentración hasta los armarios de empalme), es una configuración en la cual el ONU (*Optical*

Network Units, Unidades de Red Óptica) y el tendido final de una red de fibra óptica, llegan hasta un sector, desde el que se puede brindar servicios de banda ancha a varios usuarios, los cuales pueden ser: residenciales pertenecientes a un área urbana de extensión reducida o un grupo de PYMES (*Pequeñas y Medianas Empresas*), con costos finales mucho más bajos.

Como factores negativos que presenta FTTC se tienen: la complejidad en los protocolos de acceso y de gestión de la red; además de realizar una mayor inversión de equipos de multiplexación y de interfaces de red debido a que debe compartir los recursos entre varios abonados.

2.3.2.2 FTTH (Fiber To The Home).

La FTTH o fibra hasta el hogar del abonado, es una configuración en la cual los usuarios tienen disponible toda la capacidad de transmisión de la fibra, puesto que todo el tramo de la red es de fibra óptica y no compartirá recursos con otros usuarios, lo que permitirá tener acceso a servicios de gran capacidad como: datos de alta velocidad, TV analógica y digital, video bajo demanda, etc.

Por lo tanto es la alternativa que provee mayores ventajas en cuanto a seguridad, rendimiento y ancho de banda. Además FTTH es una red que puede soportar futuras tecnologías, pero también la que presenta mayores

costos a la hora de implementarla, debido a que requiere una fuerte inversión en obra civil.

2.3.2.3 FTTB (Fiber To The Building).

La FTTB o fibra hasta el edificio, el cual puede ser residencial o de negocios, es una configuración que cuenta con un solo terminal de red óptica para todo el edificio y que además utiliza las tecnologías metropolitanas Ethernet para proporcionar servicios de video, acceso a web y servicios telefónicos.

Las redes FTTB están siendo desplegadas en las grandes ciudades de todo el mundo; esto, por el hecho de que resultan muy útiles en los casos en que las empresas deben manejar caudales elevados de datos y que tienen sus operaciones concentradas en un sitio determinado.

2.3.2.4 FTTCab (Fiber To The Cabinet).

La FTTCab o fibra hasta el armario, es una configuración parecida a la FTTC, pero con la diferencia de que el punto final de la red de fibra óptica brindará servicios a un número mayor de usuarios.

En resumen, las redes de acceso de fibra óptica vistas anteriormente son redes que permiten llegar a un punto lo más cercano posible del usuario final, puesto que a partir de ese punto se llegará a la localidad del usuario usando un medio de transmisión diferente como por ejemplo el par trenzado o cable coaxial, a excepción de FTTH en donde toda la red es de fibra óptica.

2.3.3 REDES DE ACCESO HÍBRIDAS DE FIBRA Y CABLE COAXIAL (HFC).

De acuerdo al continuo avance tecnológico de las redes de acceso basadas en un medio de transmisión alámbrico, la utilización del cable coaxial combinado con la fibra óptica ha sido uno de los grandes protagonistas en los últimos años, razón por la cual las operadoras de comunicaciones de todo el mundo están convirtiendo este tipo de redes en una de las opciones que brindarán a la mayoría de los usuarios una amplia gama de servicios y aplicaciones.

La red HFC es una red de telecomunicaciones por cable, que combina en su estructura la fibra óptica, utilizada para transportar la señal a distancias relativamente largas y el cable coaxial, para la distribución en las proximidades del abonado; característica que la constituye en una plataforma tecnológica de banda ancha, capaz de prestar a los usuarios un amplio abanico de servicios

de telecomunicación, además de la distribución de señales de TV analógica y digital; y todo esto a través de un cable único [8].

La figura 2.8 muestra la estructura de una red HFC.

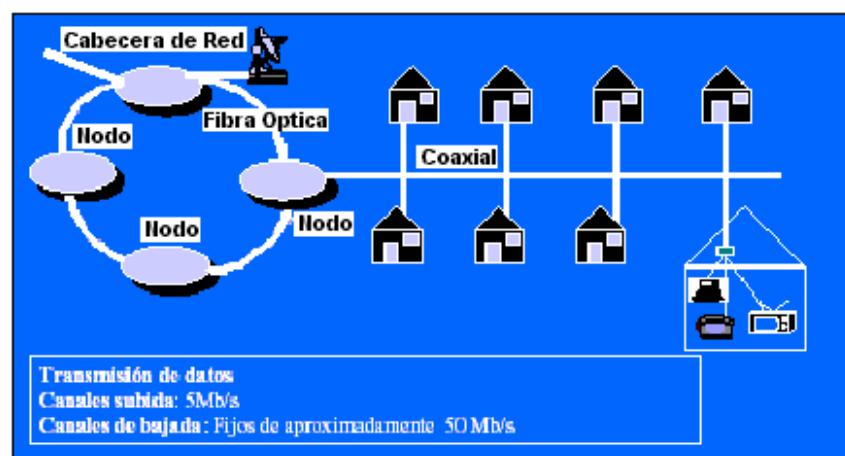


Figura 2.8. Red HFC [6].

En definitiva, el acceso a alta velocidad a redes de datos (Internet, Intranets, etc.) mediante redes híbridas proveerá una fuente de ingresos importante para los operadores, motivo por el que las compañías telefónicas están moviéndose hacia estas tecnologías, apareciendo otras técnicas para este fin como por ejemplo: las redes híbridas de fibra y par trenzado o HFT y las redes híbridas de fibra y VDSL o HFV.

2.4 REDES DE ACCESO QUE USAN LA COMBINACIÓN DE TECNOLOGÍAS VÍA CABLE Y VÍA RADIO.

Las redes HFR (*Redes Híbridas Fibra - Radio*) brindan servicios de banda ancha a través de una estructura de acceso vía radio junto con una estructura de transporte que emplea la fibra óptica como medio de transmisión. Las HFR al tener una estructura de acceso vía radio, obliga a que se disponga de una estación de radio base para la distribución de los servicios en la última milla.

2.5 TECNOLOGÍAS DE ACCESO QUE USAN UN MEDIO DE TRANSMISIÓN INALÁMBRICO.

Las tecnologías de acceso inalámbrico utilizan la radio como medio de transmisión. Este medio posee una infinidad de aplicaciones y proporciona una gran flexibilidad al usuario, debido a que carece de un medio guiado entre la terminal y el nodo de la red, de tal modo que, para llevar a cabo la transmisión así como la recepción de la información se lo deberá realizar mediante la utilización de antenas.

Existen dos configuraciones básicas para las transmisiones inalámbricas: *direccional* y *omnidireccional*.

En la transmisión inalámbrica direccional las antenas tanto de emisión como de recepción deben estar perfectamente alineadas, puesto que toda la energía irradiada por la antena de transmisión es concentrada en un solo haz, lográndose así una transmisión eficiente. En el caso de la transmisión omnidireccional, la radiación de la antena es dispersa, es decir que, la energía se irradia en todas direcciones, de manera que las señales pueden ser recibidas por varias antenas [9].

En la siguiente figura se muestra los dos tipos de transmisión inalámbrica.



Figura 2.9. Tipos de Transmisión Inalámbrica.

Dentro del estudio de las comunicaciones inalámbricas se debe considerar el denominado espectro de frecuencias de radio o también llamado espectro radioeléctrico, el mismo que define el rango de frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión, servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos.

El espectro de frecuencias de radio es considerado como la materia prima necesaria para la provisión de los servicios de radio-comunicación.

La tabla 2.2 muestra una clasificación de los rangos de frecuencia del espectro radioeléctrico [7].

Rango de Frecuencias	Designación
30 – 300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
0.3 – 3 KHz	VF (frecuencias de voz)
3 – 30 KHz	VLF (frecuencias muy bajas)
30 – 300 KHz	LF (frecuencias bajas)
0.3 – 3 MHz	MF (frecuencias medias)
3 – 30 MHz	HF (frecuencias altas)
30 – 300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
0.3 – 3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
3 – 30 GHz	SHF (frecuencias super altas)
30 – 300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)
0.3 – 300 THz	Luz infrarroja
0.3 – 3 PHz	Luz visible
3 – 30 PHz	Luz ultravioleta
30 – 300 PHz	Rayos X
0.3 – 3 EHz	Rayos gama
3 – 30 EHz	Rayos cósmicos

Tabla 2.2. Rangos de frecuencia del espectro radioeléctrico.

La propagación en radio depende de la frecuencia y de acuerdo a esto se tiene varios tipos de propagación como por ejemplo: las frecuencias inferiores a los 30 MHz son reflejadas por la atmósfera y por la tierra, por ello se utilizan en tipos de propagación usadas en radios marítimas, telegrafía y tráfico télex¹.

Las frecuencias por encima de los 30 MHz son muy altas para ser reflejadas por lo que se las utiliza para difusión de televisión y telefonía móvil, específicamente las bandas de VHF y UHF. Por último tenemos que a frecuencias superiores a los 3 GHz, se requiere de línea de vista entre el transmisor y el receptor, puesto que a estas frecuencias se presentan severas atenuaciones producidas por objetos, como por ejemplo edificios [10].

Gracias a las redes de acceso que utilizan tecnologías inalámbricas se puede proveer de una manera rápida servicios de telecomunicaciones en muchos lugares donde la implementación de una infraestructura de cable es bastante difícil debido a las condiciones del terreno, las limitaciones de tiempo o a su elevado costo.

Las redes de acceso inalámbricas se pueden clasificar según la capacidad de movimiento del usuario, en accesos fijos ó móviles, y de acuerdo al modo de

¹ TÉLEX.- Servicio que facilita la comunicación impresa a distancia entre sus abonados, mediante terminales llamados teleimpresores.

entregar los servicios, las redes de acceso pueden utilizar dos tipos de tecnologías diferentes: punto a punto (P – P) y punto a multipunto (PPM).

Antes de empezar con la clasificación de las redes de acceso inalámbricas, se dará un concepto breve acerca de lo que son las tecnologías de comunicación punto a punto y punto a multipunto.

- ❖ **Tecnología de comunicación punto a punto**, es aquella tecnología que usa comunicación bidireccional establecida entre dos transreceptores ubicados en dos puntos fijos mediante la emisión de radiofrecuencias de microondas.

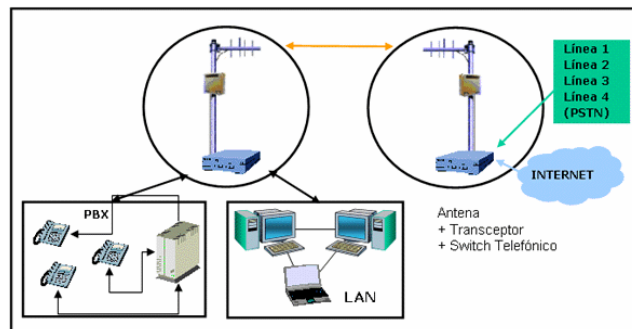


Figura 2.10. Comunicación punto a punto.

- ❖ **Tecnología de comunicación punto a multipunto**, es aquella tecnología que usa comunicación bidireccional establecida entre un transreceptor ubicado en un punto fijo y múltiples transreceptores

ubicados en diversos puntos fijos, mediante la emisión de radiofrecuencias de microondas.



Figura 2.11. Comunicación punto a multipunto.

A continuación, se definirán las principales tecnologías de acceso inalámbrico móvil, esto por el hecho de que en lo posterior, al realizar un estudio más detallado de las tecnologías de acceso inalámbrico fijo, se observará que hay una relación muy cercana entre estos dos tipos de tecnologías.

2.5.1 REDES CON TECNOLOGÍAS DE ACCESO INALÁMBRICO MÓVIL.

Las tecnologías inalámbricas móviles permiten a los usuarios, establecer una conectividad desde cualquier ubicación, con total movilidad; de modo que al acceder a los diferentes servicios provistos por la red, lo realicen a través de un

mismo terminal y en cualquier instante. Por esto, se vuelve indispensable la implementación de una infraestructura² que permita cubrir toda el área donde se va a dar el servicio y que además realice la interconexión del usuario con el punto que se desea establecer contacto; obteniéndose de este modo, un Sistema de Telecomunicaciones Móviles, en donde el área que se desea cubrir se divide en celdas o células.

Al tener varios usuarios que utilizan el mismo interfaz aire y que acceden a los servicios al mismo tiempo, se torna necesario diferenciar cada una de las conexiones y de esta manera poder especificar correctamente la información enviada por cada uno de los usuarios, empleando Técnicas de Acceso al Medio; las mismas que se estudiarán con más detalle en el capítulo 3.

Los tres métodos principales de acceso múltiple que utilizan las tecnologías móviles son:

- Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).
- Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).
- Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).

² INFRAESTRUCTURA.- Equipos, técnicas de procesamiento de señales, protocolos de comunicación y procesos que permitan iniciar, mantener y liberar una conexión.

Entre las tecnologías móviles más importantes tenemos las siguientes: AMPS, D-AMPS, GSM, PCS, GPRS, EDGE, WCDMA, UMTS, CDMA2000, Bluetooth, Wi-Fi.

2.5.1.1 AMPS (Advanced Mobile Phone Systems) [11].

El Sistema Avanzado de Telefonía Móvil (AMPS), es una tecnología celular analógica de primera generación, basado inicialmente en la distribución del espectro de radiación electromagnética para el servicio de telefonía celular analógica.

AMPS opera en la banda de los 800 y 900 MHz del espectro asignado para los sistemas celulares telefónicos. La mitad de este rango de frecuencias, entre los 824-849 MHz, es utilizada por los proveedores del servicio para la recepción de señales desde los teléfonos celulares; mientras que para la transmisión se utiliza entre los 869-894 MHz. Las bandas están divididas en sub-bandas de 30 KHz, y cada una de estas toma el nombre de canales.

El área de cobertura de las señales recibidas por un transmisor tiene un diámetro aproximado de 10 a 20 Km. Cada celda utiliza canales diferentes para la transmisión y recepción, de modo que no se corre el riesgo de que las señales de celdas adyacentes se interfieran con las de la celda anterior.

2.5.1.2 D – AMPS (Digital Advanced Mobile Phone Systems).

El Sistema Avanzado de Telefonía Móvil-Digital (D-AMPS), es una tecnología celular de segunda generación, resultado de la evolución digital del sistema telefónico AMPS, conocido actualmente como acceso múltiple por división en el tiempo/IS-136 (TDMA/IS-136). Esta designación se debe, fundamentalmente por la adición del acceso múltiple por división en el tiempo TDMA al sistema AMPS y por ende a cada canal de cada sub-banda, creado con FDMA, logrando de este modo obtener un sistema híbrido FDMA/TDMA, el cual permite triplicar el número de llamadas posibles por canal; es decir que por cada canal AMPS se puede tener tres canales D-AMPS.

D-AMPS al igual que AMPS, opera en la banda de frecuencias comprendidas entre los 800 y 900 MHz (824-849 MHz para la recepción y 869-894 MHz para la transmisión), empleando el mismo espacio de canal de 30 KHz, pero dividido a su vez en tres intervalos de 10 KHz [12].

2.5.1.3 GSM (Global System for Mobile Communication).

El Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), es una tecnología digital inalámbrica de segunda generación muy utilizado en Europa, India, América del Norte, América del Sur y otras partes del mundo; ya que permite

digitalizar y comprimir la información. GSM utiliza una variación del acceso múltiple por división en el tiempo TDMA y que al igual que D-AMPS es un sistema híbrido de FDMA/TDMA.

El sistema GSM, para realizar el enlace entre la estación móvil a la estación base (enlace ascendente) opera en la banda de 890 MHz a 915 MHz; en tanto que, para el enlace inverso funciona en la banda de 935 MHz a 960 MHz; logrando obtener un ancho de banda de cada canal de 200 KHz [13]:

2.5.1.4 PCS (Personal Communications Services).

El Servicio de Comunicación Personal (PCS), es un sistema considerado de tercera generación, que representa un nuevo nivel en las comunicaciones inalámbricas de alta tecnología.

PCS surge como una alternativa a los sistemas de telefonía celular con tecnología digital, ya que permite tener una mayor movilidad brindando un servicio personalizado a los usuarios, los cuales podrán mantener el mismo número de teléfono en cualquier parte del mundo. PCS o también conocido en otros lugares como PCN (*Personal Communications Network, Redes de Comunicaciones Personales*) requiere para su cobertura de una cantidad mayor de células o celdas transmisoras, debido a que trabaja con microceldas

de 50 a 100 metros de diámetro, disminuyendo de manera significativa el número de puntos ciegos [14].

Los servicios que ofrece PCS son múltiples, motivo por el cual, en nuestro medio han sido identificados como *servicios móviles avanzados (SMA)*, debido a que opera en la banda de los 1900 MHz, constituyéndose de esta manera en el sistema de mayor ancho de banda en relación con el de las actuales compañías celulares.

Entre los beneficios más sobresalientes de este sistema podemos citar: telefonía digital celular, telefonía básica inalámbrica, servicios de comunicación sin importar la localidad del usuario, buscapersonas, transmisiones de voz, datos, videos e imágenes, movilidad personal y de la terminal, la utilización de un número único para la identificación del usuario, alta capacidad, optimización de costos, etc.

2.5.1.5 GPRS (General Packet Radio Services).

El Servicio General de Paquetes de Radio (GPRS), es una tecnología basada en el sistema GSM (Global System for Mobile Communication) de segunda generación, motivo por el cual se lo considera como la evolución del mismo.

GPRS es un sistema de generación intermedia (2.5 G), que permite la transferencia de datos en paquetes a altas velocidades, aproximadamente en tasas de datos desde 56 hasta 114 Kbps, sobre redes inalámbricas, utilizando uno o varios canales de la red GSM, dando la posibilidad a los usuarios de permanecer siempre en línea con conexión inmediata al Internet pudiendo recibir llamadas de voz sin perder la conexión, un ejemplo claro de esto es la llegada de los correos electrónicos al instante [15].

Con GPRS, predominarán los servicios basados en la localización de los usuarios, su perfil y la situación en la que se encuentren, además de permitir una conexión instantánea, utilizar eficazmente el espectro de radio y facilitar la introducción de nuevos servicios, creando un mercado que la tecnología UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) consolidará. Del mismo modo complementará los servicios ya existentes, como el Servicio de Mensajes Cortos (SMS), conexiones telefónicas celulares con conmutación de circuitos y a la tecnología Bluetooth [16].

2.5.1.6 EDGE (Enhanced Data GSM Environment).

EDGE es una tecnología que cumple con las demandas de la tercera generación (3G), ya que habilita los servicios de 3G a todos los posibles usuarios finales. EDGE es el resultado evolutivo de GSM/GPRS, puesto que es

una mejora a las redes GSM así como a las redes GPRS. Esta tecnología fue diseñada para el envío inalámbrico de datos, acceso al Internet, servicios multimedia móviles y aplicaciones a velocidades de 473 Kbps; además EDGE provee una eficiencia espectral que es competitiva con cualquier otra tecnología en el mercado actual.

En particular, EDGE, permitirá que, todas las ventajas de GSM/GPRS sean plenamente explotadas con el propósito de establecer conexiones rápidas, obtener una mayor amplitud de banda y alcanzar velocidades aceptables de transmisión de datos, entre los 80 y 130 Kbps, hasta alcanzar la velocidad máxima de 473 Kbps [17]:

2.5.1.7 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access).

El *Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA)*, es una tecnología completamente nueva, seleccionada por el Instituto Europeo de Normas para las Telecomunicaciones ETSI (European Telecommunications Standards Institute) en Enero de 1998, para facilitar el desarrollo de innovadoras aplicaciones inalámbricas de banda ancha así como la posibilidad de soportar servicios multimedia de tercera generación (3G).

La tecnología WCDMA por tratarse de una plataforma de servicio móvil, realiza un mínimo de procesamiento de la señal; razón por la cual los terminales serán de bajos costos y menos complejos de manufacturar.

Los servicios de 3G que ofrecerá WCDMA desde cualquier terminal inalámbrica, serán una extensión de los actuales servicios de las redes de 2G. Los principales servicios que brindará WCDMA son: servicios de voz, acceso a Internet, videoconferencias, entretenimiento (audio con calidad de CD, vídeo, gráficos, fotos y juegos), mensajería, Intranets, correo electrónico interactivo, Fax, Comercio Electrónico, Monitoreo Remoto, etc [18].

2.5.1.8 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

El *Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS)*, es un sistema de tercera generación (3G) de banda ancha, basado en el estándar GSM (Global System for Mobile Communication), planeado para entregar una gran variedad de servicios a usuarios móviles mundiales. Con UMTS los usuarios de teléfonos móviles y computadoras podrán conectarse al Internet de una forma constante sin importar el lugar en donde se encuentren, manteniendo la misma capacidad de los servicios. El espectro de radiación electromagnética para UMTS ha sido identificado con las bandas de 1885-2025 MHz para futuros

sistemas IMT-2000, y 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz para la porción satelital de los sistemas UMTS [19].

2.5.1.9 CDMA2000 (Code Division Multiple Access 2000).

CDMA2000 es un sistema de gran flexibilidad y adaptabilidad que permite soportar una amplia gama de servicios tales como: voz, datos y aplicaciones multimedia con velocidades de transmisión entre los 9,6 Kbps hasta llegar a velocidades superiores a los 2 Mbps.

Este sistema se basa en la reutilización de frecuencias y en la distribución celular, es decir que, se realiza una subdivisión considerable de células para cubrir grandes áreas de servicios. En cuanto al tamaño de las celdas CDMA2000 puede utilizar los diversos tipos de células, de acuerdo al sector que se desea cubrir o a la demanda de servicio celular medida en una población determinada, entre estas tenemos:

- *Megaceldas exteriores*, con radios superiores a los 35 Km.
- *Macrocelas exteriores*, con un radio comprendido entre 1 a 35 Km.
- *Microcelas interiores o exteriores*, con un radio de hasta 1Km.
- *Picoceldas interiores o exteriores*, con un radio menor a los 50 metros.

CDMA2000 fue diseñado para operar de forma económica en una gran variedad de ambientes tales como: interior de oficina, lazo local sin hilos, vehicular y mixto vehicular interior y exterior.

2.5.1.10 BLUETOOTH.

Bluetooth significa "*diente azul*" y proporciona una norma mundial para conectividad inalámbrica de corto alcance entre una serie de dispositivos móviles o fijos. Bluetooth fue desarrollada inicialmente por Ericsson, permitiendo a los teléfonos móviles y otros dispositivos inalámbricos comunicarse a velocidades de hasta 1 Mbps, aunque la velocidad real ronda los 728 Kbps por radio de corto alcance, es decir hasta unos 10 metros con ordenadores portátiles, impresoras, faxes y otros dispositivos equipados al efecto, evitando así la necesidad de instalar cables y conectores especiales.

Esta tecnología define un estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia.

La frecuencia de radio con la que trabaja está en el rango de 2,4 a 2,48 GHz, lo que significa que varios dispositivos pueden operar bajo el mismo radio de acción sin interferencias de ningún tipo, además de brindar mayor seguridad y

robustez. La enorme ventaja que ofrece esta banda de frecuencias es que se trata de un rango de frecuencias abierto.

2.5.1.11 WI-FI (Wireless Fidelity).

La *Fidelidad Inalámbrica (Wi-Fi)*, fue creada en el año de 1997 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) de Estados Unidos, como una solución al protocolo Bluetooth desarrollado unos años atrás; ya que, al igual que este, Wi-Fi permite la interconexión de varios dispositivos portátiles o computadores, utilizando las señales de radio para transmitir la información; pero con la variante de tener una mayor velocidad y alcance.

(Wi-Fi), es una tecnología basada en un conjunto de normas inalámbricas conocidas como 802.11, desarrollada para realizar una conectividad sin cables en las redes de área local, denominadas WLAN (Wireless Local Area Network, red de área local inalámbrica), operando a frecuencias que van desde los 2,4 GHz a 5 GHz. Estas frecuencias, no son licenciadas por la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC), lo que significa que no requieren ningún tipo de licencia especial para su funcionamiento.

Las distancias de cobertura pueden variar entre los 50 a 300 metros de radio, dependiendo de los obstáculos que las señales encuentren en su camino; ya

que, la propagación de las frecuencias a las cuales trabaja este sistema, es muy susceptible de atenuaciones producidas por dichos entorpecimientos en su trayectoria.

Los servicios que puede ofrecer una red Wi-Fi, siempre y cuando los diversos abonados permanezcan dentro del área que cubre una determinada estación base, son principalmente: la distribución de contenidos multimedia, telefonía IP en los hogares o empresas y el acceso de varios usuarios a Internet o Intranets y a todas sus aplicaciones a través de la misma conexión, al igual que la interconexión entre los equipos con total movilidad a lo largo de la zona de operación [20]:

2.5.2 REDES CON TECNOLOGÍAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO.

Las tecnologías de acceso inalámbricas fijas, a diferencia de las móviles, no cuentan con terminales de usuario capaces de estar en movimiento, sino que permiten llevar la señal hasta un punto específico, es decir que, las señales son recibidas a través de antenas, situadas en lugares fijos y predeterminados, como por ejemplo un edificio. El acceso inalámbrico fijo proporciona una buena conexión de radio, brindando a los usuarios servicios de voz, datos, Internet y video.

Las tecnologías de acceso inalámbrico fijo que se explicarán en este numeral son: los sistemas de microondas terrestres, los sistemas de microondas por satélites, sistemas con plataformas estratosféricas y los sistemas con tecnología LMDS, MMDS y WLL.

El objeto de estudio de estas tecnologías, especialmente de los sistemas WLL, LMDS y MMDS que brindan soporte para aplicaciones de banda ancha, se centra principalmente en el hecho de que, en el presente proyecto de titulación se realizará el diseño de una red de acceso fijo inalámbrico en base a una de estas tecnologías, específicamente con LMDS.

2.5.2.1 SISTEMAS DE MICROONDAS TERRESTRES.

Los sistemas de microondas terrestres aparecen como una alternativa al cable coaxial o a las fibras ópticas para brindar servicios de telecomunicaciones de larga distancia, ya que operan en la banda de frecuencia comprendida entre los 2 y 40 GHz. La utilización de las microondas requiere menor número de repetidores o amplificadores que el cable coaxial, aunque necesita que las antenas estén alineadas.

En este tipo de microondas se transmite un haz muy estrecho, por lo que se suele utilizar antenas parabólicas de transmisión y recepción de hasta 3 metros

de diámetro. La antena transmisora se fija rígidamente y debe estar perfectamente enfocada hacia la antena de recepción. Estas antenas deben estar situadas a una cierta altura sobre el nivel del suelo, esto con el propósito de impedir que algún obstáculo se interponga en el haz y conseguir una mayor separación entre ellas [9].

Los usos más frecuentes de las microondas terrestres para enlaces de larga distancia es la transmisión de voz y televisión, los cuales se llevan a cabo concatenando enlaces punto a punto entre antenas situadas en torres adyacentes hasta cubrir la distancia deseada, mientras que, aplicaciones como circuito cerrado de televisión, interconexión de redes locales y transmisión de datos entre edificios se utilizan para enlaces de distancias cortas.

En la siguiente tabla se muestra la división del espectro de las microondas [21].

Banda.	Frecuencias.
L	1 - 2 GHz
S	2 - 4 GHz
C	4 - 8 GHz
X	8 - 12 GHz
Ku	12 - 18 GHz
K	18 - 27 GHz
Ka	27 - 40 GHz

Tabla 2.3. Espectro de las Microondas.

En este tipo de comunicación se presentan dos problemas fundamentales que son: *a) la atenuación*, que depende de la longitud de onda a utilizarse, así como de las condiciones meteorológicas: por ejemplo a partir de los 10 MHz aumenta mucho la atenuación a causa de la lluvia; y *b) las interferencias*, ya que al proliferar estos sistemas, puede haber más solapamientos de señales.

En la figura 2.12 se presenta un enlace de microondas terrestres.



Figura 2.12. Enlace de microonda terrestre.

Dentro de los sistemas de microondas terrestres se tienen dos tipos:

- Redes de Microonda Analógica.
- Redes de Microonda Digital.

2.5.2.1.1 Redes de Microonda Analógica.

Las redes o sistemas de microonda analógicas se caracterizan por estar constituidas de equipos que permiten procesar información de tipo analógico; además están compuestas de varios enlaces de gran distancia, que, sin ningún problema superan la distancia máxima de los 80 Km recomendada por la UIT-R, para frecuencias inferiores a los 10 GHz.

Sin embargo esta red es susceptible a sufrir interferencias ocasionadas por ruido o por canales de transmisión cercanos, problemas que, incluso en los puntos de repetición intermedios no hay manera de eliminarlos o recuperar la señal original, disminuyendo de esta forma la calidad del enlace, pero sin perder en su totalidad las características de las señales de audio y video, que son transportadas por el enlace de microondas. Otra de las desventajas que poseen estas redes, es la costosa reparación de los equipos, ya que son de grandes dimensiones y ocupan mucho espacio.

2.5.2.1.2 Redes de Microonda Digital.

Las redes o sistemas de microonda digital se caracterizan porque cuentan con una capacidad de transmisión expresada en términos de bits transmitidos por segundo (*bits/seg* ó *bps*), es decir que la información se traduce a un código

formado por unos y ceros. Las velocidades de transmisión, si se trata de sistemas de baja capacidad son de menos de 1 Mbps, mientras que si son de gran capacidad transmiten a una velocidad de 300 Mbps o incluso más altas.

Este tipo de redes proporciona la posibilidad de transmitir voz, datos y televisión digitalizada de una manera eficiente y simultánea, sin importar el número de repetidores y de la longitud y topología del sistema.

Una desventaja de la red digital de microondas es que, al degradarse la señal debido a factores externos en el momento en que esta es transportada por el enlace de microondas hacia el extremo del receptor, el enlace se interrumpe totalmente.

2.5.2.2 SISTEMAS DE MICROONDAS POR SATÉLITE.

Las microondas satelitales son sistemas que permiten la difusión de televisión, la transmisión telefónica a larga distancia y redes privadas en el intervalo de frecuencia comprendido entre 1 y 10 GHz. Cabe mencionar que este rango de frecuencias es considerado como óptimo para las transmisiones vía satélite, ya que por debajo de 1 GHz aparecen problemas debido al ruido solar, galáctico y atmosférico, en tanto que a frecuencias superiores a los 10 GHz la señal es severamente afectada por la absorción atmosférica así como por la atenuación

por lluvia. El elemento utilizado en estos sistemas es un satélite de comunicaciones, el cual se comporta como una estación repetidora, que recoge la señal en una banda de frecuencia (canal ascendente), la amplifica, la corrige y posteriormente la retransmite en una banda de frecuencia diferente (canal descendente) a una o más estaciones base (receptores y/o transmisores terrestres).

Estos satélites, para su correcto funcionamiento deben permanecer fijos con relación a un observador que está en la Tierra; es decir que se deben mantener en una posición geoestacionaria, ya que de lo contrario no permanecerían alineados con las estaciones base. Para que un satélite pueda mantenerse en una posición geoestacionaria, debe tener un periodo de rotación igual al de la Tierra y esto sólo ocurre a una distancia de 35.784 Km.

Los enlaces satelitales pueden tener dos configuraciones típicas, las cuales se muestran en las siguientes figuras [9].

Este enlace sirve para enlazar dos sitios remotos a través de dos antenas terrestres.

2.5.2.3 SISTEMAS DE PLATAFORMAS ESTRATOSFÉRICAS.

Los sistemas de plataformas estratosféricas tienen un funcionamiento similar al satelital, la diferencia radica en que la estación repetidora, que en este caso es una nave o aeroplano, se encuentra volando a la altura de la estratósfera. Las bandas de frecuencia a las que operan estos sistemas son: de 47.9 a 48.2 GHz para el enlace de subida y de 47.2 a 47.5 GHz para el enlace de bajada.

La figura 2.15 indica un sistema de plataforma estratosférica.



Figura 2.15. Sistema de plataforma estratosférica.

2.5.2.4 WLL (WIRELESS LOCAL LOOP).

El *Bucle Local Inalámbrico (WLL)* es un sistema que surge como una alternativa a las redes alambradas, debido a que la demanda de los servicios, con el pasar de los años, ha venido creciendo considerablemente, principalmente, en el soporte del uso de Internet.

WLL utiliza señales de radio en substitución de los pares de cobre para toda la conexión entre el suscriptor y la central de telefonía, brindando servicio telefónico básico fijo o con movilidad limitada. Este sistema en primera instancia fue orientado a proporcionar servicio telefónico en zonas rurales y en la actualidad se ha extendido, a su utilización en zonas urbanas muy pobladas.

Por lo tanto, se puede decir que los sistema WLL son buenos sustitutos para los servicios brindados por la red de cables convencionales, sobre todo en aquellas zonas donde la topografía hace que la implantación de redes cableadas sea extremadamente caro o casi imposible.

Los servicios que pueden ser ofrecidos por un sistema WLL son: servicios de voz con canales individuales de PCM (Pulse Code Modulation) de 64 Kbps, servicios de datos en banda de voz (fax/módem) a una velocidad de 52 Kbps, servicios de datos como la navegación en Internet con una velocidad casi tres

veces superior a la red local y teléfonos inalámbricos fijos parecidos a los celulares denominados sistemas móviles de bajo poder, sólo que estos operan desde el hogar y los costos en infraestructura tienden a ser menores que la de los sistemas celulares, ya que las estaciones base son más simples; sin embargo, la movilidad que presenta tales sistemas tiende a ser limitada ya que las celdas son más pequeñas y están restringidas a un área geográfica específica.

La siguiente figura indica la configuración básica de un sistema WLL, el cual está compuesto por las siguientes partes:

- **La Unidad Concentradora**, que es una interfaz entre el sistema de radio y la red telefónica fija.
- **Las Estaciones de Radio Base**, que proporcionan el área de servicio que se desea cubrir. Estas son conectadas a la unidad concentradora por medio de cables de cobre, fibra o vía microondas. Además el sistema puede tener una o varias áreas de cobertura, las mismas que pueden ser identificadas como celdas. Cada radio base utiliza una célula con un rango de cobertura de 20 a 25 Km cuadrados.
- **Las terminales de usuario**, consideradas como la parte final del sistema, consisten en un transmisor y un receptor, a través de los cuales se puede acceder el servicio. Cada subscriptor individual tiene

instalada una antena fija en su edificio o localidad con una efectiva línea de vista (Sin obstáculos). Esta antena puede o no tener algún grado de movilidad.

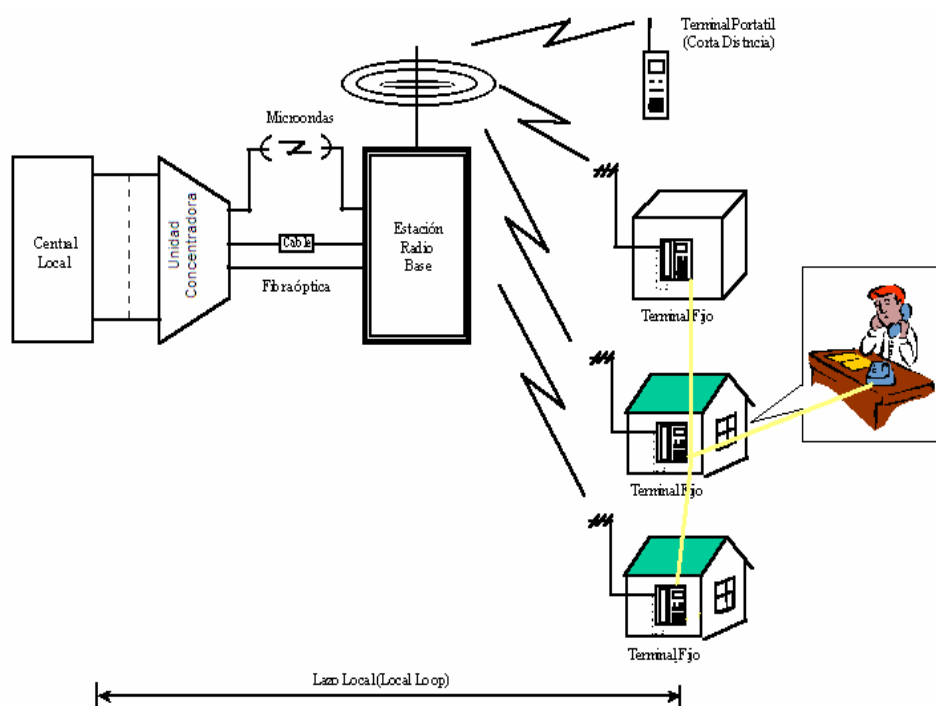


Figura 2.16. Configuración de un sistema WLL.

WLL, a diferencia del tradicional cable telefónico, que ofrece una velocidad de hasta 56 Kbps, permite obtener velocidades comprendidas entre los 128 y los 510 Kbps; ya que su funcionamiento lo realiza en el espectro radioeléctrico de los 3400 a 3600 MHz y de 3400 a 3700 MHz, con una separación de cada canal de 25 MHz proporcionando de esta forma mayor poder y velocidad durante la transmisión de datos y voz [22].

El uso de las bandas de frecuencias utilizadas por este sistema para acceso inalámbrico fijo esta regulado fundamentalmente por: la ETSI (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones) en Europa y para el resto del mundo por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones). La asignación de frecuencia para un sistema WLL, tanto para el enlace de subida como para el de bajada se lo puede observar en la siguiente figura.

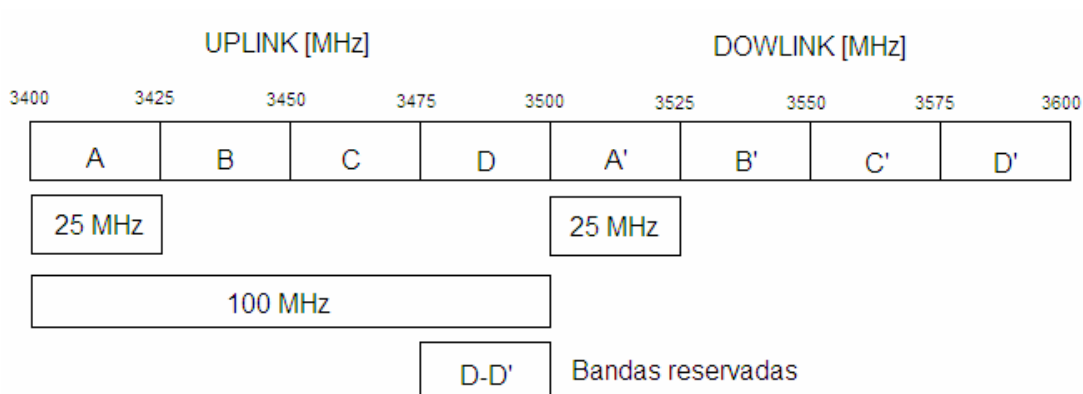


Figura 2.17. Asignación de frecuencias para WLL.

En el Ecuador, el sistema WLL ya se encuentra reglamentado, es así que el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), a través de la Comisión de Subasta, puso en marcha el proceso de Subasta Pública para el otorgamiento de concesión de Servicios de Telecomunicaciones y bloques de frecuencias, utilizando el sistema WLL.

Según el boletín emitido el 3 de Enero del 2002 por la comisión de subastas del CONATEL, el sistema WLL operará en todo el territorio de la República del Ecuador en las bandas de 3,4 – 3,5 GHz y 3,5 – 3,6 GHz, ofreciendo a los diversos abonados servicios de telefonía y transmisión de datos en forma inalámbrica. Sobre este sistema han manifestado su interés empresas nacionales e internacionales como: AT&T, Andinatel, Etapa, Telmex, etc.

La siguiente tabla muestra los rangos de frecuencia utilizadas por el sistema WLL en el Ecuador, tanto para la transmisión como para la recepción de la información [23].

BANDAS (GHz) 3,400 a 3,500		BANDAS (GHz) 3,500 a 3,600	
Bloque	Rx/Tx	Bloque	Tx/Rx
B	3,425 a 3,450	B'	3,525 a 3,550
C	3,450 a 3,475	C'	3,550 a 3,575
D	3,475 a 3,500	D'	3,575 a 3,600

Tabla 2.4. Bandas de frecuencia utilizadas por el sistema WLL en el Ecuador.

Por otro lado, entre las ventajas más notables que ofrece WLL se encuentran:

- La optimización del uso de los canales de radio, proporcionando la mayor capacidad posible al máximo número de abonados, para un ancho de banda dado.
- Presentan un despliegue multicelular que permite el reúso de frecuencia en cada celda.
- Los sistemas WLL ofrecen a los operadores ventajas financieras claves entre las que se incluyen un despliegue rápido de la red, servicios económicos y requerimientos de capital relativamente bajos.
- A pesar de que los componentes electrónicos del receptor y transmisor inalámbrico resulta más costosos que las comunicaciones cableadas, se obtienen muy bajos costos de instalación y mantenimiento durante el tiempo de vida útil de la red, con respecto a la infraestructura requerida por los sistemas de comunicaciones cableadas.
- Elimina las posibilidades de robos de cables.
- Proporciona una cobertura económica para zonas suburbanas o rurales de gran crecimiento, ya que en la actualidad es muy costoso disponer de instalaciones de cables.
- Pueden también utilizarse en zonas urbanas en entornos competitivos o donde se requieren incorporar adiciones a la capacidad existente de la red convencional.
- Los sistemas WLL se pueden desplegar en semanas o meses con respecto a los meses o a los años de necesidad para desplegar el

alambre de cobre sobre la tierra o subterráneo. Un despliegue más rápido puede significar la realización de ganancias más pronto y reducción del tiempo para el reembolso de la inversión del despliegue.

En lo que se refiere a las características de implementación para el óptimo funcionamiento del sistema WLL se tiene las siguientes:

- El rango máximo del sistema y la capacidad de la estación base debe ser grande para reducir el costo por cada usuario y minimizar el costo de la entrada de un operador.
- El costo de la conexión de un cliente debe también ser bajo.
- El sistema debe ser capaz de operar con pequeñas celdas para servicios de áreas urbanas.
- El sistema debe soportar redes digitales de servicios integrados (ISDN) cuando se debe proporcionar servicios de voz y datos.
- La transmisión debe ser segura para dar al cliente al momento de conversaciones confidenciales alta seguridad.

Todas estas son razones suficientes para que los países en desarrollo tengan puesta su mirada en la implementación de estas redes. Sin embargo, como cualquier otra tecnología nueva, WLL presenta ciertas desventajas de entre las cuales se puede mencionar las siguientes:

- Se pueden producir algunos efectos no deseados sobre la propagación de la señal: Atenuación atmosférica debido a la lluvia, altas pérdidas debido a la reflexión, difracción y trayectorias multicaminos.
- Es necesario tener una efectiva línea de vista.
- El modo de operación bidireccional está limitado.
- Se requieren antenas receptoras en cada edificio o localidad.
- La potencia de la señal disminuye proporcionalmente respecto a la distancia.

Finalmente, un aspecto muy importante que se debe considerar es que todavía no se tiene estándares definitivos en WLL, por lo que, la tecnología que se optará, para brindar las necesidades básicas de los abonados dependerá del tamaño y de la densidad demográfica del área que se desea cubrir.

2.5.2.5 MMDS (MUTICHANNEL MULTIPOINT DISTRIBUTION SYSTEM).

El *Sistema de Distribución Muticanal Multipunto (MMDS)* conocido también como cable inalámbrico, es una tecnología que aparece en la década de los 80 como una evolución de los sistemas MDS (Microwave Distribution System, sistemas de distribución por microondas), para la distribución de servicios de video/televisión en zonas en las que no es factible realizar un cableado convencional. MMDS opera sobre frecuencias de microondas en la banda de

2150 a 2162 MHz y 2500 a 2686 MHz, pero en otros países la misma tecnología opera entre los 2 a 3 GHz.

Este sistema se basa en una tecnología de distribución punto a multipunto, empleando antenas con patrones de radiación omnidireccionales o sectorizadas, tal como se muestra en la figura 2.18, con un rango de cobertura de aproximadamente 40 a 50 Km dependiendo del terreno y de la ubicación de las antenas, las mismas que deben tener línea de vista.

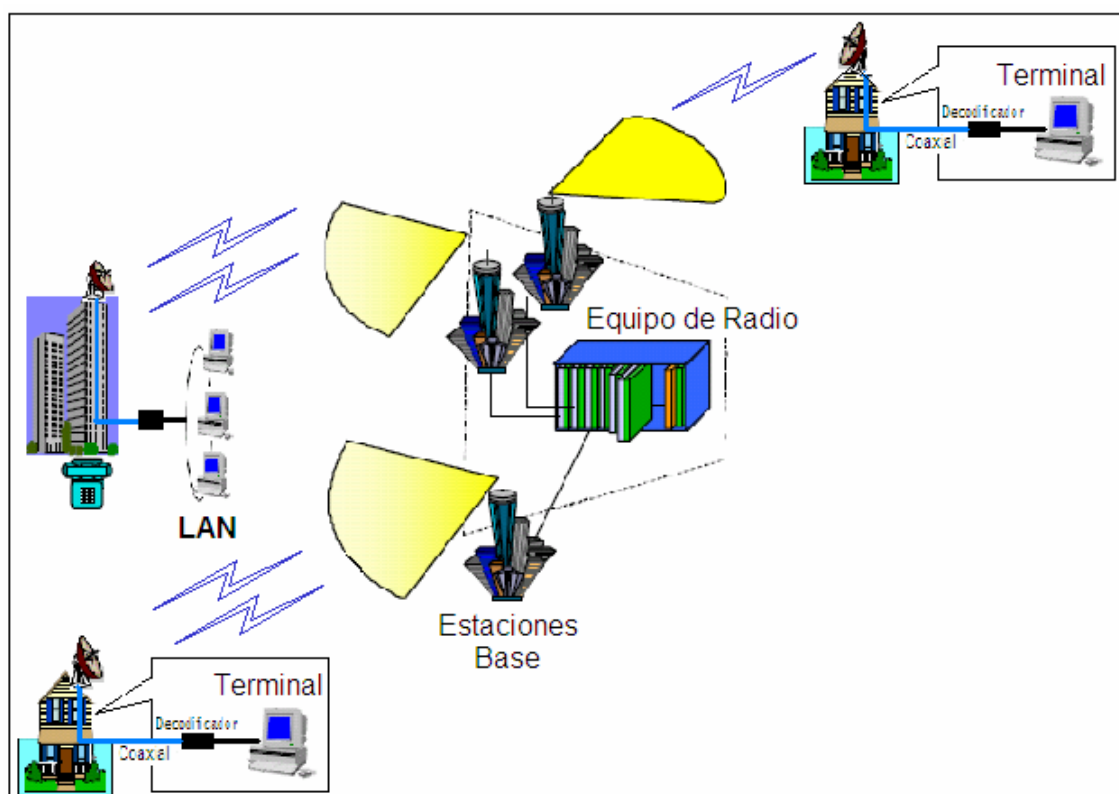


Figura 2.18. Sistema MMDS.

Como se puede observar en la figura, las estaciones base hacen uso de antenas de transmisión sectorizadas, las mismas que son utilizadas cuando transmiten en una dirección particular o cuando las frecuencias necesitan ser rehusadas para incrementar su capacidad.

LOS datos son transmitidos mediante microondas utilizando un esquema TDM (Multiplexación por División de Tiempo). Cada suscriptor dispone de un módem inalámbrico, el cual monitorea la señal recibida en espera de la información dirigida a un usuario particular, convirtiendo los datos desde la PC o la red local conectada a este, a una señal para ser transmitida sobre Radio Frecuencia (RF). Adicionalmente recibe y envía frecuencias intermedias (IF) al próximo dispositivo. Finalmente, las señales viajan a través de un cable coaxial hacia una caja o radio base que decodifica y descomprime las señales en una normal de televisión.

Por muchos años, la tecnología MMDS, al momento de transmitir la información, lo realizaba en forma analógica, limitando de esta manera el servicio a, no más de 33 canales de televisión, con una separación de cada canal de 6 MHz. Hoy en día, gracias a las técnicas de compresión digital, se están solucionado estas limitaciones con transmisores digitales, que dividen a cada canal MMDS en diferentes canales virtuales, lográndose incrementar el número de canales a 300 con una alta calidad de definición en un radio de cobertura de aproximadamente 64,5 Km desde una antena simple.

Además de los servicios de distribución de video, MMDS es utilizado para proveer acceso de alta velocidad al Internet, con velocidades de transmisión de datos descendente (estación a la terminal) de 10 Mbps, consiguiéndose atender de 500 a 4000 abonados por cada canal con un ancho de banda de 6 MHz. Otras de las aplicaciones que se encuentran disponibles con MMDS son: telefonía, videoconferencias e interconexión a LAN's.

Entre los formatos de modulación que pueden emplearse en MMDS tenemos: BPSK (*Binary Phase Shift Keying*, modulación binaria por corrimiento de fase), QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*, modulación en cuadratura por corrimiento de fase) y QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*, modulación de amplitud por cuadratura). En el caso de que se utilice la técnica 64-QAM, cada canal de 6 MHz tendrá una tasa de bits de 27 a 30 Mbps [24].

Las ventajas que ofrecen los sistemas MMDS son las ya comunes para todos los sistemas inalámbricos como baja inversión inicial en equipos y costos de implantación proporcionales al número de abonados. Además se puede decir que las señales de MMDS tienen longitudes de onda más grandes (superiores a los 10 cm) y pueden viajar sin perder potencia significativa; por lo que MMDS puede operar en celdas considerablemente grandes, bajando notablemente el costo de los equipos de las estaciones base.

Por otra parte, los principales inconvenientes que presenta este sistema son a causa de las pérdidas por obstrucción, debido a que las transmisiones microondas de MMDS se ven afectadas por edificios elevados; por interferencias co-canal¹, atenuación por lluvia u otras variaciones atmosféricas.

2.5.2.6 LMDS (LOCAL MULTIPPOINT DISTRIBUTION SYSTEM).

El *Sistema Local de Distribución Multipunto (LMDS)* aparece como una tecnología de gran valor estratégico en el marco de las comunicaciones de banda ancha, aunque en sus inicios tuvo una orientación similar al MMDS, ya que se la utilizaba únicamente para aplicaciones de distribución de televisión.

En la actualidad LMDS utiliza una tecnología de microondas de doble vía, en las bandas de frecuencia de 24 a 42 GHz, permitiendo la transmisión de señales de voz, datos y video de alta capacidad entre las estaciones y los usuarios finales. LMDS es un sistema de comunicación punto a multipunto con arquitectura celular, en donde cada celda puede cubrir un área de aproximadamente 5 Km de radio como promedio, pudiendo variar dentro de un intervalo en torno a los 2 y 10 Km. La siguiente figura muestra la configuración básica de un sistema LMDS.

¹ INTERFERENCIA CO-CANAL.- Se produce por dos o más transmisiones simultáneas en el mismo canal.

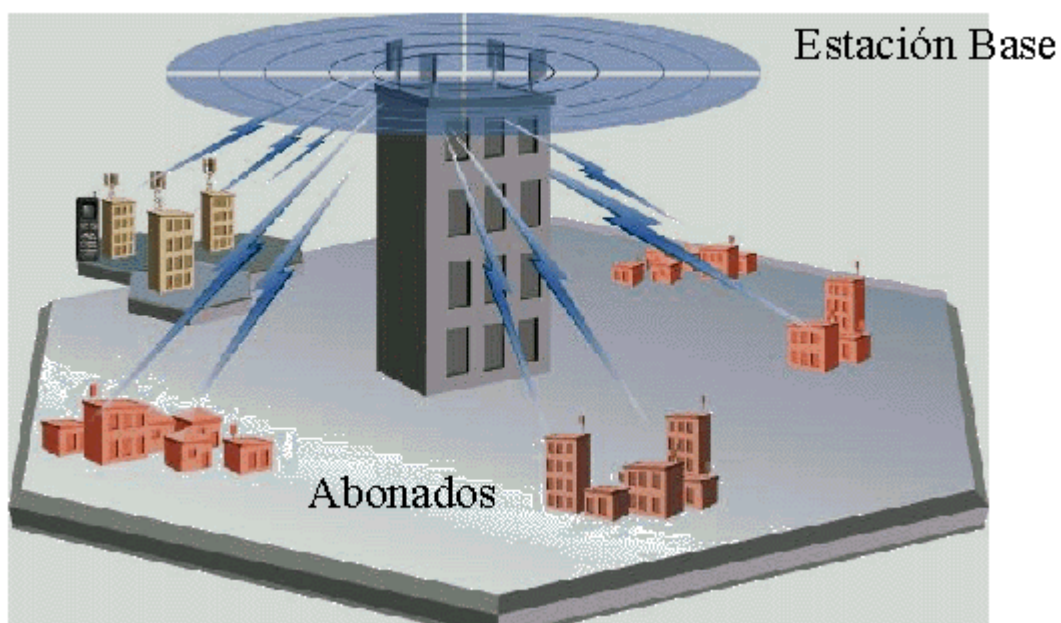


Figura 2.19. Sistema LMDS [25].

Las velocidades de transmisión de datos que son proporcionadas por LMDS son de hasta 8 Mbps para el enlace ascendente y de 51,84 Mbps a 155,52 Mbps en el enlace descendente. Cabe mencionar que LMDS por ser una tecnología que brinda acceso inalámbrico de banda ancha en forma bidireccional, el flujo de datos para el enlace de bajada es punto a multipunto, en tanto que para el enlace de subida el flujo de datos es punto a punto. En el capítulo 3 se abordará con más detalle el estudio de esta tecnología.

A continuación se muestra el cuadro de las bandas de frecuencia utilizadas para comunicaciones Fijas Inalámbricas asignadas por la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones) [26].

Frecuencias	Aplicación
2.1500 a 2.1620	Licenciada para MDS y MMDS: Dos bandas de 6Mhz cada una.
2.4000 a 2.4835	Sin Licencia ISM *
2.5960 a 2.6440	Licenciada para MMDS: Ocho bandas de 6Mhz cada una.
2.6500 a 2.6560	Licenciada para MMDS
2.6620 a 2.6680	Licenciada para MMDS
2.6740 a 2.6800	Licenciada para MMDS
5.7250 a 5.8750	Sin Licencia ISM-UNII *
24.000 a 25.250	Sin Licencia ISM
24.250 a 25.250	Licenciada
27.500 a 28.350	Licenciada para LMDS (Bloque A)
29.100 a 29.250	Licenciada para LMDS (Bloque A)
31.000 a 31.075	Licenciada para LMDS (Bloque B)
31.075 a 31.225	Licenciada para LMDS (Bloque A)
31.225 a 31.300	Licenciada para LMDS (Bloque B)
38.600 a 40.000	Licenciada

* **ISM:** Industrias, Científico y Médico, **UNII:** Infraestructura de Información Nacional no Licenciada.

Tabla 2.5. Bandas de frecuencia asignadas por la FCC.

2.1 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO FIJO Y MÓVIL.

El mundo de las telecomunicaciones ha sufrido enormes cambios tecnológicos a lo largo del tiempo. Así, en este lapso han surgido nuevas tecnologías, como las de acceso inalámbrico, las cuales no necesitan medios cableados para transmitir las señales, sino que utilizan las ondas de radio para la transmisión de los datos a través del aire.

Estas nuevas tecnologías, que a su vez serán de tipo fijo o móvil, han venido a mitigar la gran demanda de los usuarios por satisfacer sus necesidades de establecer comunicaciones más eficientes, de gran capacidad y con altas velocidades en el momento de la transmisión de datos.

Dados estos antecedentes se observa a simple vista que estos sistemas inalámbricos serán los preferidos tanto por los usuarios residenciales como de negocios, puesto que ambos sistemas apuntan a brindar servicios con tecnologías punto a multipunto. Además dichos abonados estarán en la capacidad de elegir la mejor tecnología que se adapte a sus necesidades. Si lo que el usuario requiere es movilidad para transmitir voz y datos, elegirá un sistema inalámbrico móvil; en cambio, si lo que necesita, es alta capacidad y variedad de servicios, sin importar la movilidad optará por un sistema de acceso inalámbrico fijo.

Las características que presentan los dos sistemas son muy similares entre sí, diferenciándose sólo en algunos aspectos. De lo mencionado anteriormente tenemos:

- Ambos sistemas representan un menor costo de implementación en relación con los sistemas alámbricos.
- Presentan un modo fácil de operación y mantenimiento.
- El tiempo de instalación es sumamente breve, ya que no se necesita tender cableado.
- En los sistemas fijos y móviles, conforme se va aumentando el número de usuarios, los costos por conexión de cada uno de ellos irá disminuyendo.
- En cuanto a la movilidad de los terminales de usuario, los sistemas de acceso fijos, no son capaces de estar en movimiento, sino que, su funcionamiento lo realiza desde localidades fijas, como edificios u hogares. En cambio las tecnologías móviles permiten a los usuarios, establecer una conectividad desde cualquier ubicación, con total movilidad.
- En ambas tecnologías se utiliza una arquitectura celular para cubrir el área de servicio.
- Los sistemas fijos tienen limitaciones en los radios de cobertura de las celdas y la necesidad de propagación con línea vista.

- Los sistemas móviles pueden ser utilizados en localidades fijas, pero su eficiencia y ancho de banda se ven comprometidos en comparación con los sistemas fijos.
- En los sistemas fijos los abonados pueden ser movidos o añadidos, a una cierta distancia, sin tener que modificar la infraestructura.

Por lo tanto se puede decir que, las redes de acceso fijo como móvil, son sistemas avanzados, que presentan características de suma importancia en una red de telecomunicaciones. En el futuro, se espera que se puedan brindar servicios múltiples, que irán desde una simple conversación telefónica hasta transferencia de archivos o videoconferencias, con infraestructuras que fusionen ambas tecnologías y así obtener el máximo rendimiento de la red, permitiendo a todas las personas comunicarse entre sí, donde, cuando y como lo deseen sustituyendo a las actuales redes vía cable.

2.2 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO FIJO WLL Y MMDS CON RESPECTO A LMDS.

La introducción de una amplia gama de nuevos servicios en el entorno residencial o empresarial, requiere de una gran cantidad de ancho de banda

que debe ser soportada por las redes de acceso. Si bien, cualquiera de estas tres tecnologías está facultada para satisfacer estas demandas, la tecnología LMDS surge como la mejor opción para el estudio del presente diseño propuesto en este proyecto; ya que al ser un sistema de transmisión de banda ancha, se posibilita la integración de los servicios sobre el mismo medio de transmisión.

Entre las diferencias más notables de estos sistemas tenemos:

- Las comunicaciones en LMDS son de tipo bidireccional, lo que en MMDS hasta hace poco tiempo no sucedía. En la actualidad, gracias a las nuevas tecnologías incorporadas al sistema MMDS, se tiene la posibilidad de brindar servicios de dos vías con este sistema. También es utilizado entre ciudades para el acceso en dos vías.
- LMDS opera en un margen de frecuencias muy elevadas, limitando enormemente su cobertura como consecuencia de la atenuación introducida en el trayecto de propagación; cosa que no ocurre en los sistemas MMDS, ya que al trabajar con frecuencias bajas se logra un mayor alcance e inmunidad al ruido.
- MMDS dispone de un menor ancho de banda, solo 200 MHz frente a 1 o 2 GHz de LMDS.

- Debido a los bajos anchos de banda, MMDS es preferiblemente utilizado por suscriptores residenciales y pequeños negocios, mientras que LMDS apela a las grandes compañías que demandan grandes anchos de banda.
- Como los sistemas MMDS operan a frecuencias bajas, los equipos son menos costosos, salvando el costo del rendimiento tanto en el suscriptor como en la estación base.
- De igual forma que en los sistemas MMDS, WLL presenta bandas de frecuencias inferiores a las establecidas en LMDS.
- En WLL el área de cobertura es más extensa con relación al sistema LMDS.

REFERENCIAS.

- [1] HUIDOBRO JOSÉ, “Acceso y Redes de Banda Ancha”, <http://www.cibertele.com/nuevo/publicaciones/huidobro02.pdf>, 1998.

[2] HUIDOBRO JOSÉ y ROLDÁN DAVID, “Redes y Servicios de Banda Ancha”, MC Graw – Hill. España 2004.

[3] [http:// www.eveliux.com/fundatel/mcables.html](http://www.eveliux.com/fundatel/mcables.html).

[4] RDSI. [http:// www.rincondelvago.com/apuntes/rdsi_2.html](http://www.rincondelvago.com/apuntes/rdsi_2.html).

[5] xDSL. [http:// www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm.shtml](http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm.shtml).

[6] xDSL. [http:// www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml](http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml).

[7] TOMASI WAYNE, “Sistemas de Comunicaciones Electrónicas”, Prentice Hall. Segunda Edición. México 1996.

[8] HFC. [http:// www.albertomurillo.com/PDFs/RedesHFC.pdf](http://www.albertomurillo.com/PDFs/RedesHFC.pdf).

[9] STALLINGS WILLIAM, “Comunicaciones y Redes de Computadoras”, Prentice Hall. Quinta Edición. España 1997.

[10] Understanding Telecommunications I. Ericsson Telecom. Studentlitteratur Telia. Suecia 1997.

[11] AMPS. [http:// whatis.techtarget.com/ WhatIs_Definition_Page/0,4152,213772,00.html](http://whatis.techtarget.com/WhatIs_Definition_Page/0,4152,213772,00.html).

[12] D-AMPS. [http:// whatis.techtarget.com/ WhatIs_Definition_Page/0,4152,213876,00.html](http://whatis.techtarget.com/WhatIs_Definition_Page/0,4152,213876,00.html).

[13] GSM. [http:// aprix1.ancel.com.uy/ancel/ancel_site.nsf/Content/GSM-QueEsGSM](http://aprix1.ancel.com.uy/ancel/ancel_site.nsf/Content/GSM-QueEsGSM).

[14] PSC. [http:// whatis.techtarget.com/ Whatis_Definition_Page/0,4152,212776,00.html](http://whatis.techtarget.com/Whatis_Definition_Page/0,4152,212776,00.html).

[15] GPRS. [http:// www.ericsson.com/3g/how/gprs.shtml](http://www.ericsson.com/3g/how/gprs.shtml).

[16] GPRS. [http:// www.telcel.com/gsm/conexion/conexion_gprs.htm](http://www.telcel.com/gsm/conexion/conexion_gprs.htm).

[17] EDGE. [http:// www.noticiasdot.com / publicaciones / 2002 / 1102 / 191102 / noticias191102 / noticias191102 - 11.htm](http://www.noticiasdot.com/publicaciones/2002/1102/191102/noticias191102/noticias191102-11.htm).

[18] WCDMA. [http:// www.ericsson.se / wireless / products / mobsys / 3fdgen / subpages / 3gcell / 3gcell.shtml](http://www.ericsson.se/wireless/products/mobsys/3fdgen/subpages/3gcell/3gcell.shtml).

[19] UMTS. [http:// whatis.techtarget.com/ Whatis_Definition_Page/0,4152,214104,00.html](http://whatis.techtarget.com/Whatis_Definition_Page/0,4152,214104,00.html).

[20] WI-FI. [http:// www.correodelcaroni.com/seccion.asp?pid = 43&sid =2130¬ad=63569](http://www.correodelcaroni.com/seccion.asp?pid=43&sid=2130¬ad=63569).

[21] [http:// www.it.uc3m.es/ ~jmoreno/ telematica/ servidor/ apuntes/ tema3/ tema03.htm](http://www.it.uc3m.es/~jmoreno/telematica/servidor/apuntes/tema3/tema03.htm).

[22] WLL. [http:// neutron.ing.ucv.ve/revista – e/Nº 5/LAguin.htm](http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/Nº5/LAguin.htm).

[23] WLL. Boletín Informativo de las Telecomunicaciones – Conatel – 2002.

[24] MMDS. Internet Access Technologies. CITTEL. [http:// mtc.gob.pe/XIII_CC1/doc/P1-1102_i.doc](http://mtc.gob.pe/XIII_CC1/doc/P1-1102_i.doc).

[25] LMDS.[http:// www.monografias.com/comunicacionesinalámbricas/lmds.htm](http://www.monografias.com/comunicacionesinalámbricas/lmds.htm)

[26] COMMUNICATIONS. Magazine. IEEE. Octubre 1996. Vol 34. Número 10.



3.1 INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se describe la tecnología LMDS de una manera detallada, a fin de comprender sus fundamentos teóricos y técnicos, características principales y demás aspectos que permitirán desarrollar a plenitud el diseño de la red propuesto en este proyecto.

De la misma manera, se analizará los servicios que se puede brindar a través de esta red de acceso, con el propósito de afirmar, por qué esta tecnología es la mejor alternativa para proveer de servicios actuales y futuros a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

Finalmente, el resto de temas a tratarse en este capítulo, como: la arquitectura, ventajas, capacidad, marco legal nacional e internacional, etc., proporcionarán un rápido entendimiento acerca de lo que es un sistema de acceso inalámbrico LMDS, dando las pautas para una mejor comprensión del funcionamiento de la red a diseñarse en el capítulo 5.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL.

La tecnología de acceso inalámbrico fijo de banda ancha LMDS (***Local Multipoint Distribution System***) tuvo su origen en el año de 1986, gracias a Bernard Bosssard, quien, concibió un proyecto de distribución de señales de video analógico utilizando un esquema de emisión de radio en frecuencia modulada con el propósito de resolver el último tramo de la comunicación con un usuario a través de redes sin cables, las mismas que por años han sido monopolizadas por las operadoras telefónicas con los tradicionales pares de cobre.

Así, LMDS, aparece como una prometedora tecnología de acceso fijo inalámbrico, que permite establecer comunicaciones punto a multipunto utilizando ondas radioeléctricas a altas frecuencias bajo una concepción de tipo celular; es decir que, convierte las señales que viajan por cable, en ondas de radio que se transmiten por el aire en banda ancha, mediante una red de estaciones base distribuidas a lo largo de la zona que se pretende cubrir, de forma que, entorno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de usuarios, entregando servicios de voz, datos y video de forma fija y no móvil; generando así de una manera natural una estructura basada en células, denominadas áreas de servicio.

Cada área de servicio ó el territorio total que se desea cubrir por este sistema, ha sido concebido de una manera similar al de la telefonía celular; es decir, con una arquitectura de celdas, en donde, la longitud del radio de cobertura de cada una de estas viene limitado por: la frecuencia de operación, la estructura punto – multipunto, el nivel de modulación empleado, la potencia de los transmisores utilizados, de las interferencias en la línea de vista y por las condiciones atmosféricas locales, como por ejemplo la atenuación producida por la lluvia, ya que provoca la pérdida de la potencia de las señales.

Bajo estas condiciones, los rangos de cobertura sobre los cuales trabaja un sistema LMDS, pueden variar desde los 0,5 kilómetros hasta los 10 kilómetros de radio, posicionando una estación base en el centro de cada celda.

No obstante, el intervalo comprendido entre 2,4 y 5 kilómetros, es considerado como la distancia óptima para la emisión de las señales; las mismas que pueden ser radiadas en ambos sentidos (downstream y upstream), puesto que, la comunicación se realiza en forma de radiodifusión de alta frecuencia, generalmente en la banda Ka (27 - 40 GHz).

De este modo, se logra una distribución punto a multipunto de las señales que viajan desde la estación base hacia los diferentes puntos de recepción (hogares y oficinas) diseminados por toda la célula y en la cual se suele utilizar TDMA como técnica de acceso.

En cambio para establecer la comunicación inversa, es decir, desde los terminales del abonado hacia la estación base, se la realiza de una forma punto a punto y en la cual se usan combinaciones de acceso múltiple TDMA y FDMA.

Por lo tanto la comunicación bidireccional, es posible gracias a la tecnología digital, que ha sido en realidad, la que ha conferido toda la importante potencia tecnológica y estratégica que presentan los sistemas LMDS actuales, a los que

se ha dado en llamar LMDS de segunda generación para distinguirlos de los primeros que utilizaban tecnología analógica y un esquema de modulación FM.

Por otro lado, pese a que LMDS posee una estructura de tipo celular, este sistema no puede realizar el denominado *handoff*¹ o transferencia de llamadas de una célula a otra, como sucede con los usuarios de un sistema móvil; ya que el sistema LMDS se inscribe en el contexto de las comunicaciones fijas.

Dado su carácter innovador, el sistema LMDS permite brindar a los usuarios una gran variedad de servicios de forma simultánea como por ejemplo: video digital, televisión multicanal, voz, datos, música, acceso a Internet en banda ancha, etc.; servicios que hasta la década pasada se consideraban inalcanzables con las redes basadas en un medio de transmisión alámbrico.

El acrónimo LMDS es derivado de:

- ❖ **L (Local):** denota que las características de propagación de las señales en el rango de frecuencias utilizadas por esta tecnología delimitan el área potencial de cobertura de una sola celda, es decir que la transmisión tiene lugar en términos de distancias cortas.

¹ HANDOFF.- Proceso dinámico de pasar la comunicación de una estación móvil que ocupa un canal de radiofrecuencia a otro.

- ❖ **M (Multipunto):** indica que las señales son transmitidas desde las estaciones base hacia los potenciales usuarios con un método de distribución punto a multipunto. Al mismo tiempo, dado que la comunicación es bidireccional, los usuarios también pueden establecer enlaces punto a punto con dicha estación base.
- ❖ **D (Distribución):** se refiere a la distribución de las señales, tanto digitales como analógicas, las cuales pueden ser tráfico simultáneo de voz, datos, Internet y video.
- ❖ **S (Sistema/Servicio):** ya que proporciona múltiples servicios de voz, datos y video combinados con diferentes calidades de servicio para suministrar una amplia variedad de comunicaciones de banda ancha.

La siguiente figura muestra un esquema general del sistema LMDS.



Figura 3.1. Sistema LMDS [1].

Los sistemas LMDS, como consecuencia de trabajar a frecuencias elevadas, usualmente por encima de los 20 GHz, requieren de línea de vista directa (*LOS, Line - Of - Sight*) entre las antenas de transmisión y de recepción, debido a que estos sistemas experimentan reflexiones cuando encuentran obstáculos en el trayecto de propagación.

Así, para la transmisión de las señales, se suele utilizar antenas de dimensiones muy reducidas, altamente directivas y unidas a tranceptores (transmisor y receptor en un solo bloque) de baja potencia, ubicadas en lugares elevados como en los edificios o en las azoteas de los hogares.

Sin embargo, en algunos casos, la propagación de las señales se ve afectada por obstrucciones en su camino, como edificios, árboles, etc., por lo que, para resolver este problema se suele utilizar amplificadores que retransmiten la señal a zonas sin una línea de vista directa, ó a través de rayos reflejados en alguna superficie, como por ejemplo: paredes de edificios, reflectores y/o repetidores pasivos.

La figura 3.2 muestra el lugar típico para la ubicación de las antenas en un sistema LMDS, conservando la línea de vista con todos y cada uno de los abonados. Las antenas utilizadas en LMDS se analizarán con más detalle en la sección 3.6.



Figura 3.2. Ubicación típica de las antenas en un sistema LMDS.

En conclusión, se puede definir al sistema de acceso fijo inalámbrico de banda ancha LMDS, como un sistema diseñado para satisfacer las necesidades del segmento del bucle de abonado, particularmente para áreas urbanas o suburbanas, utilizando altas frecuencias y una estructura de tipo celular; convirtiéndolo en uno de los sistemas más buscados y vendidos en el mundo.

3.3 IMPORTANCIA.

La importancia de este sistema se debe fundamentalmente a las siguientes razones:

- Los sistemas LMDS se pueden desplegar e instalar muy rápidamente en comparación con las tecnologías basadas en cable e incluso con relación a sus homólogas inalámbricas como MMDS o WLL.
- Los sistemas LMDS pueden ser ampliados muy fácilmente con un nivel de riesgo realmente bajo, gracias a la naturaleza intrínsecamente modular de su arquitectura.
- LMDS permite el acceso a Internet de alta velocidad, tanto para el sector residencial como para el empresarial, gracias a las técnicas digitales que se han incorporado recientemente.
- Este sistema, a diferencia de los sistemas tradicionales de microondas que también trabajan a frecuencias altas, permite transmisiones punto a multipunto, en lugar de transmisiones solo punto a punto.
- LMDS presenta un importante potencial como tecnología de acceso; ya que es compatible con las redes de fibra óptica, para nuevos operadores que no dispongan de grandes recursos financieros.

Por lo tanto, dadas sus enormes posibilidades en banda ancha, el potencial de LMDS en el escenario de las telecomunicaciones sin cables se compara en algunos sectores con la ruptura que supuso en su momento la fibra óptica en el mundo del cableado; de hecho, se le confiere el carácter de fibra óptica virtual.

3.4 CARACTERÍSTICAS.

Entre las características más relevantes que presenta el sistema LMDS tenemos las siguientes:

- Presenta un nivel de fiabilidad en la transmisión de las señales de un 99,99 por ciento, en áreas geográficas con niveles de lluvia medios e incluso elevados.
- Posee una comunicación bidireccional.
- LMDS es una plataforma robusta que permite el ofrecimiento de múltiples servicios, tales como: acceso a Internet, interconexión de redes, voz sobre Internet, voz, video conferencias, entre otros.
- Soporte de múltiples clases de calidad de servicio (QoS).
- La arquitectura se basa en una estructura de tipo celular con un método de distribución punto a multipunto.
- Opera con bandas de frecuencias elevadas, lo que proporciona un bajo nivel de saturación del espectro.
- Las frecuencias son reutilizables entre las celdas.
- Permite tener un acceso permanente a todos los servicios que proporciona.
- Los servicios son entregados de una manera simultánea, ya que permite la integración de estos a altas velocidades.

- Los niveles de radiación, generados por este sistema son inferiores a los producidos por un sistema móvil.
- Transporte eficiente de paquetes con un retardo mínimo en la velocidad efectiva.
- Utilización de antenas sectoriales u omnidireccionales, según el lugar en donde se las vaya a situar (estación base o terminal del usuario).
- Simetría del enlace, es decir, igual velocidad en el envío y recepción de los datos.
- Asignación dinámica del ancho de banda sobre el enlace de radio, entre la estación base y el usuario.
- Posee equipos diseñados para trabajar en altas frecuencias, lo cual asegura que el servicio no se vea afectado por los cambios ocurridos en el medio ambiente.

3.5 FRECUENCIAS DE OPERACIÓN.

El sistema de acceso fijo LMDS, para brindar servicios de banda ancha, opera en el mundo a altas frecuencias, generalmente ubicado en la zona definida como de ondas milimétricas², específicamente desde la banda de 24 GHz hasta aproximadamente los 42 GHz con un ancho de banda típico de 1, 2 o 3

GHz; dependiendo de la regulación de los organismos encargados de administrar las frecuencias en cada país.

Así pues, el espectro asignado a partir de los 24 GHz es ideal para sistemas de comunicaciones multipunto de alta capacidad, dando cobertura de transmisión uni y/o bidireccional, sobre áreas urbanas y suburbanas, suministrando amplio acceso a clientes residenciales y empresariales.

Sin embargo al utilizar este espectro, los rangos de cobertura de las celdas de un sistema LMDS se ven afectados, reduciéndose su radio de operación, así por ejemplo: para la banda de los 28 GHz se tiene un área de servicio de 3 a 9 kilómetros; en tanto que para la banda de los 40 GHz se reduce el radio de cobertura de 1 a 3 kilómetros. Estos valores dependen de las características de los equipos que se vayan a utilizar, así como también de la disponibilidad del enlace que se requiera.

Las bandas de frecuencia comúnmente utilizadas son: 24 GHz, 26 GHz, 28 GHz, 31 GHz y 40 GHz.

A continuación se presenta las bandas de frecuencia utilizadas por el sistema LMDS en algunos países del mundo; sobretodo del que tiene que ver con el

² ONDAS MILIMÉTRICAS.- Ondas cuya longitud de onda está entre 1cm y 1mm y van desde los 24 a 300 GHz (EHF).

espectro disponible en los Estados Unidos; ya que este viene a ser semejante al utilizado en nuestro medio.

En los Estados Unidos, país en donde se dio una gran apertura a este tipo de sistemas, la banda de frecuencias regulada por la FCC (*Federal Communications Commission, comisión federal de comunicaciones*), se ubica entre los 28 GHz y 31 GHz, con un ancho de banda total de 1,3 GHz, en donde cada área de asignación se divide en dos bandas, las cuales se detallan en la siguiente gráfica.

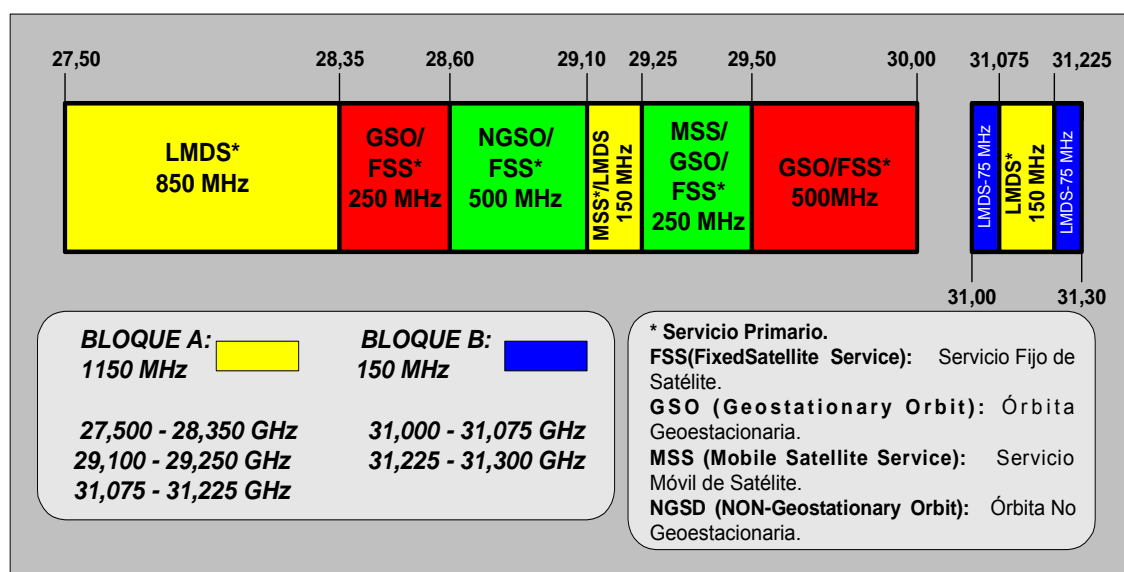


Figura 3.3. Asignación de la banda LMDS en los Estados Unidos [2].

Dos bloques son asignados por zona geográfica, uno de 1150 MHz de espectro no continuo en 28 GHz – 31GHz, llamado bloque A, y uno de 150 MHz en la banda de 31 GHz, llamado bloque B.

El bloque A se encuentra entre las frecuencias 27,5 GHz – 28,350 GHz; 29,1 GHz – 29,250 GHz y 31,075 GHz – 31,225 GHz. Mientras que, el bloque B se ubica en el espectro entre 31 GHz – 31,075 GHz y 31,225 GHz – 31,3 GHz [3].

En el bloque A, el ancho de banda utilizado es de 1 GHz, que se lo emplea para brindar servicios simétricos y asimétricos hacia abonados de hogares y residencias; distribuyendo, 850 MHz (de 27,5 a 28,350 GHz) para proveer servicios asimétricos en el enlace descendente, y los 150 MHz restantes (de 31,075 a 31,225 GHz) servirán para el enlace ascendente.

El espectro definido entre los 29,10 a 29,25 GHz, del mismo bloque A, con un ancho de banda de 150 MHz, se lo utiliza para ubicar servicios simétricos, orientados a negocios o difusión de video únicamente.

El tercer segmento de 150 MHz, se ha designado como zona de licencias de bajo costo, para clientes comerciales pequeños.

En la figura 3.4, se resume el espectro utilizado por LMDS en los Estados Unidos, definiendo los segmentos antes mencionados.

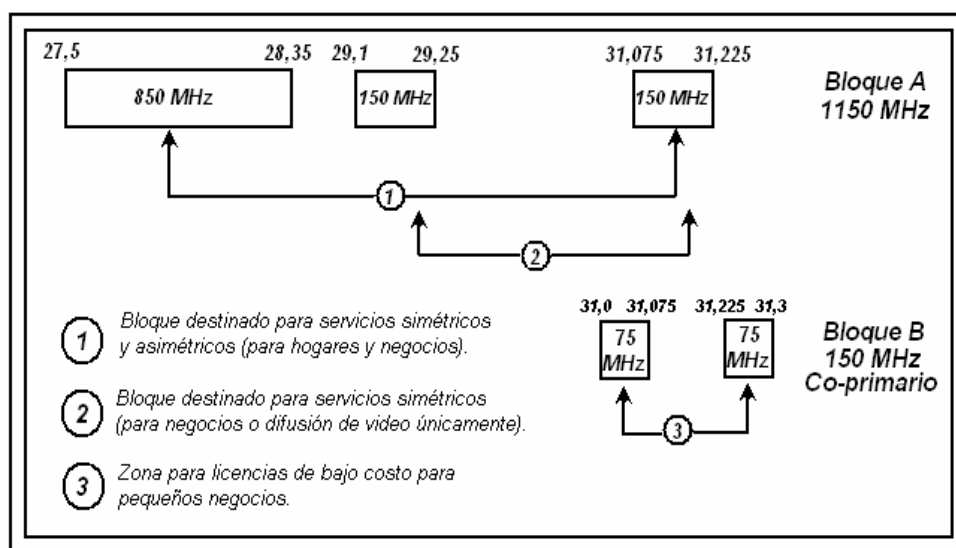


Figura 3.4. Utilización del espectro de LMDS en los Estados Unidos [3].

En otras partes del mundo, como por ejemplo en Europa, al sistema LMDS se lo conoce como MVDS (*Multipoint Video Distribution System, sistema de distribución de video multipunto*), por operar a frecuencias que van desde los 40,5 a 42,5 GHz, con una posible extensión a 43,5 GHz.

En Canadá, LMDS es conocido como LMCS (*Local Multipoint Communications Service, servicio de comunicación local multipunto*), en donde, se ha optado por conceder 3 GHz de ancho de banda, en el intervalo de 25,35 a 28,35 GHz, dejando el resto de la banda a aplicaciones de satélite y otros usos.

En el Ecuador, inicialmente la banda de frecuencia se canalizó en la banda Ka de 28 GHz, específicamente en el intervalo de 27,5 GHz a 29,5 GHz; pero gracias a que se emitió el denominado Plan Nacional de Frecuencias, se trabaja con el mismo margen de frecuencias de los Estados Unidos; es decir, con las bandas reguladas por la FCC que se detallaron anteriormente.

La tabla 3.1 muestra las bandas de frecuencias utilizadas para el sistema LMDS en algunas partes del mundo.

LUGAR	BANDAS
Venezuela	24, 25, 26, 28 y 29 GHz.
Estados Unidos	24, 28 y 31 GHz.
Canadá	26 y 28 GHz.
Europa	28 y 42 GHz.
Ecuador	28 y 31 GHz.
Alemania	24 GHz

Tabla 3.1. Bandas de frecuencia de LMDS en el mundo [4].

3.6 ANTENAS UTILIZADAS EN LMDS [5].

Las antenas utilizadas en los sistemas LMDS difieren bastante, dependiendo de la ubicación de las mismas (estación base o terminales de usuario) y del tipo

de cobertura que se vaya a prestar a los diferentes usuarios que se encuentren dentro del radio de operación del sistema.

En lo referente al tipo de antenas, a utilizarse tanto en la estación base como en las estaciones terminales, estas dependerán de varios factores tales como: el terreno, los objetos que produzcan interferencias en la línea de vista, ganancia de la antena, patrón de azimut y patrón de elevación.

Así, en el caso de las terminales de usuario, se emplean antenas directivas para conseguir la máxima ganancia. Por ejemplo, una antena de usuario típica, es una bocina cónica con un diámetro de apertura de unos 15 ó 20 cm y en la cual se suele utilizar una lente colocada en la apertura, a fin de reducir la longitud de la misma sin introducir un excesivo error de fase. La figura 3.5 muestra una antena de usuario de bocina cónica.

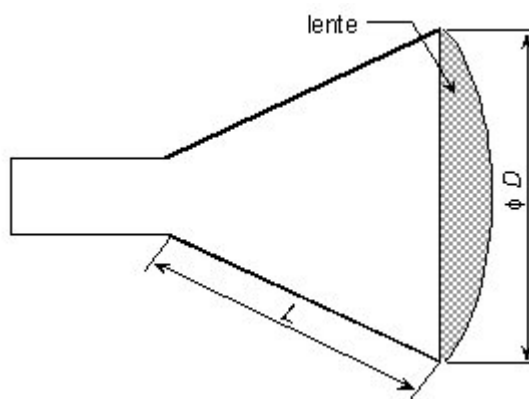


Figura 3.5. Sección longitudinal de una bocina cónica compensada con lente.

También se pueden utilizar otros modelos distintos de antenas, como reflectores parabólicos, parábolas de grilla, etc.; todo dependerá de la decisión de ingeniería que se tome en la localización del usuario.

En el caso de las estaciones base, también es factible la utilización de antenas directivas, ya que estas permiten reducir los efectos de las interferencias. Sin embargo, dado que en las estaciones base se realizan transmisiones punto a multipunto, estas antenas presentan dificultades en cuanto a la anchura del haz; puesto que este, no es lo suficientemente amplio para cubrir las estaciones terminales requeridas en un mismo sector dentro de la celda.

Para solucionar este inconveniente, se suelen emplear antenas omnidireccionales que cubren completamente la celda; o un conjunto de antenas sectoriales con anchos de haz que pueden variar entre los 30 y los 180 grados.

Las antenas sectoriales, además de poseer una mayor ganancia, permiten reutilizar las frecuencias del sistema. De este modo, se obtiene una multiplicación de la capacidad del sistema en términos del número de abonados a los que se les puede dar servicio. Además, empleando polarizaciones distintas entre sectores adyacentes, se consigue optimizar el aislamiento entre los mismos.

Las polarizaciones utilizadas en estos sistemas son lineales: horizontal (H) y vertical (V). Suponiendo que se utilizan cuatro antenas sectoriales de 90 grados para cubrir cada celda y polarizaciones ortogonales, obtendríamos un esquema de planificación como el mostrado en la figura 3.6. Nótese que también es posible diseñar celdas con cobertura cuadrada modificando convenientemente el diagrama de radiación de las antenas (configuración ideal).

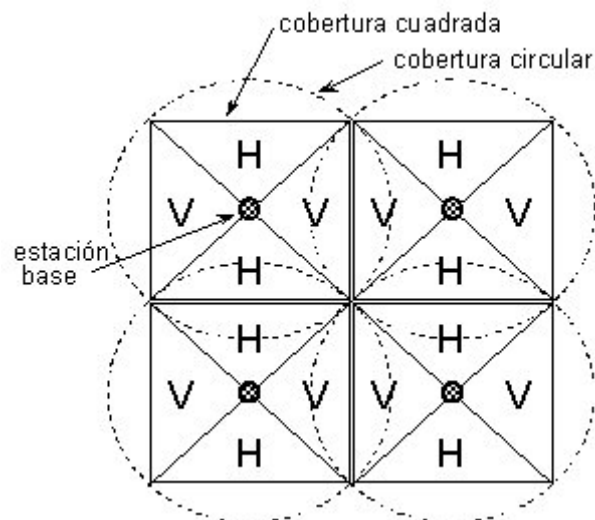
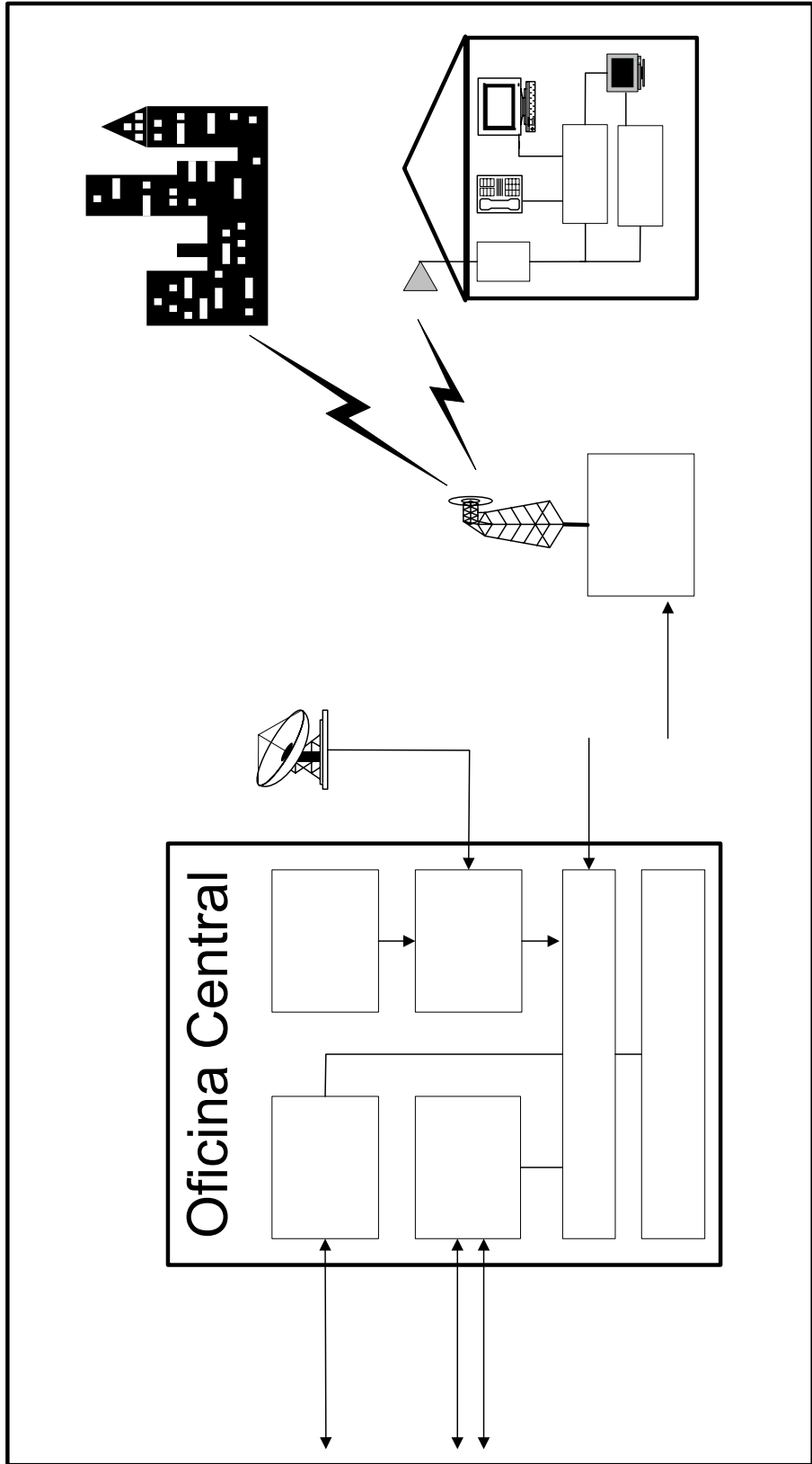


Figura 3.6. Planificación celular LMDS típica.

3.7 DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA LMDS.

El presente diagrama de bloques, que se muestra en la figura 3.7 [6], tiene por objeto indicar los elementos básicos que conforman una red de acceso fijo inalámbrico LMDS.



El primer bloque representa, el centro de administración y distribución de la información, conocido como Oficina Central o *Headend*, la misma que cuenta con varias fuentes de servicios; los cuales son proporcionados a las diferentes estaciones base por medio de radioenlaces punto a punto o bien con enlaces de fibra óptica.

En segundo lugar se tiene, una estación base, generalmente denominada "Hub", la cual actúa como un concentrador de tipo celular, proporcionando servicios de telefonía, video y datos a usuarios de tipo residencial o comercial, utilizando antenas sectoriales u omnidireccionales para la propagación de las señales con línea de vista directa hacia los abonados, a una determinada distancia de cobertura. Las conexiones de hub a hub pueden realizarse igualmente con fibra o enlaces inalámbricos punto a punto.

Finalmente, la terminal del suscriptor, está equipado con antenas parabólicas de diámetros reducidos y con un trancceptor de radiofrecuencia, los cuales se encuentran instalados en cada hogar para el caso residencial y en cada oficina o área industrial para el caso de negocios. Así, a modo de resumen y en términos muy generales, en el segmento de usuario la antena capta la señal emitida por el hub y la unidad de interfaz de red (*UIN, Unit Interface Network*) la convierte en voz, vídeo y datos, y la distribuye por todos los cables existentes en la planta del edificio.

3.8 ARQUITECTURA DEL SISTEMA LMDS.

En el numeral anterior, se realizó una breve descripción de los principales elementos que conforman un sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS. En esta ocasión se analizará de una forma más detallada su arquitectura y funcionamiento.

Así, dentro del diseño de un sistema LMDS, son posibles varias soluciones de arquitectura de red para entregar servicios inalámbricos de banda ancha; los cuales se espera que sean una combinación de voz, datos y video.

La mayoría de los operadores de sistemas emplean diseños de acceso inalámbrico punto – multipunto, a pesar de que en un sistema LMDS también se pueden proveer sistemas punto a punto y sistemas de difusión o distribución de televisión.

La figura 3.8 muestra la arquitectura de un sistema LMDS.

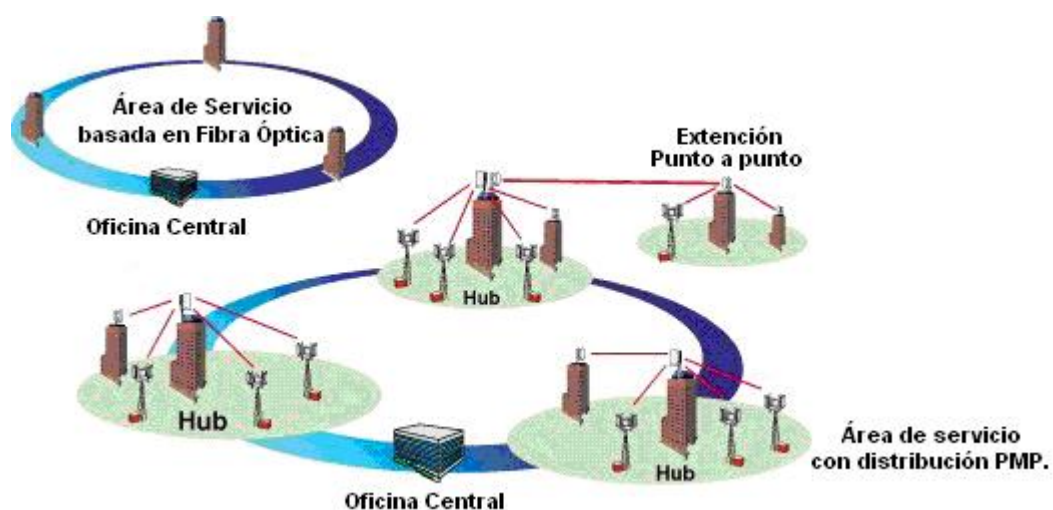


Figura 3.8. Arquitectura del Sistema LMDS.

Básicamente, la infraestructura asociada a una red LMDS, para cualquier arquitectura que se tenga, se encuentra formada por cuatro segmentos principales que son: Centro de Operación de la Red (*NOC, Network Operations Center*) u Oficina Central, la Red de Transporte basada en fibra óptica o inalámbrica, la Red de Distribución o Estaciones Base y los equipos de la localidad del cliente (*CPE, Customer Premise Equipment*), comúnmente llamados terminales de usuario o Estación Terminal (*TS, Terminal Station*).

3.8.1 CENTRO DE OPERACIONES DE LA RED (NOC).

El Centro de Operaciones de la Red u Oficina Central, contiene todos los elementos necesarios que permiten la distribución y control de los servicios ofrecidos por un sistema LMDS en un solo punto de conexión y enviados hacia

las diferentes estaciones base por medio de enlaces inalámbricos o de fibra óptica.

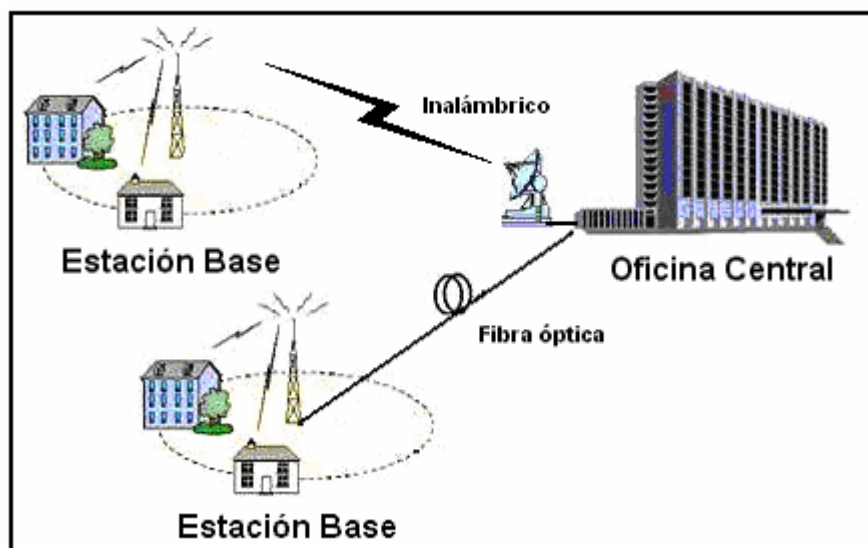


Figura 3.9. Oficina Central.

En este segmento, el equipamiento necesario también incluye servicios de conmutación ATM, IP, Interconexiones con Redes de Telefonía Pública Conmutada (*PSTN, Public Switched Telephone Network*), Internet, etc.; además del equipo del Sistema de Administración de la Red (*NMS, Network Management System*), el mismo que fue diseñado para administrar amplias regiones de la red, manejando todos sus puntos, ya sean estos locales o remotos; al mismo tiempo que permite brindar a los negocios de las compañías proveedoras, servicios de buena calidad y altamente confiables.

Toda la arquitectura del sistema de administración de la red (NMS), utiliza una estructura administrativa basada en el protocolo de administración de red simple (SNMP). Entre las tareas que realiza la NMS se encuentran:

- **La administración de fallas**, que es la que permite la localización e identificación del tipo de daño y la respectiva corrección de los errores que se puedan suscitar en la red. Para realizar este monitoreo, todos los dispositivos dentro de la red inalámbrica deben coleccionar y reportar estadísticas de la totalidad del tráfico que pasa por la red, así como de las violaciones de las condiciones límites.
- **La administración de configuración**, esta función permite a los equipos LMDS reconocer cuando un nuevo dispositivo es conectado a la red, minimizando el tiempo de trabajo de instalación y reconocimiento de equipos. También proporciona el abastecimiento, inventario, inicialización y respaldos de los recursos de la red.
- **La administración de seguridad**, encargada de generar y coordinar, de una manera automática, las claves utilizadas para encriptar y desencriptar la información que se transmite a través de toda la red inalámbrica. Además realiza las tareas de autenticación y validación de los usuarios autorizados al uso de la red.
- **La administración de contabilidad**, permite la recolección y procesamiento de la información para la tarificación. Todo nodo de la red,

para una administración eficiente, necesita mantener una colección de reportes estadísticos que puedan ser almacenados por otro sistema.

- **La administración de funcionamiento**, encargada de procesar, filtrar y analizar todos los datos almacenados por la administración de contabilidad. Esta administración deberá analizar detenidamente los resultados que arrojen los análisis de los datos almacenados para realizar los ajustes necesarios, con el propósito de incrementar la eficiencia del sistema.

Sin embargo, en la mayoría de diseños de un sistema de acceso LMDS, las funciones que realiza la oficina central se encuentran localizadas en las estaciones base locales de cada área de servicio, con el fin de minimizar el tiempo de ejecución del sistema; es decir que un hub, el cual será considerado como principal, actuará como centro de operaciones de la red y estación base al mismo tiempo, suministrando las interfaces necesarias con otras redes de información y con otras estaciones base aledañas a su cobertura.

Cabe destacar, que los elementos que conforman la oficina central son independientes a los contenidos en una estación base, cuando el diseño de un sistema LMDS requiere que los dos segmentos (Hub y Oficina Central) se encuentren dentro de una misma infraestructura.

La siguiente figura muestra una estructura interna básica de la Oficina Central, en donde se observa la presencia de las diversas fuentes de servicios, las cuales al converger en este centro de control, permiten reducir el número de equipos, realizar el mantenimiento de los mismos en un solo lugar y disminuir el tiempo de inicio de los servicios.

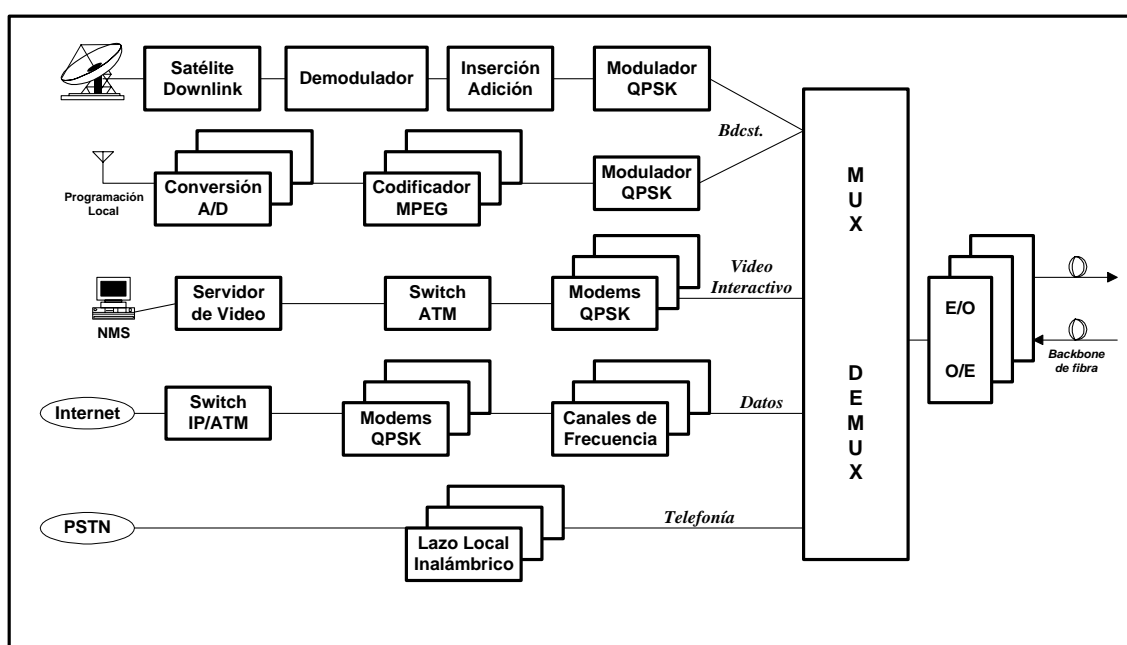


Figura 3.10. Estructura interna de la Oficina Central [3].

Finalmente, varios Centros de Operación se pueden interconectar, utilizando como medio la fibra óptica o enlaces inalámbricos punto a punto; con el propósito de recoger toda la posible información de distintas redes y lograr satisfacer las necesidades de los abonados finales.

3.8.2 RED DE TRANSPORTE.

La Red de Transporte es la infraestructura que permite el tráfico de grandes cantidades de información, provenientes de distintas redes de comunicaciones hacia la Oficina Central y desde esta, hacia todas las Estaciones Base que se encuentren dentro del área de cobertura y viceversa.

En general, toda red de transporte está formada por cuatro partes principales que son:

- Equipos de transmisión.
- Medio físico portador: cables de comunicaciones o radioenlaces.
- Conducciones y canalizaciones que ocupan el dominio público y la propiedad privada.
- Instalaciones técnicas requeridas, junto a infraestructuras auxiliares (energía, agua, etc.).

En lo referente a la infraestructura del medio físico por el cual se transmite la información, la red de transporte comúnmente se basa en fibra óptica o enlaces inalámbricos punto a punto.

Con fibra óptica, la red de transporte puede consistir de enlaces SDH (Jerarquía Digital Sincrónica) o SONET (Red Óptica Sincrónica), con diferentes velocidades, como por ejemplo: OC-12 (portadora óptica a 622 Mbps), OC-3 (155 Mbps), E3 (34 Mbps) y DS-3 (señal digital de nivel 3 a 144 Mbps) [6]. En la figura 3.11 se muestra la forma de interconectar varios HUB's³ con la oficina central mediante anillos de fibra óptica.

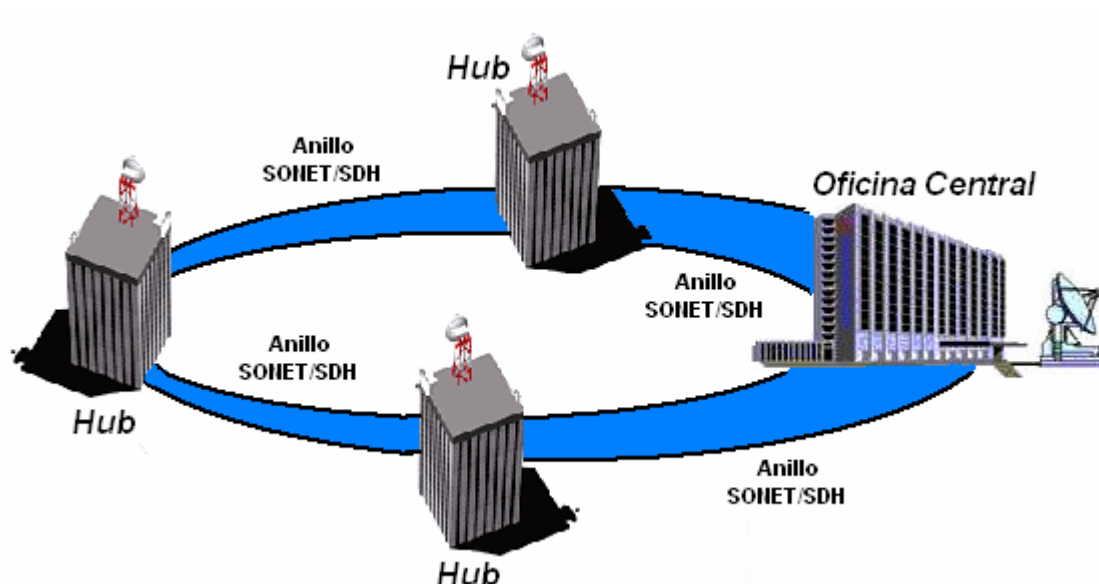


Figura 3.11. Red de Transporte con anillos de Fibra Óptica.

Por otra parte, los enlaces inalámbricos, son utilizados en la red de transporte, cuando se desea establecer una comunicación con Hub's que se encuentran en lugares en donde el tendido del cableado de fibra óptica resulta muy complicado y de difícil acceso a los mismos, provocando un incremento

³ HUB.- Es un dispositivo de red que conecta varios equipos en una red local.

considerable en los costos del diseño de la red. En consecuencia, se puede decir que, con una arquitectura de distribución totalmente inalámbrica, los datos son llevados a cada hub por medio de enlaces punto a punto a frecuencias milimétricas, minimizando los costos en infraestructura y brindando un rápido despliegue del sistema.

3.8.3 ESTACIONES BASE.

Los HUB's o Estaciones Base, constituyen la denominada Red de Distribución; ya que por medio de esta, se realiza la emisión y recepción de la información, a través de equipos de microondas con línea de vista directa hacia o desde los distintos abonados que se encuentran en sus alrededores. Contiene además las interfaces para la terminación de la red de fibra óptica procedente de la oficina central, convirtiéndose en la infraestructura que permite la conversión de enlaces vía cable a enlaces inalámbricos.

Los Hub's, se ubican generalmente en el centro de cada una de las celdas que constituyen el área potencial de servicio; ya que de esta manera se puede brindar un servicio eficiente a miles de abonados que tengan proyectado la utilización de un sistema LMDS.

La figura 3.12 muestra el diagrama de distintas estaciones base, distribuidas dentro de la zona de cobertura.

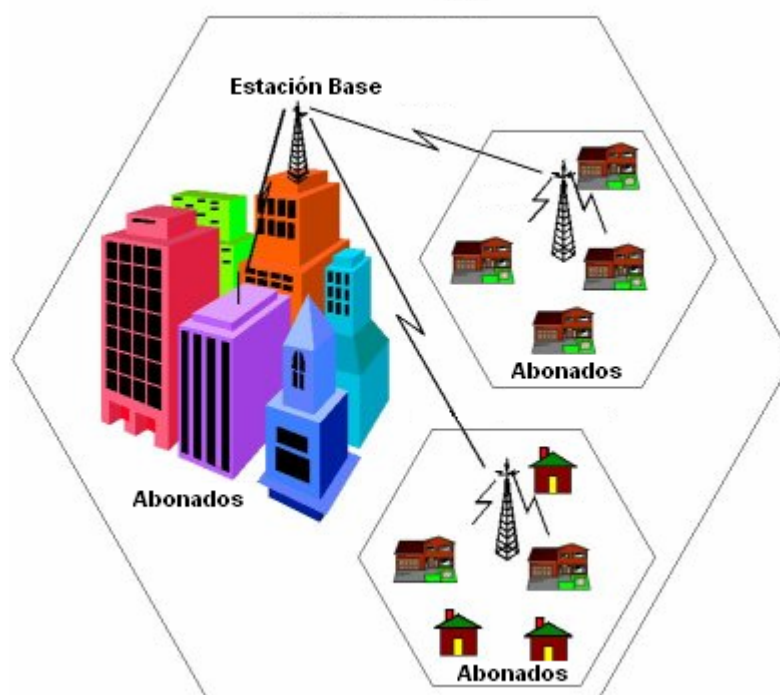


Figura 3.12. Estaciones Base.

La Estación Base, también cumple con funciones de modulación y demodulación, detección de errores, ruteo, codificación y decodificación de las señales, así como también, la opción de realizar una conmutación local; es decir que, esta función permite a los usuarios finales conectados a una determinada estación base, establecer comunicaciones con otros abonados que se encuentren conectados al mismo hub, lo que implica que, la administración, registración, tarifación y autenticación de los usuarios ocurrirá en la estación base local.

Una estación base, se divide a su vez en tres partes:

- La Estación Base Digital (*DBS, Digital Base Station*).
- La Estación Base de Radio (*RBS, Radio Base Station*).
- La Estación Base de Conmutación (*XBS, eXchange Base Station*).

a) ESTACIÓN BASE DIGITAL (DBS).

También denominada estación base de interior; tiene la función de realizar la conexión con la red y de funcionar como interfaz entre los datos concentrados en banda base⁴ y la parte de radio.

La DBS, además realiza las tareas de multiplexación y demultiplexación que son imprescindibles para las interfaces de red como ATM y TDM. Aquí también se encuentran los módems, que se encargan de modular la información obtenida del sistema de multiplexación antes de que la transmisión de los datos hacia las estaciones terminales se lleve a cabo; de la misma manera se realiza la demodulación de los datos que son enviados por parte de los usuarios.

En la siguiente figura se tiene un esquema simple de las funciones que realiza la DBS.

⁴ BANDA BASE.- Transmisión de la señal sin utilizar una señal portadora, usando la banda de frecuencias original.

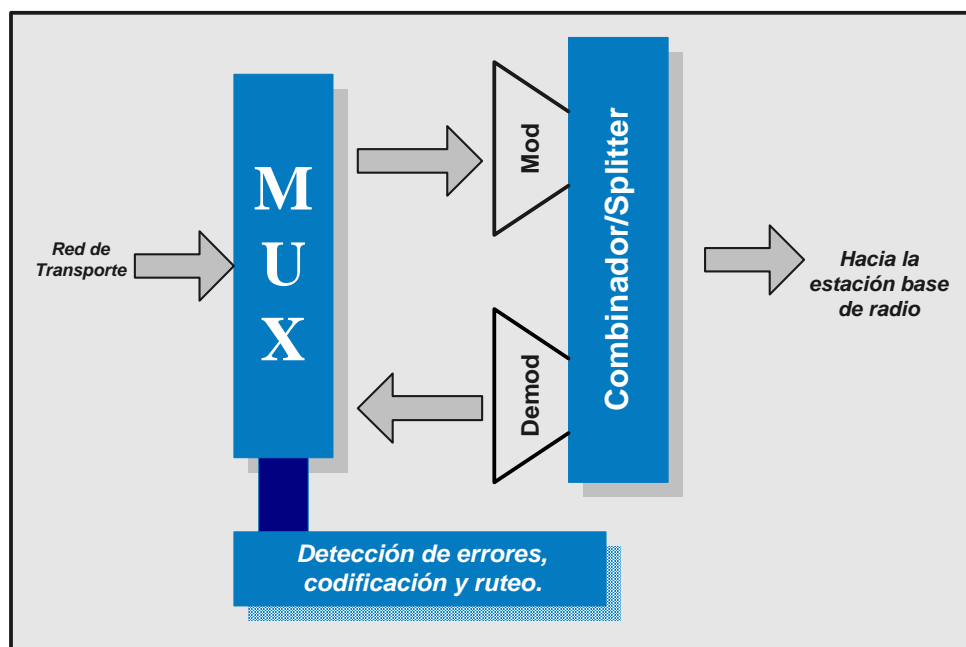


Figura 3.13. Funciones de la Estación Base Digital (DBS) [7].

A más de las funciones antes mencionadas, la estación base digital también realiza tareas de compresión de la señal; es decir que realiza la conversión de las señales de televisión y video análogas a señales digitales altamente comprimidas para ser distribuidas a través de microondas por todo el sistema.

Igualmente, se realiza la conexión con la red por medio de interfaces, usando protocolos alámbricos e inalámbricos, los cuales dependen del servicio que los distintos operadores brinden dentro de un sistema LMDS; así la estación digital se puede configurar para atender servicios de voz, datos o video.

b) ESTACIÓN BASE DE RADIO (RBS).

La Estación Base de Radio o estación de base exterior, es la encargada de realizar la conexión vía radio con todas las terminales de usuario, empleando las bandas de frecuencias que serán asignadas de acuerdo a la política de cada país para la operación del sistema LMDS. A la RBS se la considera como el equipo de Radio Frecuencia.



Figura 3.14. Estación Base de Radio.

Para llevar a efecto dicha conexión se puede utilizar una o varias estaciones base de radio, las cuales están constituidas de varios elementos tales como [7]:

- **Transmisores**, las señales moduladas individualmente son combinadas y entregadas al transmisor de banda ancha, convirtiéndolas a señales de alta frecuencia (VHF) y enviadas a la frecuencia de la portadora para su posterior amplificación y aplicación a las antenas de transmisión. Si existe una sola portadora por transmisor el sistema se lo denomina

“sistema canalizado”, en cambio si se tiene múltiples portadoras por transmisor al sistema se lo conoce como de “banda ancha”.

- **Receptores**, en sí, un solo receptor de banda ancha, es el encargado de recibir el total de la banda a la frecuencia asignada y convertirlas en las señales de VHF. Estas señales son distribuidas a través de cables coaxiales o fibra óptica hacia la estación base digital (DBS). La RBS no puede estar separada a más de 200 metros de distancia de la DBS con cable coaxial estándar y a 300 metros con cable de bajas pérdidas.
- **Sistema de antenas**, depende de la cobertura que vaya a realizar la estación base (ver sección 3.6).

c) ESTACIÓN BASE DE CONMUTACIÓN (XBS) [8].

La estación base de conmutación (XBS), es un elemento independiente, conectado al acceso de las redes PSTN/ISDN, que se lo suele utilizar de forma opcional dentro de una estación base para realizar el diseño de la arquitectura de un sistema LMDS. Sirve para proveer de interfaces V5.2 a las interfaces de acceso básico ISDN que se tienen en la terminación de la red en el lado del usuario.

A modo de resumen, en la siguiente gráfica se puede observar de una manera esquemática los elementos antes mencionados.

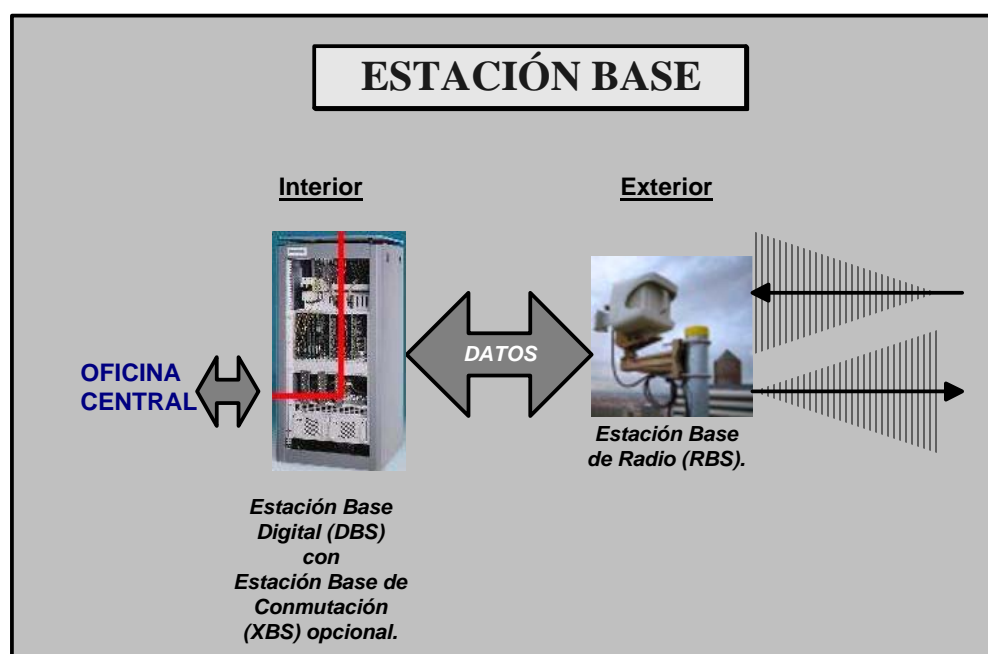


Figura 3.15. Componentes de la Estación Base de un Sistema LMDS.

3.8.4 ESTACIÓN TERMINAL.

Las Estaciones Terminales o Terminales de Usuario (*TS, Termination Station*), son todos los elementos que se encuentran en las localidades de los clientes finales, encargados de realizar las tareas de transmisión y recepción de la información desde o hacia la estación base respectiva. Para realizar estas tareas, la TS suele utilizar técnicas de acceso múltiple TDMA, FDMA o CDMA, a fin de interconectarse con el sistema.

Las terminales de usuario se dividen a su vez en una unidad de exterior (*RT, Radio Termination*) y una o varias de interior (*NT, Network Termination*).

a) TERMINACIÓN DE RADIO (RT).

En general una Terminación de Radio (*RT, Radio Termination*), es aquel elemento que se encuentra situado en los exteriores de las localidades de los usuarios finales, concretamente en las azoteas de los hogares o en torres de mediana altura instaladas en los edificios.

Cada terminal de radio cuenta con una antena directiva, la misma que debe estar en perfecta alineación con la antena de la estación base; y con una unidad trancptora de Radio Frecuencia (RF), la misma que contiene un amplificador de bajo ruido (LNA) y los equipos de “up-converter” y “down-converter”. En general la antena utilizada en esta terminal puede ser parte integral del trancptor, el mismo que tendrá capacidad de banda ancha.

La figura 3.16 muestra dos ejemplos de terminaciones de radio.

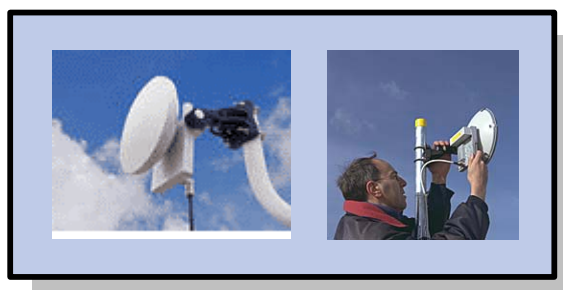


Figura 3.16. Ejemplos de RT.

En definitiva, las terminaciones de radio, son las encargadas de distribuir las señales de los enlaces ascendente y descendente hacia una o varias terminaciones de red, por medio de fibra óptica o cables coaxiales.

b) TERMINACIÓN DE RED (NT).

Las Terminaciones de Red (*NT, Network Termination*), son los elementos situados en el interior de las localidades de los clientes finales, encargados de realizar las tareas de modulación, demodulación, control y las interfaces locales a los equipos del usuario.

A menudo, a las NT se las denomina Unidad de Interface de Red (*UIN, Unit Interface Network*), las cuales permiten el acceso entre los elementos de Radio Frecuencia (RF) y las aplicaciones internas; es decir, que realizan la entrega de la información obtenida por parte de la terminación de radio a los diferentes abonados que se encuentran dentro de los edificios u hogares.

Se pueden conectar hasta 8 terminaciones de red a las terminales de radio, a una distancia máxima de 70 metros, y con la ayuda de repetidores y splitters hasta 210 metros.

La siguiente figura da un ejemplo de una terminación de red con múltiples interfaces y servicios.



Figura 3.17. Terminación de Red.

Existen dos tipos de terminaciones de red: escalables y no escalables.

- **Terminaciones de Red Escalables**, permiten realizar a través de un simple chasis, ubicado en la localidad del cliente final, comunicaciones inalámbricas digitales bidireccionales de voz, datos y video, como por ejemplo 10BaseT, voz analógica (previa digitalización), comunicaciones mediante fibra (T3/E3, OC-1, OC-3, T1/E1), etc. Además presentan características de flexibilidad, totalmente configurables y de un tamaño mayor con relación a las de tipo no escalable.
- **Terminaciones de Red No Escalables**, es un equipo de interfaz completamente independiente y de bajos costos, a través del cual los suscriptores pueden recibir aplicaciones de voz, datos, Internet y video

en una dirección o en forma bidireccional, por medio de comunicaciones T1/E1, T3/E3, 10BaseT, video, voz analógica, Frame Relay, ATM, etc., utilizando una sola frecuencia portadora del espectro. En cuanto a las características que presenta una terminación de red no escalable, esta no posee la misma flexibilidad que una escalable, ya que provee una combinación fija de interfaces, diseñadas para satisfacer las necesidades de los abonados de pequeño y mediano tamaño. Tampoco son configurables por el usuario, lo que obliga a los operadores del sistema LMDS, a ofrecer servicios de bajo costo.

La figura 3.18 resume todos los elementos de una Estación Terminal.



Figura 3.18. Estación Terminal.

3.9 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA LMDS.

En general, el modo de funcionamiento de un Sistema de Acceso Fijo Inalámbrico LMDS que se describe en esta sección, se basa en la arquitectura que se estudió en el numeral 3.8, y en la forma de como la información es transmitida desde la Oficina Central hasta cada uno de los equipos terminales que se encuentran en las localidades del cliente final y viceversa. Cabe mencionar, que este principio general de funcionamiento, se lo realiza independientemente de las características de los equipos que se utilicen para su implementación, ya sean estos de tipo Alcatel, Siemens, Ericsson, etc.

Así, la **Oficina Central**, que es la encargada de recopilar toda la posible información de las diferentes redes de servicios, por medio de accesos de satélite, a servidores de Internet, a redes telefónicas públicas, etc.; permite la distribución de todos los datos que se encuentran concentrados en este segmento hacia todas y cada una de las estaciones base que conformen el área de servicio, utilizando como medio de transporte la fibra óptica (el más utilizado) o enlaces inalámbricos punto a punto. Existe otra alternativa de interconexión, la cual es a través de pares de cobre; pero, debido a que los sistemas LMDS manejan altas capacidades y transportan la información a grandes velocidades, estos pares resultan insuficientes para realizar dichas interconexiones.

Así por ejemplo, cuando una Estación Base que cubre una determinada celda y la Oficina Central se encuentran implementadas bajo una misma infraestructura, denominada *Estación Base Principal*, las comunicaciones entre estas se las realiza mediante fibra óptica; en tanto que, para realizar la interconexión de la misma Oficina Central con el resto de estaciones base que cubren el total del área de servicio, se lo hará mediante una distribución de microondas punto a punto. Por otro lado, si la Oficina Central se encuentra en una sección separada de la estación base todas las comunicaciones se las realizará mediante microondas punto a punto.

De la misma manera, para el enlace ascendente, la Oficina Central entrega la información que proviene de los usuarios a la red de transporte, la misma que se encarga de redistribuir los datos a las distintas redes de comunicaciones que se encuentren conectadas al centro de operaciones de la red. Cabe mencionar que en nuestro medio, las redes de transporte privadas, públicas, de datos de banda ancha, telefonía, Internet, etc., son proporcionadas por empresas como Andinatel, Pacifictel, Etapa y otras.

En la **Estación Base**, las señales de voz, datos o video provenientes de la oficina central (enlace descendente), son recibidas en la estación base digital (DBS).

Así, en la DBS, las señales entregadas por la oficina central, llegan a un multiplexor, el mismo que se encarga de transferir la información recolectada por las diferentes fuentes de servicios hacia un único enlace de salida y de esta manera proveer una ruta de conexión del tráfico de redes externas con el tráfico LMDS; es decir que permite el acceso de los servicios que son distribuidos por parte del centro de operaciones de la red hacia las distintas terminales de usuario.

Posteriormente, las señales pasan a un modulador digital, el cual se encarga de proveer una señal de Frecuencia Intermedia (*IF, Intermediate Frequency*) con formatos QPSK, 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM para ser transmitidas sobre el ancho de banda de LMDS. Este modulador ejecuta todas las funciones requeridas para la modulación de video digital, voz y datos a una frecuencia estándar IF para ingresarla a los transmisores inalámbricos. El nivel de IF está típicamente entre 950 MHz a 2150 MHz o de 70 MHz a 130 MHz para el enlace descendente; mientras que para el enlace contrario está entre los 5 MHz a 65 MHz o de 5 MHz a 305 MHz. Finalmente, la información pasa a la sección del combinador/divisor, en donde las señales de IF son convertidas a señales de alta frecuencia (VHF) y entregadas a los transmisores de banda ancha que se encuentran en la RBS.

Seguidamente, las señales entregadas por la DBS pasan a la estación base de radio (RBS), por medio de cables coaxiales o por fibra óptica, en donde se tiene los equipos tranceptores (equipos de transmisión, recepción y los sistemas de antenas), los cuales se encargan de la emisión/recepción de los datos hacia o desde cada una de las estaciones del usuario, tal como se lo indicó en la figura 3.15.

En la RBS, las señales de alta frecuencia son enviadas a la frecuencia de la portadora para su posterior amplificación y aplicación a las antenas de transmisión. El resultado que se obtiene a la salida de la RBS es una frecuencia lo suficientemente alta para radiarse de una manera eficiente por una antena y propagarse por el espacio libre, estas frecuencias comúnmente se las llama *Radio Frecuencias*. Las antenas a emplearse en la RBS deben ser de tipo sectorial, de preferencia con un ángulo de cobertura de 90° , ya que permiten cubrir el total de la celda con la utilización de solo 4 antenas. Sin embargo, existe también la posibilidad de utilizar antenas sectoriales de 180° o de 60° .

Para el enlace ascendente; es decir de las terminales de usuario hacia la Estación Base, la información ingresa en el receptor de la RBS, en donde las señales de radio frecuencia (RF) son limitadas y amplificadas a una banda específica de frecuencias, concretamente en señales de alta frecuencia VHF.

Las señales de VHF, entonces son trasladadas a la DBS por medio de cables coaxiales o por fibra óptica, ingresándolas al combinador/divisor, en donde estas son convertidas a frecuencias intermedias.

Las IF, ingresan a un demodulador QAM, que contiene dos canales demoduladores separados, cada uno de los cuales puede aceptar señales 4-QAM, 16-QAM o 64-QAM con diferentes velocidades, entre 1 y 10 Mbps. Finalmente la información, ya en su forma original pasa a un demultiplexor, el cual se encarga de redistribuir las señales a la red de transporte.

En las **Estaciones Terminales**, las antenas ubicadas en la parte exterior de las localidades de los usuarios (Terminales de Radio, RT), reciben las señales emitidas desde una estación base mediante una distribución de microondas punto a multipunto; al mismo tiempo que emiten señales hacia esa estación base, pero con una distribución punto a punto.

De esta manera, las señales recibidas pasan a un equipo denominado down-converter, que se encuentra dentro de la unidad RT, el mismo que se encarga de convertir la señal a una de frecuencia intermedia (IF), obteniéndose una señal que sea compatible con los equipos del usuario; recíprocamente, mediante un up-converter, esta señal de frecuencia intermedia se convierte en

una señal de frecuencia, como por ejemplo de 28 GHz, para generar la transmisión desde el emplazamiento de usuario hacia el Hub.

Seguidamente, la información es llevada a través de cables coaxiales o fibras hacia las Terminaciones de Red o UIN. La Unidad de Interface de Red, permite el acceso entre los componentes de radio frecuencia (RF) y los diferentes equipos terminales del usuario; además se encargan de realizar las tareas de modulación, demodulación, control y las interfaces locales a los equipos del usuario. Las UIN pueden ser de tipo escalable o no escalable dependiendo de las necesidades del usuario.

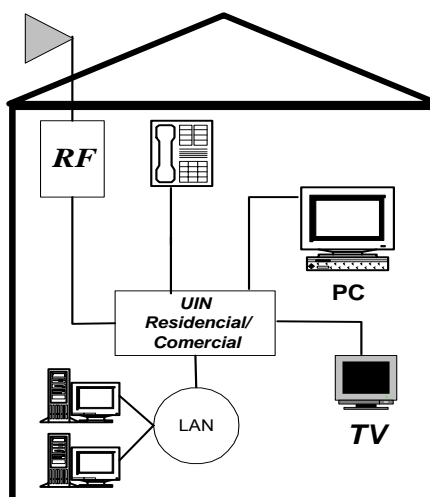


Figura 3.19. Implementación de la UIN [9].

En el caso de la utilización de una UIN escalable, esta permite transportar las señales mediante un módulo procesador de datos que soporta varias interfaces

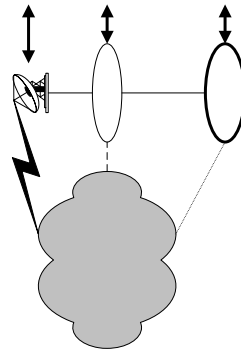
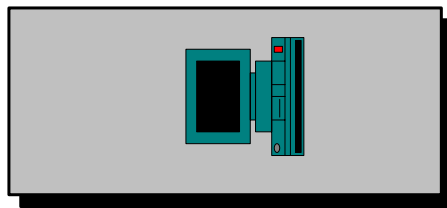
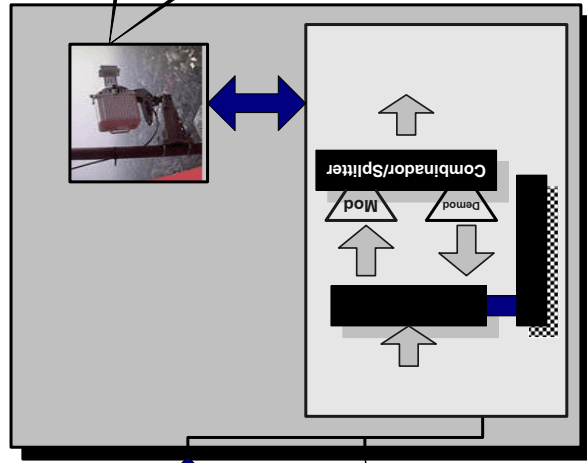
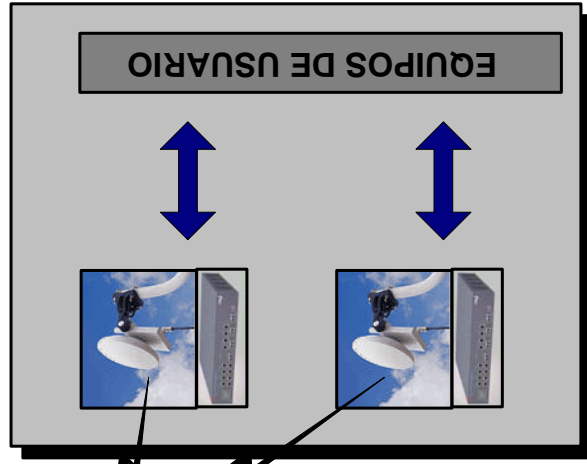
como 10BaseT, T1/E1 y servicios ATM. Además realiza la modulación y demodulación de la información por medio de un módulo de radio módem a 4, 16 y 64 QAM; proporcionando los nodos para los accesos FDMA y TDMA. Por lo tanto esta terminación de red, es considerada como la mejor alternativa para los proveedores de servicios de voz, datos y video.

En cambio, para el caso en que se desee utilizar una UIN no escalable, esta cuenta con un radio módem de ancho de banda variable, soportando QPSK y 4, 16 y 64 QAM; con nodos de acceso TDMA o FDMA dependiendo del tipo de servicios ofrecidos por la terminación de red.

Tanto las terminaciones de red, escalables y no escalables, se comunican con los equipos de la estación base mediante un trceptor bidireccional.

Cabe mencionar que las especificaciones técnicas como el tipo de modulación, demodulación, Frecuencia Intermedia (IF), etc., son propias de los equipos a utilizarse en el diseño.

En la siguiente figura se ilustra el principio de funcionamiento antes mencionado.



Estación Terminal

Estación Base

Terminación de Radio (RT)

Ahora bien, para el caso del enlace entre estaciones base o entre una terminal de usuario conectada a una estación base y esta a otra, se seguirá el mismo principio de operación que se analizó anteriormente.

3.10 TIPOS DE MODULACIÓN.

La modulación es el proceso de manipular de una manera controlada las propiedades de una señal portadora para que contenga la información que se va a transmitir; existiendo algunos métodos para realizar este propósito.

Así, en los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha LMDS, los tipos de modulación a utilizarse son generalmente separados en dos grupos: modulación en fase (PSK) y modulación de amplitud (AM).

La modulación en fase (PSK), es una forma de modulación digital de amplitud constante, en donde la señal de entrada viene a ser una señal digital binaria, obteniéndose a la salida un número limitado de fases.

Entre las variantes de PSK, que se utilizan para realizar la modulación en LMDS, se tiene: BPSK, QPSK, 8-PSK [10].

Con la **modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK)**, son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la portadora se transfiere a la salida, ya sea en fase o 180° fuera de fase. La figura 3.21 explica este tipo de modulación.

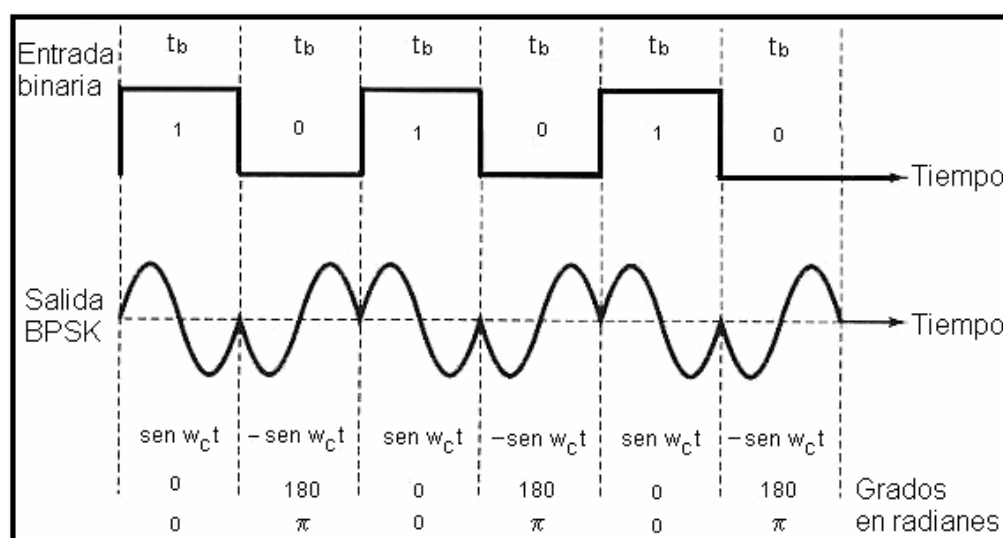


Figura 3.21. Fase de salida para un modulador de BPSK.

Con la **modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK)** o, en **Cuadratura PSK**, son posibles cuatro fases de salida para una sola frecuencia de la portadora; es decir, que al tener cuatro fases diferentes de salida, tiene que haber cuatro condiciones de entrada igualmente diferentes. Además QPSK, permite maximizar la robustez del sistema.

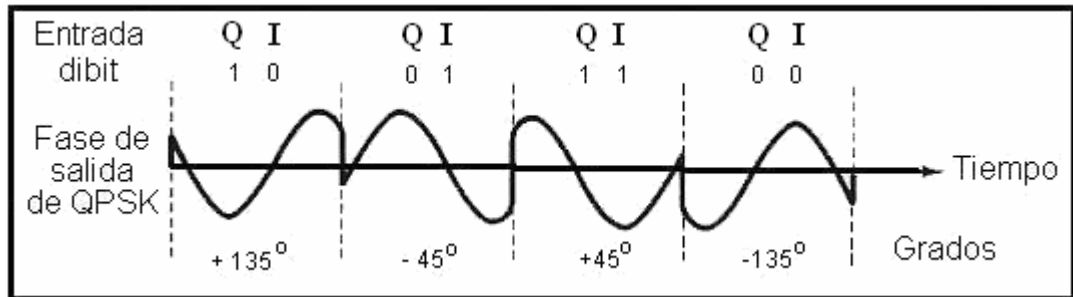


Figura 3.22. Fase de salida de QPSK.

Con un modulador PSK de **ocho fases (8-PSK)**, son posibles ocho fases diferentes de salida. Para la codificación de las ocho fases, los bits que están entrando se consideran en grupos de 3 bits, llamados tribits ($2^3 = 8$); obteniéndose a la salida un cambio de fase por cada tres bits de entrada de datos.

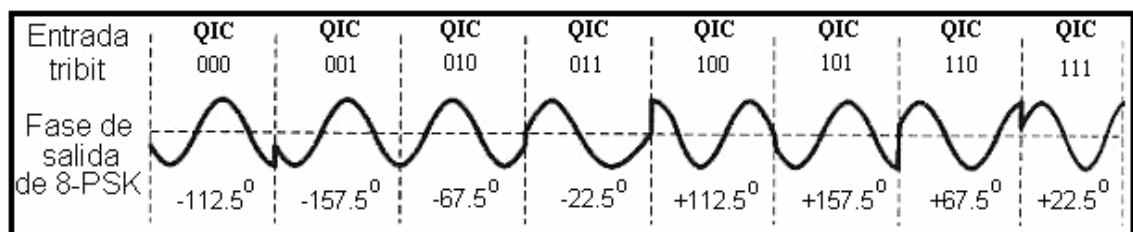


Figura 3.23. Fase de salida para un modulador de 8-PSK.

Por otro lado, para realizar la modulación en un sistema LMDS utilizando el método de la modulación de amplitud (AM), se suele emplear las técnicas de *Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)*.

La ***Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)***, es una forma de modulación digital, en donde la información digital está contenida tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida [10]. Entre las variantes del QAM utilizadas en LMDS se tiene: 4-QAM, 16-QAM y 64-QAM.

Las técnicas 4-QAM, 16-QAM y 64-QAM, permiten un cambio en la señal de salida, ya sea en fase, amplitud o ambas, por cada dos, cuatro u ocho bits de datos de entrada respectivamente.

Además las técnicas 16-QAM y 64-QAM, son métodos de modulación de alta eficiencia, utilizadas para maximizar la capacidad del canal; ya que son aplicadas en los módems más rápidos.

Las opciones de modulación para el método de acceso FDMA son las que se detallan en la tabla 3.2. Mientras que, para los enlaces con TDMA, los métodos de modulación utilizados son casi los mismos a los aplicados en FDMA, solo que en este caso no se incluye la modulación 64-QAM, pero no se desecha la posibilidad de que a futuro se la pueda tener disponible.

NOMBRE	MÉTODO DE MODULACIÓN	ANCHO DE BANDA a una conexión de 2 Mbps.
<i>BPSK</i>	Modulación de fase binaria.	2.8 MHz.
<i>DQPSK</i>	QPSK Diferencial.	1.4 MHz
<i>QPSK</i>	Modulación de fase en cuadratura.	1.4 MHz
<i>8-PSK</i>	Cambio alternado de fase octal.	0.8 MHz
<i>4-QAM</i>	Modulación de amplitud en cuadratura, 4 estados.	1.4 MHz
<i>16-QAM</i>	Modulación de amplitud en cuadratura, 16 estados.	0.6 MHz
<i>64-QAM*</i>	Modulación de amplitud en cuadratura, 64 estados.	0.4 MHz

* No disponible con TDMA.

Tabla 3.2. Métodos de modulación para acceso FDMA y TDMA [7].

En la tabla se puede observar, que para cada tipo de modulación a una velocidad de transmisión constante, se tiene un determinado ancho de banda disponible.

Los sistemas LMDS generalmente utilizan el método de modulación QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*) que permite reducir las interferencias y aumentar casi hasta el cien por cien la reutilización del espectro. Gracias a estas características el ancho de banda del sistema LMDS es generalmente de 1 GHz.

A más de estos tipos de modulación, se puede optar también por una modulación en FM, ya que al utilizar sistemas unidireccionales de distribución de video analógico, se requiere una alta calidad en la resolución del video.

Los métodos de modulación, también permiten establecer la distancia o alcance máximo de cobertura de una determinada estación base, tal como se lo indica en la figura 3.24.

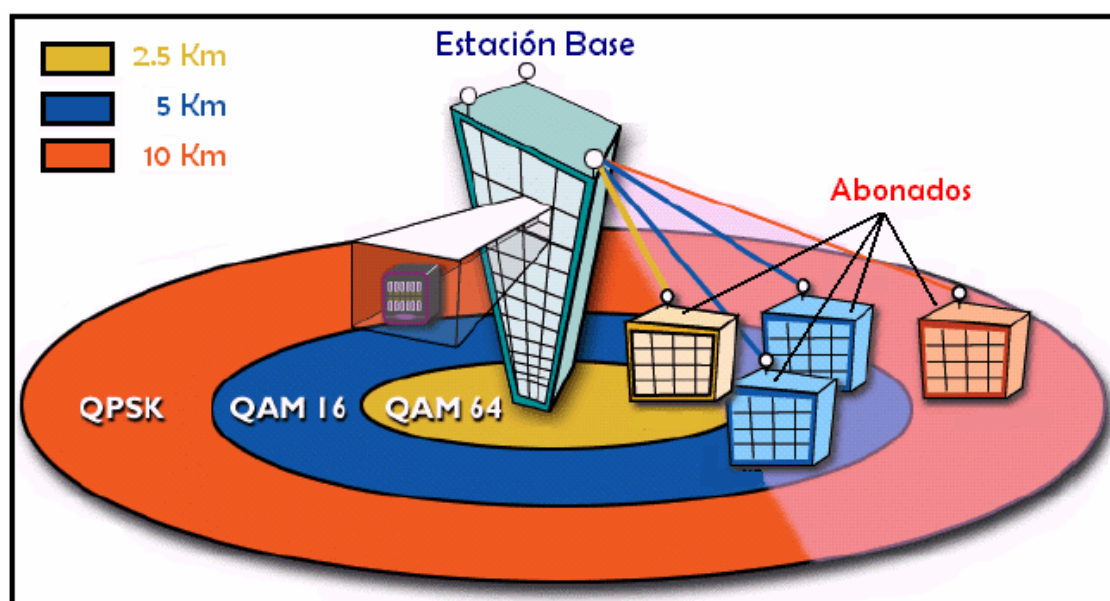


Figura 3.24. Distancias de operación del sistema LMDS de acuerdo al tipo de modulación empleado.

Finalmente, el método de modulación que se vaya a utilizar en el diseño de un sistema LMDS, dependerá exclusivamente del equipo que se encuentre

disponible en el mercado. En la mayoría de veces se suele utilizar equipos que permiten obtener una mayor eficiencia espectral⁵ y que realicen transmisiones de datos en gran cantidad utilizando el menor espectro.

3.11 TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN Y DUPLEXIÓN.

3.11.1 MULTIPLEXACIÓN.

Las técnicas de *multiplexación* o también llamadas de multicanalización, permiten la transmisión de la información (voz, datos o video) proveniente de más de una fuente hacia más de un destino (cliente final), a través de una sola línea de comunicaciones; es decir, que por el mismo medio de transmisión se puede realizar la conexión de varios terminales, pero no necesariamente al mismo tiempo. El medio de transmisión puede ser, un par de cables de cobre, cable coaxial, un sistema de radio de microondas terrestres, microondas por satélite o un cable de fibra óptica [10].

Las formas más comunes con las que se puede lograr el proceso de multiplexación son: *la multiplexación por división en el tiempo (TDM)* y *la multiplexación por división de frecuencia (FDM)*.

⁵ EFICIENCIA ESPECTRAL.- Utilizada para comparar el rendimiento entre las técnicas de modulación.

3.11.1.1 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO (TDM).

La Multiplexación por División en el Tiempo (*TDM, Time Division Multiplexing*), es un método de multiplexación digital, utilizado para transmitir a través de un único enlace y en instantes de tiempo diferentes varias señales digitales o analógicas que previamente se hayan digitalizado. Estas señales provenientes de distintas fuentes, son tomadas por turnos (canales) con el fin de utilizar al máximo su ancho de banda. Aquí cada canal tiene asignado un intervalo de tiempo (time slot) en el canal principal, en donde los distintos intervalos de tiempo están repartidos por igual en todos los canales. El intervalo de tiempo que toma transmitir una señal en cada canal se llama *tiempo de trama*.

Los multiplexores que utilizan TDM son dispositivos digitales, que exploran cíclicamente las señales de entrada, combinándolas en secuencias a través de la línea. Puede funcionar a nivel de bit o a nivel de carácter, siendo este último el más eficiente dado que requiere menos caracteres de control [11].

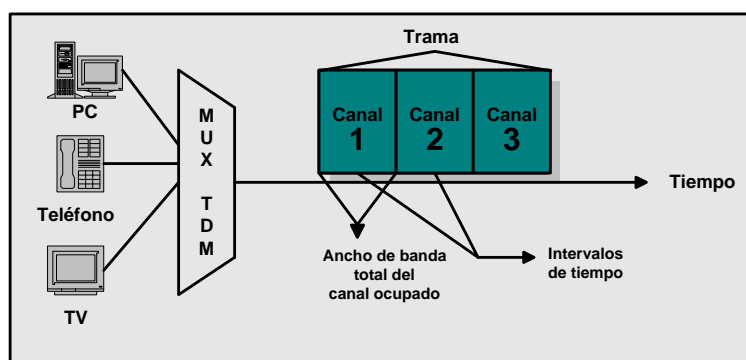


Figura 3.25. Multiplexación por División en el Tiempo.

Como una desventaja que presenta TDM, se tiene que en el caso de que un canal no sea usado, ese intervalo de tiempo no se aprovecha por los otros canales, enviándose en vez de datos bits de relleno⁶.

3.11.1.2 MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDM).

La Multiplexación por División de Frecuencia (*FDM, Frequency Division Multiplexing*), es un esquema de multiplexación analógico que divide el ancho de banda de transmisión entre varios canales. Cada uno de estos canales ocupa una parte del ancho de banda de la frecuencia total, permitiendo la emisión de la información, de una manera simultánea y bajo un mismo medio de comunicación. La división del ancho de banda se lo realiza de una forma fija, sin importar el tráfico de información (voz, datos o video) generado por cada terminal. Así, muchos canales de banda relativamente angosta, pueden ser transmitidos en un solo sistema de transmisión de banda ancha.

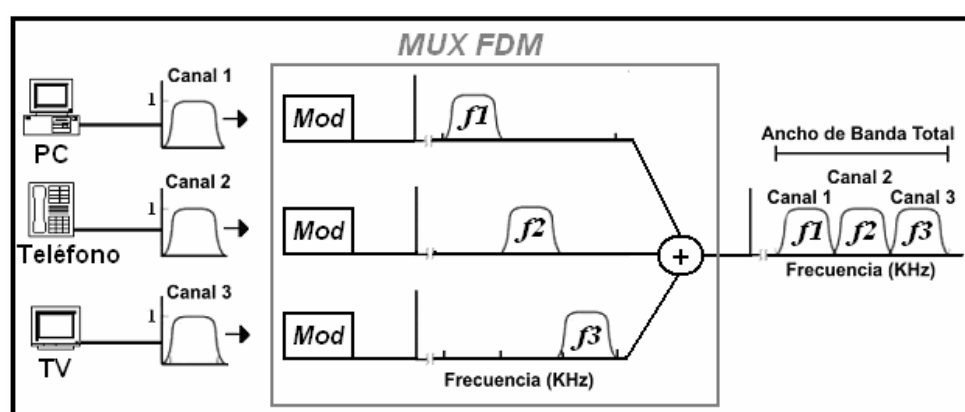


Figura 3.26. Multiplexación por División de Frecuencia.

⁶ BITS DE RELLENO.- Bits extra para completar los canales vacíos que puede generar el multiplexor.

Como se puede observar en la figura 3.26, las señales generadas por cada dispositivo emisor se modulan usando distintas frecuencias portadoras, obteniéndose como resultado una señal compuesta que será transportada por el enlace. A los canales generados por FDM se los conoce como subcanales.

3.11.2 DUPLEXIÓN.

Los métodos de *duplexión*, son mecanismos que permiten realizar comunicaciones bidireccionales a través de la misma antena; es decir, que la información que se transmite vía radio se mueve en modo dúplex, lo que significa que para cada transmisión en una dirección, se espera una respuesta, y entonces se responde en la otra dirección.

Básicamente se tiene dos tecnologías de radio dúplex principales, empleadas tanto para la transmisión como para la recepción de la información. Así tenemos: *la duplexión por división de frecuencia (FDD)* y *la duplexión por división de tiempo (TDD)*.

3.11.2.1 DUPLEXIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDD).

La Duplexión por División de Frecuencia (*FDD, Frequency Division Duplexing*), es una técnica empleada para realizar comunicaciones punto a punto de alta

velocidad, utilizando bandas de frecuencia diferentes para los enlaces de subida y de bajada; es decir, que con FDD la emisión y recepción de la información se la puede realizar a través de dos canales con frecuencias de operación separadas, una para el transmisor y otra para el receptor. Estas bandas de frecuencia se encuentran distanciadas por una banda de guarda lo suficientemente amplia para evitar las interferencias.

La figura 3.27 muestra la distribución del uso del espectro con FDD.

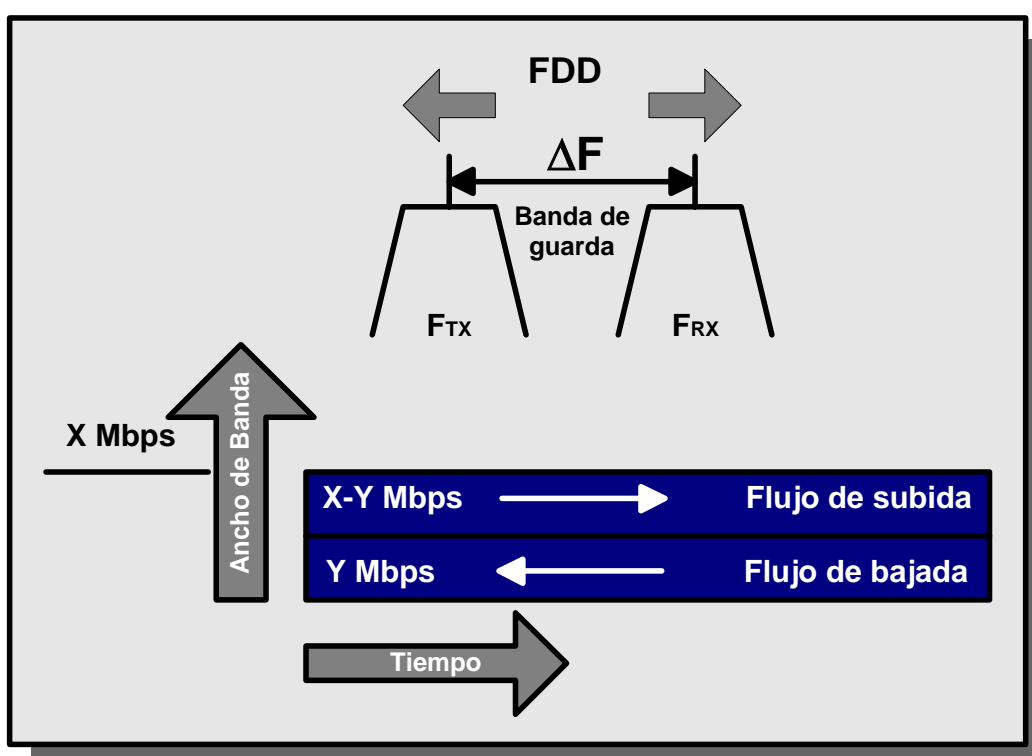


Figura 3.27. FDD.

Para realizar la comunicación con FDD, se podría optar por la utilización de una antena común como un sistema de filtrado simple, ya que el ancho de banda utilizado en FDD es variable y el ciclo de trabajo transmisor/receptor es fijo. Los sistemas de filtrado se llaman duplexores y nos permiten usar los dos canales disponibles (transmisión y recepción) como si fueran uno, en el modo Full-Dúplex⁷.

3.11.2.2 DUPLEXIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDD).

La Duplexión por División de Tiempo (*TDD, Time Division Duplexing*), es una técnica que se emplea habitualmente en entornos multipunto, ya que utiliza la misma frecuencia para realizar el flujo de datos de subida como para los de bajada, pero con separaciones de tiempo diferentes; es decir, que a través de un solo canal se puede efectuar la transmisión y recepción de la información, a distintos intervalos de tiempo para cada flujo. Con TDD, no se pierde capacidad en la separación transmisor-receptor, ya que TDD no requiere de un espacio mínimo de separación entre las bandas de transmisión y de recepción (“banda de guarda” utilizada en FDD). Además TDD ofrece una mayor eficiencia en cuanto al uso del ancho de banda. La figura 3.28 muestra la distribución del espectro con TDD.

⁷ FULL-DÚPLEX.- Transmisión de datos al mismo tiempo en ambas direcciones.

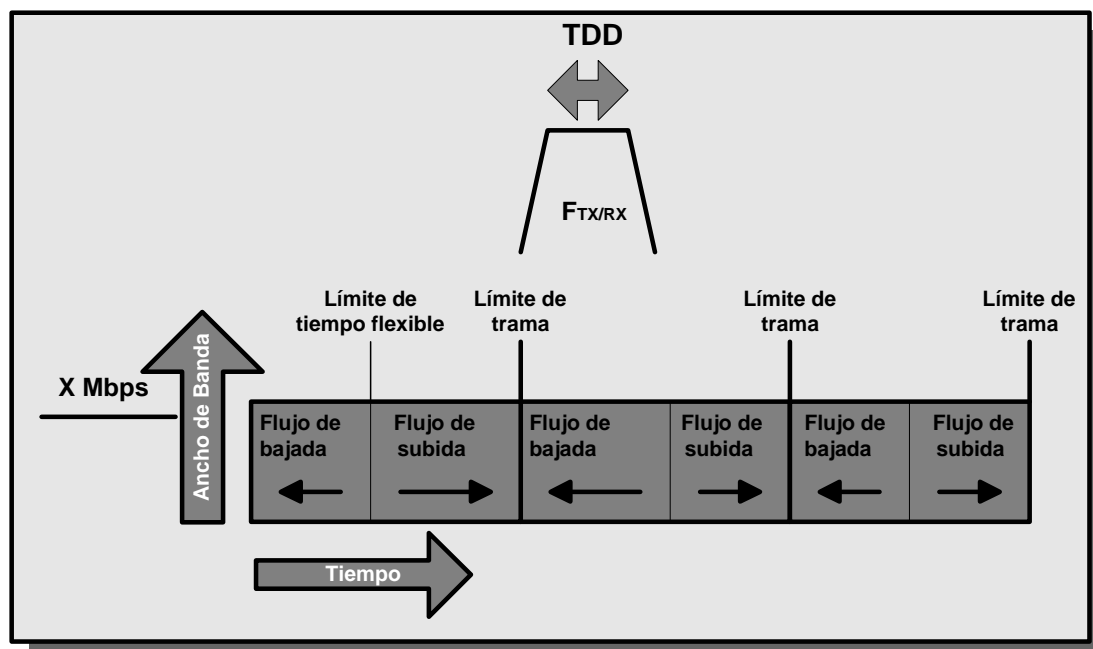


Figura 3.28. TDD.

Con TDD, el ancho de banda a ocupar se lo establece mientras el ciclo de trabajo transmisor/receptor varía en el tiempo. Esta clase de dúplex opera en el modo Half-Dúplex⁸, ya que el usuario necesariamente tiene que dar una indicación de que ha terminado de transmitir, y está preparado para recibir respuesta de otro usuario.

En conclusión se puede decir que tanto TDD como FDD consumen una cantidad del espectro equivalente para una velocidad efectiva dada. Sin embargo, presentan ciertas diferencias tales como:

⁸ HALF-DÚPLEX.- Transmisión de datos en ambos sentidos pero alternativamente.

- Con TDD se puede abarcar una mayor cantidad de abonados que con FDD, con la misma cantidad de espectro.
- TDD es flexible, ya que permite al operador adaptarse fácilmente a los enlaces ascendentes y descendentes de la red.
- TDD permite al suscriptor abastecerse con la totalidad de la demanda requerida sin tener espectro inutilizado.

3.12 MÉTODOS DE ACCESO.

Una de las estrategias más importantes para aumentar el número de usuarios en un sistema basado en celdas, como en el caso del sistema LMDS, radica principalmente en las técnicas de acceso múltiple. Las técnicas de acceso múltiple en un sistema de acceso inalámbrico permiten establecer enlaces simultáneos entre la estación base y varias terminales de usuario en una celda, por medio de un canal o ancho de banda determinado.

Entre los métodos de acceso múltiple más usados tenemos los siguientes [10]:

- *Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA).*
- *Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA).*
- *Acceso Múltiple por División de Código (CDMA).*

3.12.1 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA (FDMA).

FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), es un método para accesos múltiples que subdivide el ancho de banda total del canal de RF en bandas de frecuencia más pequeñas llamadas *subdivisiones o subcanales*. Este método utiliza un mecanismo de control, el cual se encarga de asignar a cada estación terminal un subcanal diferente; asegurándose de esta manera, que no exista una transmisión de dos estaciones en el mismo instante de tiempo y bajo la misma subdivisión.

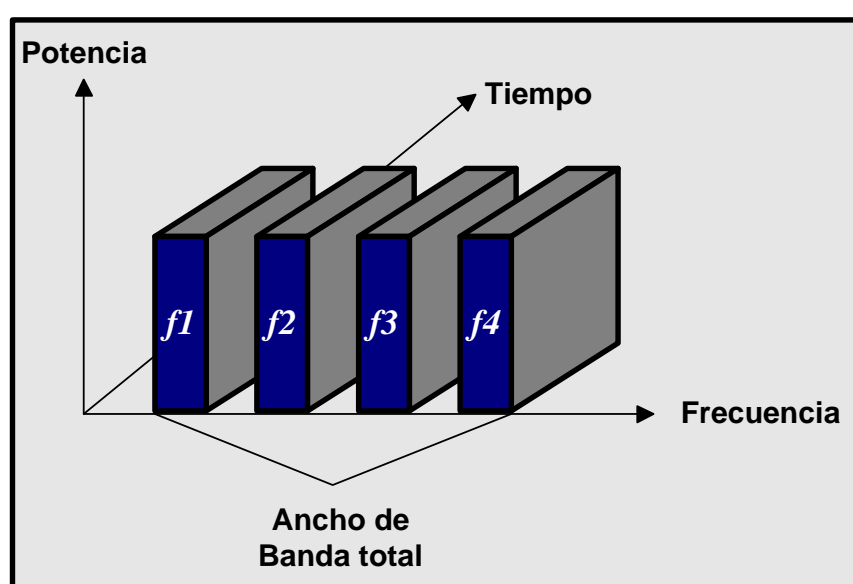


Figura 3.29. Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

Como se puede ver en la gráfica, el ancho de banda total del canal de comunicaciones es dividido en diferentes frecuencias. A modo de ejemplo, se

puede decir que, con n estaciones, el rango de frecuencias es dividido en n y cada estación obtiene un canal privado de frecuencias que no interfiere con los demás, ya que hay una separación de guarda o seguridad que evita las interferencias entre subcanales vecinos.

Como una desventaja que presenta FDMA, se tiene que al aumentar el número de usuarios alrededor de una celda, los canales de transmisión se saturan. Por el contrario, al tener un número de estaciones reducido y el tráfico de información uniforme, FDMA presenta una alta eficiencia.

3.12.2 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDMA).

TDMA (*Time Division Multiple Access*), es un método de transmisión digital, que permite a varios usuarios acceder a un simple canal de radio sin interferencia mediante la asignación de intervalos de tiempo fijos (time slot).

Con este método, cada estación terminal, puede transmitir una ráfaga de información dentro de una trama TDMA durante un periodo preciso de tiempo, en el cual se ocupa toda la capacidad disponible del canal. En la figura 3.30 se muestra una representación gráfica del método de acceso TDMA.

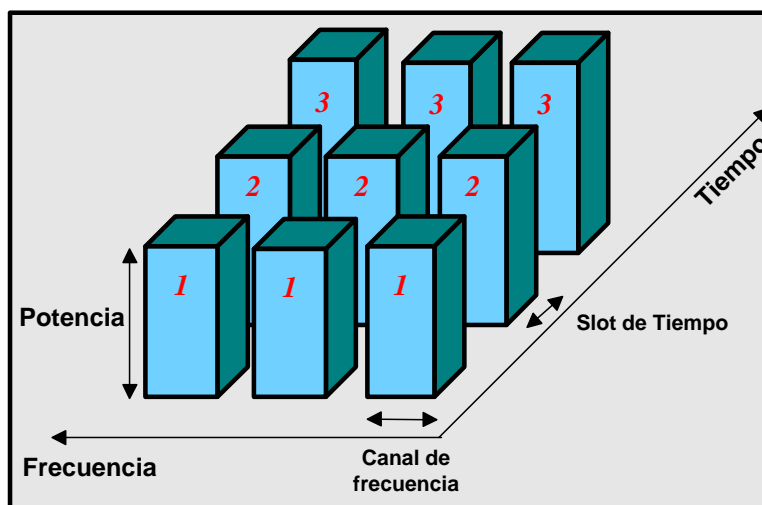


Figura 3.30. Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA).

En la gráfica se puede observar, que TDMA utiliza el espectro de manera similar a FDMA, pero las portadoras se dividen a su vez en una serie de intervalos de tiempo para su uso.

La principal desventaja que presenta TDMA en comparación con FDMA es que las transmisiones de cada estación efectuadas con TDMA deben ocurrir durante un intervalo de tiempo exacto.

A pesar de esto, TDMA es el método más utilizado actualmente para accesos múltiples, ya que soporta una gran variedad de servicios como: voz, datos, servicios de mensaje, etc.; ofreciendo una gran flexibilidad y alta eficiencia relacionada con la capacidad y la cobertura. Además, permite una integración fácil con otros sistemas de comunicación.

3.12.3 ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO (CDMA).

CDMA (*Code Division Multiple Access*), es un método de acceso que permite a las estaciones terminales acceder simultáneamente y al mismo tiempo a la estación base, ya que aquí no hay restricciones de tiempo o de ancho de banda; es decir no se tiene una limitación sobre la utilización de la frecuencia de portadora y el momento en el cual se puede realizar una transmisión. Las transmisiones en CDMA se encuentran codificadas, empleando técnicas de encriptación y desencriptación de señales para conocer la información perteneciente a cada terminal. Estas señales solo son reconocidas por medio del código que es único para cada señal.

3.13 MÉTODOS DE MULTIPLEXACIÓN Y ACCESO EN LMDS.

Los diseños de sistemas inalámbricos se basan en los métodos de acceso analizados en la sección anterior. Estos métodos son aplicados para la comunicación desde las terminales de usuario hacia la estación base, concretamente para el enlace ascendente (upstream); en tanto que, para el enlace contrario, de la estación base a la estación del suscriptor (downstream), casi todas las compañías proveedoras utilizan el método de multiplexación por división de tiempo (TDM), ya sea que se emplee para realizar la conexión con

un usuario específico (conectividad punto a punto) o para realizar conexiones compartidas entre múltiples abonados (sistemas punto a multipunto).

En la actualidad, la mayoría de las operadoras del sistema LMDS y los grupos de estandarización, prefieren utilizar los métodos de acceso TDMA y FDMA.

En la figura 3.31 se ilustra un diagrama de acceso para un sistema LMDS, en donde se puede observar, que para el enlace de bajada se utiliza el método TDM y para el enlace de subida se emplea el método de acceso FDMA. Cabe destacar que en este esquema de acceso, varios usuarios comparten la misma conexión durante el flujo de datos de bajada; mientras que, para el enlace ascendente cada una de las unidades de interfaces de red de los usuarios (UIN), emplean frecuencias separadas para el acceso a la estación base.

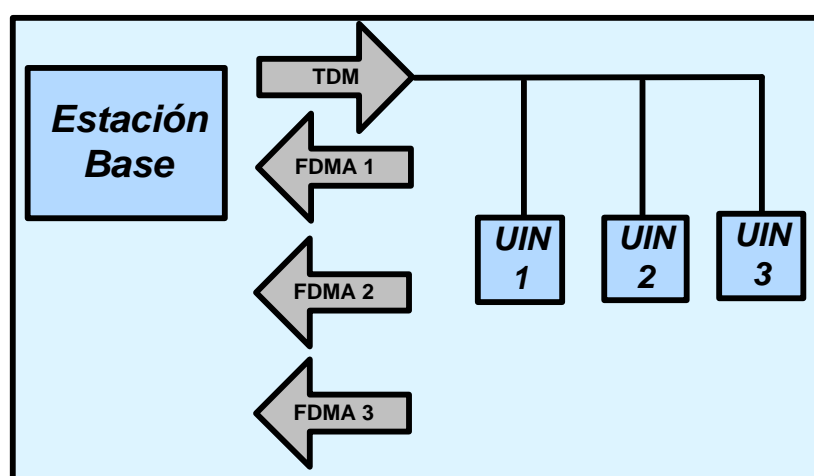


Figura 3.31. Multiplexación TDM y acceso FDMA [7].

Por otro lado, en algunos enlaces de radio se tiene la posibilidad de operar con una configuración que combina los métodos de acceso FDMA y TDMA. Bajo esta configuración, se puede hacer uso de los dos métodos al mismo tiempo, sin que esto afecte el correcto funcionamiento de la red y permitiendo tener un mayor número de aplicaciones en el sistema.

Así por ejemplo, en la figura 3.32 se muestra el esquema de un sistema LMDS que utiliza TDM para el enlace de bajada y un método combinado de acceso múltiple TDMA y FDMA para el enlace de subida. Debe notarse que con la introducción del método de acceso TDMA, múltiples usuarios comparten tanto el canal ascendente como el canal descendente.

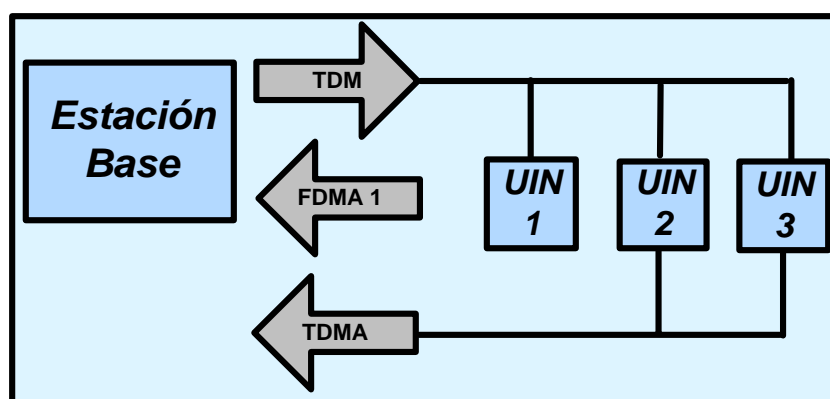


Figura 3.32. Multiplexación TDM y acceso FDMA-TDMA [7].

Estos dos métodos de acceso probablemente serán los que proporcionen la mayor parte de los enlaces de acceso en los sistemas LMDS durante los

próximos años; es por esto que, la decisión de combinar o no ambas tecnologías, o la implementación de uno u otro depende del criterio del diseñador de la red y de los requerimientos del cliente final.

En el caso de que un usuario necesite una conexión inalámbrica las 24 horas del día y si la cantidad de información a transmitirse es muy grande, un enlace FDMA será la mejor opción, curse o no, tráfico de datos, ya que el usuario está pagando para recibir un ancho de banda dedicado sobre un sistema de acceso.

También se pueden presentar casos en los cuales los usuarios tienen una red Ethernet 10BaseT para el acceso a Internet, en donde la cantidad de datos enviados es mucho menor que la cantidad de datos recibidos (bajo tráfico ascendente); por lo que para resolver este problema se suele emplear el acceso TDMA, ya que este método permite que múltiples usuarios con bajo tráfico, compartan un canal simple [7].

Existen temas adicionales relacionados con la elección de TDMA o FDMA, tales como la eficiencia del Control de Acceso al Medio (MAC)⁹, la eficiencia del multiplexor de usuario, la máxima velocidad de datos durante las horas pico, la distancia del enlace que puede sostenerse para varios métodos de acceso y las mezclas de tráfico de datos simétricos y asimétricos.

⁹ MAC.- Protocolo para acceder a un medio de comunicaciones específico.

Todos estos puntos relacionados con la elección de FDMA o TDMA se resumen en la siguiente tabla [7].

ITEMS	TDMA	FDMA
Eficiencia de transmisión del usuario.	Responde de manera eficiente al tráfico rápido de datos y no solicita slots de tiempo a menos que sea necesario; es decir, solo se hace uso de la banda cuando hay información que transmitir.	Los enlaces FDMA están siempre activos, independientemente de si el usuario envía o no datos.
MAC inalámbrico.	Los rangos de eficiencia del control de acceso al medio van del 65% al 90% o más, dependiendo de las características del tráfico y del diseño del MAC.	La eficiencia es estimada en un 100% y no se necesita control de acceso al medio (MAC).
Característica de usuarios mixtos.	Ambos sistemas, FDMA y TDMA, permiten realizar multiplexación para poder manejar distintos usuarios a la vez.	Ambos métodos de acceso multiplexan varios enlaces en uno.
Eficiencia del canal.	La eficiencia del canal es estimada en un 88%.	La eficiencia del canal es del 100%.
Velocidad máxima de datos.	TDMA permite flujos de datos a la velocidad máxima dependiendo de la demanda.	FDMA provee una conexión permanente con flujos continuos.
Porcentaje de FEC (Control de errores en la transmisión).	De 75% a 85%.	91%.

Tabla 3.3. Resumen comparativo de TDMA y FDMA.

3.14 CAPACIDADES Y COBERTURAS.

3.14.1 CAPACIDAD DEL SISTEMA.

En una red de acceso fijo inalámbrico LMDS, la capacidad del sistema viene relacionada directamente con la frecuencia a la cual se encuentra operando el sistema, a fin de optimizar la implementación del mismo. Esta capacidad puede ser medida en términos de la velocidad de transferencia en Mbps y la cantidad de usuarios o de equipos terminales que pueda tener una determinada celda.

En consecuencia se puede definir a la capacidad de un sistema LMDS como el resultado de multiplicar el número de celdas o estaciones base que constituyen el área total de servicio, por la capacidad de cada celda, es decir por el número de equipos o abonados que se pueda manejar en cada célula [12].

Como ya se analizó anteriormente, cada celda se encuentra dividida en sectores y cada sector da servicio a un limitado número de abonados usando los métodos de acceso múltiple como FDMA, TDMA o una combinación de ambos. A continuación se presenta el cálculo de la capacidad de velocidad de transmisión para cada sector con enlaces que utilizan FDMA o TDMA.

3.14.1.1 CAPACIDAD DE LA TASA DE DATOS CON ACCESO FDMA.

Con este método de acceso, la capacidad de cada celda es igual al número de sectores dentro de la celda, multiplicado por la capacidad del sector. Para dar un ejemplo básico asumimos los valores de la tabla que se presenta a continuación.

Modulación	Eficiencia en bps/Hz
<i>BPSK</i>	~ 0.8
<i>QPSK</i>	~ 1.5
<i>DQPSK</i>	~ 1.5
<i>8-PSK</i>	~ 2.5
<i>4-QAM</i>	~ 1.5
<i>16-QAM</i>	~ 3.5
<i>64-QAM</i>	~ 5.0

Tabla 3.4. Eficiencia Espectral de acuerdo al tipo de modulación [13].

Esta tabla representa valores típicos de la eficiencia espectral de acuerdo al tipo de modulación empleado, con una velocidad constante de 2 Mbps.

Usando estas eficiencias espectrales y asumiendo que se tiene 1GHz de espectro disponible con un reuso de frecuencias de 2, el sistema LMDS puede proveer 500 MHz de espectro para su uso en cada sector. Además se asume, que los enlaces de subida y de bajada son simétricos, con lo cual se tiene 250 MHz disponibles para cada dirección por sector. De este modo, se presenta en el siguiente ejemplo la capacidad por sector con los datos antes mencionados.

Si cada usuario local utiliza 5 MHz con enlaces FDMA y modulación 4-QAM, se obtendrá una capacidad de 7.5 Mbps ($5\text{MHz} * 1.5$) por usuario.

Como se tiene 250 MHz de espectro total para el enlace descendente, de los cuales 5 MHz son utilizados por cada usuario, al dividir estos datos, se tiene el total de los enlaces, que en este caso son 50, los mismos que multiplicados por la capacidad de cada abonado, se obtendrá una capacidad total de 375 Mbps para el downstream. Para el upstream, la capacidad será la misma, dado que los enlaces son simétricos.

Para el caso en que se desee obtener una capacidad por sector más amplia, se debe aumentar la eficiencia de modulación. Así por ejemplo, con una modulación de 16-QAM, cada usuario tendrá una velocidad de transmisión de 17,5 Mbps.

3.14.1.2 NÚMERO MÁXIMO DE USUARIOS POR SITIO CON ACCESO FDMA.

En los cálculos realizados anteriormente, el ancho de banda de los canales FDMA es de 5 MHz. Usando estos valores, se puede dar una estimación de cuántos abonados son posibles enlazar por sector. El número total de abonados por celda, indica el número de sectores en cada célula. En el ejemplo analizado, se tiene un total de 50 usuarios por sector (250 MHz / 50 MHz.)

3.14.1.3 CAPACIDAD DE LA TASA DE DATOS CON ACCESO TDMA.

En los sistemas que utilizan enlaces TDMA se tiene una capacidad reducida de la velocidad de datos, comparada con la de los sistemas que utilizan FDMA. Esta reducción en la capacidad de la tasa de datos está en el rango del 80%.

Además con TDMA no se emplea la modulación 64- QAM; lo que implica que la variedad de velocidades alcanzables en los sistemas FDMA no están disponibles para TDMA.

No obstante, los esquemas de modulación 64-QAM son útiles solamente cuando se realiza enlaces de corta distancia, debido al incremento de los

niveles de señal requeridos para esta operación. Por lo tanto, la modulación 64-QAM con acceso FDMA es útil cuando los usuarios con altos requerimientos de velocidad de transmisión están cerca de la estación base.

3.14.1.4 NÚMERO MÁXIMO DE USUARIOS POR SITIO CON ACCESO TDMA.

Los sistemas con enlaces TDMA son la mejor alternativa cuando muchos abonados de baja velocidad necesitan ser servidos. Por ejemplo, si se asume que para un sistema LMDS se tiene un ancho de banda disponible de 250 MHz para el upstream y que se utilizan canales TDMA de 5 MHz; se obtendrá un número aproximado de 80 conexiones simultáneas DS-0 (64 Kbps) por cada canal de 5 MHz. Por lo tanto, el número total de suscriptores simultáneos DS-0 en el sistema TDMA por sector son de 4000 (80 DS-0 por canal * 250/5 = 4000) [7]. El número total de conexiones simultáneas DS-0 sobre la celda depende del número de sectores.

3.14.2 COBERTURAS DEL SISTEMA LMDS.

Las elevadas frecuencias utilizadas en estos sistemas limitan enormemente la cobertura como consecuencia de la atenuación introducida en el trayecto de propagación vía radio. Esto les confiere una estructura celular, de tal forma que

existen estaciones base distribuidas por toda la zona que se desea cubrir. Los radios de las celdas varían, dependiendo de la potencia de los transmisores, si se tiene línea de vista directa y de las condiciones ambientales como la atenuación que produce la lluvia.

Así, las distancias típicas de cobertura para los sistemas LMDS pueden alcanzar hasta los 15 Km para una disponibilidad de servicio del 99,9%. Los usuarios ubicados a 15 Km de la estación base, con un nivel de humedad mínimo, no recibirán servicio en una media de 8 horas por año, mientras que los usuarios más cercanos tendrán una disponibilidad mejor.

Si la disponibilidad aumenta al 99,99%, el alcance se reduce a 5 Km, siendo esta la distancia promedio para realizar los enlaces; mientras que para el 99,999% se tendría una distancia máxima de tan solo 1 Km. Hay que notar que el 99,999% de disponibilidad representa aproximadamente unos 5 minutos fuera de servicio al año. Sin embargo, estos tamaños con el tiempo aumentarán según el avance tecnológico de los amplificadores de potencia.

Las distancias de operación, también dependen del tipo de modulación a utilizarse tal como se lo analizó en la sección 3.10. Por ejemplo con QPSK y 4-QAM se pueden obtener distancias de 10 Km o más, mientras que con 16-QAM la distancia puede ser de 5 Km y con 64-QAM las distancias son de 2,5 Km.

Todas estas distancias son aproximadas y dependen de los detalles específicos del diseño, condiciones meteorológicas relativas a lluvia, nivel de solapamiento de las células, características del equipo a utilizar, factores como la vegetación, altura de las antenas de la estación base así como de las antenas de los usuarios, etc. Cabe resaltar que los factores de atenuación por lluvia y vegetación se producen a frecuencias mayores a los 8 GHz.

Como un ejemplo claro de las distancias de cobertura del sistema LMDS se puede citar los sistemas implementados en Miami (similar al clima de la ciudad de Guayaquil) en donde el alcance máximo es de 3 Km con una disponibilidad del 99,99%. Otro sistema similar es el diseñado en Denver (clima algo parecido al de la ciudad de Quito en cierta época del año), el mismo que puede soportar una distancia de 5 Km o más con la misma disponibilidad.

3.15 PROPAGACIÓN.

Un área de continua investigación dentro de los sistemas de acceso inalámbrico LMDS, está relacionada con el comportamiento de la propagación de las ondas debido a las altas frecuencias a las que opera dicho sistema.

Como los sistemas LMDS operan generalmente a 28 GHz, estos son muy susceptibles a los efectos de la lluvia, causándose una reducción en el nivel de la señal, debido a que las moléculas de agua afectan el comportamiento de las señales de frecuencia elevada en términos de transferencia de parte de la energía de la señal a la molécula de agua, lo que produce un efecto de degradación de la señal conocido como "*rain fade*".

De esta manera, la lluvia constituye en principio un problema para LMDS ya que provoca la pérdida de la potencia de las señales. Esto se soluciona básicamente aumentando la potencia de transmisión, reduciendo el tamaño de la célula o mediante ambos métodos a la vez. En el primer caso se utilizan normalmente sistemas de potencia variable, que asociados a equipos de detección de lluvia, aumentan la potencia de transmisión de forma automática cuando se produce la lluvia. Por otro lado, cuando la optimización en la variación de potencia no resulta suficiente, se disminuye el tamaño de la célula para conseguir más potencia. De hecho, en células con radio menor de 8 km el "rain fade" no aparece. Por lo tanto, en áreas geográficas con niveles de lluvia medios e incluso elevados se han conseguido niveles de fiabilidad del orden del 99,99%. Otros agentes meteorológicos, como la nieve o el hielo, no introducen ningún tipo de deterioro en la señal.

El sector de las radiocomunicaciones UIT-R, que es el organismo encargado de la regulación del espectro de frecuencias radioeléctricas, está formado por siete comisiones que se encargan del estudio de la propagación de las señales. Dentro de estas, el grupo de tareas especiales 3/2 (GTE 3/2), tiene procedimientos de estimación para la atenuación por intensidad de lluvia; sin embargo hay datos limitados y poca experiencia en sistemas de pequeñas celdas punto a multipunto.

Otro de los factores principales considerados en la propagación de las señales es el análisis del desvanecimiento por multitrayectos en las bandas de bajas frecuencias. A las frecuencias de LMDS, el desvanecimiento por multitrayectos no es considerado como un efecto importante; primero porque las frecuencias de LMDS son mucho más dependientes de la línea de vista, lo que significa que el efecto de sombra y la difracción no ocurren continuamente como a bajas frecuencias. Segundo, las antenas de usuarios empleadas en los sistemas LMDS son ubicadas en sitios altos, preferentemente en los techos; ya que la altura de las antenas juega un papel muy importante en la reducción de los efectos de multitrayectos. Por último tenemos que las antenas en LMDS son altamente directivas y se encuentran en un lugar fijo, lo que permite elegir la mejor posición de apuntamiento, ayudando a mejorar el desempeño del sistema.

Finalmente, la altura de la vegetación en relación a la altura de los edificios de los usuarios comerciales y residenciales es otro de los aspectos a considerar en la propagación, ya que esto ayudará a determinar el porcentaje de techos de edificios que pueden ser radiados desde una antena de un sector particular de una estación base.

3.16 ESTANDARIZACIÓN DEL SISTEMA LMDS.

Hasta hace poco tiempo, los proveedores de sistemas inalámbricos ofrecían a los usuarios soluciones propietarias que originaban la aparición de diferentes tipos de sistemas o estándares regionales con los mismos objetivos de mercado, eliminando la posibilidad de que estos sistemas puedan migrar a futuras tecnologías o actualizaciones. Así por ejemplo, en los Estados Unidos el sistema LMDS opera a una frecuencia determinada; mientras que en Europa y en Canadá a este mismo sistema se lo conoce como MVDS y LMCS respectivamente, los mismos que trabajan a frecuencias diferentes, como se ilustra en la figura 3.33.

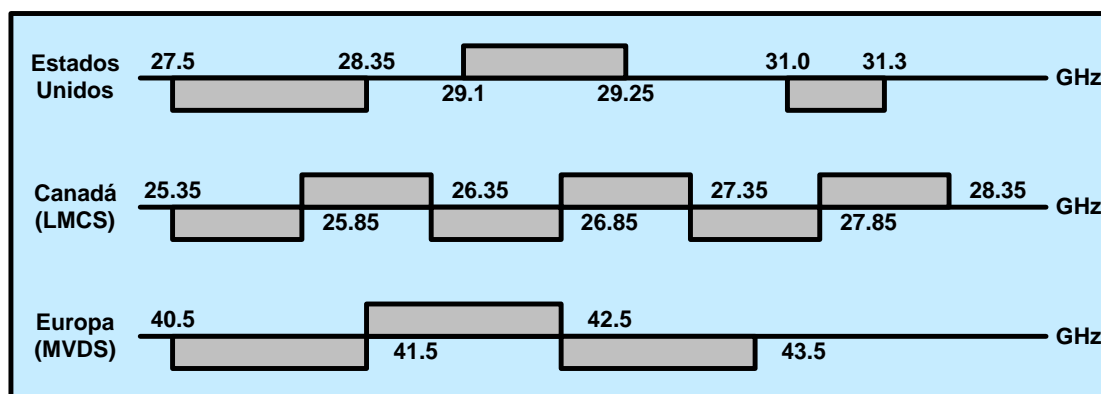


Figura 3.33. Localización espectral de USA, Canadá y Europa.

Debido a esto, la mayoría de fabricantes ha motivado el inicio de un proceso de estandarización, el mismo que cambiará de manera drástica lo analizado en un principio.

El proceso de la estandarización permite a los fabricantes producir equipos con similares características, lo cual aumenta la oferta y al crecer la oferta se reducen los costos de los mismos. Además, con la existencia de la estandarización se garantiza la interoperabilidad y una fácil migración a sistemas futuros.

En los actuales momentos, tres son los organismos encargados del control de las actividades de estandarización, los mismos que son: la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la ETSI (Instituto Europeo de Normas de

Telecomunicaciones). Estas entidades mantienen un ritmo de trabajo unificado, a fin de obtener varias normas que regularicen las redes de acceso inalámbrico fijo de banda ancha punto a multipunto.

3.17 INTERFACES.

Una interfaz es el medio por el cual se comunican dos dispositivos de diferente naturaleza, ya sea transmitiendo datos, voz o video en forma digital o en forma analógica previamente digitalizada a través de uno o varios protocolos de comunicación.

Las interfaces que intervienen en un sistema de acceso LMDS se pueden clasificar en: interfaces de red, interfaz aire e interfaces de usuario. Estas interfaces, deben estar sujetas a un estándar de interfaz, a fin de que se pueda especificar la interconexión bidireccional entre los dos extremos de la interfaz a la vez.

La especificación incluye el tipo, cantidad y funciones de los medios de interconexión y el tipo, forma y secuencia de las señales a ser intercambiadas por estos medios.

La figura 3.34 muestra un esquema simplificado de un sistema LMDS, en el cual se indica las interfaces de usuario, de red y la interfaz aire.

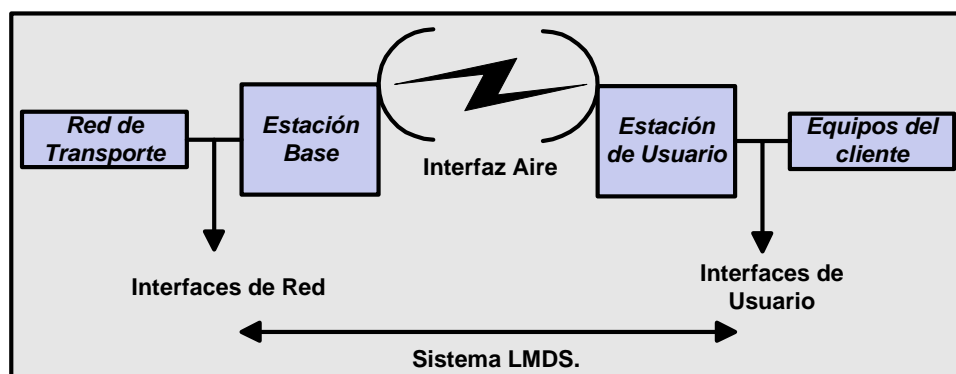


Figura 3.34. Interfaces en el Sistema LMDS.

Como se puede observar en la figura, un sistema LMDS está integrado en forma general por al menos una estación de suscriptor (TS), una estación base (BS) y el interfaz aire que permite la comunicación inalámbrica entre BS y TS.

Tanto la estación base como la de suscriptor suelen estar divididas físicamente en dos módulos: una unidad interna denominada IDU (*InDoor Unit*) y una unidad externa llamada ODU (*OutDoor Unit*). Esta separación física se debe a la estrategia industrial de dividir los equipos en dos unidades tomando en cuenta si los elementos dependen o no de la frecuencia de operación.

Cabe añadir que el interfaz que permite comunicar la IDU con la ODU de las estaciones base y de suscriptor (interfaz de frecuencia intermedia IF) no ha

sido definida por ninguno de los proyectos de estandarización, por lo que la elección de esta interfaz es libre para los fabricantes.

En la siguiente figura se muestra los elementos que forman parte tanto de la IDU como de la ODU.

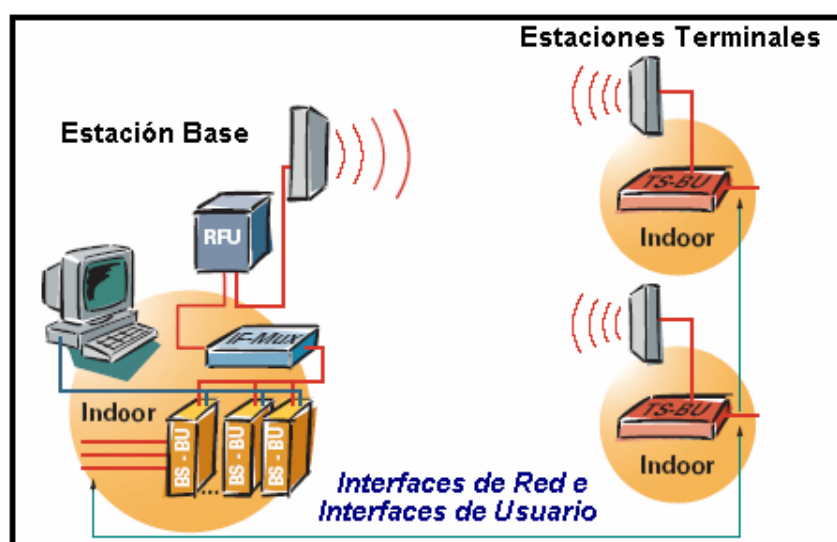


Figura 3.35. Elementos de la IDU y ODU.

A continuación se detallan las interfaces más utilizadas en el sistema LMDS.

3.17.1 INTERFACES DE RED.

Las interfaces de red son utilizadas para realizar la conexión entre la red de transporte y una determinada estación base. La red de transporte puede ser:

una red de datos de banda ancha, la red telefónica pública conmutada (PSTN) o la red ISDN. Además, dicha estación base puede efectuar conexiones con más de una red de transporte, a través de una o varias interfaces red. Dentro de esto se tiene dos tipos de interfaces de red: ATM o G.703.

3.17.1.1 TRÁFICO DE DATOS.

El tráfico de datos se lo envía a través de una interfaz ATM, generalmente hacia una red ATM conmutada, caso contrario hacia un ruteador o nodo de acceso remoto de banda ancha.

La interfaz ATM, es un sistema de transmisión de datos usado en banda ancha para aprovechar al máximo la capacidad de una línea, soportando velocidades de hasta 1,2 Gbps. Por otro lado, la interfaz que cumple la recomendación G.703 de la UIT-T, provee una velocidad de 2,048 Mbps y utiliza conectores BNC coaxial realizar la transmisión/recepción de la información.

3.17.1.2 TRÁFICO DE CIRCUITOS ORIENTADOS.

Las interfaces E1 y T1 son utilizadas para realizar el acceso a la red tanto para telefonía como para los servicios de líneas dedicadas¹⁰. Físicamente estas

¹⁰ LÍNEA DEDICADA.- Línea de comunicación que mantiene una permanente conexión entre dos o más puntos.

interfaces se las puede conseguir mediante interfaces dedicadas T1/E1, cumpliendo la recomendación G.703, la misma que asigna una velocidad de 2,048 Mbps para la interfaz E1 y 1,544 Mbps para la interfaz T1.

3.17.2 INTERFAZ AIRE.

La interfaz aire es la frontera común entre la estación del suscriptor y la estación base, ya que define la forma de operación de los sistemas punto a multipunto. Esta interfaz varía de acuerdo a las especificaciones de cada fabricante.

3.17.3 INTERFACES DE USUARIO.

Las interfaces de usuario son utilizadas para realizar la conexión entre la estación del suscriptor y los equipos terminales correspondientes a la aplicación del cliente. Entre las interfaces de usuario, utilizadas en un sistema LMDS tenemos las siguientes [8]:

3.17.3.1 INTERFAZ ETHERNET.

Ethernet es la tecnología de red estándar internacional para implementaciones con medios cableados, las mismas que pueden ser del tipo 10BaseT, que

ofrece una velocidad de transmisión de 10 Mbps, o 100BaseT con una velocidad de 100 Mbps.

3.17.3.2 INTERFAZ BA-ISDN.

La interfaz de acceso básico ISDN de banda ancha, es utilizada para la estructura de la unidad interna (UIN), la misma que requiere de una terminación de red estándar para la adaptación de esta interfaz a las exigencias del usuario, utilizando para dicha conexión conectores del tipo RJ11.

3.17.3.3 INTERFAZ POTS (Servicio Telefónico Tradicional).

La interfaz POTS (*Plain Old Telephone Service*), es la interfaz del teléfono convencional de dos hilos que utiliza conectores del tipo RJ11. Esta interfaz no debe estar expuesta al aire libre, puesto que no tiene protección contra los rayos ultravioletas del sol. La distancia máxima entre la entrada de la señal y los aparatos está limitada a unas pocas decenas de metros, dependiendo del diámetro del par de cobre a utilizarse. Con la interfaz POTS se pueden activar más de cinco aparatos telefónicos en la misma línea.

3.17.3.4 INTERFAZ E1/T1 O FRACCIONAL E1/T1.

Esta interfaz es utilizada por líneas dedicadas, en donde se asume que el equipo conectado a esta interfaz es compatible con el equipo terminal localizado en el otro lado del sistema LMDS, es decir en la estación base.

En la siguiente tabla se resume las interfaces de usuario antes mencionadas y los potenciales servicios que se pueden ofrecer con cada una de ellas.

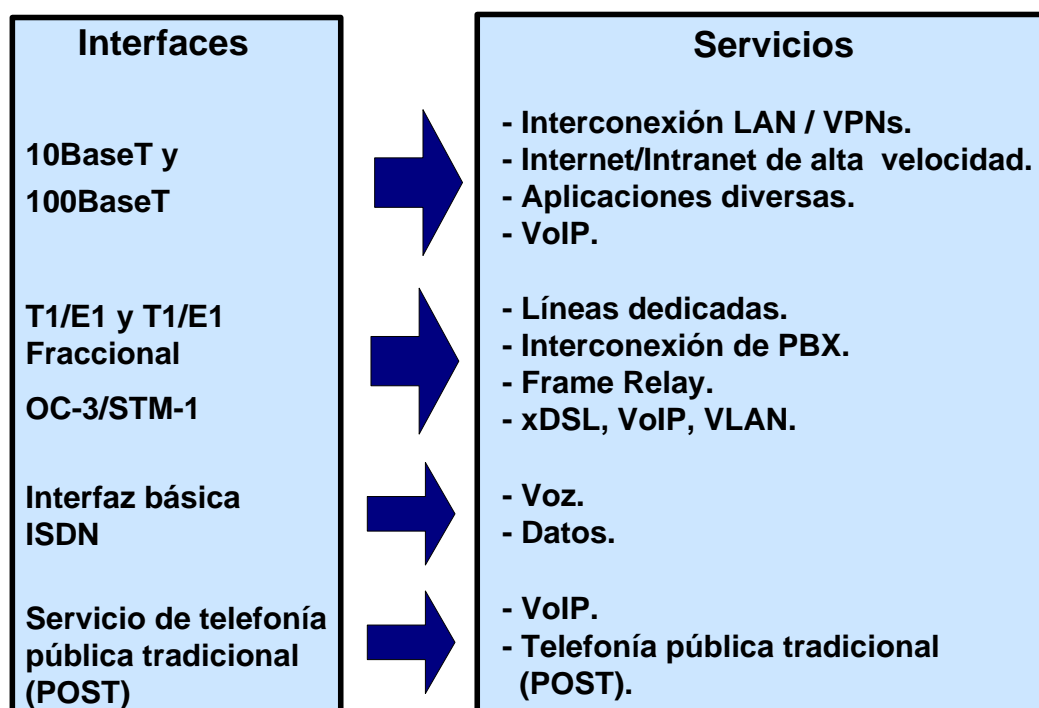


Tabla 3.5. Interfaces y servicios de usuario.

3.18 SERVICIOS OFRECIDOS POR LMDS.

La gama de servicios que se pueden ofrecer con el sistema LMDS es muy amplia, debido al enorme espacio de espectro electromagnético que posee; además, dependiendo del ancho de banda asignado y del tipo de modulación empleado, el sistema LMDS permitirá brindar velocidades de aproximadamente 2 Gbps o superiores, lo que implica a tener enormes cantidades de información circulando por la red.

En la actualidad la mayoría de proveedores de acceso inalámbrico de banda ancha a redes fijas vía ondas de radio milimétricas, pueden ofrecer servicios desde distribución de video en una vía, telefonía y aplicaciones multimedia combinadas, con total interactividad.

De entre los tantos servicios que se pueden ofrecer con un sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS, citaremos los más importantes:

3.18.1 SERVICIOS DE CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS Y DE LÍNEAS DEDICADAS.

Los servicios de conmutación de circuitos proveen acceso a las comunicaciones tradicionales de voz e ISDN; es decir servicios de telefonía

conmutada; mientras que los servicios de líneas dedicadas son canales de comunicación punto a punto que atribuye el operador de la red a un abonado para su utilización exclusiva. Las interfaces utilizadas para realizar las interconexiones son las analizadas en la sección 3.17. Algunas de las principales aplicaciones que se pueden ofrecer con estos servicios son las siguientes: interconexión PBX (*Private Branch eXchange, Central Telefónica Privada*), líneas múltiples de telefonía tradicional (POTS), video telefonía personal, servicios de datos sobre líneas dedicadas para conexiones WAN, servicios multimedia RDSI e interconexión de centrales celulares PCS y WLL.

La siguiente figura muestra la forma de interconexión de uno de estos servicios.

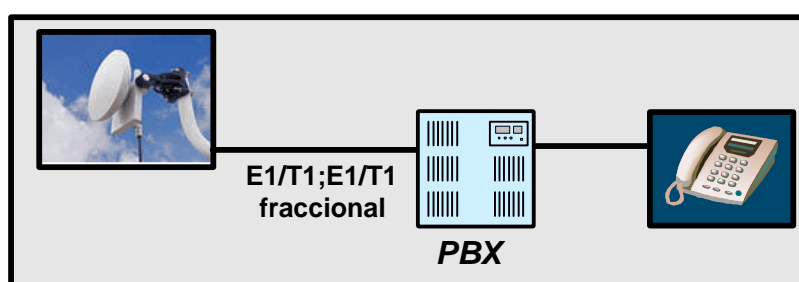


Figura 3.36. Interconexión PBX [8].

3.18.2 SERVICIOS DIGITALES DE VIDEO.

El sistema LMDS provee aplicaciones de difusión de video digital, hacia las múltiples terminales de usuario, las mismas que no tendrán ningún

inconveniente en utilizar el mismo cable coaxial para la distribución de la señal a los diversos sitios de interés, empleando para este propósito la misma antena receptora que tienen todas las estaciones terminales.

Además, el canal de la trayectoria de regreso (de estación terminal a estación base) puede ser añadido al sistema de difusión, prestando así algunas utilidades en la difusión del video; así por ejemplo, el canal de retorno puede ser utilizado para servicios de pago por ver, monitoreo de video, información personalizada en canales virtuales y en general aplicaciones de Internet [8].

3.18.3 SERVICIOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS.

Este servicio ha sido diseñado especialmente para tener altas capacidades de transmisión de paquetes de acuerdo al tipo de red o protocolo a implementarse; ya que hoy en día este servicio es muy común en usuarios o empresas pequeñas, debido a que no solamente los servicios de voz son los únicos que se imponen en las comunicaciones. Entre las aplicaciones más comunes que se tienen con este servicio son: Internet, Intranet, interconexión entre LANs y procesamiento de transacciones e intercambio de datos electrónicos.

Para realizar estas interconexiones este servicio emplea una interfaz 10BaseT o 100BaseT, tal como se muestra en la figura.

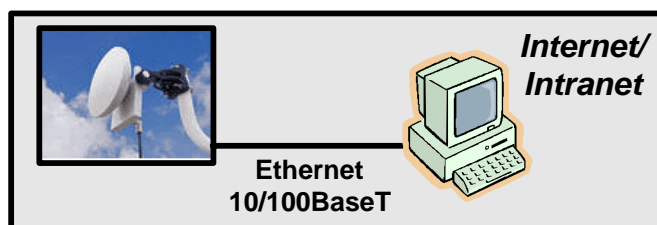


Figura 3.37. Servicio de Internet/Intranet [8].

A más de los servicios antes mencionados, LMDS puede ofrecer una amplia variedad de aplicaciones, las mismas que se resumen en la siguiente tabla.

SERVICIO	APLICACIÓN
Servicios de datos para negocios.	<ul style="list-style-type: none"> - Servicios de telefonía: conmutación digital bypass. - ISDN de banda angosta / ISDN de banda ancha. - T1/E1 o fraccionales E1/T1. - Interconexiones de redes LAN. - Video teleconferencia multipunto. - PCS y redes de enlace local de datos inalámbricos. - Servicios de redes privadas y virtuales. - Acceso de bases de datos remotas.
Seguridad pública / servicios a la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso inalámbrico para cabinas telefónicas. - Manejo de emergencias. - Monitoreo de sistemas electrónicos fijos o de baja movilidad (sismógrafos).
Servicios financieros / comercio electrónico.	<ul style="list-style-type: none"> - Autorización de transacciones. - Transacciones financieras en línea por localización fija /servicios bancarios al hogar. - Tarjetas de tecnología inteligente para negocios y servicios al consumidor.
Entretenimiento al consumidor / servicios de telecomunicaciones.	<ul style="list-style-type: none"> - Servicio telefónico. - Internet y servicios gráficos. - Noticias interactivas / información de servicios. - Juegos interactivos a distancia. - Televisión.
Servicios educacionales y médicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Educación interactiva a distancia / programas de enseñanza en el hogar. - Telemedicina: llamadas de emergencia desde el hogar.

Tabla 3.6. Servicios que brinda LMDS.

3.19 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA LMDS.

3.19.1 VENTAJAS.

Entre las ventajas más representativas que presenta el sistema LMDS tenemos las siguientes:

- **Ancho de banda**, debido a la gran cantidad de espectro disponible, se posibilita la integración de los servicios sobre el mismo medio de transmisión, brindando servicios de excelente calidad, tanto ahora como en el futuro.
- **Bidireccionalidad**, ya que a diferencia de otras tecnologías de difusión de banda ancha, LMDS tiene una gran capacidad dúplex. Esto permite servicios efectivos de dos vías de voz, datos y adicionar servicios de video interactivo con o sin infraestructura adicional y a bajo costo.
- **Bajo Costo y tiempo de operación**, el tiempo de ejecución de la infraestructura es mucho menor, lo cual implica que los costes de establecimiento se reducen enormemente, puesto que con una sola estación transmisora se cubren todos los posibles clientes que entren dentro del área de cobertura de la misma. De igual manera, los costos de mantenimiento, manejo y operación del sistema también son bajos.

- **Velocidad y capacidad**, ya que permite un tiempo de retorno más rápido gracias a la rápida respuesta a las oportunidades de mercado. Permite enlaces simétricos y asimétricos con velocidades de acceso de hasta 8 Mbps. Desde un punto de vista funcional, es capaz de prestar los mismos servicios que las tecnologías de cable, pero es mucho más barata, sencilla, rápida de desplegar y además presenta una alta confiabilidad.
- **Flexibilidad**, puesto que se puede ajustar a nuevas tecnologías o permitir actualizaciones, ya que la Infraestructura es escalable basada en la demanda, cobertura y concentración de edificios; es decir que LMDS permite que su arquitectura sea capaz de cambiar, mezclar y ofrecer servicios al ritmo de lo solicitado por el mercado.
- **Celdas de pequeño tamaño**, LMDS utiliza una configuración multicelular (pequeñas celdas), y es capaz de polarizar y reusar el espectro de manera muy efectiva sobre áreas de cobertura de pequeño tamaño. De este modo la ventaja de la gran cantidad de ancho de banda no se pierde por la interferencia de otros sistemas inalámbricos.
- **Servicios económicamente viables**, ya que permite ofrecer, si no al 100% de la población, si a grandes franjas de población dispersa a las que en ningún caso se puede dar servicio con cable de forma rentable.

3.19.2 DESVENTAJAS.

Se tiene tres desventajas claves en el sistema de acceso fijo LMDS, las mismas que son:

- El alcance limitado.
- Requiere de línea de vista directa entre las estaciones a comunicarse.
- Al ser LMDS una tecnología nueva, en nuestro medio no se tiene aún reglamentos específicos para operar con este sistema, pero se conoce que se está trabajando en ello.

3.20 BASE LEGAL NACIONAL E INTERNACIONAL DEL SISTEMA LMDS.

3.20.1 MARCO LEGAL PARA EL TERRITORIO NACIONAL.

El sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS se encuentra difundido en el mundo desde hace algunos años, y en algunos países este sistema ya ha sido implementado y puesto en funcionamiento. No así en el Ecuador, en donde pocas empresas de telecomunicaciones lo conocen y muy pocas de ellas lo

promocionan, razones que impiden que este sistema se pueda instalar, aplicar y extender sobre el territorio nacional.

Debido a estos inconvenientes, el Ecuador hoy en día no cuenta con reglamentos específicos en la Ley Especial de Telecomunicaciones referentes al Sistema de Distribución Local Multipunto (LMDS); tampoco se tiene entidades que brinden servicios con este sistema, a pesar de que existen bandas de frecuencia asignadas dentro del espectro radioeléctrico para que se pueda operar con el sistema LMDS.

Por lo tanto, se debe establecer un marco legal nacional en donde deben estar definidos los pasos a seguir para la instalación, operación y administración del sistema LMDS. Así por ejemplo, si una determinada empresa se encuentra interesada en instalar equipos para brindar servicios con este sistema y operar en el Ecuador, dicha empresa deberá cumplir con ciertos parámetros, reglas y normas que deben ser creadas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

Dados estos antecedentes, en esta sección se definirá una propuesta del marco legal nacional referente al sistema LMDS, sobre todo en lo que tiene que

ver con la banda de frecuencias, asignación de frecuencias, concesión¹¹ de servicios y las autorizaciones para operar con el sistema LMDS en el Ecuador.

3.20.1.1 REQUISITOS PARA OFRECER SERVICIOS LMDS [14].

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) es el organismo del estado encargado de aprobar las autorizaciones para la instalación, operación y explotación del sistema LMDS en el Ecuador. De la misma manera, esta entidad es la única que permitirá la renovación de las autorizaciones en el caso de que estas hayan vencido el plazo para el que fueron emitidas.

En cambio, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), es el organismo del estado encargado de recopilar y estudiar los requisitos solicitados para la autorización. Una vez realizado este análisis, la Secretaría emitirá un informe al CONATEL para que éste autorice o no la entrega del permiso correspondiente a una persona natural o jurídica por parte de la SENATEL, para operar con el sistema LMDS.

Las personas o empresas que pretendan esta autorización deberán presentar ante la Secretaría, una solicitud acompañada de la siguiente información de carácter legal, técnico y económico:

¹¹ CONCESIÓN.- Contrato mediante el cual se otorga los derechos de explotación de los servicios de telecomunicaciones.

a) Información Legal:

- Solicitud dirigida al Secretario, detallando el tipo de servicio.
- Nombre y dirección del solicitante (para personas jurídicas, de la compañía y de su representante legal).
- Certificado del COMANDO CONJUNTO DE LAS FUERZAS ARMADAS de los antecedentes personales del representante legal.
- Copia certificada de la escritura constitutiva de la compañía y reformas en caso de haberlas (para personas jurídicas).
- Nombramiento del representante legal debidamente inscrito (para personas jurídicas).
- Copia de la cédula de ciudadanía (para personas jurídicas, del representante legal).
- Copia del certificado de votación del último proceso electoral (para personas jurídicas, del representante legal).
- Certificado actualizado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías o Superintendencia de Bancos según el caso, a excepción de las instituciones estatales (para personas jurídicas).
- Registro único de contribuyentes.
- Otros documentos que la SENATEL solicite.

b) Información Técnica:

El estudio técnico del sistema elaborado en un formulario disponible en la SENATEL será suscrito por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones, inscrito en una de las filiales del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador (CIEEE) y registrado en la SENATEL. La información técnica y operativa incluirá entre otros los siguientes aspectos:

- Descripción de los servicios que se ofrecerá sobre la red de acceso LMDS, con los detalles de las facilidades y limitaciones del sistema.
- Rango de frecuencias a utilizarse.
- Número de frecuencias requeridas, y la anchura de banda para cada una de ellas.
- Modo de operación.
- Tipo de emisión.
- Ubicación de las estaciones fijas.
- Cálculo de propagación del sistema.
- Cálculo del área de cobertura.
- Características técnicas de las antenas y equipos.
- Procedimientos de administración, operación, mantenimiento y gestión del sistema LMDS.
- Plan de expansión del sistema.

- Otros documentos que la SENATEL solicite.

c) Información económica:

- Estudio económico de rentabilidad y costo beneficio del sistema.
- Otros documentos que la SENATEL solicite.

Si la solicitud presentada contiene la información antes mencionada, la Secretaría, previa aprobación del CONATEL, expedirá el permiso correspondiente, a través de la firma del contrato de autorización de acuerdo con los términos y condiciones que señala la ley y los reglamentos, en el plazo que estipule la SENATEL. Si la parte interesada no suscribe dicho contrato dentro del plazo establecido, la SENATEL podrá cancelar el trámite.

3.20.1.2 CONTRATO DE AUTORIZACIÓN [14].

El contrato de autorización deberá contener el derecho de utilización de las frecuencias radioeléctricas que se requieran, cumpliendo previamente con los requisitos que se detallan más adelante. De la misma manera, dentro de este contrato deben constar los servicios que vayan a operar en la red de acceso LMDS.

El contrato se celebrará y entrará en vigencia tan pronto quede inscrito, siempre y cuando se cumplan las normas legales aplicables, además de los requisitos que haya establecido previamente el CONATEL para el efecto. Los gastos por este contrato correrán por parte del concesionario.

El contrato de autorización como mínimo deberá contener:

- La descripción del servicio objeto de la concesión, sus modalidades de prestación y el área geográfica de cobertura.
- Período de vigencia de la autorización.
- Características técnicas.
- Pago de derechos y tarifas.
- Los términos y condiciones para la renovación.
- Criterios para fijación y ajuste de las tarifas de ser el caso.
- El plan mínimo de expansión y parámetros de calidad del servicio.
- Los derechos y obligaciones de las partes y las sanciones por el incumplimiento del contrato.
- El monto de los derechos a pagar para obtener la autorización y su forma de cancelación, si fuere el caso.
- Las garantías de fiel cumplimiento y los criterios y procedimientos para su ajuste.

- Potestad del Estado de revocar la concesión cuando el servicio no sea prestado de acuerdo con los términos del contrato y a asumir su prestación expresamente para mantener la continuidad de los servicios públicos de telecomunicaciones.
- Las limitaciones y condiciones para la transferencia de la concesión.
- La forma de terminación del contrato, sus causales y consecuencias.
- Cualquier otro que el CONATEL haya establecido previamente.

Por otro lado, el contrato de autorización para la instalación, operación y explotación del sistema LMDS puede quedar sin validez si se incumplen los siguientes aspectos:

- Si se reitera en el incumplimiento de una o más de las cláusulas antes mencionadas. Estos incumplimientos serán notificados por la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL), que es el organismo del estado encargado del control y monitoreo del espectro y de los sistemas y servicios de radiocomunicación en el Ecuador.
- Quiebra o insolvencia del concesionario o usuario.
- Traspasar, ceder, arrendar o hacer partícipe en forma total o parcial a terceras personas o empresas en la instalación, operación y explotación del sistema LMDS, sin previa autorización de la SENATEL.

- Si se utiliza el sistema LMDS para actividades que no van de acuerdo con las leyes ecuatorianas.
- Por mora de la empresa hacia la SENATEL de las obligaciones económicas que le corresponden, por más de 90 días.

Antes de que la autorización quede anulada, al concesionario se le hará llegar un comunicado de sus incumplimientos.

3.20.1.3 BANDAS DE FRECUENCIAS ASIGNADAS PARA EL SISTEMA LMDS [15].

El espectro electromagnético es un recurso natural limitado perteneciente al dominio público del Estado; en consecuencia es inalienable e imprescriptible.

La administración, regulación y control de su uso corresponde al Estado a través del CONATEL, la Secretaría y la Superintendencia de Telecomunicaciones, en los términos de la Ley Especial de Telecomunicaciones, la aplicación del Plan Nacional de Frecuencias y observando las normas y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

Como parte del espectro electromagnético se tiene el espectro radioeléctrico, el mismo que será administrado y gestionado en el Ecuador por la SENATEL, de nuevo bajo la autorización del CONATEL y aprovechado para el uso de las telecomunicaciones en el territorio nacional bajo los siguientes principios:

- El Estado debe fomentar el uso y explotación del espectro radioeléctrico y de los servicios de radiocomunicación, de una manera racional y eficiente a fin de obtener el máximo provecho.
- El uso del espectro radioeléctrico es necesario para la provisión de los servicios que se ofrecerá con el sistema LMDS y deberá, en todos los casos, ajustarse al Plan Nacional de Frecuencias.
- Las decisiones sobre las concesiones de uso del espectro deben hacerse en función del interés público, con total transparencia y buscando la mayor eficiencia en su asignación, evitando la especulación y garantizando que no existan interferencias perjudiciales en las asignaciones que corresponda.
- Las frecuencias asignadas para el sistema LMDS no podrán ser utilizadas para fines distintos a los expresamente contemplados en el contrato de autorización para operar con el sistema LMDS. El uso indebido será causa suficiente para que las frecuencias sean retiradas por el Estado, sin que por ello se deba indemnización de ninguna especie.

Además, el uso de las frecuencias requiere de un permiso previo otorgado por el organismo de regulación del Estado, dando lugar al pago de los derechos que correspondan.

Por otro lado, la clasificación del tipo de servicio y la definición de políticas y objetivos técnicos para el uso adecuado del recurso, el único documento establecido es el Plan Nacional de Frecuencias elaborado por el CONATEL, el mismo que incluye la atribución de las bandas de frecuencia, así como la forma y control de su uso.

En la siguiente tabla se muestra el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia comprendido entre los 24,75 GHz a los 31,3 GHz, el mismo que será igualmente emitido por el CONATEL como parte del Plan Nacional de Frecuencias.

ECUADOR	
Banda GHz	
24,75 - 25,25	FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) *S5.535
25,25 - 25,5	FIJO ENTRE SATÉLITES S5.536 MÓVIL Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)

Banda GHz
25,5 - 27 EXPLORACION DE LA TIERRA POR SATÉLITE FIJO ENTRE SATELITES S5.536 MÓVIL Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (Tierra-espacio)
27 - 27,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL
27,5 - 28,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.484A S5.539 MÓVIL
28,5 - 29,1 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Exploración de la Tierra por satélite (Tierra -espacio) S5.541
29,1 - 29,5 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Exploración de la Tierra por satélite
29,5 - 29,9 FIJO POR SATÉLITE S5.484A S5.539 MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio) Exploración de la Tierra por satélite
29,9 - 30 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) S5.484A S5.539 MÓVIL POR SATELITE (Tierra-espacio) (Tierra-espacio) S5.541 S5.543
30 - 31 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL POR SATELITE (Tierra-espacio) Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (espacio-Tierra)

Banda GHz
31 - 31,3
FIJO
MÓVIL
Frecuencias patrón y señales horarias por satélite (espacio-Tierra)
Investigación espacial S5.544

* *Notas del cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias dado por el CONATEL.*

Tabla 3.7. Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias

24,75 – 31,3 GHz [16].

El Cuadro Nacional de Frecuencias muestra las bandas de frecuencia asignadas para el uso de un determinado servicio, ya sea de tipo fijo, móvil o por satélite (Tierra-espacio), en el territorio nacional de una manera general, sin importar que clase de sistema se vaya a utilizar para brindar dichos servicios.

Este cuadro además deberá sustentarse con el mejor criterio técnico para lograr un uso óptimo y eficiente del espectro radioeléctrico, todo esto con el fin de promover el desarrollo de los mercados de telecomunicaciones.

Por lo tanto, se puede decir que el sistema LMDS tiene asignado bandas de frecuencia dentro del Plan Nacional de Frecuencias, siendo estas semejantes a las asignadas en los Estados Unidos (25 – 31 GHz).

La figura 3.38 representa una parte del Plan Nacional de Frecuencias, en donde se puede observar de una manera más específica, que las bandas de 27,5 – 28,35 GHz, 29,1 – 29,25 GHz y 31 – 31,3 GHz, son asignadas para operar con el sistema LMDS en el Ecuador.

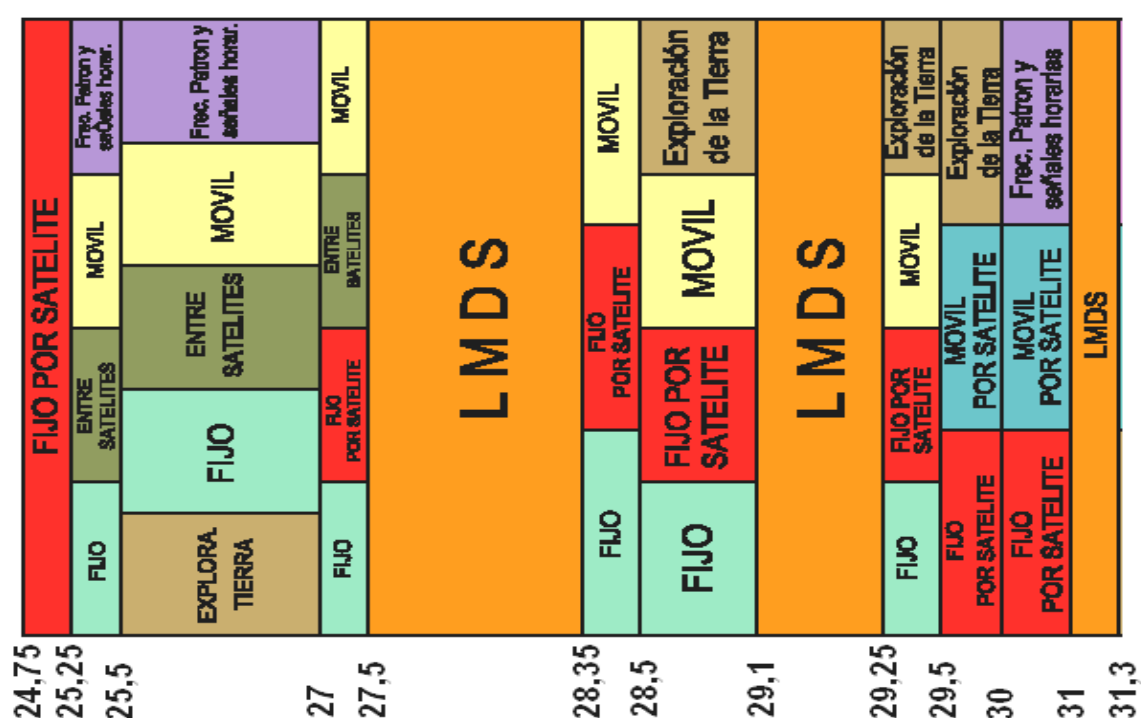


Figura 3.38. Plan Nacional de Frecuencias (24,75 – 31,3 GHz) [16].

Finalmente, la Ley Especial de Telecomunicaciones establece los artículos en los cuales se hallan estipulados los requisitos para la autorización del uso de frecuencias, la duración según el contrato y su renovación, así como las obligaciones de los entes de control y de los concesionarios. La asignación de

tarifas por autorizaciones del espectro está a cargo de la SENATEL, de manera que los recursos percibidos estarán destinados al estado [14].

3.20.1.4 CONCESIÓN DE SERVICIOS LMDS [17].

En el Ecuador, el sistema LMDS debe tener una concesión para operar servicios de telecomunicaciones, para lo cual el CONATEL mediante la resolución No. 378-17-Conatel-2000, emitió un reglamento para concesiones denominado “Reglamento para otorgar concesiones de los servicios de telecomunicaciones que se brinda en un régimen de libre competencia”.

Existen dos métodos para concesionar los servicios LMDS.

a) La concesión de servicios en el sistema LMDS bajo libre competencia.

Bajo esta designación, todos los servicios de telecomunicaciones se prestarán en régimen de libre competencia, logrando de esta manera mercados mucho más competitivos y abiertos, en lugar de monopolios.

Para empezar a trabajar bajo este régimen, el interesado deberá presentar la solicitud de concesión de servicios bajo libre competencia conjuntamente con la solicitud para la autorización de frecuencias, esto por el hecho de que en el

sistema LMDS se necesita que se asignen frecuencias dentro del Plan Nacional de Frecuencias.

Una vez que haya cumplido con todos los requisitos impuestos en la solicitud de concesión de los servicios así como en la de autorización de frecuencias, la fecha para la aprobación de la concesión bajo libre competencia empezará a transcurrir desde el momento de la entrega de los documentos en la SENATEL. Transcurrido cierto tiempo, el interesado será notificado por la Secretaría si su concesión fue aprobada o no. En el caso de que fuese aprobada la concesión, ésta tendrá un plazo máximo de 10 años, debiendo ser renovada al cabo de este lapso para poder seguir operando con el sistema.

b) *La concesión de servicios LMDS mediante concurso público.*

Este es otro método para emitir concesiones de servicios de telecomunicaciones, también aplicable al sistema LMDS. Con este método, a diferencia del anterior, primero se convoca a un concurso público, al cual acuden las partes interesadas en tener la concesión. En este concurso se realiza el estudio de las ofertas técnicas y económicas que presenten todos los que se encuentren presentes en dicho concurso, luego de lo cual el CONATEL emitirá los resultados correspondientes, adjudicando a la persona natural o jurídica el respectivo contrato de concesión.

Estas formas de entregar concesiones, bajo concesión directa o bajo proceso público competitivo, deben ser estudiadas con detenimiento por parte de las entidades regulatorias de los servicios de telecomunicaciones en el Ecuador. Se deberá tomar como referencia la forma de concesión que adoptaron algunos países que tienen en operación el sistema LMDS, analizar los beneficios y desventajas que se produjeron al adoptar tal forma de concesión con el fin de determinar cual de las dos formas es la más conveniente aplicar en este país.

3.20.1.5 TARIFAS Y COSTOS DE CONCESIÓN [18].

En nuestro medio, los costos de concesión para el sistema LMDS no son considerados como fijos, ya que estos varían de acuerdo al número de servicios que se vaya a operar y dependiendo del número de frecuencias que requiera el solicitante.

Establecidos los puntos antes señalados en el contrato de autorización para operar con el sistema LMDS, se determina el costo de la concesión y de las tarifas que deberán ser pagadas de forma mensual por conceptos de prestación de servicios, por la explotación del sistema LMDS, por los servicios radioeléctricos y por el uso del espectro. En este último se deben considerar

parámetros técnicos para la fijación de las tarifas tales como: ancho de banda, área de cobertura y carácter del servicio a prestarse.

Los pagos de los costos de concesión como de las tarifas mensuales deberán ser cancelados en la SENATEL, tal como se lo ha venido haciendo hasta el momento.

Por otro lado, las tarifas que el operador debe cobrar a sus clientes por la prestación de los servicios debe constar en la solicitud de la concesión; además, el operador deberá proponer los procedimientos para la regulación y fijación de las mismas así como de los valores máximos que cobraría.

Ahora bien, si se trata de una sola operadora, la SENATEL podrá intervenir en la fijación de las tarifas, o si se comprueba alguna irregularidad de distintas operadoras, o en el caso de que la gran mayoría de los usuarios así lo deseen.

A continuación se detalla la forma de calcular los costos de las tarifas mensuales a cancelarse por la prestación de servicios LMDS y el costo por derechos de concesión. Dentro de esto se tiene dos formas para realizar el cálculo de las tarifas para un sistema LMDS, las mismas que son: tarifa por estación base (Tarifa A) y tarifa por estaciones de abonado (Tarifa C).

a) Tarifa por Estación Base (Tarifa A):

$$T(\text{USD}) = k_a \times \alpha \times \beta \times AB \times D^2$$

En donde:

- **T(USD)** = Tarifa mensual en dólares.
- **Ka** = Factor de ajuste por inflación.
- **α** = Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio LMDS.
- **β** = Coeficiente de corrección, para la tarifa por Estación Base o Estación Central Fija ($0 < \beta \leq 1$). En el caso del territorio ecuatoriano continental **β = 0.6**, mientras que para la región insular **β = 0.7**.
- **AB** = Ancho de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción.
- **D** = Radio de cobertura de la Estación Base o Estación Central Fija en Km.

b) Tarifa por Estaciones de Abonado (Tarifa C):

$$T(\text{USD}) = k_a \times \alpha \times F_d$$

En donde:

- **T(USD)** = Tarifa mensual en dólares por estaciones fijas de abonado activadas con el sistema LMDS.
- **Ka** = Factor de ajuste por inflación.
- **α** = Coeficiente de valoración del espectro por estaciones fijas de abonado para el Servicio LMDS.
- **Fd** = Factor de capacidad.

c) Derechos de Concesión:

$$Dc = T(USD) \times T_c \times F_{cf}$$

En donde:

- **Dc** = Derecho de concesión.
- **T(USD)** = Tarifa Mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico en dólares correspondiente al Servicio y al Sistema LMDS.
- **Tc** = Tiempo de concesión. Valor en meses de la concesión a otorgarse al respectivo servicio y sistema.
- **Fcf** = Factor de concesión de frecuencias.

Todos estos cálculos se encuentran contemplados en el “Reglamento de Derechos por Concesión y Tarifas por uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico”, emitido por el CONATEL mediante la resolución 74-27-Conatel-2002 [19].

3.20.2 MARCO LEGAL INTERNACIONAL PARA EL SISTEMA LMDS.

El órgano regulatorio por excelencia en materia de telecomunicaciones, es la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la misma que fue creada en el año de 1865 con el único objetivo de armonizar las telecomunicaciones mundiales, coordinando el desarrollo y la operatividad de las redes y servicios de telecomunicaciones.

En un principio esta agencia estaba conformada solo por gobiernos de países europeos, en la actualidad constituye un organismo intergubernamental formado por más de 189 estados miembros, entre los que figura el Ecuador desde el 17 de Abril de 1920. La estructura principal de la UIT consta de tres sectores, los cuales son: Radiocomunicaciones (UIT-R), Estandarización de las Telecomunicaciones (UIT-T) y Desarrollo (UIT-D).

En lo referente al marco regulatorio internacional para los sistemas LMDS, la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha realizado algunos trabajos

tanto en el sector de Radiocomunicaciones como en el de Estandarización de las Telecomunicaciones. Para su mejor entendimiento a continuación se describirá por separado estos trabajos.

3.20.2.1 SECTOR DE ESTANDARIZACIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES (UIT-T).

Hoy en día el sector encargado de la estandarización de las telecomunicaciones está formado por catorce grupos o comisiones de estudio (2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16 y una Comisión Especial). La Comisión de Estudio número 9 (CE 9) estudia la transmisión de radiodifusión sonora y de televisión [20].

Esta comisión tuvo una reunión en Ginebra entre el 16 y el 20 de Noviembre de 1998. Previa a esta reunión la *Unión Europea de Radio - Televisión (Organización del Estado Miembro de Suiza)* presentó una contribución tardía (COM9-D59) [21], titulada Canal de Interacción para Sistemas de Distribución Multipunto Local (LMDS), con el propósito de someterlo a consideración del grupo de estudio 1/9 de la UIT-T y así poder incorporarlo totalmente o en partes a futuras recomendaciones de la UIT.

Posteriormente, la Empresa Motorola en una reunión mantenida en Boston entre el 25 y el 30 de Abril de 1999 presentó otra contribución (COM9-D87) [22], de nuevo tardía con el siguiente título: Propuesta para Canales de Interacción Alternos para Sistemas de Distribución Multipunto Local (LMDS). En esta contribución se sugirió tomar para la primera parte, el informe COM9-R14 [23], y para la segunda un documento emitido por el Grupo Mixto de Relatores de los grupos de trabajo 8A-9B de la UIT-R (este grupo estudia el acceso alámbrico y de la red radioeléctrica de área local).

A través de la circular TSB 194 [24], se comunicó que el 16 de Septiembre de 1999 la Comisión de Estudio 9 tendría una reunión en Ginebra para la aprobación de tres proyectos de recomendaciones revisadas y nueve proyectos de nuevas recomendaciones. Dentro de éstas se incluía el Proyecto de Nueva Recomendación J.116 titulada Canal de Interacción utilizando Sistemas de Distribución Local Multipunto. Esta recomendación constituye la especificación básica para la provisión de un canal de interacción utilizando LMDS como medio digital de distribución de radiodifusión.

También constaba el proyecto de enmienda 1 a la Recomendación UIT-T J.150 ya existente para incluir los sistemas LMDS. Esta enmienda propone modificaciones a la Recomendación UIT-T J.150 (Funcionalidades Operacionales para la entrega de Servicios Digitales Multiprograma de

televisión, sonido y datos a través del sistema MMDS), a fin de incluir una variante del sistema A de la Recomendación J.83 para el funcionamiento a 10 GHz y frecuencias superiores.

En la circular TBS 223 [25], se anunció que la Recomendación J.116 no pudo ser aprobada ya que se le introdujeron modificaciones sustanciales, por otro lado la enmienda 1 a la recomendación J.150 sí fue aprobada.

Finalmente, las recomendaciones mencionadas resultantes, con sus cambios definitivos quedaron de la siguiente manera:

- Enmienda 1(09/99) a la Recomendación J.150 – Adiciones a la Recomendación J.150 para incluir también a los sistemas de distribución local multipunto.
- Recomendación J.116 (05/00) – Canal de interacción utilizando sistemas de distribución local multipunto, aún por publicarse.

3.20.2.2 SECTOR DE RADIOCOMUNICACIONES (UIT-R).

El sector de radiocomunicaciones tiene como cometido básico garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de telecomunicaciones.

Actualmente este sector está formado por siete comisiones de estudio (1, 3, 4, 6, 7, 8 y 9). La Comisión de Estudio 3 (CE 3) estudia la Propagación de las Ondas Radioeléctricas. Conjuntamente con la Comisión de Estudio 3, existen cuatro grupos de trabajo que son: Grupo de Trabajo 3J (GT 3J) – Fundamentos de la propagación, Grupo de Trabajo 3K (GT 3K) – Propagación de punto a zona, Grupo de Trabajo 3L (GT 3L) – Propagación Ionosférica, y Grupo de Trabajo 3M (GT 3M) – Propagación punto a punto y Tierra espacio. Finalmente existe un Grupo de Tareas Especiales 3/2 (GTE 3/2) – Método de predicción de la propagación punto a zona con trayecto general [26].

La Asamblea del sector de Radiocomunicaciones recibió el 24 de Febrero de 1999 un documento presentado por *Telenor As* en nombre del Consorcio *CRABS (Cellular Radio Access for Broadband Services)* como resultado del trabajo realizado en el *European Union ACTS Fourth Framework Programme, Project AC215*. Los Grupos de Trabajo 3J, 3K y 3M propusieron este documento como un Proyecto de Nueva Recomendación con el siguiente título: Datos de Propagación y métodos de Predicción necesarios para el diseño de Sistemas Milimétricos de Distribución Local Multipunto (LMDS), como la misma Asamblea lo considera, es necesario disponer de métodos apropiados para el diseño de dichos sistemas. Los números de referencia de documento de los Grupos de Trabajo son 3J/55, 3K/30 y 3M/104 respectivamente [27]. Los temas que abarca este Proyecto de Recomendación Nueva son: área de cobertura,

obstrucción en la línea de vista, confiabilidad, rendimiento influenciado por factores de propagación o por parámetros del sistema, distorsión, etc.

Unido a este proyecto los grupos de trabajo 3J, 3K y 3M propusieron dos documentos más; uno para la Mejora de la Diversidad de los Sistemas Milimétricos Punto-Multipunto (LMDS) con números de referencia 3J/57, 3K/33 y 3M/106 respectivamente [28], y el segundo para los Efectos de la lluvia en un Área de Predicción de Cobertura para Sistemas Milimétricos LMDS con números de referencia 3J/56, 3K/31 y 3M/105 respectivamente [29]; ambos presentados por el Reino Unido como documentos informativos en sustento del Proyecto de Nueva Recomendación. En lo referente al cálculo de la confiabilidad del enlace, ciertas partes de los documentos están referidas a la Recomendación UIT-R P.530-8 que trata acerca de datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa [30].

REFERENCIAS.

[1] LMDS. [http:// www.monografias.com/comunicacionesinalámbricas/lmds.htm](http://www.monografias.com/comunicacionesinalámbricas/lmds.htm).

[2] R. MARKS, "Broadband Wireless Access Technology and Standards", National Institute of Standards and Technology (NIST). IEEE 802 Plenary Meeting, Albuquerque (NM), Noviembre 9, 1998.

[3] HEWLETT – PACKARD COMPANY, LMDS – The Wireless Interactive Broadband Access Service, USA. 1997.

[4] LMDS Solution. Product Presentation. Broadband Wireless Access. Alcatel 2000.

[5] LMDS. [http:// www.webproforum.com/nortel4/index.html](http://www.webproforum.com/nortel4/index.html).

[6] STANFORD TELECOM, LMDS Product Specification 1997.

[7] LMDS. NORTEL NETWORKS. Web Pro Forum Tutorials. [http:// www.iec.org](http://www.iec.org).

[8] Evolium LMDS. A9900. Technical Description. Alcatel 2000.

[9] LMDS. NORTEL NETWORKS, Broadband Wireless Access, www.broadbandnetworks.com, 1998.

[10] TOMASI WAYNE, "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", Prentice Hall. Segunda Edición. México 1998.

[11] Las Comunicaciones de Datos. Colección Técnica AHCIET – ICI. España 1989.

[12] Task Group IEEE 802.16.1, “Air interface for fixed broadband wireless access system”. Document for Comments 802.16.1-00/01r4. Septiembre 2000.

[13] GRAY D. Optimal Cell Deployment for LMDS System, Hewlett Packard, Part I 1997-7-15.

[14] Reglamento de Telecomunicaciones. Resolución N° 556-21-Conatel-2000.

[15] Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada. Registro Oficial N° 404-4-Sep-2001.

[16] Plan Nacional de Frecuencias. [http:// www.conatel.gov.ec](http://www.conatel.gov.ec).

[17] Resolución N° 378-17-Conatel-2000.

[18] Propuesta de la Ley de Telecomunicaciones. Tarifas. XVI Congreso Nacional Ordinario. CIEEE.

[19] Resolución N° 74-27-Conatel-2002.

[20] UIT. Comisiones de Estudio de la UIT-T. [http:// www.itu.int/itu-t/study_groups/index.html](http://www.itu.int/itu-t/study_groups/index.html).

[21] UIT. COM9-059. [http:// www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/dcontr/dc-nov98/059-fr.html](http://www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/dcontr/dc-nov98/059-fr.html).

[22] UIT. COM9-087. [http:// www.itu.int/itudocr/itu-t/com9/dcontr/apr99/087-ww7.doc](http://www.itu.int/itudocr/itu-t/com9/dcontr/apr99/087-ww7.doc).

[23] UIT. COM9-R14. [http:// www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/reports/r014.html](http://www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/reports/r014.html).

[24] UIT. Circular TSB 194 COM9/FC. [http:// www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/circ/194_ww7-es.doc](http://www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/circ/194_ww7-es.doc).

[25] UIT. Circular TSB 223 COM9/FC. [http:// www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/circ/223_ww9-es.doc](http://www.itu.int/itudoc/itu-t/com9/circ/223_ww9-es.doc).

[26] UIT. Informes de los Presidentes y Contribuciones. [http:// www.itu.int/brsg/sg3/contrib-rep-es.html](http://www.itu.int/brsg/sg3/contrib-rep-es.html).

[27] UIT. Proyecto de Recomendaciones. [http:// www.itu.int/itudocr/itu-r/sg3/docs/wp3m/1998-00/contrib/53857_ww7.doc](http://www.itu.int/itudocr/itu-r/sg3/docs/wp3m/1998-00/contrib/53857_ww7.doc).

[28] UIT. Contribución. [http:// www.itu.int/itudocr/itu-r/sg3/docs/wp3m/1998-00/contrib/53865_ww7.doc](http://www.itu.int/itudocr/itu-r/sg3/docs/wp3m/1998-00/contrib/53865_ww7.doc).


[29] UIT. Contribución. [http:// www.itu.int/itudocr/itu-r/sg3/docs/wp3k/1998-00/contrib/53861_ww7.doc](http://www.itu.int/itudocr/itu-r/sg3/docs/wp3k/1998-00/contrib/53861_ww7.doc).

[30] UIT. Recomendaciones Serie P. [http:// www.itu.int/itudocr/itudoc/itu-r/rec/p/index-es.html](http://www.itu.int/itudocr/itudoc/itu-r/rec/p/index-es.html).

CAPITULO

4

DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL QUE TIENEN LOS SERVICIOS DE COMUNICACIONES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



4.1 INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo permite diagnosticar de una manera general la situación actual de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO (hasta el mes de Octubre del 2004), sobre todo en lo que tiene que ver con las redes de comunicaciones y sus respectivos equipos. De la misma manera se realizará la descripción de

los servicios informáticos¹ que se ofrecen en la actualidad a la comunidad de estudiantes, profesores y personal administrativo.

Se ha creído necesario incluir dicha descripción dentro de la planificación de la presente tesis de grado, con el único fin de obtener una base real sobre la cual se fundamentará la optimización de la red vigente de comunicaciones; puesto que el objetivo planteado en este proyecto de titulación, es el de realizar un diseño que permita aumentar y por ende modernizar los servicios existentes de telecomunicaciones de la Universidad a través de enlaces inalámbricos, utilizando para dicho efecto la tecnología de acceso fijo inalámbrico LMDS.

Dentro de este análisis se contemplará de una manera general, un bosquejo claro que sintetice mediante una rápida comprensión, el cómo se están realizando las comunicaciones en toda la Institución actualmente, ya sea para la conexión entre predios (Huachi, Ingahurco, Querochaca y el Centro Cultural); entre las distintas Facultades (Sistemas, Auditoría, Civil, etc.) que conforman las unidades académicas de la Universidad; ó entre los diferentes departamentos tanto de autoridades como de funcionarios de la Institución.

El desarrollo de este capítulo se basa en información recopilada de fuentes de datos reales generadas al interior de la Institución, tales como: Base de Datos

¹ SERVICIOS INFORMÁTICOS.- Servicios de voz, datos, video e Internet.

de Funcionarios Universitarios; información recopilada por el DEPLEG (Departamento de Planificación y Evaluación General) y el CEPOS (Centro de Estudios de Posgrado); Proyecto y Contratos Advicom-UTA de la Red Privada de Telecomunicaciones; Base de Datos de Recursos Informáticos; información de Personal Docente y Empleados de la UTA; Tesis de Grado de docentes activos en la Institución y en lo posible se ha tratado de realizar una observación directa de los equipos relacionados con la red de datos de la Universidad.

4.2 RECONOCIMIENTO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

4.2.1 FUNDAMENTOS GENERALES.

La *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO (UTA)* fue creada el 18 de Abril de 1969, mediante Ley No. 69-05 publicada en el Registro Oficial No. 161, bajo el ideal de formar profesionales de excelencia en las diversas especialidades académicas, tanto en el campo humanístico como en el ámbito científico y tecnológico.

Es considerada como una Institución Estatal de educación superior sin fines de lucro y de derecho público, con plena facultad para impartir enseñanzas y desarrollar investigaciones con libertad académica, científica y administrativa; es decir que está abierta a todas las corrientes de pensamiento universal, expuesto y analizado de manera rigurosamente científica, formando ciudadanos líderes con pensamiento crítico, reflexivo, creativo y con conciencia social que contribuyan al desarrollo científico, técnico y cultural del país.

Además, la UTA promueve la generación de proyectos y propuestas como soporte para el desarrollo provincial, regional y nacional, buscando siempre la unidad y el desarrollo de la ciencia y de la cultura.

Difunde el arte; promueve el deporte; y, permite la prestación de servicios proponiendo alternativas de solución a los problemas de los diversos sectores productivos y sociales. Igualmente, la UTA garantiza la libertad de pensamiento, expresión y culto de sus integrantes quienes dirigen su actividad a la realización de los ideales de nacionalidad, justicia social, paz y defensa de los derechos humanos y del medio ambiente.

En lo referente a la base legal, la Universidad se desempeña bajo la Constitución y Leyes de la República del Ecuador, así como de la Ley de Educación Superior, prevaleciendo esta última sobre las leyes de carácter

general. De la misma manera, cumple con el Reglamento General de la Ley de Educación Superior, el Reglamento General del Sistema Nacional de Evaluación y Acreditación y los Reglamentos del CONESUP. Internamente, su administración se rige por el Estatuto Universitario, Reglamentos y las disposiciones que adopten sus organismos y las autoridades universitarias.

Dados todos estos antecedentes, la UTA se ha constituido en un centro de referencia académico, científico y humanístico al servicio de la colectividad, gracias a los altos niveles de excelencia que ha ido alcanzando con el pasar de los años; convirtiéndose en una Institución que promueve la producción de bienes y prestación de servicios para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los ecuatorianos e impulsar el desarrollo sustentable del país a través de una gestión participativa, democrática, respetuosa de los derechos humanos e intelectuales, equidad de género en un ambiente de completa libertad y sobre todo con criterios de sustentabilidad y sostenibilidad.

4.2.2 INFRAESTRUCTURA FÍSICA Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, tiene su domicilio principal en la ciudad de Ambato, Provincia del Tungurahua. Cuenta actualmente con cuatro instalaciones o predios principales que son: Ingahurco, Huachi, el Centro Cultural Universitario y Querochaca.

a) PREDIO DE INGAHURCO.



Figura 4.1. Ingahurco.

El predio de Ingahurco se encuentra ubicado en la parroquia La Merced, específicamente entre la Avenida Colombia 02-111 y Chile, Ciudadela Ingahurco, a una altura de 2.582 metros sobre el nivel del mar. Tiene un área aproximada de 11.375 m² y cuyas coordenadas geográficas son: 01⁰ 14' 3,0'' de Latitud Sur (S) y 78⁰ 37' 0,1'' de Longitud Oeste (W).

Dentro de este predio se localizan las Oficinas de la Administración Central y las Facultades de: Ciencia e Ingeniería en Alimentos; Jurisprudencia y Ciencias Sociales; Ciencias Humanas y de la Educación; Ciencias de la Salud y el Departamento Centralizado de Idiomas.

b) PREDIO DE HUACHI.



Figura 4.2. Huachi.

El predio de Huachi se encuentra ubicado en la parroquia Huachi Chico, en la Avenida Los Chasquis S/N y Payamino, Ciudadela Universitaria – Nuevo Ambato, a unos 2.728 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 5 Km de los predios de Ingahurco. Cuenta con una superficie de aproximadamente 148.422 m² y sus coordenadas geográficas son las siguientes: 01⁰ 16' 7,2" de Latitud Sur (S) y 78⁰ 37' 29,30" de Longitud Oeste (W).

En este predio se tiene: el Departamento de Educación Física; el Colegio Universitario "Juan Montalvo"; la Casa del Estudiante y las Facultades de:

Ciencias Administrativas; Contabilidad y Auditoría; Ingeniería Civil e Ingeniería en Sistemas.

c) PREDIO DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO.



Figura 4.3. Centro Cultural Universitario.

Este predio se encuentra a 2.610 metros sobre el nivel del mar. Su ubicación es en el centro de la ciudad, específicamente en la parroquia La Matriz, entre las calles Vicente Rocafuerte y Juan Montalvo esquina. Tiene una superficie aproximada de 869 m² y sus coordenadas geográficas son las siguientes: 01° 14' 26,1" de Latitud Sur (S) y 78° 37' 46,7" de Longitud Oeste (W).

El Centro Cultural Universitario cuenta con la Oficina Administrativa del predio y las localidades para impartir los talleres de danza, zancos, literatura y grupos de música.

d) PREDIO DE QUEROCHACA.



Figura 4.4. Querochaca.

El predio de Querochaca se encuentra situado en el cantón Cevallos, Provincia del Tungurahua, a unos 15,5 Km de distancia de las instalaciones de Huachi. La altura sobre el nivel del mar es de 2.885 metros. Este predio tiene una

superficie de 450.000 m² y sus coordenadas geográficas son: 01° 22' 6,9" de Latitud Sur (S) y 78° 36' 23,1" de Longitud Oeste (W).

Aquí se localiza la Facultad de Ingeniería Agronómica y todos los laboratorios y centros de investigación a fines de la carrera.

Adicionalmente a las Facultades y Departamentos Administrativos que se encuentran distribuidos en los diferentes predios, la Universidad también cuenta con las siguientes instalaciones:

Granja Experimental	1
Institutos de Investigación	6
Estación Meteorológica	1
Colegio de Nivel Medio	1
Bibliotecas	9
Imprentas	7
Centro de Capacitación del Agricultor	1
Salas de Audiovisuales	3
Auditorios	4
Canchas de uso Múltiple	10
Estadio Abierto	1
Coliseo Cubierto para 2000 personas	1
Canchas de bulbito	2
Farmacia	1
Departamento Médico	1
Departamento Odontológico	1
Cooperativa de Ahorro y Crédito	1
Trabajo Social	1
Comedores Universitarios	3
Unidades de Transporte	15
Comisariato	1

Tabla 4.1. Infraestructura de la UTA.

Por lo tanto, el total de espacio físico ocupado por la Universidad entre todos los predios es de 610.666 m² (aproximadamente 61,1 ha.).

La figura 4.5 muestra el plano de la ciudad de Ambato, en donde se indica la ubicación de los distintos predios universitarios, los mismos que se encuentran distribuidos en distintos sectores de la ciudad, a excepción del predio de Querochaca que se sitúa en el cantón Cevallos fuera de la ciudad de Ambato.

4.2.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

La estructura interna de la UTA, se la puede sintetizar bajo cinco niveles jerárquicos, los mismos que se detallan a continuación [1].

1) LEGISLATIVO.

- ❖ Asamblea Universitaria.
- ❖ Consejo Universitario.

2) EJECUTIVO.

- ❖ Rector.
- ❖ Vicerrector.

3) ASESOR.

- ❖ Consejo Académico.
- ❖ Secretaría General Procuraduría.
- ❖ Auditoría Interna.
- ❖ Comisiones Asesoras.

4) APOYO.

- ❖ Centro Cultural Universitario.
- ❖ Departamento Financiero.
- ❖ Departamento de Práctica Docente.
- ❖ Departamento de Planificación y Evaluación General (DEPLEG).
- ❖ Departamento de Cultura, Información y Relaciones Públicas.
- ❖ Departamento de Planificación Física y Mantenimiento (PLANFISMAN).
- ❖ Centro de Estudios de Posgrado (CEPOS).
- ❖ Centro de Investigación Científica (CENIC).
- ❖ Centro de Informática.
- ❖ Imprenta Universitaria.
- ❖ Biblioteca General.
- ❖ Servicios de Bienestar Universitario.
- ❖ Centro de Desarrollo de la Docencia (CEDED).

5) OPERATIVO.

- ❖ Facultad de Ciencias Administrativas.
- ❖ Facultad de Contabilidad y Auditoría.
- ❖ Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación.
- ❖ Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- ❖ Facultad de Ingeniería Agronómica.
- ❖ Facultad de Ingeniería Civil.
- ❖ Facultad de Ingeniería en Sistemas.
- ❖ Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.
- ❖ Facultad de Ciencias de la Salud.
- ❖ Carrera de Artes Aplicadas.
- ❖ Departamento de Educación Física.
- ❖ Departamento Centralizado de Idiomas (DCDI).

4.2.4 CARRERAS UNIVERSITARIAS.

Las opciones de estudio de Pregrado Presencial y Semipresencial, así como también los diversos Programas de Posgrados que se ofrecen actualmente en la UTA, a través de la distintas Facultades adscritas a ésta, son definidas en la tabla 4.2. De igual forma se especifican los diferentes Centros de Investigación Científica y los Departamentos de Producción de Bienes y Servicios.

Unidades Facultades	Académicas			De Investigación Científica	De Producción de Bienes y Servicios
	Carreras de Pregrado Presencial	Carreras de Pregrado Semipresencial	Programas de Posgrado		
1. Administración Central	<ul style="list-style-type: none"> - Artes Aplicadas. * Departamento Centralizado de Idiomas. * Departamento de Educación Física. * Unidades de Apoyo Académico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de Modas. - Diseño Gráfico y Publicitario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maestría en Gerencia Financiera Empresarial (CEPOS) - Maestría en Administración de Sistemas de Salud. (CEPOS) - Maestría en Psicología Educativa. (CEPOS) - Maestría en Género Equidad y Desarrollo Sostenible. (RECTORADO) 	<ul style="list-style-type: none"> - Centro de Investigación Científica. (CENIC) 	<ul style="list-style-type: none"> - Centro Académico de Capacitación Informática.
2. Facultad de Ciencias Administrativas	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos Humanos. - Organización de Empresas. - Mercadotecnia - Comercial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Formulación, Evaluación y Gestión de Proyectos. - Marketing y Gestión de Negocios. - Negocios Internacionales 	<ul style="list-style-type: none"> - Maestría en Gestión Estratégica Empresarial 	<ul style="list-style-type: none"> - Unidad Operativa de Ciencias de Gestión y Economía. (U.O.C.G.E) 	
3. Facultad de Contabilidad y Auditoría	<ul style="list-style-type: none"> - Contabilidad y Auditoría. - Gestión Financiera. - Economía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contabilidad y Auditoría. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maestría en Costos y Gestión Financiera. 		
4. Facultad de Ciencias de la Salud	<ul style="list-style-type: none"> - Enfermería. - Laboratorio Clínico. - Terapia Física. - Psicología Clínica. - Medicina. - Gerontología. - Estimulación Temprana. - Medicina Pre-Hospitalaria. 		<ul style="list-style-type: none"> - Maestría en Pedagogía de Ciencias de la Salud. 		

Unidades Facultades	Académicas			De Investigación Científica	De Producción de Bienes y Servicios
	Carreras de Pregrado Presencial	Carreras de Pregrado Semipresencial	Programas de Posgrado		
5. Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación	<ul style="list-style-type: none"> - Docencia en Informática y Computación. - Educación Ambiental y Ecoturismo. - Turismo y Hotelería. - Psicología Educativa - Psicología Industrial. - Educación Parvularia. - Educación Básica. - Idiomas. - Cultura Física. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultura Física. - Educación Parvularia. - Educación Básica. - Secretariado en Español. - Cultura Estética. - Secretariado Ejecutivo Bilingüe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maestría en Gestión Educativa y Desarrollo Social. - Maestría en Educación a Distancia. - Maestría en Tecnología de la Información y Multimedia Educativa. - Maestría en Gerencia de Mediación en Centros Educativos Infantiles. - Maestría en Docencia y Currículo para la Educación Superior. - Maestría en Pedagogía y Gestión Educativa. 		
6. Facultad de Ingeniería Agronómica	<ul style="list-style-type: none"> - Ingeniería Agronómica. - Medicina Veterinaria y Zootecnia. 		<ul style="list-style-type: none"> - Maestría en Producción Agrícola Sustentable - Diplomado en Docencia Universitaria - Maestría en Gestión de Empresas Agrícolas y Manejo de Poscosecha - Maestría en Agroindustria y Negocios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Unidad Operativa de Investigación en Ciencias Agropecuarias (I.C.AP) 	<ul style="list-style-type: none"> - Unidad Autónoma de Producción.
7. Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación Social. - Derecho. - Trabajo Social. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicación Social. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diplomado en Derecho Constitucional - Gestión Local y Políticas Públicas. 		

Unidades Facultades	Académicas			De Investigación Científica	De Producción de Bienes y Servicios
	Carreras de Pregrado Presencial	Carreras de Pregrado Semipresencial	Programas de Posgrado		
8. Facultad de Ingeniería en Sistemas	- Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones - Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización. - Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos.		- Maestría en Informática. - Maestría en Redes y Telecomuni- caciones.	- Unidad Operativa de Investigación Científica.	- Centro de Transferencia y Desarrollo de Tecnología en las Áreas de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.
9. Facultad de Ingeniería Civil	- Ingeniería Civil. - Ingeniería Mecánica.		- Maestría en Estructuras Sismo Resistentes. - Maestría en Ciencias de la Ingeniería y Gestión Ambiental. - Maestría en Vías Terrestres.	- Unidad de Investigación en Ciencias de la Tierra, Medio Ambiente y Obras Civiles.	- Centro de Transferencia y Desarrollo de Tecnología en el Área de Ingeniería Civil.
10. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos	- Ingeniería en Alimentos. - Ingeniería Bioquímica.			- Unidad de Investigación y Desarrollo con Tecnología de Alimentos. (I.D.T.AL)	- Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos.

Tabla 4.2. Carreras Universitarias y Programas de Posgrado [1].

De todo lo anteriormente analizado, se puede resumir en la siguiente tabla algunos de los Recursos Institucionales más significativos pertenecientes a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

Recursos	Facultades	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Total
		Adminis. Central	Ciencias Adminis.	Contab. Y Auditoría	Ciencias Humanas Y de la Educación	Ciencia e Ingeniería en Alimentos	Ing. Agronómica	Ing. Civil	Ing. en Sistemas	Jurisprud. y Ciencias Sociales	Ciencias de la Salud	UTA
1. Unidades Académicas	Carreras Presencial	1	4	3	9	2	2	2	3	3	8	37
	Carreras Semipresenc.	2	3	1	6	-----	-----	-----	-----	1	-----	13
	Programas de Posgrado	4	1	1	6	-----	4	3	2	2	1	24
2. Unidades de Investigación o Producción	Investigación	1	1	-----	-----	1	1	1	1	-----	-----	6
	Producción	1	-----	-----	-----	1	1	1	1	-----	-----	5
3. Personal Docente	Nombramiento	37	43	28	54	19	19	33	23	14	11	281
	Contrato	50	23	57	29	17	7	20	37	48	115	403
	Subtotal	87	66	85	83	36	26	53	60	62	126	684
4. Personal Administrativo	Nombramiento	116	25	18	26	20	22	15	11	6	7	266
	Contrato	55	4	13	7	16	25	8	11	7	5	151
	Subtotal	171	29	31	33	36	47	23	22	13	12	417
Servidores Universitarios		258	95	116	116	72	73	76	82	75	138	1101

Tabla 4.3. Resumen de los Recursos Institucionales de la UTA [1].

Recursos	Facultades										Total UTA
	I. Adminis. Central	II. Ciencias Adminis.	III. Contab. Y Auditoría	IV. Ciencias Humanas y de la Educación	V. Ciencia e Ingeniería en Alimentos	VI. Ing. Agronómica	VII. Ing. Civil	VIII. Ing. en Sistemas	IX. Jurisprud. y Ciencias Sociales	X. Ciencias de la Salud	
5. Laboratorios	Computación	2	3	4	1	2	2	7	-----	-----	23
	Otros	-----	-----	2	11	6	5	4	-----	5	33
	Subtotal	2	3	6	12	8	7	11	-----	5	56
6. Computadoras	Área Adminis.	41	25	33	53	31	29	45	10	10	305
	Laboratorios	54	60	66	20	24	36	110	-----	-----	433
	Subtotal	95	85	99	73	55	65	155	10	10	738
7. Bibliotecas	Subtotal	2	1	1	1	1	1	1	-----	-----	9
8. Imprentas	Subtotal	1	1	1	1	1	1	-----	-----	-----	7
9. Canchas	Subtotal	9	-----	-----	-----	2	-----	2	-----	-----	13
10. Comedores	Subtotal	2	-----	-----	-----	1	-----	-----	-----	-----	3

Tabla 4.3. Resumen de los Recursos Institucionales de la UTA [1].

4.3 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA TÉCNICA.

La infraestructura técnica se refiere a todo lo relacionado con la Red de Telecomunicaciones existente en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, la misma que se encuentra estructurada de la siguiente manera:

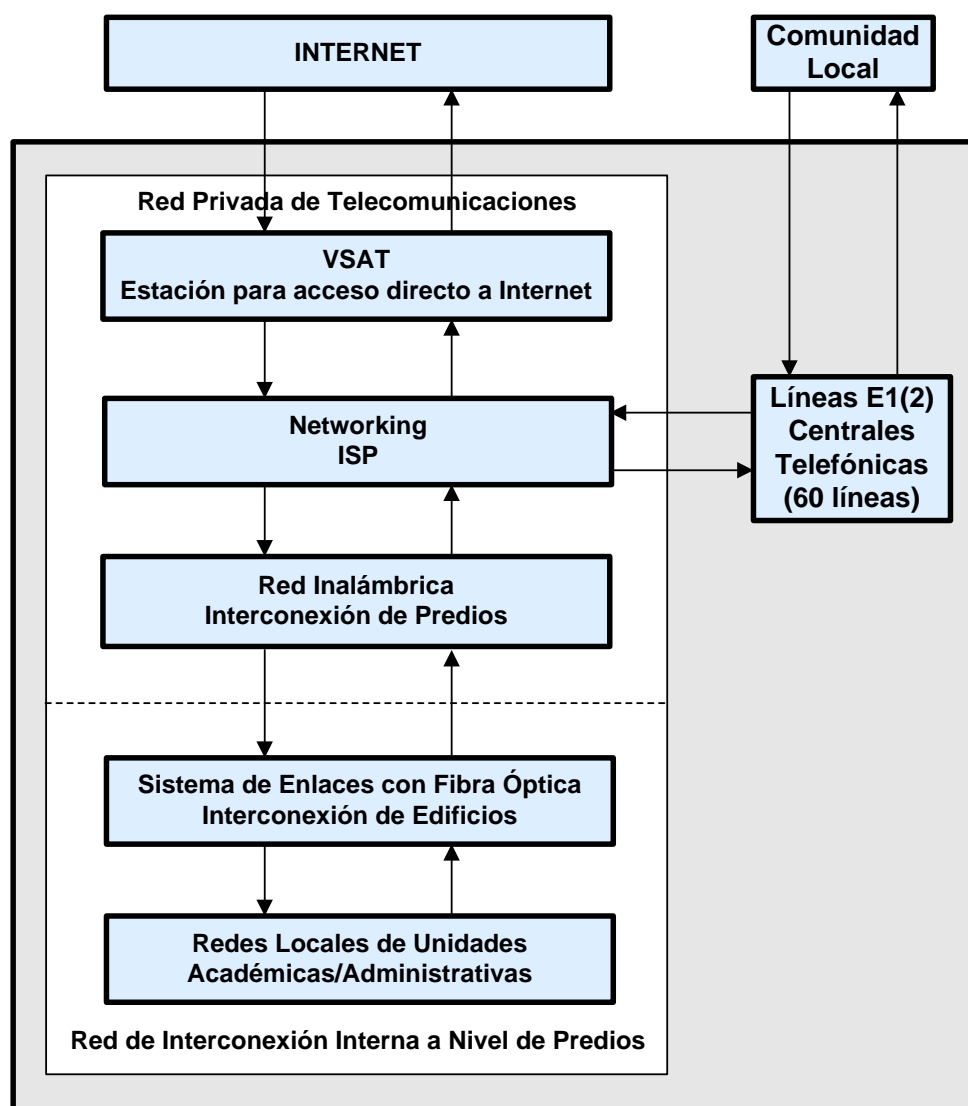


Figura 4.6. Red Privada de Telecomunicaciones de la UTA [1].

La descripción de esta Red de Telecomunicaciones, permitirá brindar un diagnóstico general, de cómo se encuentran actualmente operando las redes de: Microondas, Satelital, Fibra Óptica y las Redes Locales en cada Facultad de los distintos predios universitarios; al mismo tiempo que proporcionará la información necesaria de los diferentes componentes que intervienen en su infraestructura.

Toda esta información servirá de base para el desarrollo del diseño propuesto en este proyecto de titulación, pues es aquí en donde se analizará, si la actual Red de Comunicaciones perteneciente a la UTA, satisface las demandas de su comunidad de estudiantes, docentes y autoridades.

4.4 RED DE TELECOMUNICACIONES DE LA UTA.

La Red Privada de Telecomunicaciones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, por el momento sólo permite brindar el servicio de Internet, y sus aplicaciones, a todos los predios de la Universidad.

Este sistema de telecomunicaciones, está formado de dos partes principales: la Red Privada de Telecomunicaciones y la Red de Interconexión Interna a nivel de Predios.

4.4.1 RED PRIVADA DE TELECOMUNICACIONES.

La Red Privada de Telecomunicaciones se divide en tres partes:

- Red Satelital.
- Sistema Networking.
- Red Inalámbrica.

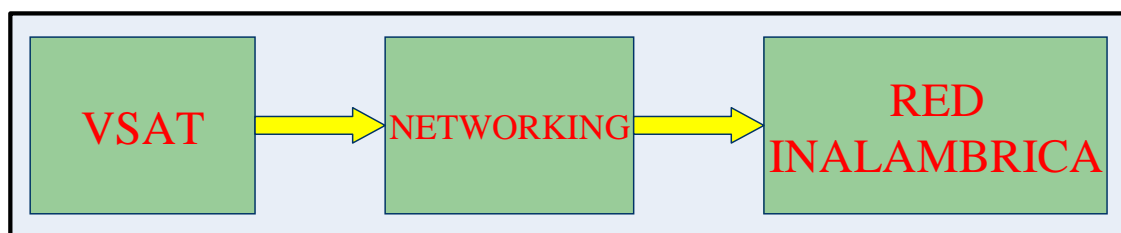


Figura 4.7. Esquema general de la Red Privada de la UTA.

4.4.1.1 RED SATELITAL.

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, dentro del plan de mejoramiento tecnológico de los servicios informáticos y en particular del acceso al Internet, cuenta hoy en día (hasta el mes de Octubre del 2004) con un Sistema Satelital Privado para la conexión directa, propia y de alta velocidad hacia el Backbone² o vértebra principal del Internet MAE West (Metropolitan Are Exchange) en los Estados Unidos de América.

² BACKBONE.- Red que actúa como conductor primario del tráfico de datos de la red.

Gracias a esta adquisición, la UTA ha podido brindar y perfeccionar el servicio de Internet a la colectividad de estudiantes, profesores y personal administrativo que se encuentran distribuidos en todos sus campus, a través de una sola conexión satelital, la misma que es bidireccional, de alta calidad, confiable y de acceso en el menor número de saltos posibles; lo cual permite mejorar significativamente los tiempos de respuesta y acceso a la información, dotando a los diferentes predios un servicio integrado de comunicación.

Además, permite dotar a la UTA, una infraestructura ISP (*Internet Service Provider, Proveedor de Acceso a Internet*), para la explotación a futuro del servicio de Internet a la comunidad local.

Para brindar este servicio, la UTA cuenta con una Estación Central Satelital de acceso al Internet, la misma que se encarga de distribuir este servicio y otras aplicaciones a los diferentes predios que conforman la Universidad, mediante radioenlaces de alta velocidad.

La estación utilizada para el acceso directo al Internet, es una Estación Satelital de tecnología VSAT, la misma que se encuentra ubicada en el predio universitario de Huachi, el cual será considerado como el nodo principal de la red, ya que es ahí, en donde se obtiene el acceso y distribución del servicio de Internet a los otros predios vía radioenlaces.

4.4.1.1.1 Estación Satelital VSAT (Very Small Aperture Terminal).

VSAT (*Terminal de Apertura Muy Pequeña*), es una Terminal remota que hace parte de una red de comunicaciones satelitales, y hace referencia a las antenas parabólicas o plato de diámetro pequeño, normalmente de unos 2,4 metros o menos. Este tamaño es pequeño comparado con las grandes antenas de las estaciones terrenas que llegan a medir hasta 11 metros de diámetro o más.

Las redes VSAT, son redes privadas de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información punto a punto ó punto a multipunto.

En general, una estación VSAT se enlaza directamente mediante el uso de un satélite hacia otra estación que se denomina HUB Central, el mismo que se encarga de organizar el tráfico de la información entre la estación VSAT remota y optimizar el acceso a la capacidad del satélite; disminuyendo de esta forma el número de saltos o enlaces necesarios para poder tener acceso al Internet. Además el HUB Central debe estar conectado permanentemente a la nube del Internet para que prácticamente se disponga de una conexión rápida para los usuarios de las estaciones remotas.

Habitualmente, el HUB Central se encuentra situado en la sede central de la empresa que usa la red.

Adicionalmente en el HUB Central, se tiene un NOC (*Network Operation Center, Centro de Operaciones de la Red*), que es el encargado de controlar, monitorear y proveer los servicios a las estaciones VSAT remotas.

La banda de operación de las estaciones VSAT es expensa del satélite que se use para la conexión con el HUB Central, siendo normalmente las bandas utilizadas, C (Uplink: 6 / Downlink: 4 GHz) y Ku (Uplink: 14 / Downlink: 12 GHz).

Cabe añadir que el contrato por la prestación del servicio de acceso al Internet es renovado cada año, pudiendo la UTA recontractar a esta misma empresa si así lo considera necesario, caso contrario se organiza un nuevo concurso de merecimientos con las especificaciones técnicas que se requieran para la mejora de la red de comunicaciones.

a) Componentes generales de la Estación Satelital VSAT de la UTA.

El sistema VSAT, generalmente se encuentra conformado de dos unidades [6]: Unidad Interna y Unidad Externa.

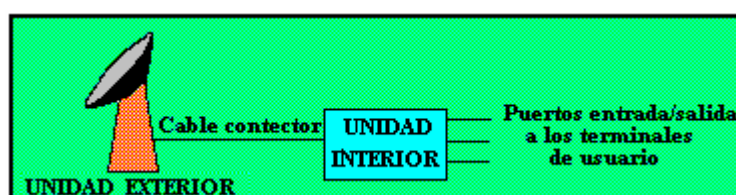


Figura 4.9. Elementos de una Estación VSAT.

Unidad Interna.

La Unidad Interna se encarga de la interfaz entre la estación VSAT y las terminales de usuario. Dentro de esta unidad se tiene los siguientes elementos:

- **Router Cisco 2500**, utilizado para trabajar con direcciones IP privadas, permitiendo el paso del tráfico dentro de los componentes de la red. Se lo configura también para restringir la dirección IP de otras redes.
- **Switch Cisco Catalyst 1900 de 12 Puertos**, permite un alto rendimiento de conectividad entre los grupos de trabajo.
- **Optimizador de Protocolo Satelital – Mentant SkyX Gateway XR-10**, permite aumentar el flujo de información y provee un máximo desempeño frente a las altas pérdidas y condiciones asimétricas del ancho de banda típicas de las comunicaciones satelitales.
- **Modem / Radio Satelital – DT8000**, convierte las señales que provienen del optimizador a señales de Radio Frecuencia (RF), para luego ser enviadas a la unidad externa y viceversa.
- **Servidor WEB, Proxy, E-mail, Caché Cobalt RaQ3 – Linux 2.2 o superior**, es utilizado para retener páginas Web accedidas frecuentemente, permitiendo a los clientes disponer de esta en forma local; es decir sin tener la necesidad de acceder nuevamente al servidor de origen. Igualmente permite el alojamiento de sitios virtuales,

transferencia de archivos, publicaciones en la Web, correo electrónico y actúa como Servidor Proxy¹ y como Pared de Fuego².

- **Batería de Reserva – APC Smart UPS 700 VA.**
- **Protector de Electricidad de Múltiples Salidas.**

Todos estos componentes son instalados, probados, cableados y pre-configurados en un gabinete metálico (Rack) de 48 pulgadas con un ventilador y puerta frontal, tal como se lo indica en la siguiente figura.

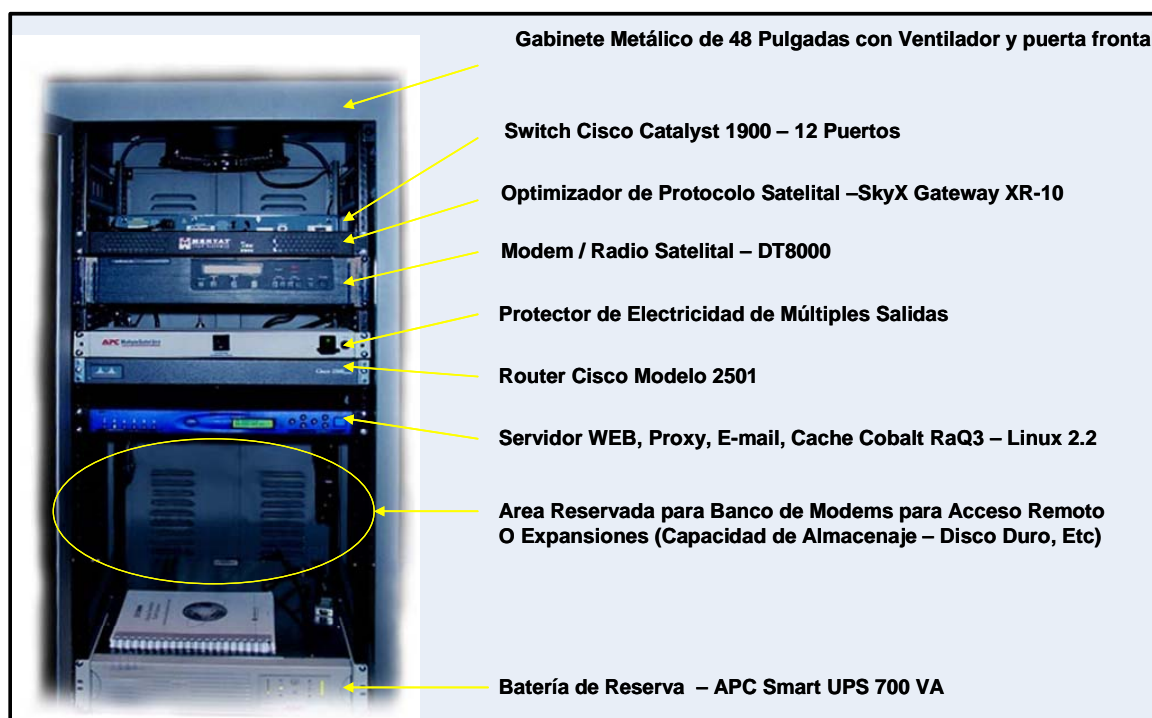


Figura 4.10. Unidad Interna de la Estación VSAT.

¹ SERVIDOR PROXY.- Equipo destinado a proveer direcciones IP para redes privadas, al mismo tiempo que administra los servicios de red, los recursos, aplicaciones y la seguridad de la misma.

² PARED DE FUEGO (FIREWALL).- Protección contra intrusiones no autorizadas.

Unidad Externa.

La Unidad Externa se encarga de la interfaz entre el satélite y la estación VSAT. Esta unidad típicamente incluye:

- ***Una Antena parabólica satelital de 1,8 o 2,4 metros de diámetro en la banda Ku***, estas antenas garantizan la recepción y transmisión de la información hacia y desde el Internet.
- ***La Unidad Transreceptora***, encargada de convertir la señal recibida de la banda Ku (RF) en una señal en la banda L (IF). Dentro de esta unidad se encuentran los siguientes elementos: un *Amplificador de Bajo Ruido*, un *Filtro* y un *Alimentador (Feed)*, Todos estos componentes son utilizados para recoger y enviar las señales bidireccionales en la banda Ku de la estación VSAT.
- ***Cables de Interconexión.***

La siguiente figura muestra los elementos pertenecientes a la Unidad Externa.

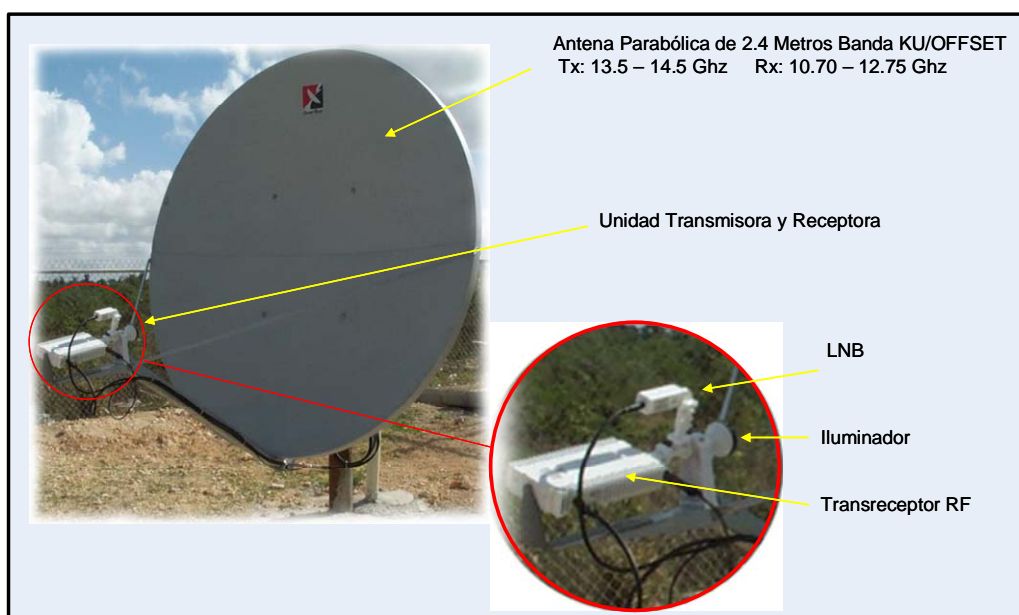


Figura 4.11. Unidad Externa de la Estación VSAT.

b) Satélite utilizado para el acceso al Internet.

En el Ecuador, se utiliza el Satélite SATMEX 5, ya que este es el que provee la huella más fuerte para la región, tal como se lo indica en la figura 4.12.

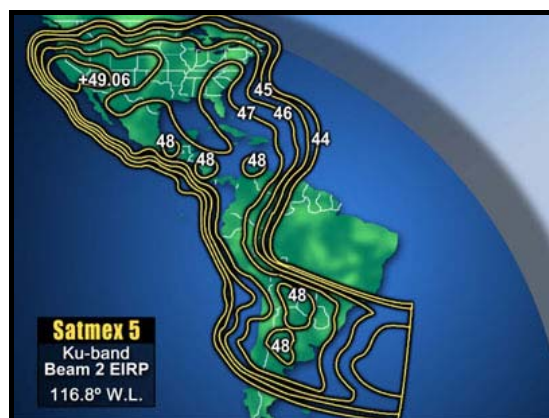


Figura 4.12. Cobertura satelital del SATMEX 5.

El satélite SATMEX 5 fue fabricado por Hughes Space & Communications, en California, Estados Unidos y puesto en órbita por un cohete francés de Arianespace en Enero de 1999.

Es un satélite geoestacionario de alta potencia, alrededor de los 7000 Watts para la operación de su carga útil; posee celdas solares de arsenuro de galio, baterías y sistema de propulsión con tecnología de punta, lo que le facilita operar 24 transpondedores de banda C y Ku. El tiempo de vida útil estimado para este satélite es de aproximadamente 15 años.

c) Formas de provisión de acceso al Internet.

La red satelital privada de la UTA como ya se dijo, puede proveer el servicio de acceso al Internet prácticamente de un solo salto, debido a que la estación VSAT se comunica con el Telepuerto en Rockville, MA, USA y con el aprovechamiento del sistema de memoria Caché es muy probable obtener una contestación rápida del sitio, si este ya ha sido consultado anteriormente.

La forma de conexión se la puede resumir de la siguiente forma:

- 1) Cuando se desea consultar un sitio, y la estación VSAT no posee esta información, este requerimiento es transmitido a USA, de tal forma que,

debido a que es la primera consulta de un sitio que nunca ha sido solicitado anteriormente, va al Internet a buscarlo. Cuando se obtiene la información, esta es grabada en el Caché principal en USA y es también transmitida hacia la estación VSAT Local, de tal forma que es servida al usuario; sin embargo en esos momentos es grabada en el Caché Principal y también en el servidor Caché Cobalt de la estación VSAT, de tal forma que esté disponible para futuras solicitudes. Cabe indicar que esto solo ocurre una sola vez, puesto que la información ya es grabada.

- 2) Cuando otro o el mismo usuario solicita esta misma información, y si la página no ha terminado su ciclo de vida, es inmediatamente servida desde el servidor Caché Cobalt en forma local, por lo que la velocidad de respuesta es solamente determinada por la velocidad de la red interna.
- 3) En caso de que el sitio no se encuentre en la memoria Caché local, este requerimiento va a ir a USA y se verificará si está disponible en la memoria Caché principal que dispone de mucha información memorizada por otras estaciones que han consultado previamente dicho sitio, permitiendo disminuir, aún más el tiempo de respuesta de la información.

d) Software de Administración.

- Radius, es un software utilizado para la autenticación del suscriptor, al conectarse a una red LAN por medio de cualquier dispositivo de acceso telefónico (Dial – Up).
- Send Mail, es un programa utilizado para el correo electrónico.
- Apache Web Server con Open SSL y Squid, son utilizados para el alojamiento de las páginas Web.
- WU, se lo utiliza como servidor FTP (Protocolo para Transferencia de Archivos).
- BIND, es empleado como servidor DNS (Servidor de Nombre de Dominio).

e) Sistemas de monitoreo de las Estaciones VSAT.

La empresa que proporcionó el sistema satelital, utiliza dos programas o métodos de monitoreo, los mismos que son:

- 1) INTERMAPPER, es un método de monitoreo que revisa periódicamente los parámetros principales de RF y de conectividad de las estaciones remotas; es decir, verifica si están activas y con todos los parámetros de operación básicos, como niveles de señal, potencia y estado de los

equipos. En caso de que una estación no esté operativa, este programa produce una señal de alarma en el NOC, de tal forma que inmediatamente se genera un reporte de falla y se siguen procedimientos para poder contactarse con el cliente para determinar cual puede ser la avería o condición anómala de la estación.

- 2) **MRTG**, es una página Web que esta disponible también para el usuario, y así poder determinar el uso del ancho de banda tanto para el Uplink como para el Downlink que posee. De esta forma se podrá observar, de acuerdo a las horas, días, semanas o meses cual ha sido la demanda de conexión del sistema. La forma en que MRTG presenta la información recibida es en forma gráfica. Finalmente, por cada estación se crea una página MRTG, y de esta forma se puede verificar en forma remota todas las variaciones de demanda de la estación y determinar estadísticamente cuando es necesario incrementar el ancho de banda de subida. Además, MRTG monitorea los “routers” remotos cada cinco minutos.

Todos los equipos pueden ser monitoreados y configurados en forma remota desde el NOC, y en caso de que no se pueda tener acceso, se dispone de la asistencia técnica local de la empresa representante en el Ecuador, que en este caso es ADVICOM desde la ciudad de Quito, para resolver cualquier contratiempo o dar mantenimiento de los equipos.

f) Características de la Estación VSAT de la UTA [2].

Como ya se mencionó anteriormente, la estación VSAT perteneciente al sistema satelital privado de la UTA, se encuentra localizado en el predio de Huachi, específicamente en las instalaciones de la Facultad de Contabilidad y Auditoría.

Esta estación cuenta con las siguientes características:

- Ancho de banda dedicado hacia el Internet (Uplink) o enlace de subida, programable desde 19,2 Kbps hasta 256 Kbps (UPGRADE hasta 512 Kbps). El ancho de banda utilizado actualmente es de 192 Kbps.
- El ancho de banda desde el Internet (Downlink) o enlace de bajada es de 2,048 Mbps. Se utiliza actualmente 728 Kbps.
- El número de usuarios simultáneos en el Internet es de 480.
- La banda de frecuencia de operación es en la banda Ku, en el rango de 14,0 – 14,5 GHz para la transmisión y 11,7 – 12,2 GHz para la recepción.
- La potencia de transmisión es de + 33 dBm (2 Watts).
- Método de acceso satelital es SCPC (Single Carrier Per Channel).
- Utiliza el método de modulación QPSK.

- La antena es parabólica tipo Offset de 2,4 metros de diámetro y hecha de fibra.
- El soporte de la antena es de base no penetrante, de acero galvanizado en caliente.
- La velocidad máxima del viento que soporta la antena es de 125 Mph.
- Utiliza el satélite SATMEX 5.
- La cobertura satelital es la siguiente: Norte América, Centro América, Sur América y el Caribe (ver figura 4.12).
- El número de saltos o enlaces hasta el “backbone” del Internet, son máximo dos enlaces.
- Posee un Servidor Local para aplicaciones de correo electrónico, hospedaje de páginas Web, HTTP, FTP, DNS primario y secundario, Firewall primario, autenticación y registro de usuarios, memoria Caché, DHCP y Telnet.
- El Servidor Local tiene una capacidad de almacenamiento de 60 Giga Bytes, dividida en dos discos de 30 Gigas.
- El sistema operativo del Servidor Edge Connector™ es Linux, y además viene pre-configurado con el servidor de Red Apache, Send Mail, servidor FTP, sistema de Nombre de Dominio (DNS) y extensiones de servidor de FrontPage.

- Posee un sistema para la optimización del uso del ancho de banda satelital, mediante la incorporación de un Servidor de memoria Caché Edge Connector™ y del Optimizador de protocolo SkyX Mentat.
- Tiene puertos Ethernet para la conexión de redes LAN, los mismos que se distribuyen así: 12 puertos 10Base-T y 2 puertos 100Base-T. DHCP desde el Edge Connector Cobalt.
- Cuenta con un sistema de respaldo de energía VSAT: UPS de 700 VA / 450 W, con autonomía de 30 minutos.
- Monitoreo y asistencia del sistema, mediante un CSC (Customer Service Center) durante las 24 horas y 30 días al mes (24x7x365). Utiliza herramientas de monitoreo y administración como Intermapper y MRTG.
- La disponibilidad típica del servicio es del 99,5%.
- Asigna 32 IP públicas reales y ampliables a futuro.

La figura 4.13 muestra las unidades Externa e Interna respectivamente, de la Estación VSAT perteneciente a la UTA.



Figura 4.13. Unidades de la estación VSAT ubicadas en el predio Huachi.

g) Ventajas.

- Conectividad satelital poderosa, bidireccional y confiable aún en las zonas más remotas.
- Facilidad de instalación y mantenimiento.
- Flexibilidad de ancho de banda para cambios necesarios.
- Rápido despliegue.
- Cuidado del cliente y ayuda técnica 24x7x365.

h) Aplicaciones.

- Multicasting.
- Streaming Audio / Video.
- Video Conferencia.
- Web Caché.
- Voz sobre IP (VoIP).
- Educación a Distancia.
- Desarrollo de contenidos (Educativo / Institucional).
- Servicios profesionales (Diseño, Implementación de sitios Web, Intranet, etc.).
- Optimización de protocolo satelital
- Monitoreo.

4.4.1.2 SISTEMA NETWORKING [2].

El Sistema Networking se refiere a todos los equipos que permiten la conectividad y transporte de los servicios de Internet hacia cada uno de los predios de la Universidad.

Dentro de estos componentes se tienen los siguientes:

- Router de Acceso a Internet (Cisco 3620).
- Servidor de Acceso Remoto (Cisco 3640).
- Switch de Capa 3 (ENTERASYS Smart Switch Router 2000).
- Firewall (Cisco PIX 525R).
- Web Caché (Cisco Content Engine 507).
- Plataforma Operativa (Servidor).
- Software de Administración de la Red.

a) Router de Acceso a Internet (Cisco 3620).

El Router Cisco 3620 realiza la interconexión con el Backbone Internacional de Internet en USA, al cual se accederá desde la estación Terrena Satelital ubicada en los predios de Huachi.

Este equipo tiene una conexión serial hacia el MODEM satelital, y una conexión Fast Ethernet que permite la interconexión con la red privada de la UTA.

A continuación se muestran las características más importantes de este equipo:

- Router Cisco 3620 modular de 2 slots.
- Cisco 3620 Series IOS IP/FW/IDS.
- Cable de poder de 110 V.

- Memoria Flash de 16 MB.
- Módulo de 2 puertos Ethernet 10/100 BaseTX y 2 puertos WAN.
- Tarjeta de 1 puerto WAN Serial.
- Un puerto de consola para configuración y administración del equipo.
- Memoria DRAM de 24 MB.
- Tiene compatibilidad con VLANs.
- Cable V.35, DTE, macho de 10 pies.
- Cable V.35, DCE, hembra de 10 pies.

b) Servidor de Acceso Remoto (Cisco 3640).

En este literal se describen las características técnicas del Servidor de Acceso Remoto (RAS). Este equipo hará las veces de servidor de acceso telefónico para los usuarios Dial-UP; es decir que estará interconectado con la Red Central de Huachi, y con la central de ANDINATEL de Ambato.

En este servidor de acceso estarán conectadas dos líneas E1, mediante las cuales la UTA proveerá 60 líneas telefónicas para la conexión de sus clientes Dial-Up.

Entre las características más significativas de este dispositivo tenemos:

- Router Cisco 3640 modular de 4 slots.
- Cable de poder de 110 V.
- Memoria Flash de 16 MB.
- Sistema Operativo para el Cisco 3640 (IOS IP/FW/IDS PLUS IPSEC 3DES).
- Memoria DRAM de 64 MB.
- Módulo de 2 puertos Ethernet 10/100 BaseTX y 2 puertos WAN.
- Módulo de 2 puertos E1 canalizado.
- Módulo de 30 módems digitales.
- Cable E1, BNC de 75 ohm/Unbalanced de 3 metros.

c) Switch de Capa 3 (ENTERASYS Smart Switch Router 2000).

Este dispositivo permite realizar la segmentación y conectividad más apropiada de las distintas redes de computadoras que administra la UTA, y que están repartidas en las diferentes facultades del Campus Huachi, así como en los tres predios remotos que son Ingahurco, Querochaca y el Centro Cultural.

La conectividad que provee este equipo, a las redes anteriormente mencionadas, es a través del enrutamiento de paquetes IP. Además facilita la definición de zonas con diferentes niveles de seguridad de acceso, impidiendo

que usuarios no permitidos ingresen desde la red de una de las facultades a otra.

Entre las características más importantes del Switch de capa 3 tenemos:

- ENTERASYS Xpedition Smart Switch Router 2000 (SSR 2000) con 128 MB de memoria.
- Es un Switch de capa 3/4; es decir que es un switch con capacidad de conmutación a nivel de la capa 3 (Red) y de la capa 4 (Transporte).
- Tiene 24 puertos 10/100 BaseTX; los mismos que se dividen en 16 puertos de base, más un módulo de 8 puertos adicionales.

d) Firewall (Cisco PIX 525R).

Este equipo es el encargado de las seguridades de la red; ya que es en este dispositivo en donde se definirán los permisos de entrada y salida de Internet, así como los servicios publicados en Internet y los servicios a los que los usuarios internos tendrán acceso.

Entre sus características más notables tenemos las siguientes:

- Firewall PIX 525R.

- Memoria RAM de 128 MB.
- Memoria Flash de 16 MB.
- Cable de poder de 110 V.
- Software para el PIX versión 6.1.
- Varias interfaces de red LAN.
- Permite más de 200 mil conexiones simultáneas.
- De fácil configuración.
- Restricción de acceso por horas/aplicación.
- Autenticación de clientes remotos.
- Procesador superior a Pentium III de 500 MHz.

e) *Web Caché (Cisco Content Engine 507).*

La función principal es la optimización del consumo del ancho de banda a Internet, mediante la función de "*Transparent Web Caching*". Esta característica permite que cualquier usuario que esté navegando a algún sitio al que otra persona haya navegado anteriormente, no envíe sus requerimientos hacia el Internet, sino que sin conocerlo, y sin la configuración de ningún servidor Proxy en su navegador de red, consulte con la Máquina de Caché las páginas que desee visitar. El Content Engine 507 se integrará con el Xpedition Router 2000, para llevar a cabo esta función.

Sus principales características son:

- Cisco Content Engine 507 con software caché versión 3.1.1.
- Cable de poder de 110 V.
- Memoria SDRAM 256 MB.
- Memoria Flash de 16 MB.
- Disco adicional de 18 GBytes, tipo SCSI para obtener un total de 36 GBytes.
- Posee un puerto dual 10/100 BaseT.
- Permite un ahorro en ancho de banda superior al 25%.

f) *Plataforma Operativa (Servidor).*

El equipo utilizado actualmente por la UTA para realizar las funciones de Servidor Administrador de la Red, es un Servidor Compaq modelo PROLIANT ML 350G2, bajo una plataforma Linux Red Hat en las versiones 7.2 u 8.0.

Este servidor tendrá la responsabilidad de ser el servidor de correos de la red, además de esto tendrá a su cargo la publicación de la página Web de la Universidad, así como el servicio de FTP. Otra función extremadamente importante que ejercerá este equipo será la de DNS, pues éste le permitirá resolver nombres de dominio a sus clientes internos.

Sus características principales son las siguientes:

- Tiene un procesador Intel Pentium III de 1,133 GHz.
- La memoria Caché es de 512 KB.
- Tiene la capacidad para 2 procesadores.
- La memoria RAM es de 128 MB expandible hasta 4 GB.
- La memoria de video es de 8MB.
- CD ROM de 40X.
- Tarjeta de Red de 10/100 BaseTX.
- Floppy Drive de 3,5" / 1.44 MB.
- Monitor V570 de 15".
- Teclado y Mouse.
- Dos discos de 36,4 GB Ultra3 SCSI 10.000 rpm Universal Hard Drive.
- Dos DIMM de 512 MB SDRAM de 133 MHz.
- Un drive interno 20/40 DAT 157769-B21.
- Un controlador Smart Array 5302/32 de 32 MB PCI 2 CH 166207-B21.
- Tarjeta de Red Etherlink 10/100 PCI NIC Mgnt (3COM).

g) Software de Administración de la Red.

El software utilizado es el Cisco Works 2000 versión 6.0 Este producto es el software de administración y funciona en una computadora adicional. Provee la

capacidad de monitorear los dispositivos de la red y tomar acciones inmediatas en caso de una eventual caída del sistema.

En la siguiente figura se muestra el diagrama general del Sistema Networking.

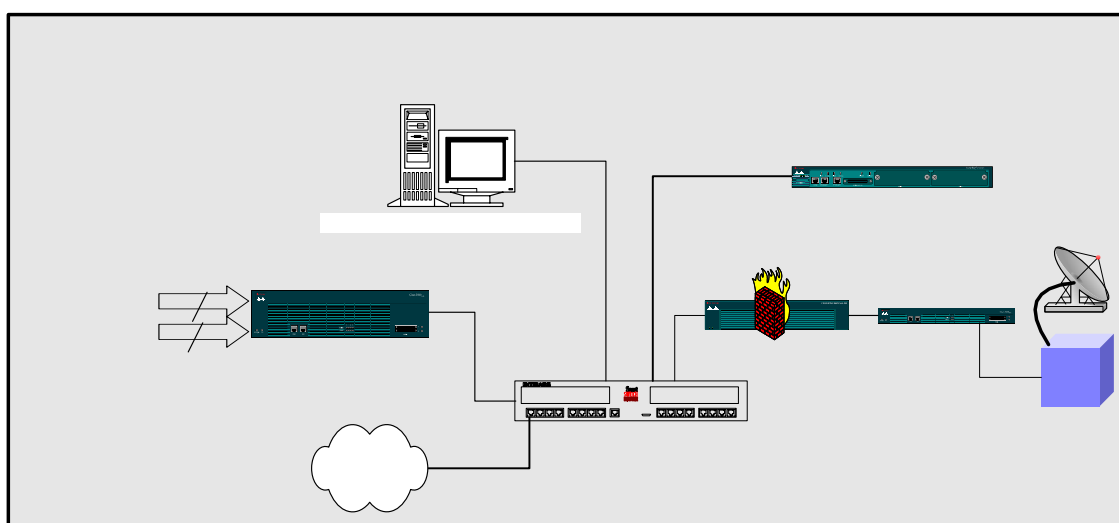


Figura 4.14. Diagrama del Sistema Networking.

4.4.1.3 RED INALÁMBRICA.

La Red Inalámbrica existente en la UTA es utilizada para interconectar, mediante radioenlaces privados los diferentes predios, y de este modo distribuir desde el predio principal los servicios de datos e Internet hacia cada una de las redes LAN de todos los campus, constituyendo así una sola "Red Privada de datos para la Universidad".

Centro de

**Sistema
Linux**

Servidor Web (Apache)

- Servidor DNS (Bind)

- Servidor de Correo (Sendmail)

- Servidor Webmail (Portamail)

- Servidor FTP

Server Compaq Proliant

**- 2 E1 (75 ohm)
- 60 módems**

**Acces Server
Cisco 3640**

a) Topología de la Red.

La topología de la red permite determinar, cómo se reparte la señal a cada una de las estaciones o nodos que constituyen la misma, así como el medio de transmisión que se usará para la interconexión; es decir si se lo hará por cable de fibra óptica, de cobre o en forma inalámbrica (a través del espacio libre).

Para el caso de la UTA se ha optado por una solución inalámbrica, esto quiere decir que los nodos de la red se encuentran interconectados mediante radioenlaces, utilizando una *topología en estrella*, en donde el nodo de distribución central se encuentra ubicado en el Cerro Nitón, desde el cual se reparte la señal de Internet hacia los predios de Querochaca, Ingahurco y el Centro Cultural mediante un enlace punto a multipunto.

Por otro lado, desde el sitio de acceso al Internet que está ubicado en Huachi, se realiza un enlace punto a punto hacia el Cerro Nitón, el mismo que contiene la señal de Internet a ser distribuida.

Cabe resaltar que para entregar los servicios de datos e Internet al predio del Centro Cultural, se ha tenido que realizar un enlace adicional (Cerro Nitón – Pinllo), ya que la ubicación de este predio no tiene una línea de vista directa con el Cerro Nitón, puesto que es obstaculizada por el Estadio Bellavista de

Ambato. Para resolver este problema se ha puesto un punto de repetición en el sector de Pinllo, el cual se conecta con el Centro Cultural por medio de un enlace punto a punto. Todos los enlaces restantes sin excepción tienen una perfecta línea de vista.

Los nodos que intervienen en la red inalámbrica de la UTA se los muestra en la siguiente figura [3].

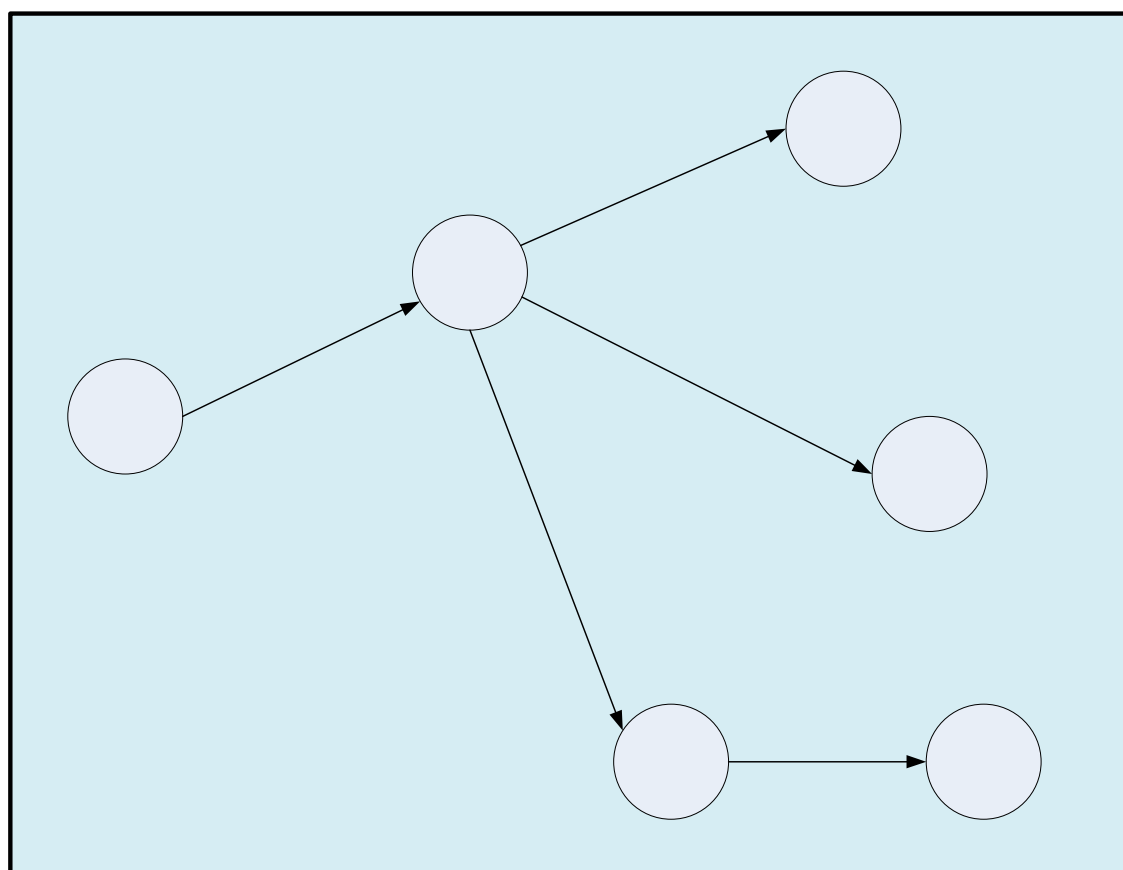


Figura 4.15. Nodos de la Red de Telecomunicaciones de la UTA.

Como se puede observar en la figura 4.15, la red de telecomunicaciones de la UTA está conformada por 6 nodos, los mismos que son:

- NODO 1, Predio Universitario Principal (Huachi).
- NODO 2, Punto de Distribución Central (Cerro Nitón).
- NODO 3, Punto de Repetición (Cerro Pinllo).
- NODO 4, Predio Universitario Secundario (Ingahurco).
- NODO 5, Predio Universitario Secundario (Querochaca).
- NODO 6, Predio Universitario Secundario (Centro Cultural).

b) Tecnología utilizada para los radioenlaces.

El tipo de tecnología utilizada para todos los radioenlaces que constituyen la Red Inalámbrica de la UTA es Spread Spectrum (Espectro Ensanchado/Banda Expandida) de Secuencia Directa en la banda de 2,4 GHz (ISM).

SPREAD SPECTRUM de Secuencia Directa, el sistema de Espectro Ensanchado de Secuencia Directa se define como aquel en el que la energía media de la señal transmitida se reparte sobre un ancho de banda mucho mayor al ancho de banda de información, empleando un código independiente al de los datos; es decir que la señal transmitida es propagada en una banda

de frecuencia mucho más amplia, que el mínimo de ancho de banda requerido para transmitir la información.

La expansión del espectro se lleva a cabo antes de la transmisión a través de un código. Este mismo código es usado en el receptor, en forma sincronizada con el transmisor, para comprimir de nuevo el espectro y así recuperar la secuencia de datos original.

Las bandas de frecuencia utilizadas por esta tecnología son las pertenecientes a la denominada Banda ISM (Industria, Seguridad y Medicina), que comprende tres bandas de frecuencia: 902 a 928 MHz; 2400 a 2483,5 MHz y 5725 a 5850 MHz, las mismas que son de uso público y sin costo en la mayoría de países del mundo.

A continuación se muestra una lista de las ventajas e inconvenientes que se pueden observar en los sistemas Spread Spectrum típicos.

Ventajas.

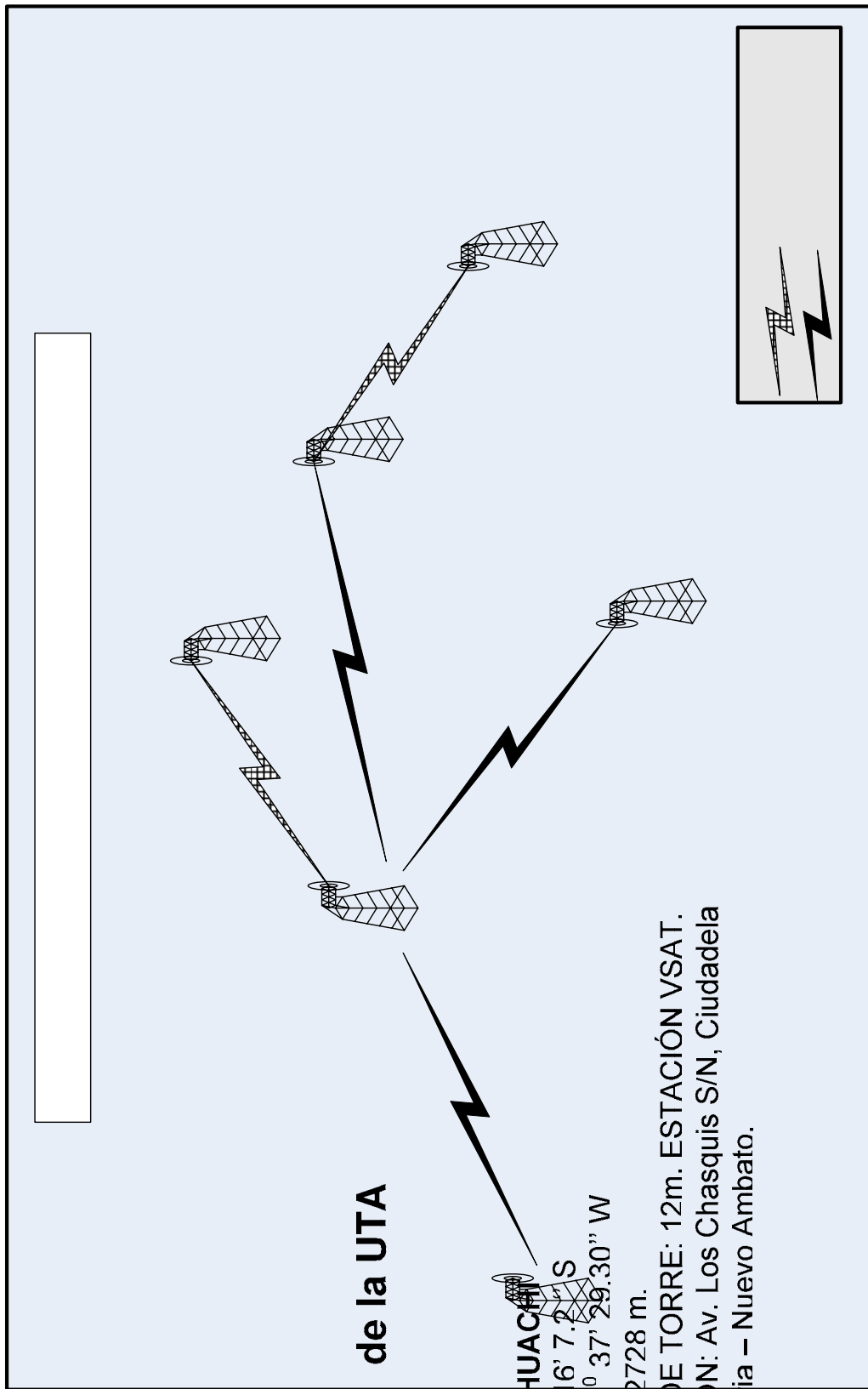
- Resiste interferencias intencionadas y no intencionadas.
- Puede compartir la misma banda de frecuencia con otros usuarios.

- Privacidad debido a la secuencia de código pseudoaleatoria (multiplexión por división de código).
- Permite manejar anchos de banda grandes sobre todo para lo que es transmisión de Internet.

Desventajas.

- Ancho de banda ineficiente.
- La implementación es, de alguna forma, más compleja.

En la figura 4.16 se muestra el diagrama de los radioenlaces de la Red Inalámbrica de la UTA, en donde se utiliza la tecnología Spread Spectrum de Secuencia Directa de 2,4 GHz para realizar la interconexión de los predios.



Comunicaciones de la UTA m 2.4 GHz

PREDIO: HUACCHIN
LAT: 01° 16' 7.2" S
LONG: 78° 37' 29.30" W
ALTURA: 2728 m.
ALTURA DE TORRE: 12m. ESTACIÓN VSAT.
DIRECCIÓN: Av. Los Chasquis S/N, Ciudadela
Universitaria – Nuevo Ambato.

2,453 GHz. / Canal 10
10 Mbps. / 1,1 Km.

/ Canal 2

c) Elementos de la Red de Telecomunicaciones.

Los elementos que constituyen la Red Inalámbrica de la UTA son los siguientes:

Equipo de Radio Proxim Bridge Stratum MP 2002.



Figura 4.17. Equipo de Radio Stratum MP 2002.

Este equipo es utilizado para la transmisión/recepción del enlace punto a punto, Huachi-Nitón. De igual manera se lo utiliza para el enlace y distribución de la señal punto a multipunto de Nitón hacia los predios de Ingahurco, Querochaca, Centro Cultural y viceversa.

La velocidad de transmisión de este equipo es de 10 Mbps Half Duplex, aunque la velocidad máxima de acceso permitido a los datos (throughput) es de 8,5 Mbps; esto para el enlace Huachi-Nitón y Pinllo-Centro Cultural.

Para el resto de enlaces, este ancho de banda es repartido en tres partes; es decir que cada enlace tiene 3,33 Mbps con un throughput de 2,83 Mbps, esto por el hecho de tratarse de un enlace punto a multipunto.

El tipo de modulación que utiliza es Spread Spectrum de Secuencia Directa de 2,4 GHz (ISM); permite hasta 32 usuarios por celda o 32 equipos para enlace punto a multipunto; tiene un puerto Ethernet 100 Base-T (RJ-45) para realizar conexiones con otros equipos Proxim que sirven para crear redes inalámbricas.

Adicionalmente posee 11 canales seleccionables de frecuencia diferente para evitar las interferencias entre los enlaces, tal como se lo indica en la tabla 4.4.

CANAL	FRECUENCIA (GHz)
1	2,417
2	2,421
3	2,425
4	2,429
5	2,433
6	2,437
7	2,441
8	2,445
9	2,449
10	2,453
11	2,457

Tabla 4.4. Canales de frecuencia del Stratum MP [3].

Para el caso de los enlaces de la UTA se ocupan los siguientes canales.

Enlace	Banda	Canal	Ancho de Banda	Throughput	Modulación
Huachi-Nitón	2,4 – 2,5 GHz	11	10 Mbps	8,5 Mbps	Spread Spectrum Secuencia Directa.
Nitón-Ingahurco		2	3,33 Mbps	2,83 Mbps	
Nitón-Querochaca		2	3,33 Mbps	2,83 Mbps	
Nitón-Pinllo		2	3,33 Mbps	2,83 Mbps	
Pinllo-C. Cultural		10	10 Mbps	8,5 Mbps	

Tabla 4.5. Resumen de los radioenlaces de la UTA [3].

El total de equipos de radio MP Stratum 2002 utilizados en la red son 8 unidades, distribuidos así: uno en el predio principal, uno en cada predio secundario y dos en el punto de distribución central y en el punto de repetición.

Antenas de Transmisión y Recepción.



Figura 4.18. Antena Hiperlink.

Las antenas empleadas en la red de la UTA son antenas reflectoras parabólicas de rejilla de alta ganancia Hiperlink (HyperGain) de 24 dBi a 2,4 GHz.

Estas antenas proveen una excelente calidad y compatibilidad con equipos Spread Spectrum, proporcionando una cobertura de hasta 42,25 Km de distancia, dependiendo de la capacidad del equipo que se utilice.

Además permiten reducir las interferencias cambiando la polarización de vertical a horizontal y viceversa. Se utilizan 10 antenas Hiperlink para cubrir el área total de servicio de la UTA.

Switch Cisco Catalyst 2950.

Este componente es un switch de 12 puertos 10/100 Mbps, utilizado para distribuir la información proveniente de los enlaces a las redes LAN en cada predio secundario (Ingahurco, Querochaca, Centro Cultural Universitario).

Otros.

A más de los elementos antes mencionados, la red inalámbrica requiere de otros dispositivos necesarios para su correcto funcionamiento, así tenemos:

- Un Amplificador bidireccional HiperAmp de 250 mW, para 2,4 GHz.
- Un Splitter HyperGain de 3 vías a 2,4 GHz.
- Sistema de Pararayos: aquí se incluye 4 pararayos, mástil, cable y soldaduras.
- UPS de 120 V / 1,4 KVA con autonomía ampliada de 8 horas.
- Una caseta para los equipos de energía eléctrica con sus respectivas instalaciones.
- Ocho cajas metálicas para la protección de los equipos de enlace.
- Cuatro torres triangulares, galvanizadas 45 cm y soportadas con tensores/tubos.
- Cable Andrew Heliax 1/2" para las antenas, amplificador y splitter; cable UTP categoría 5e para la conexión de los Stratum MP; cable para la alimentación eléctrica de los equipos.
- Conectores y protectores RJ-45.
- Adaptadores para los cables de las antenas, amplificador y splitter.

En la siguiente figura se muestra el diagrama funcional de la Red Inalámbrica de la UTA, en donde se indican los elementos que intervienen en la interconexión de los predios.

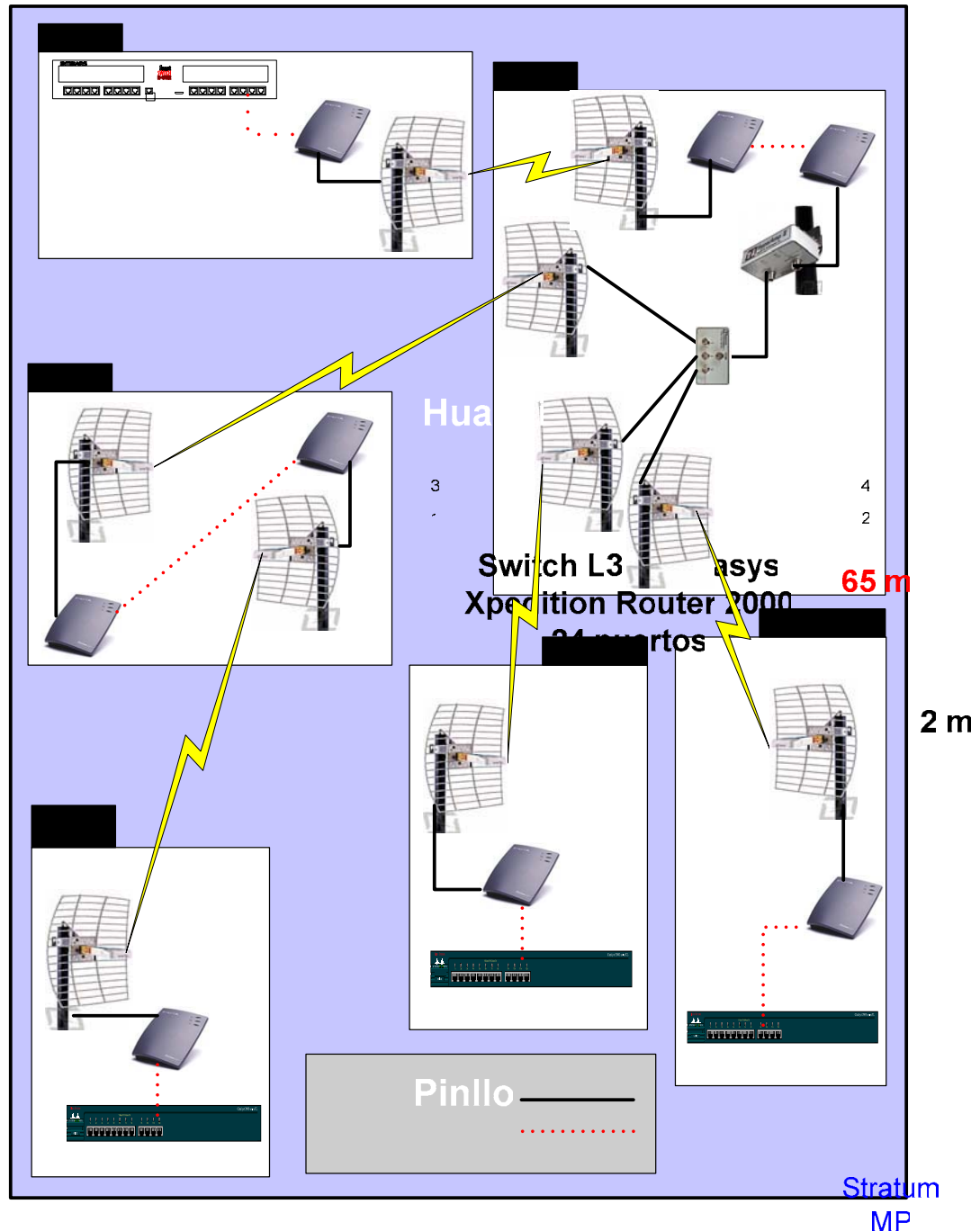


Figura 4.19. Diagrama Funcional de la Red Inalámbrica de la UTA [3].

Finalmente, todos los elementos que intervienen en la Red Privada de Telecomunicaciones de la UTA se los puede resumir en el siguiente gráfico.

A continuación se muestra la infraestructura técnica actual que interviene en la Red Privada de Telecomunicaciones de la UTA.





Figura 4.21. Infraestructura Técnica de la UTA.

4.4.2 RED DE INTERCONEXIÓN INTERNA A NIVEL DE PREDIOS.

La Red de Interconexión Interna se la puede definir como la red que permite interconectar cada unidad académica de la UTA, a través de enlaces vía fibra óptica o vía cable UTP con la central de cada predio a la cual llegan los datos provenientes de los enlaces inalámbricos. La red interna también constituye las redes de área local (LAN) de cada facultad, las mismas que se encargan de proveer los servicios a cada terminal de usuario perteneciente a su jurisdicción.

A continuación se detallan las formas de distribución de la señal a los distintos puntos de red.

a) Enlaces de interconexión entre Facultades vía Fibra Óptica.

Los enlaces que utilizan fibra óptica para la distribución de la señal de Internet a las diferentes Facultades, son los que se encuentran implementados en los predios de Ingahurco y Huachi. La tabla 4.6 resume la infraestructura de fibra óptica necesaria para dichas interconexiones.

Enlaces \ Predios	Huachi	Ingahurco	Querochada
<ul style="list-style-type: none"> • Cable de Fibra Óptica multimodo³ 62,5/125 um, con armadura metálica uso en exteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> - De 6 hilos. Total = 500m. - Centro de Informática - UTA a Facultad de Ingeniería en Sistemas: 260m. - Centro de Informática - UTA a Facultad de Ciencias Administrativas: 240m. 	<ul style="list-style-type: none"> - De 12 hilos. - Centro de Informática- UTA a Administración Central: 70m. - De 8 hilos. - Oficinas Administración Central a Biblioteca General: 50m. 	
	<ul style="list-style-type: none"> - De 4 hilos. Total = 270m. - Centro de Informática - UTA a Facultad de Ingeniería Civil: 170m. - Facultad de Ciencias Administrativas, Bloque 1 a Bloque 2: 100m. 	<ul style="list-style-type: none"> - De 4 hilos. - De Biblioteca General a Facultad de ingeniería en Alimentos: 100m. 	

Tabla 4.6. Infraestructura de la Red Interna vía Fibra Óptica [1].

Los diagramas de interconexión con fibra óptica de estos predios son los siguientes:

³ FIBRA ÓPTICA MULTIMODO.- Permite que varios rayos sean transportados por la misma fibra.

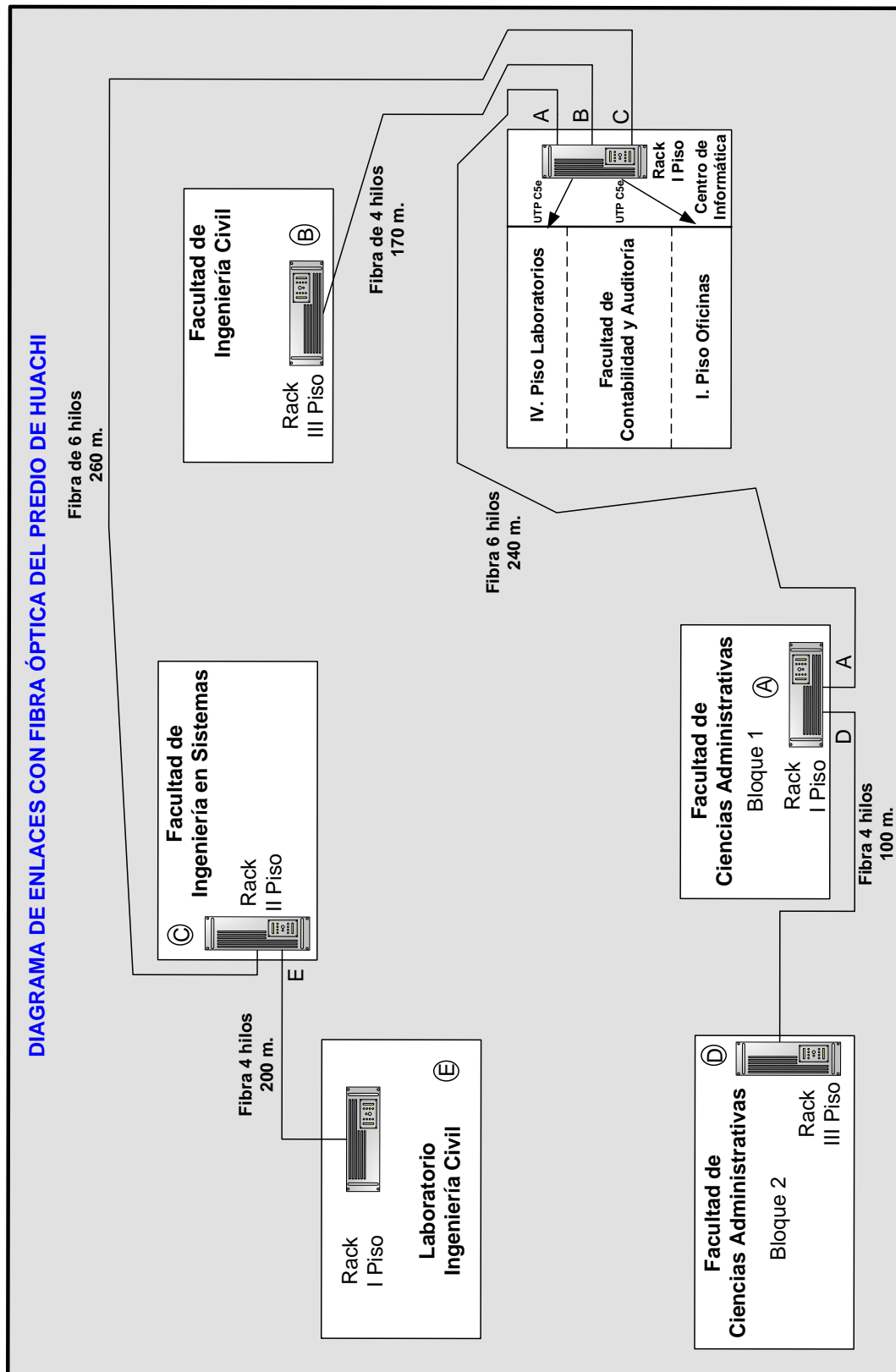
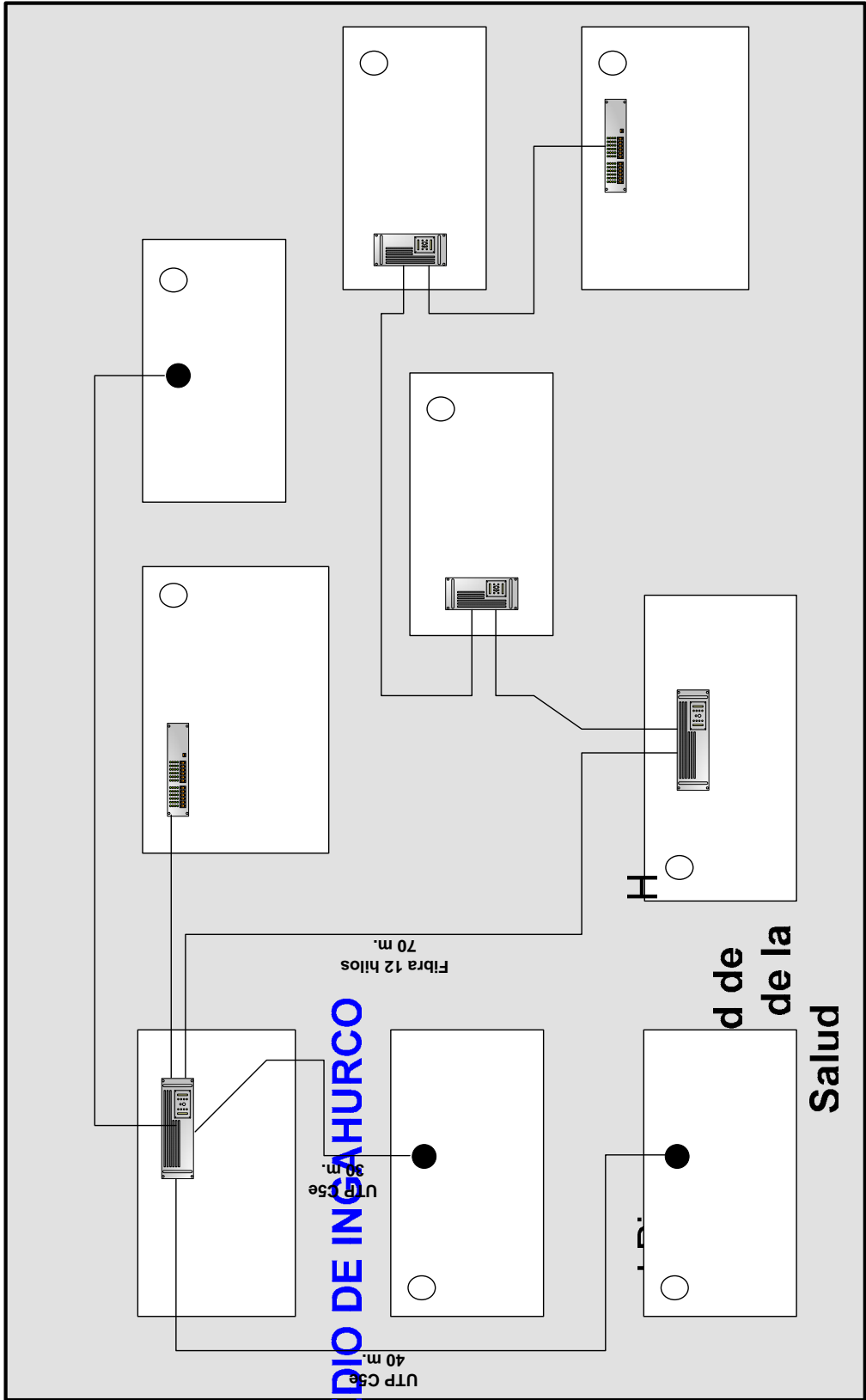


Figura 4.22. Diagrama de Enlaces con Fibra Óptica – Huachi [1].



CLINICA DEL PREDIO DE INCAHURCO

Salud de la

**Fibra de 4 hilos
100 m.**

**Rack
Disc**

**ias
a**

G

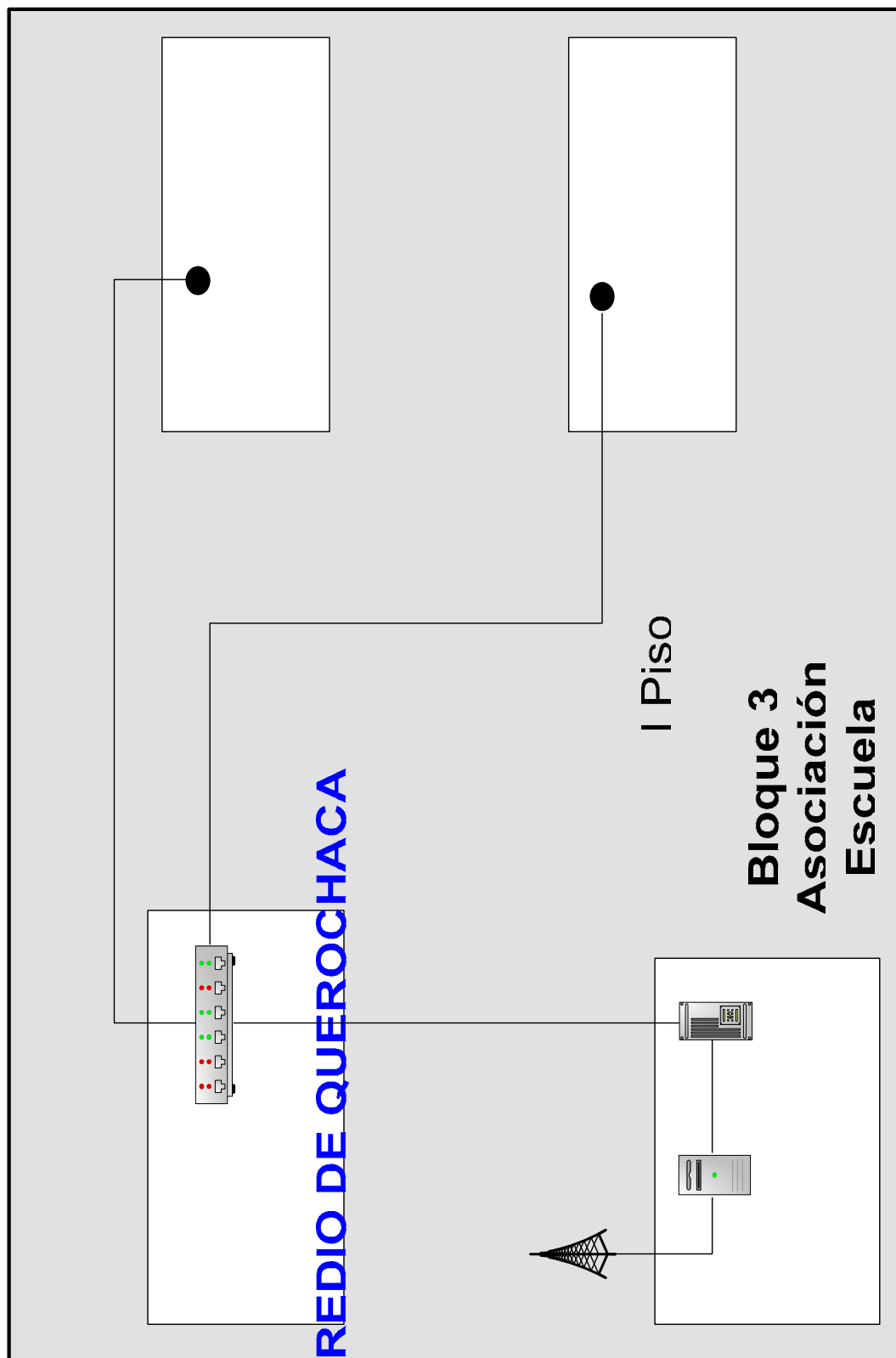
b) Enlaces de interconexión entre Facultades vía Cable UTP.

Los enlaces que utilizan cable UTP categoría 5e para la distribución de la señal de Internet hacia los diferentes puntos de recepción, son los que se encuentran implementados en el predio de Querochaca. La tabla 4.7 resume la infraestructura necesaria para dichas interconexiones.

Enlaces \ Predios	Huachi	Ingahurco	Querochada
<ul style="list-style-type: none"> • Cable UTP categoría 5 extendida, 4 pares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Centro de Informática - UTA a Oficinas de Facultad de Auditoría: 20m. - Centro de Informática - UTA a Laboratorios (Centro de Cómputo) Facultad de Auditoría: 40m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Facultad de Ingeniería en Alimentos a Facultad de Ciencias Humanas y Educación: 100m. - Centro de Informática a Facultad de Jurisprudencia: 30m. - Centro de Informática a Departamento de Idiomas: 40m. - Centro de Informática a Laboratorio 1 de Ciencias Humanas y Educación: 20m. - Centro de Informática a Facultad de Ciencias de la Salud: 30m. 	<ul style="list-style-type: none"> - Antena Radio a Servidor Proxy: 10m. (Centro de Cómputo). - Centro de Cómputo (Bloque 1) a Unidad de Investigaciones (Bloque 2): 20m. - Unidad de Investigaciones (Bloque 2) a Aso. Escuela (Bloque 3): 25m. - Unidad de Investigaciones (Bloque 2) a Proyectos INIAP: 30m.

Tabla 4.7. Infraestructura de la Red Interna vía Cable UTP [1].

El diagrama de interconexión con cable UTP utilizado en este predio es el siguiente:



C5e DEL PREDIO DE QUEROCHACA

I Piso

Bloque 3
Asociación
Escuela

C5e
n.

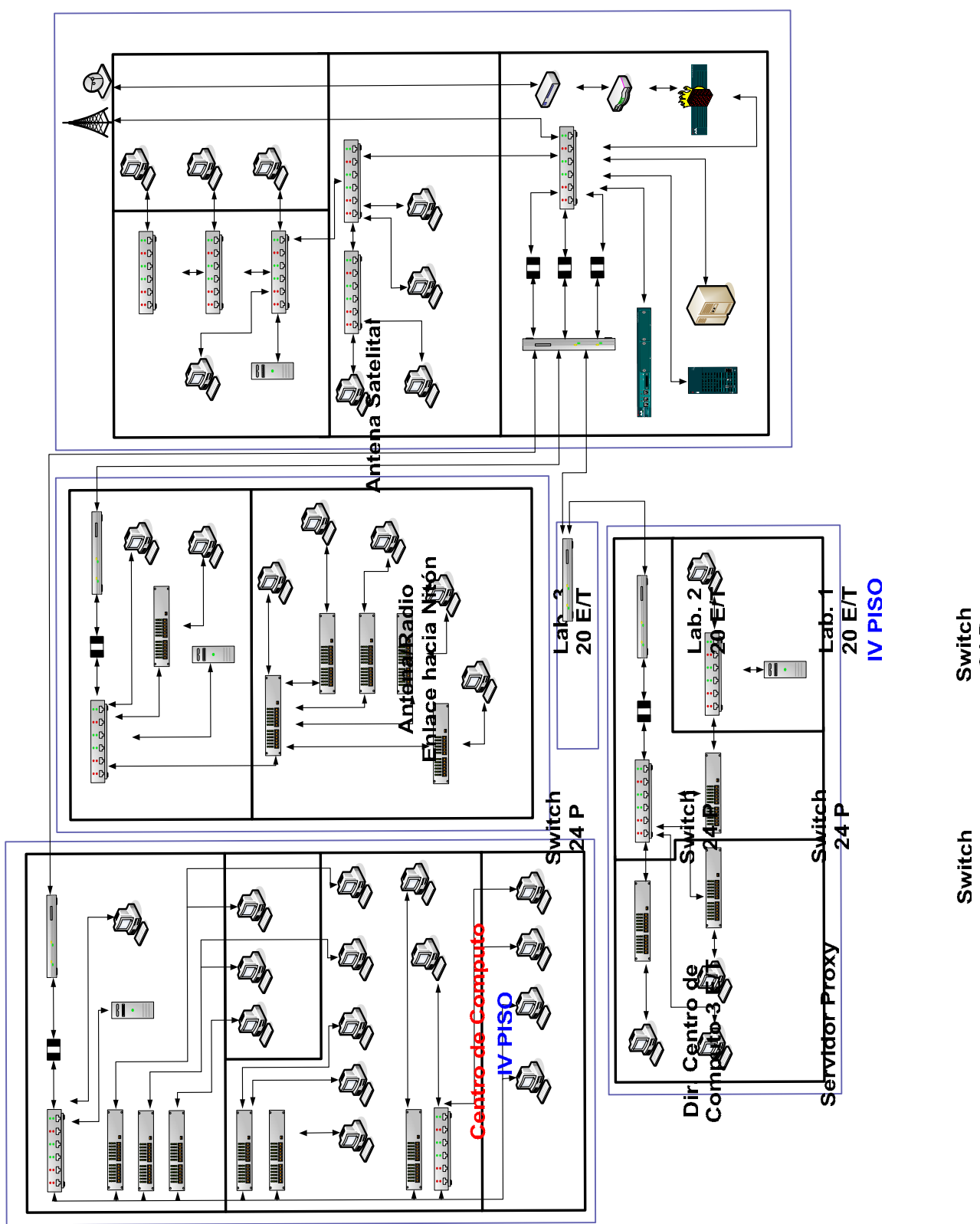
c) Redes de Área Local (LAN) de cada Facultad de la UTA.

Aquí se detalla la forma de conexión de las redes locales de las distintas Facultades de cada predio perteneciente a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO; es decir, que en los diagramas siguientes se muestra la manera en que la señal de Internet proveniente de las centrales de concentración de las redes inalámbricas en cada campus universitario, es distribuida a los diferentes laboratorios y demás terminales que requieran este servicio.

Del mismo modo, se especifican los elementos o equipos utilizados para la implementación, puesta en funcionamiento y administración de las redes LAN, en cada facultad.

Finalmente, se indica las interconexiones de la fibra óptica entre las Unidades Académicas y la central de distribución de la señal de Internet, a través de bandejas de fibra.

Los diagramas de las redes locales de las diferentes Facultades son los siguientes [1]:



Centro de Computo

deja de Fibra

Lab. 1
20 E/T

Lab. 2
16 E/T

teca
E/T

CTT-F/C
4 E/T

Switch
24 P

Switch
24 P

IV PISO

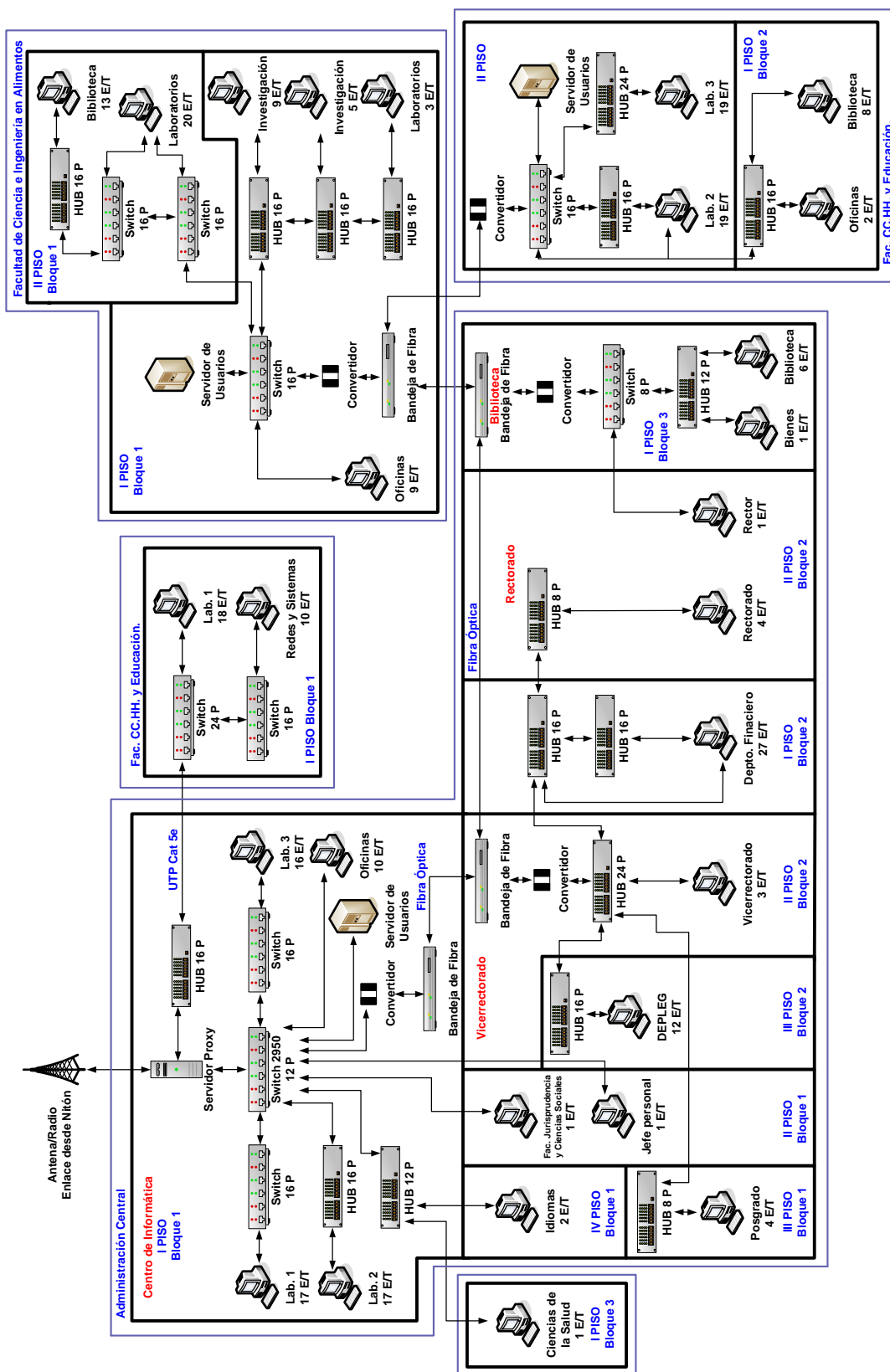
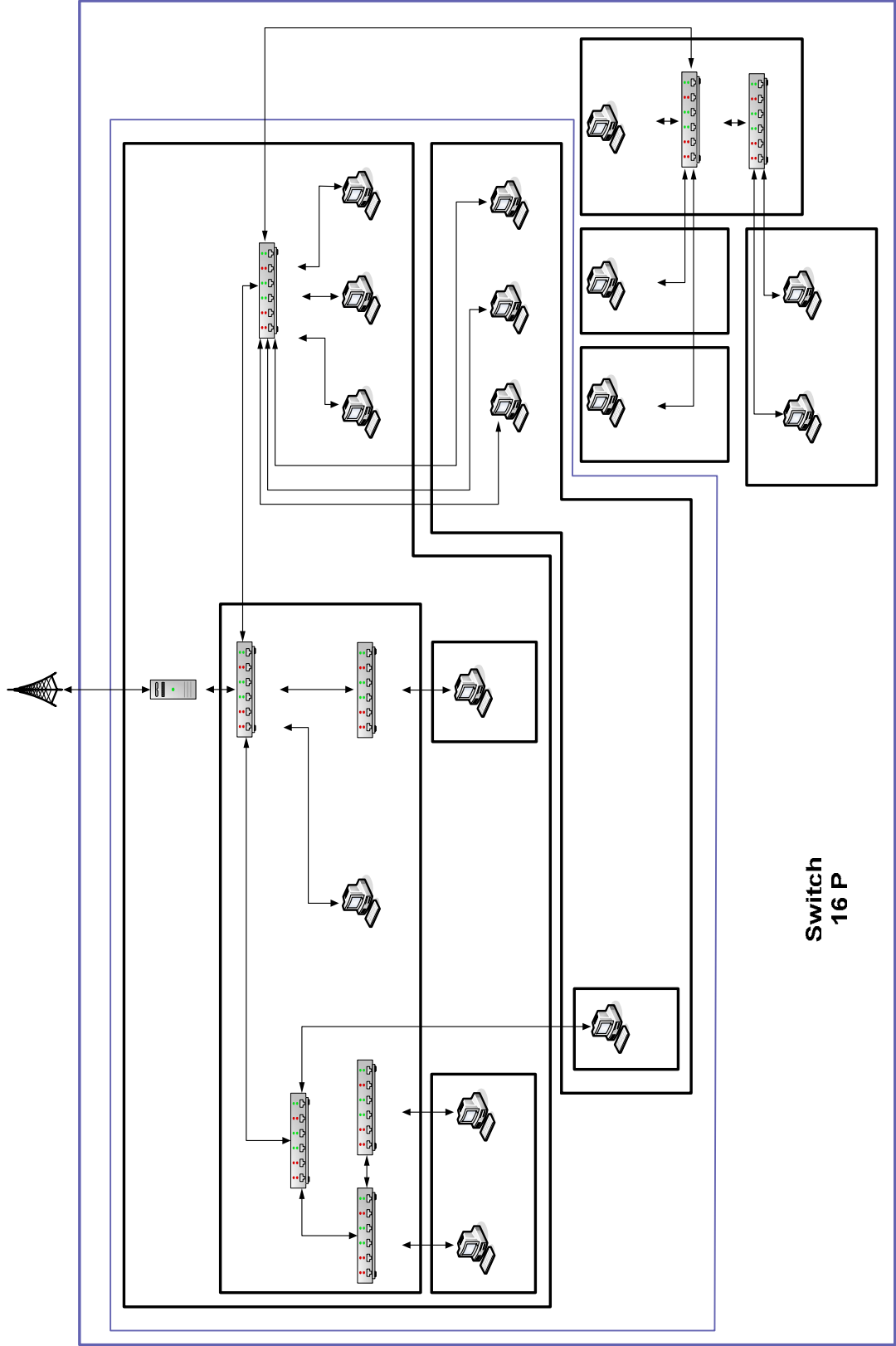


Figura 4.26. Diagrama de Redes Locales – Ingahurco.



Cabe indicar, que durante el análisis de la Red Interna de Comunicaciones de la UTA no se ha tomado en cuenta el predio del Centro Cultural Universitario, en vista de que en este predio no se tiene aún implementada ninguna red local que proporcione los servicios de voz, datos e Internet a su comunidad local, a pesar de contar con el punto de red inalámbrico para su conectividad.

4.5 JUSTIFICATIVOS PARA EL USO DE LA TECNOLOGÍA LMDS.

Las razones del porqué se debe realizar el diseño de un sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, son las siguientes:

- Con la notable necesidad de conexión de la comunidad estudiantil al interior como al exterior de la Universidad, y ante la limitación para acceder a medios que le permitan al personal académico y administrativo intercomunicarse y adquirir información de otras personas y comunidades, es evidente la creciente congestión, la ineficiencia y los problemas de acceso que se presentan a la hora de buscar información a través de las redes locales existentes.

- Los servicios ofrecidos actualmente en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO no se encuentran totalmente integrados, lo que hace difícil el acceso y uso de los mismos para los usuarios. En este caso, se puede instalar una red LMDS que posibilite la integración de todos los servicios que requiera la Institución mediante los equipos e interfaces propios de esta tecnología, resultando más barato la implementación de este tipo de sistema inalámbrico, en comparación con la fibra óptica, puesto que los equipos transductores y convertidores de señales eléctricas a señales de luz y viceversa resultan de costos más elevados y numerosos.
- La tecnología de acceso inalámbrico LMDS proporcionará una gran variedad de servicios y aplicaciones a cada predio de la Universidad y por ende a cada facultad perteneciente a la misma, a través de un mismo medio de transmisión, sin la necesidad de efectuar cableado alguno entre la estación que funcione como Hub Central y las localidades del usuario (facultades y oficinas administrativas); ya que la actual red no permite cubrir la demanda exigida por los diversos usuarios.
- LMDS proporciona una mayor seguridad en cuanto a la transmisión/recepción de los datos; es decir, no se tiene el riesgo de perder la comunicación por factores ajenos a los equipos.

- Con LMDS, a diferencia de la fibra óptica, puede brindar servicios integrados en un solo paquete bajo una sola tarifa; además puede brindar interconexión con alimentadores de estaciones base para dar servicio de telefonía móvil a nivel de microceldas.
- La tecnología LMDS permitirá a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO convertirse a futuro en una proveedora de servicios para el público en general, transformándose de esta manera en una entidad altamente competitiva en relación a otras instituciones educativas y a las operadoras y proveedoras locales de servicios de telecomunicaciones que existen actualmente.
- Mediante la conversión de la UTA a una empresa proveedora de servicios, se tendrá la ventaja de generar una entidad educativa de enseñanza superior autofinanciada e independiente, lo que consecuentemente mejorará los recursos físicos, ambientales y económicos de la UTA, en beneficio de alumnos, docentes y personal administrativo.
- Resolverá la necesidad de realizar comunicaciones de voz directa e interna en cada predio, en lugar de utilizar una compañía telefónica local.
- LMDS es extremadamente rápido en comparación con las comunicaciones a través de módems dial-up o DSL. Además LMDS ha sido distribuido en una gran parte del ancho de banda del espectro, lo

que permitirá que mayor cantidad de información viaje a través de dos puntos.

- LMDS tiene un crecimiento proporcional basado en la demanda de los usuarios.
- LMDS brinda mayor facilidad y rapidez en la instalación de los equipos; así como también de la reubicación de los mismos en el caso de que se lo requiera.

Todos estos justificativos permitirán que LMDS se convierta aún más popular y más utilizado a medida que el tiempo transcurra, puesto que LMDS es una alternativa nueva y atractiva, capaz de poder satisfacer las exigencias más estrictas de los usuarios con un infinito número de aplicaciones posibles y un gran ancho de banda.

Además su arquitectura flexible, su crecimiento bajo demanda, su infraestructura pequeña, entre otras, hacen de este sistema uno de los más aceptados, comprados y con mejores ganancias del mercado de redes de acceso.

REFERENCIAS.

[1] GUACHIMBOZA VÍCTOR y RUIZ JAIME, “Plan Informático de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, Proyecto de Tesis, Universidad Técnica de Ambato, 2003.


[2] CONCURSO INTERNO DE PRECIOS N° 04-UTA-2001, “Adquisición, Instalación y Perfecto funcionamiento de un Sistema Satelital Privado para la conexión de alta velocidad al Internet en Estados Unidos de América y componentes para el Campus Universitario de Huachi de la UTA”, consorcio ADVICOM-MAINT Cía. – Ltda.

[3] CONCURSO INTERNO DE PRECIOS N° 06-UTA-2001, “Adquisición, Instalación y Perfecto funcionamiento de la Interconexión mediante Radioenlaces Privados entre los predios Universitarios de Ingahurco, Huachi, Querochaca y el Centro Cultural Universitario de la UTA”, ADVICOM Cía. – Ltda.

CAPITULO

5

DISEÑO DE APLICACIÓN DE UNA RED DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO LMDS PARA LOS PREDIOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



5.1 INTRODUCCIÓN.

Con el fin de mejorar el rendimiento y el servicio tanto a usuarios locales por medio de una red interna, como para ofrecer servicios a aquellos que se encuentran en los alrededores de la Universidad, se plantea el diseño de un sistema de acceso fijo inalámbrico punto a multipunto LMDS.

Se ha elegido este tipo de tecnología, debido a que ésta es considerada hoy por hoy como una de la mejores alternativas tecnológicas capaz de proveer una alta tasa de transferencia de datos, soportar una buena cantidad de usuarios a través de un mismo dispositivo y la cobertura que ofrece para un área determinada, además de su creciente comercialización y su bajo costo de implementación en comparación con otras tecnologías existentes.

Para iniciar con el proceso de diseño de la red de acceso, basada en el sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS, se justificará la necesidad de su aplicación, puesto que la implementación de este sistema de acceso inalámbrico, es un asunto que requiere de un alto despliegue de tecnología y una considerable inversión, aunque ésta como ya se dijo, es menor a los sistemas de telecomunicaciones tradicionales (fibra óptica, cable coaxial, etc.).

Su desarrollo debe estar debidamente respaldado por una demanda actual de servicios considerable y una proyección de demanda a futuro, creciente.

En efecto, existe un requerimiento que va en aumento respecto a la demanda de los servicios de telecomunicaciones de la UTA por parte de los potenciales usuarios, ya que como se analizó en el capítulo 4, las redes de comunicaciones de la UTA, están disponibles sólo para brindar el servicio de Internet y algunas de sus aplicaciones, impidiendo que se tenga una red adecuada para el

procesamiento de datos (Intranet) o una red privada de voz (telefonía) que permita realizar las comunicaciones de una manera local en cada predio y entre estos; originado de alguna manera malestar e inconformidad por parte de los usuarios locales, al tener una red de acceso pobre que no satisface sus necesidades de comunicación, investigación, educación y entretenimiento.

Así, la extensiva demanda de comunicaciones, sobre todo en lo que tiene que ver con los servicios de voz, datos, e Internet, hace que la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO busque una nueva plataforma de acceso que posibilite la integración de estos servicios, satisfaga los requerimientos de los abonados vinculados con la Institución y que presente facilidades para una futura ampliación del sistema, puesto que la UTA al ser una entidad de educación superior, planeará la creación de nuevas opciones de estudio, incrementando su población, así como también su infraestructura física y por ende la demanda de los servicios.

Del mismo modo, la UTA deberá ser capaz de suministrar todos los servicios antes mencionados a la colectividad ambateña que se encuentre dentro del área de cobertura; ya que como se ha visto en los últimos años, la ciudad de Ambato ha tenido un enorme crecimiento tanto residencial como comercial, surgiendo la necesidad de que no sólo las compañías grandes tengan los

privilegios de acceder a una red de datos, sino que también las empresas de mediano y pequeño tamaño tengan la facilidad de formar parte de esta red.

Esto abre un mercado competitivo entre las empresas que por años han monopolizado estos servicios, y las nuevas operadoras que brindarán los mismos servicios pero a precios relativamente bajos, debido a la implantación de la concesión de servicios bajo libre competencia en el Ecuador.

La siguiente gráfica da una breve idea, de cómo se han ido incrementando durante los últimos años, las empresas conectadas al Internet en el Ecuador.

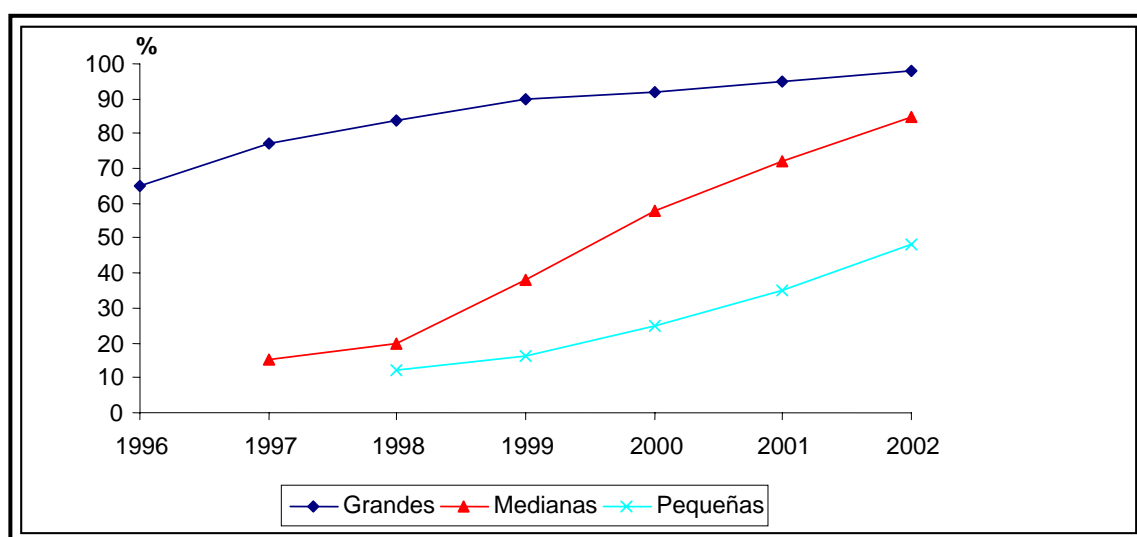


Figura 5.1 Porcentaje de empresas conectadas al Internet.

Dados todos estos antecedentes, se puede decir que el sistema LMDS surge como la mejor alternativa para proporcionar una amplia gama de servicios y

aplicaciones a toda la comunidad local de la UTA, así como también a usuarios particulares que deseen obtener estos beneficios; lográndose obtener una verdadera red de telecomunicaciones para la UTA, a la vez que generará ingresos al convertirse en una entidad proveedora de servicios, justificándose de esta manera la implementación del sistema LMDS en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

5.2 FACTORES CLAVES DE VIABILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA LMDS.

A la hora de realizar la planificación y despliegue de un sistema inalámbrico punto a multipunto LMDS, existen varios factores básicos que deben tomarse en cuenta, tales como:

a) ÁREA DE COBERTURA.

Uno de los factores clave al momento de realizar el diseño de un sistema que proporcione servicios vía radio, es conocer el número de usuarios que puede abarcar el área de cobertura; es decir que para tener un buen desempeño del sistema, se debe saber el porcentaje de suscriptores que poseen suficiente nivel de recepción de la señal para lograr una excelente calidad de servicio.

b) NÚMERO DE CELDAS.

El número de celdas dependerá del área de servicio que se pretende cubrir con el sistema LMDS. Obviamente, lo que un operador busca es cubrir un área lo más extensa posible y obtener un buen rendimiento del sistema, utilizando para dicho efecto el mínimo número de celdas. Por lo tanto, al tener una arquitectura de celdas que permita a los receptores seleccionar entre más de una estación base o celda, se obtendrá un incremento significativo del área de cobertura.

c) UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN BASE Y TAMAÑO DE LAS CELDAS.

La ubicación de las estaciones base será de forma tal, que su área de cobertura pueda proveer el servicio al número de usuarios seleccionado en cada celda. Esta ubicación debe ser de preferencia en zonas donde se pueda obtener beneficios y ahorros económicos, como por ejemplo evitando realizar caminos de acceso y la altura de las torres no sea demasiado grande. En cuanto al cálculo del tamaño de la celda, este dependerá de la topografía del terreno, el número de usuarios destinados a recibir el servicio vía radio y según la clase y tamaño de las antenas a utilizarse.

Para el presente diseño, el tamaño de la célula máximo para el área de servicio lo relacionaremos con la alta atenuación por lluvia que se produce a altas

frecuencias y el nivel deseado de la confiabilidad del enlace. Esta disponibilidad esta determinada por la expectativa de lluvia para un área geográfica dada.

Por ejemplo, si se considera las Regiones Mundiales de Lluvia designadas por la UIT-R, la costa ecuatoriana se encuentra en la región “P” y la sierra en la región “N”. Para estas regiones y el equipo que se utilice según el tipo de fabricante, se especifica en la tabla 5.1 los valores de los radios de cobertura de las celdas, expresados en kilómetros y estimados mediante objetivos de disponibilidad y la región climática en la que se encuentre el sistema.

Región Climática /Disponibilidad (%)	N (Km)	P (Km)
99,9	3,6	3,2
9,995	1,4	1,1

Tabla 5.1. Radios de cobertura de un sistema LMDS para la sierra y la costa ecuatoriana [1].

Cabe añadir, que estos valores no varían en forma considerable de un equipo a otro, por este motivo se los puede generalizar para cualquier tipo de fabricante.

d) ATENUACIÓN EN LA VEGETACIÓN.

Cuando existe bloqueo de árboles en la línea de vista, se limita el número de usuarios a los cuales se proveerá el servicio. Por lo tanto, es importante tener un modelo confiable de efectos y de extensión con respecto a la atenuación por vegetación, ya que para aquellos receptores que se encuentran cerca del transmisor, el margen del sistema puede ser tal que la potencia de la señal que pasa a través de un solo árbol sea suficiente para el servicio.

e) CALIDAD DE SERVICIO.

La calidad de servicio es un conjunto de efectos relativos al servicio que determina el grado de satisfacción del usuario en la utilización del mismo, éstos son la calidad de atención al cliente, la calidad de transmisión y la calidad de funcionamiento. Para el caso del sistema LMDS éstos pueden verse afectados por algunos factores, por ejemplo, obstrucción de la trayectoria de transmisión, solapamiento de celdas (20 % valor normal), atenuación por lluvia, etc. En definitiva, la calidad de servicio viene definido por los potenciales usuarios o por las recomendaciones de la UIT, el cual está en función de la redundancia del sistema, la obstrucción de la señal y el solapamiento de celdas.

f) GANANCIA DEL SISTEMA.

Este parámetro es utilizado para estimar la máxima distancia a la que un suscriptor puede estar localizado desde la estación base de una celda, teniendo aún aceptables niveles de confiabilidad del servicio. En esta ganancia del sistema se realiza una suma de todas las pérdidas y ganancias del sistema a través de los diferentes equipos utilizados, con ello se puede analizar diferentes factores como niveles de portadora a ruido (C/N), el nivel de la sensibilidad del receptor (Cmin), el nivel de la potencia de ruido (N), los márgenes de desvanecimiento (FM) del enlace, el valor de la figura de ruido (NF) y otros.

g) DISPONIBILIDAD DEL RADIO ENLACE.

Los sistemas LMDS son capaces de posibilitar el transporte de todos los servicios solicitados por los suscriptores, durante un 99,9 a 99,999% del tiempo contratado al operador de servicios de telecomunicaciones, asumiendo que el sistema y los transceptores reciban la adecuada energía el 100% del tiempo y no contando con la disponibilidad del equipo. Hay que notar que el 99,999% de disponibilidad representa aproximadamente 5 minutos fuera de servicio al año.

h) RANGO DEL ENLACE.

El rango del sistema o la distancia máxima a la cual se podrá ubicar un suscriptor viene determinado por el margen de desvanecimiento en la estación terminal. Este valor de distancia máximo deberá permitir una calidad de comunicación excelente. Para el cálculo de este margen se debe iniciar tomando en cuenta la potencia que tiene el transmisor en su salida, junto con la ganancia de las antenas de transmisión y recepción, las pérdidas por lluvia y pérdidas del sistema, tal como se lo indica en la ecuación 5.7.

i) SIMETRÍA Y ASIMETRÍA.

Los servicios entregados por los sistemas LMDS pueden tener diferentes requerimientos de simetría, tales como:

- El acceso a Internet utiliza anchos de banda asimétricos donde la mayoría del ancho de banda es consumido en el flujo de bajada.
- Aplicaciones de video utilizan anchos de banda asimétricos usando mayor capacidad en la dirección ascendente, pues los flujos de datos son enviados a varios usuarios desde una fuente corporativa o un centro de formación a distancia.

- Otros servicios como telefonía y video conferencia requieren anchos de banda simétricos.

Frente a estos requerimientos, los protocolos de los sistemas LMDS responden adecuadamente, puesto que permiten flexibilidad en la asignación de ancho de banda a los flujos de subida y bajada.

j) PRESUPUESTO DEL ENLACE.

Este parámetro es muy importante en la realización de todo proyecto, ya que éste se ejecuta en función de la relación costo – beneficio, constituyéndose en un factor imprescindible para estimar los requisitos de capital de la red. El presupuesto contabiliza todas las pérdidas y ganancias del sistema a través de varios tipos de equipos; además analiza varios parámetros de la red, como el tamaño de la celda, número de celdas y sectores, solapamiento de celdas, capacidad, etc., puesto que el costo del proyecto total depende de las variaciones de cualquiera de estos factores.

k) DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE USUARIO.

En este caso se debe incluir una densidad poblacional y su variación anual. Se realizará una clasificación de casas y edificios existentes en el lugar, con el fin

de conocer que tipos de usuarios se tendrán. Existen varios tipos de usuarios, los cuales pueden ser: residenciales, oficinas pequeñas u oficinas de casa, empresas pequeñas, empresas medianas, corporaciones o empresas grandes, estaciones base celulares/PCS/WLL, entre otros. Cada uno de éstos estará interesado en tener un servicio a través del sistema LMDS, por ejemplo: POTS, ISDN, Ethernet y otros.

5.3 FUNDAMENTOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA RED.

En los capítulos anteriores se obtuvo la suficiente información como para comprender las ventajas, desventajas, la capacidad y la operación del sistema de distribución punto a multipunto LMDS; del mismo modo, se analizó la situación actual de la red de comunicaciones de la UTA, pero no se incluyó ninguna información sobre los aspectos de planeación, razón por la cual en este capítulo se mencionará algunos de los aspectos relacionados con la planificación de la red, para finalmente concluir con un diseño específico para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

A continuación se definen algunos conceptos que nos servirán al momento de realizar el diseño de un sistema de comunicación punto a multipunto LMDS.

5.3.1 GANANCIA DEL SISTEMA.

La ganancia es una medida de la confiabilidad del sistema, ya que incorpora varios parámetros de interés en el diseño de enlaces. En su forma más sencilla, y aplicando solo al equipo, la ganancia representa la diferencia entre la potencia nominal de salida del transmisor y la potencia mínima de entrada requerida por un receptor. Este valor de ganancia debe ser mayor o por lo menos igual a la suma de todas las pérdidas y ganancias incurridas en una señal, conforme se propaga de un transmisor a un receptor. En esencia, representa la pérdida neta de un sistema de radio. Matemáticamente la ganancia del sistema es [3]:

$$G_s = P_t - U_{\min} \geq FM + L_p + L_f + L_b - G_t - G_r \quad (5.1)$$

En donde:

G_s = ganancia del sistema (dB).

P_t = potencia de salida del transmisor (dBm).

U_{\min} = potencia mínima de entrada del receptor para un objetivo de calidad determinado (dBm).

L_p = pérdida de la trayectoria de espacio libre entre antenas (dB).

L_f = pérdida del alimentador de guías de ondas (dB) entre la red de distribución (red combinada de canales o red de separación de canales) y su antena respectiva.

L_b = pérdida total de acoplamiento o ramificación (dB) en los circuladores, filtros y red de distribución entre la salida de un transmisor o la entrada de un receptor y su alimentador de guías de ondas respectivo.

FM = margen de desvanecimiento (dB).

G_t = ganancia de la antena transmisora (dB).

G_r = ganancia de la antena receptora (dB).

5.3.2 PÉRDIDA DE TRAYECTORIA DE ESPACIO LIBRE.

Es la pérdida ocasionada por una onda electromagnética conforme se propaga en una línea recta a través de un vacío sin ninguna absorción o reflexión de energía de los objetos cercanos. La expresión para el cálculo de la pérdida de trayectoria de espacio libre viene dada de la siguiente manera [3]:

$$L_p = \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left(\frac{4\pi f D}{c} \right)^2 \quad (5.2)$$

En donde:

L_p = pérdida de trayectoria de espacio libre.

D = distancia.

f = frecuencia.

λ = longitud de onda.

c = velocidad de la luz en el espacio libre (3×10^8 m/s).

Convirtiendo la ecuación (5.2) a dB se tiene:

$$L_p(dB) = 20 \log \left(\frac{4\pi f D}{c} \right) = 20 \log \frac{4\pi}{c} + 20 \log f + 20 \log D \quad (5.3)$$

Cuando la frecuencia se da en MHz y la distancia en km, se tiene:

$$L_p(dB) = 20 \log \left[\frac{4\pi (10)^6 (10)^3}{3 * (10)^8} \right] + 20 \log f (MHz) + 20 \log D (km) \quad (5.4)$$

$$L_p(dB) = 32,4 + 20 \log f (MHz) + 20 \log D (km)$$

Cuando la frecuencia se da en GHz y la distancia en km, se tiene:

$$L_p(dB) = 92,4 + 20 \log f (GHz) + 20 \log D (km) \quad (5.5)$$

En la siguiente figura se muestra los aspectos vistos anteriormente.

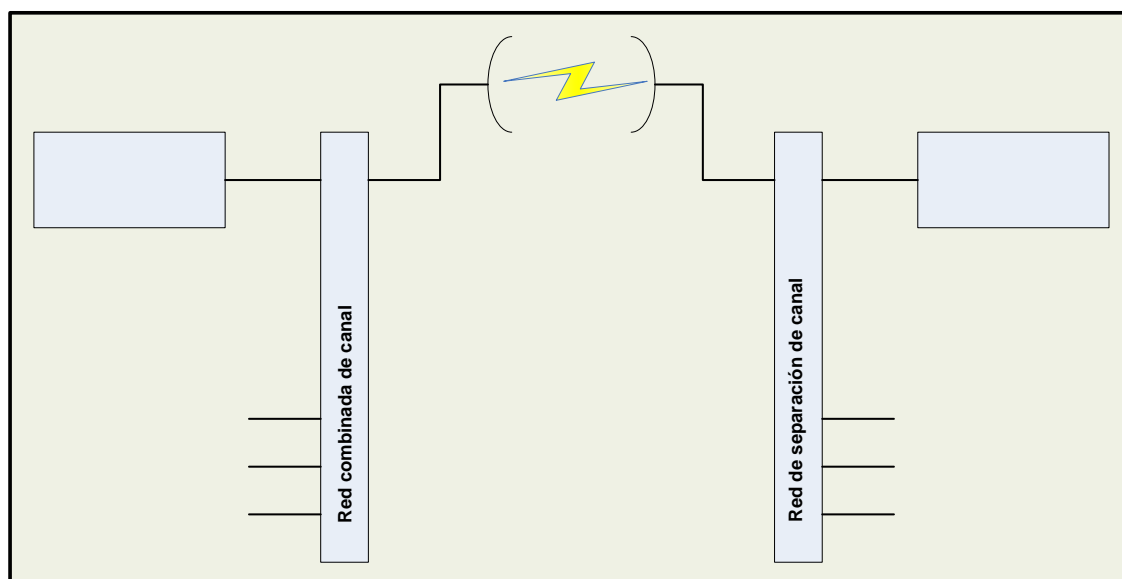


Figura 5.2. Ganancias y pérdidas del sistema.

Amplificador de potencia de microondas

Pt

Lb

5.3.3 MARGEN DE DESVANECIMIENTO.

Esencialmente, el margen de desvanecimiento es un factor que permite determinar hasta cuánto puede disminuir la señal en base a la sensibilidad del receptor. El margen de desvanecimiento se encuentra incluido en la ecuación de la ganancia del sistema y que considera características no ideales y menos predecibles de la propagación de ondas de radio, como por ejemplo *la propagación de múltiples trayectorias (pérdidas de múltiples trayectorias) y sensibilidad a superficie rocosa.*

Es muy importante la consideración del margen de desvanecimiento en la determinación de la ganancia de un sistema, puesto que causan condiciones

Gt

Lf

A otros receptores de microondas

atmosféricas anormales temporales que alteran la pérdida de la trayectoria de espacio libre, las mismas que usualmente son perjudiciales para el correcto funcionamiento del sistema. Además el margen de desvanecimiento considera los objetivos de confiabilidad del sistema, ya que al tener un mayor margen se obtendrá una mejor calidad del enlace. Por lo tanto se incluye como pérdida el margen de desvanecimiento en la ecuación de la ganancia del sistema. Matemáticamente, se lo puede representar con la siguiente expresión [3]:

$$FM = 30\log D + 10\log(6ABf) - 10\log(1 - R) - 70 \quad (5.6)$$

En donde:

$30\log D$ \Rightarrow efecto de múltiples trayectorias.

$10\log(6ABf)$ \Rightarrow sensibilidad a superficie rocosa.

$10\log(1 - R)$ \Rightarrow objetivos de confiabilidad.

70 \Rightarrow constante.

En donde:

$FM =$ margen de desvanecimiento (dB).

$D =$ distancia (km).

$f =$ frecuencia (GHz).

$R =$ confiabilidad expresada como decimal

(ejemplo: 99,99% = 0,9999 de confiabilidad).

$1 - R =$ confiabilidad para una trayectoria de 400 km en un solo sentido o dirección.

$A =$ factor de rugosidad.

$A = 4$ sobre agua o en un terreno muy parejo.

$A = 1$ sobre un terreno normal.

$A = 0,25$ sobre un terreno montañoso muy disparejo.

$B =$ factor para convertir una probabilidad del peor mes a una probabilidad anual.

$B = 0,125$ para áreas montañosas o muy secas.

$B = 0,25$ para áreas normales tierra adentro.

$B = 0,5$ para áreas calientes y húmedas.

$B = 1$ para convertir una disponibilidad anual a una base para el peor mes.

Otra forma de calcular el margen de desvanecimiento es con la siguiente expresión:

$$FM = Pt + Gb + Gt - Lp - Ra - Ls - U \text{ min} \quad (5.7)$$

En donde:

FM = margen de desvanecimiento (dB).

Pt = potencia transmitida (dB).

Gb = ganancia de la antena de la estación base (dBi).

Gt = ganancia de la antena de la estación terminal (dBi).

Lp = pérdida por espacio libre (dB).

Ra = atenuación por lluvia (dB).

Ls = pérdidas del sistema (dB).

$Umin$ = umbral de recepción (dB).

Las pérdidas por lluvia son dependientes de la banda de frecuencia de trabajo. Para frecuencias altas (>15 GHz), es un factor muy importante a tenerse en cuenta por ser alto en cantidad. Sin embargo para propósitos del presente diseño, se asumirá que la atenuación por lluvia es un valor despreciable, ya que se considerará que el sistema opera a distancias cortas y la mayor parte del tiempo en buen clima. Por otro lado, las pérdidas del sistema tienen que ver con las pérdidas de los equipos, como por ejemplo en la guía de onda, tipo de cable, atenuadores externos, etc.

5.3.4 UMBRAL DEL RECEPTOR.

La potencia de la portadora de banda ancha mínima ($Umin$) en la entrada de un receptor que proporcionará una salida de banda base que pueda utilizarse, se

llama *umbral del receptor* o a veces llamada *sensibilidad* del receptor [3]. El umbral depende de la potencia de ruido de banda ancha que está presente en la entrada de un receptor, el ruido que se introduce a éste, y la sensibilidad al ruido del detector de banda base, por lo que para calcular U_{min} , tiene que determinarse primero la potencia del ruido de entrada. Matemáticamente esta potencia está expresada así:

$$N = KTB \quad (5.8)$$

En donde:

N = potencia de ruido (watts).

K = constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/°K).

T = temperatura de ruido equivalente del receptor (Kelvin).

(Temperatura ambiente = 290° K).

B = ancho de banda de ruido (Hertz).

Expresando en dBm la ecuación (5.8) se tiene:

$$N(\text{dBm}) = 10 \log \frac{KTB}{0,001} = 10 \log \frac{KT}{0,001} + 10 \log B \quad (5.9)$$

Para un ancho de banda de 1 Hz a temperatura ambiente, se tiene:

$$N = 10 \log \left[\frac{(1,38 \times 10^{-23})(290)}{0,001} \right] + 10 \log 1 = -174 \text{dBm} \quad (5.10)$$

Por lo que la ecuación final de la potencia de ruido es:

$$N(\text{dBm}) = -174 \text{dBm} + 10 \log B \quad (5.11)$$

Por consiguiente la ecuación para calcular U_{\min} es:

$$U_{\min} = P_{RX} - FM \quad (5.12)$$

En donde:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - Lp \quad (5.13)$$

$$P_{RX} = \frac{C}{N} + N + NF$$

En donde:

P_{RX} = potencia de recepción (dB).

C/N = potencia de portadora a ruido (dB).

5.3.5 PORTADORA A RUIDO CONTRA SEÑAL A RUIDO.

El parámetro más importante que se considera cuando se evalúa el rendimiento de un sistema de comunicaciones de microondas probablemente sea la *portadora a ruido* (C/N). Donde C es la portadora de banda ancha (y sus bandas laterales asociadas) y N es la potencia de ruido de banda ancha (el ancho de banda del receptor). Esta relación puede determinarse a un punto de RF (radiofrecuencia) o de IF (frecuencia intermedia) [3].

$$\frac{C}{N}(W) = \frac{C}{KTB} \quad (5.14)$$

En donde:

C = potencia de la portadora en watts (W).

N = potencia de ruido en watts (W).

Para obtener C/N en dB se realiza lo siguiente:

$$\frac{C}{N}(dB) = 10 \log \frac{C}{N}(W) \quad (5.15)$$

Por consiguiente, la C/N es una señal a ruido de predetección, es decir antes de la demodulación de FM, mientras que la señal a ruido S/N es de postdetección, es decir después de la demodulación de FM.

5.3.6 FIGURA DE RUIDO.

La figura de ruido NF , es la señal a ruido de un dispositivo ideal, sin ruido dividido por la relación de S/N , en la salida de un amplificador o de un receptor. Matemáticamente, la figura de ruido representa la relación de S/N en la entrada de un dispositivo sobre la relación de S/N a la salida del dispositivo, y se la representa así [3]:

$$NF(dB) = 10 \log \frac{(S/N)_{entrada}}{(S/N)_{salida}} \quad (5.16)$$

Por lo tanto la figura de ruido de un dispositivo totalmente sin ruido es la unidad o 0 dB. Al representar la figura de ruido una relación de relaciones, se indica el incremento relativo de la potencia de ruido al incremento en la potencia de la señal. Es decir, si $NF = 6$, significa que el dispositivo agregó suficiente ruido para reducir la relación de S/N por un factor de 6, o la potencia de ruido se incrementó seis veces en relación al incremento de la potencia de la señal.

5.3.7 ANÁLISIS DEL PERFIL DEL TERRENO.

Se entiende por perfil, a un corte real o imaginario que se lo hace a través de un plano transversal con relación al terreno que une la estación base y la estación terminal, incluyendo las edificaciones sobre las cuales se encuentran situadas las estaciones base. El gráfico del perfil se lo realiza a escala, tanto para la distancia como para la altitud. Los datos a utilizarse son obtenidos de cartas topográficas o de mapas digitalizados.

En la atmósfera terrestre se produce continuamente una refracción del haz de la señal transmitida, llamada refracción gradual. Este efecto produce que el haz no viaje en línea recta sino que se produzca una cierta curvatura. Para efectos de cálculos es incómodo trabajar con curvas, por ello se hace una corrección de la trayectoria del haz.

Existen dos maneras de realizar esta corrección:

- La más común y la más utilizada es aquella en la que se considera el haz como línea recta (transmisor – receptor) y se hace correcciones en la curvatura de la tierra.
- La otra forma es considerando la tierra plana (línea recta) y realizando correcciones en el haz.

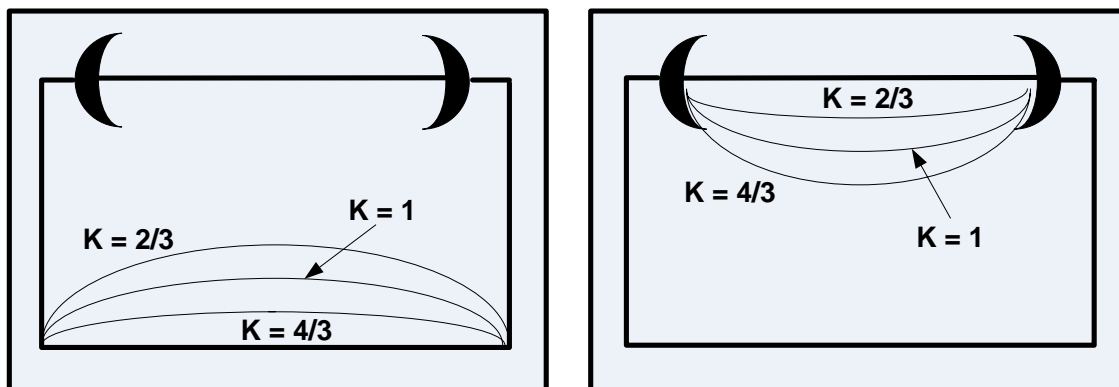


Figura 5.3. Opciones de corrección del haz de la señal transmitida.

En la construcción del perfil, la expresión utilizada para el cálculo de la altura de corrección es la siguiente:

$$hx = \left(\frac{d \cdot x - x^2}{2 \cdot K \cdot a} \right) \cdot 10^{-3} \text{ [m]} \quad (5.17)$$

En donde:

hx = altura de corrección (m).

d = distancia del enlace (m).

x = distancia desde un sitio de referencia al punto de interés (m).

K = constante del radio de la Tierra ($K = 4/3$ atmósfera estándar).

a = radio efectivo de la tierra (6370 [m]).

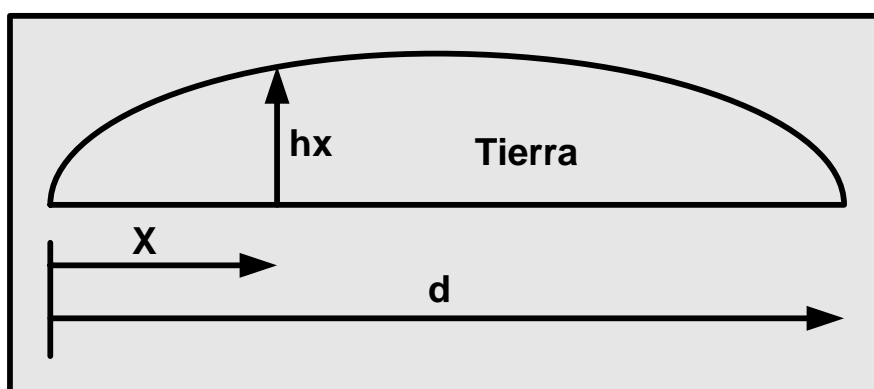


Figura 5.4. Componentes para la corrección de la curvatura de la Tierra.

5.3.8 ZONAS DE FRESNEL.

Las zonas de Fresnel están formadas por un conjunto de elipsoides concéntricos, en donde el eje mayor es la línea recta que enlaza las antenas de transmisión y recepción, cuyos focos de radiación coinciden con los focos de las elipsoides.

Con las zonas de Fresnel es posible definir la condición de visibilidad entre antenas, es decir, que el camino directo entre la antena transmisora y la receptora debe estar despejado o libre de obstáculos para tener un buen enlace; por lo tanto para saber si se tiene o no línea de vista es suficiente con conocer el radio de la primera zona de Fresnel. La siguiente gráfica muestra el radio de la primera zona de Fresnel.

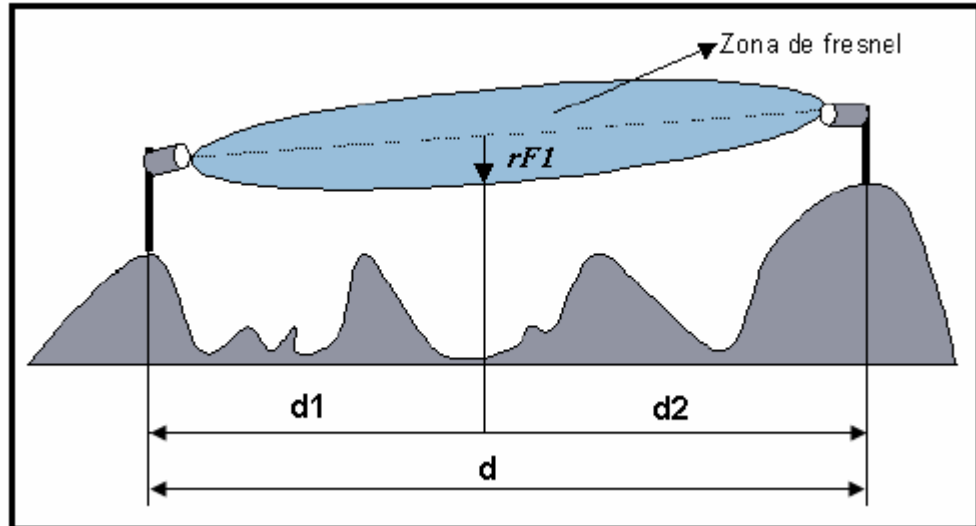


Figura 5.5. Radio de la primera zona de Fresnel.

El radio de la primera zona de Fresnel se lo puede calcular con la siguiente expresión:

$$rF1 = \sqrt{\frac{\lambda * d1 * d2}{d}} \quad [\text{m}] \quad (5.18)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [\text{m}] \quad (5.19)$$

En donde:

$rF1$ = radio de la primera zona de Fresnel (m).

λ = longitud de onda de la señal transmitida (m).

c = velocidad de la luz (3×10^8 [m/seg]).

f = frecuencia de operación (Hz).

$d1$ = distancia desde el punto de referencia hasta el sitio de interés expresado en metros (m).

$d2$ = distancia desde el sitio de interés hasta el punto opuesto al de referencia (m).

d = distancia total del enlace (m).

Para los cálculos de ingeniería, el estándar en la industria es tomar el valor de $K = 4/3$ y conservar el 60% de la primera zona de Fresnel libre de obstáculos; de esta manera se cuenta con las condiciones correspondientes para la propagación en espacio libre sin que ocurra una interferencia apreciable, este cálculo se debe considerar como una referencia de la viabilidad del enlace.

En el Anexo 4 – Cálculos LMDS se utilizan todos los criterios analizados anteriormente para la elaboración del presupuesto de los enlaces de radio del sistema LMDS, los mismos que se calcularán mediante un software proporcionado por la empresa fabricante del equipo escogido para el diseño del proyecto.

5.3.9 AMBIENTES DE PROPAGACIÓN.

Los sistemas de acceso punto a multipunto se realizan mediante la transmisión de microondas a través del medio ambiente, el mismo que introduce pérdidas en el sistema, los cuales dependen de los varios fenómenos físicos que a la vez se relacionan con variaciones en la humedad, temperatura y clase de terreno.

Existen varios modelos de propagación, los cuales dependiendo de la aplicación o tipo de sistema se usarán uno o varios a la vez, siendo este un trabajo de ingeniería. En este capítulo se analizarán dos modelos básicos de propagación: “Line of Sight, *línea sin obstáculos*” y “Non Line of Sight, *línea con obstáculos*”, lo mismos que dependerán de la primera zona de Fresnel.

a) MODELO “LINE OF SIGHT”.

Al tener línea de vista, se tiene una zona de Fresnel libre de obstrucciones, entonces el modelo aplicable para hallar las pérdidas por enlace es el de las pérdidas por espacio libre (ec. 5.4), en las que no se consideran pérdidas adicionales, tales como pérdidas por obstáculos o pérdidas por reflexión (multitrayecto), debido a que la zona de Fresnel se encuentra sin entorpecimientos en su línea de trayectoria.

Sin embargo, otras pérdidas son consideradas para el enlace, como por ejemplo las pérdidas por línea de transmisión, las mismas que dependen de si se utiliza una guía de onda o algún tipo de cable, la frecuencia a la que se trabaja y la longitud que se tenga en el cable (según la altura de las torres) o según el diámetro de la guía; de igual forma se debe tener en cuenta las pérdidas en los conectores, es decir las pérdidas por empalmes. En microondas, por lo general, cada empalme introduce una pérdida de 0,2 dB.

En la siguiente figura se detalla lo mencionado en este literal.

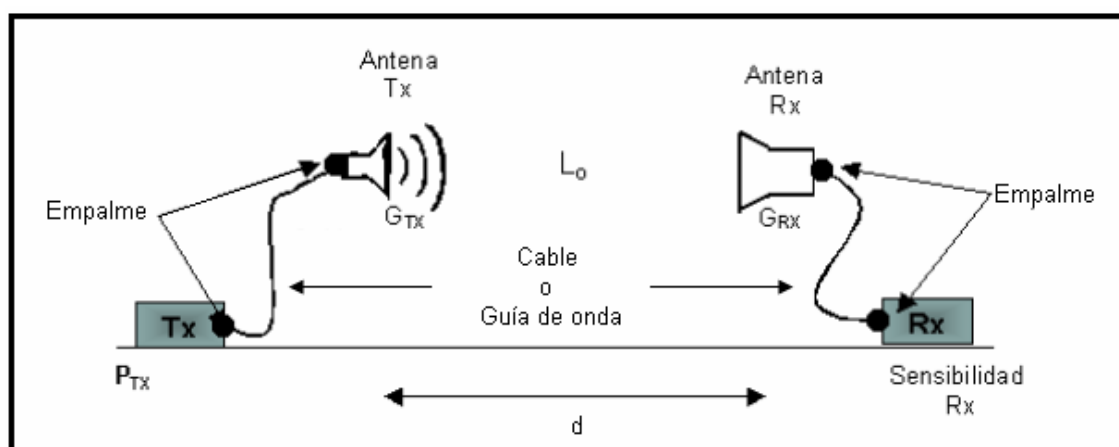


Figura 5.6. Características del enlace de microondas con línea de vista.

b) MODELO “NON LINE OF SIGHT”.

El modelo “sin línea de vista” es utilizado cuando en la trayectoria del enlace, dentro de la primera zona de Fresnel, se encuentra un obstáculo, ocasionando

una disminución apreciable en la potencia recibida. Además considera el efecto de la difracción, que no son más que las pérdidas ocasionadas por la obstrucción parcial de la primera zona de Fresnel, ya que no toda la energía llega al terminal del receptor. Este modelo es muy utilizado para la aplicación en áreas de implementación de sistemas celulares, ya que éstos no requieren de una perfecta línea de vista entre sus antenas.

5.3.10 CAPACIDAD DEL SISTEMA.

En un sistema multiservicio, el cálculo de la capacidad es más complejo que en el de los sistemas de comunicaciones comunes, debido a que en estos sistemas se hace uso de varios criterios para el cálculo de la capacidad, de entre los cuales los más importantes son: la identificación de los potenciales usuarios, el tipo de requerimientos de éstos, así como las previsiones de tráfico del sistema. Estos criterios son utilizados para dimensionar la capacidad de los equipos que se deben instalar, además de proporcionar una idea mucho más clara del ancho de banda y los sectores necesarios en cada celda LMDS.

Los usuarios potenciales pueden tener diferentes comportamientos en el tráfico que proporcionen o que requieran del sistema inalámbrico, por lo que para simplificar el diseño se asumirá, según criterios técnicos y personales, que su comportamiento es estable, trabajando de este modo con un valor promedio en

el número de personas o usuarios que laboran por piso en cada una de las edificaciones particulares que se encuentran en los alrededores de la UTA, así como para las diferentes facultades y oficinas administrativas de la Institución.

Por lo tanto, según las inspecciones visuales realizadas en cada piso de los potenciales usuarios, se tiene que el valor asumido es de 7 personas por piso para las edificaciones particulares y oficinas de administración central y de cada facultad de la Universidad; mientras que para el resto de pisos de las diferentes facultades se asumirá un valor de 30 personas, esto por el hecho de que en cada facultad se tiene por lo menos un laboratorio de 20 estaciones terminales (ver Anexo 1 – Usuarios Potenciales).

Todos los valores antes mencionados han sido elegidos gracias a la investigación de campo realizada en las zonas donde se pretende dar el servicio, ya que durante el recorrido del área de cobertura de cada estación base (para el propósito del diseño se utilizarán 4 estaciones base), se tomó nota de las organizaciones empresariales y edificios de oficinas existentes, caracterizándolos por el número de pisos, en donde se obtuvo como resultado un valor casi constante en cuanto al número de personas que laboran por piso.

A continuación se indican algunos factores influyentes en las capacidades del sistema:

- *Asignación dinámica del ancho de banda*, con este parámetro se permite a los operadores usar el ancho de banda compartido entre varios usuarios y asignarlo a cada suscriptor de acuerdo a las necesidades.
- *Eficiencia espectral*, se debe tener en lo posible una alta cantidad en este parámetro, ya que esto permite a los operadores conectar más usuarios por área, con más ancho de banda por usuario. Las actuales técnicas de modulación digital están permitiendo altas eficiencias espectrales con rangos aún mayores a 1,6 bps/Hz.
- *Planificación de la red*, una efectiva planificación de la red contribuye a que los operadores minimicen costos de adquisición de sitios y maximizar las capacidades del sistema.
- *Factor de reuso de frecuencia*, se lo puede definir como el número de veces que un canal de frecuencia puede ser usado dentro de una celda o región.

5.3.11 USO EFICIENTE DEL ESPECTRO.

El espectro electromagnético es un recurso limitado, y por este motivo no deben utilizarse indiscriminadamente los canales de radiofrecuencia de la banda asignada a un determinado sistema. Por otro lado, para facilitar un servicio de telecomunicaciones normalmente se requiere un alto número de

estaciones y si no se administra correctamente la distribución del espectro los costos por licencias adicionales recaerían en los valores que pagan los usuarios.

El factor prohibitivo en la distribución eficiente del espectro es la interferencia causada por subsistemas u otros sistemas radioeléctricos, por lo que para los escenarios multicelda de los sistemas fijos inalámbricos de banda ancha, se recurre a las técnicas de distribución del espectro desarrolladas por la tecnología móvil [4], donde una de las principales características es la administración mediante el sistema de reuso de frecuencias.

Sin embargo, la interferencia co-canal causada por este reuso limita la capacidad total de estos sistemas.

Entre las técnicas que se utilizan para la distribución del espectro, basándose en la manera en que los co-canales son separados, se tiene [4]:

- *Asignación de canales fija (FCA)*, es considerada como la asignación más simple y la de mayor utilización, ya que en este esquema el área de servicio es dividida en áreas pequeñas o celdas, y el número de canales asignados a cada una de las celdas depende de algún patrón de reuso y de la calidad de señal deseada.

- *Asignación de canales dinámica (DCA)*, en DCA todos los canales son puestos en un “fondo común”. Estos son asignados a nuevos requerimientos de transporte de datos según la demanda, ya que proveen flexibilidad y adaptación al tráfico. Sin embargo, esta asignación es menos eficiente que las FCA bajo condiciones de alta carga.
- *Asignación de canales híbrida (HCA)*, es una combinación de las dos anteriores, diseñada para resolver de una manera eficaz los problemas que se puedan presentar con las otras dos asignaciones.

Finalmente, cabe mencionar que la tecnología con que se construyen hoy en día los equipos para redes LMDS utiliza una asignación de canales fija (FCA).

5.3.12 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.

El reuso de frecuencias permite aumentar la capacidad en una celda para un ancho de banda dado, es decir, que al compartir una frecuencia o grupo de frecuencias entre varios sectores, se tendrá una mayor capacidad con el uso del mismo ancho de banda asignado.

Por lo tanto se podría decir, que el área de cobertura puede ser optimizada utilizando antenas de 90° de apertura para cada cuadrante de la estación base.

Con este tipo de cobertura se utilizan cuatro frecuencias diferentes para cubrir cada cuadrante de la celda del sistema LMDS. Se puede disminuir aún más el número de frecuencias utilizadas si se tiene diferente polarización en los cuadrantes opuestos diagonalmente dentro de la celda.

En la figura 5.7 se muestra el diagrama de la reutilización de frecuencias.

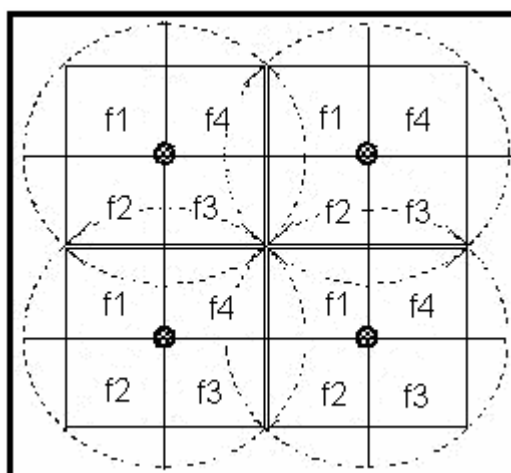


Figura 5.7. Diagrama de reutilización de frecuencias.

Por ejemplo la frecuencia f4 puede ser la frecuencia f2 pero con diferente tipo de polarización en sus antenas, lo mismo sucede con la frecuencia f3, que puede ser igual a la frecuencia f1 pero con diferente polarización en la antena. La reutilización de frecuencias y cambio de polarizaciones en las antenas permiten que se utilicen solamente dos frecuencias para cubrir todas las celdas del sistema LMDS [1].

5.3.13 OPTIMIZACIÓN DEL REUSO DE FRECUENCIA.

Para la optimización de la reutilización de frecuencias en los sistemas LMDS se utilizan las siguientes técnicas [2]:

- Minimización de múltiples caminos y cruce de polarización utilizando antenas altamente directivas y posicionándolas a grandes alturas.

- Maximización de la directividad de las antenas de las celdas a través de la sectorización del sistema de distribución; el equipo microondas de la celda es generalmente configurado con múltiples sectores, antenas, transmisores y receptores. Una configuración típica es una celda con cuatro sectores utilizando antenas de 90 grados de amplitud para proveer servicios al conjunto de suscriptores. Cada una de estas antenas sectorizadas (transmisores y receptores) puede soportar el ancho de banda total del espectro reservado.

- Maximización del aislamiento entre sectores adyacentes a través de la polarización horizontal (H) y vertical (V), las mismas que podrán ser empleadas a lo largo del sistema según un patrón alternado entre los sectores, tal como se lo indica en la figura 5.8. La polarización horizontal y vertical es reutilizada a lo largo de todo el sistema.

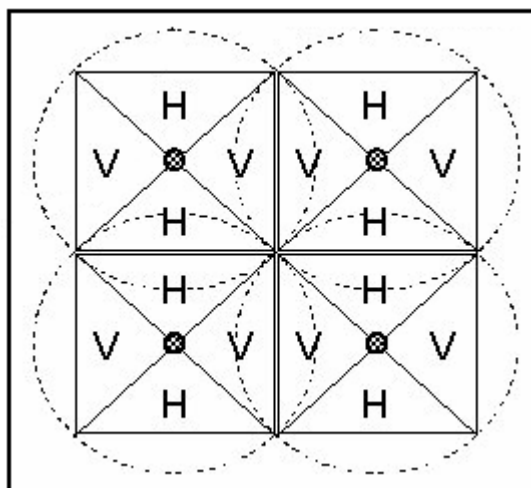


Figura 5.8. Optimización del reuso de frecuencia.

5.4 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA RED.

Para efectuar la planeación del sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS y su futura aplicación en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO se seguirá los siguientes pasos:

- Proceso de planificación.
- Objetivos del diseño.
- Programa de planificación.
- Requerimientos para el diseño técnico.
- Determinación de los requerimientos de los suscriptores.

- Disponibilidad del espectro y banda de frecuencia utilizada en el Ecuador.
- Elección del equipo a utilizarse.
- Determinación de las áreas de cobertura de servicio.
- Sectorización de las áreas de cobertura de servicio y ubicación de las radiobases.
- Resultados de los requerimientos de los suscriptores.
- Dimensionamiento de los equipos punto a multipunto.
- Informe técnico.
- Red de Interconexión entre las Estaciones Base.
- Determinación del costo de la red.

5.5 DISEÑO DEL SISTEMA LMDS PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

El diseño del sistema LMDS para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO se lo realiza en vista de que los usuarios pertenecientes a la misma requieren una transmisión eficiente de información. Una solución de radio en la Institución sería de gran beneficio, tanto para los usuarios locales como para aquellos que se encuentren en sus alrededores, ya que su instalación no requiere de medios

físicos entre la estación base y la estación terminal, agilitando los trabajos que darán inicio a la operación del sistema.

Por lo tanto, se podría decir, que diseñar es la forma de encontrar el medio más óptimo para alcanzar los objetivos planteados. Puede existir un medio superior en calidad y economía, pero el óptimo siempre será el adecuado e idóneo para obtener el fin que se desea en el grado necesario. A través del diseño se puede preveer, tomar decisiones y contemplar las distintas posibilidades que se pueden aplicar como solución al problema.

En las siguientes secciones se describirá la forma de realizar el diseño de una red de acceso inalámbrico fijo de banda ancha punto a multipunto LMDS para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, siguiendo los pasos descritos en la sección anterior. Conforme se vaya avanzando en los temas se irá justificando la necesidad de análisis de cada uno de ellos.

5.5.1 PROCESO DE PLANIFICACIÓN.

El proceso de planificación se inicia con la definición de los objetivos a cumplirse durante la formación del diseño, es decir, cuál es el propósito a alcanzar con los medios disponibles y la tecnología futura. Una vez que se han definido los objetivos, el análisis se centra en la planificación estructural,

principalmente, en el plan técnico fundamental o diseño técnico, el cual permite determinar los requerimientos del diseño, las áreas de cobertura del servicio, la disponibilidad del espectro en el Ecuador, la elección del equipo a utilizar, etc.

5.5.2 OBJETIVOS DEL DISEÑO.

El diseño propuesto en la presente tesis de grado tiene como objetivo fundamental mejorar las comunicaciones internas dentro de cada predio de la Universidad, brindando a sus potenciales usuarios una amplia gama de servicios y aplicaciones.

Bajo este fin se tratará de tener un alto beneficio económico por medio de la inversión en el proyecto a lo largo de su vida útil; es decir, que a través de este diseño, la Universidad no solo obtendrá una mejoría en sus redes de comunicaciones sino que estará en la posibilidad de generar ingresos propios al convertirse en una entidad proveedora de servicios.

Para la aplicación del diseño en la Universidad, se lo hará tomando en cuenta una demanda inicial de los usuarios y su proyección a mediano plazo, al igual que una cobertura total de los servicios a brindar, lo cual implica ampliar la red LMDS, aumentando el número de celdas y la capacidad en cada una de ellas, conforme a las características presentadas por los equipos a utilizarse; del

mismo modo, se debe proporcionar e integrar servicios nuevos de telecomunicaciones, con tarifas asequibles a los usuarios.

5.5.3 PROGRAMA DE PLANIFICACIÓN.

El programa de planificación se refiere a los valores marcados por los períodos de tiempo determinados para efectuar las actividades correspondientes de la entidad destinada a brindar los servicios, así tenemos [5]:

- Corto Plazo, con una duración máxima dos años.
- Mediano Plazo, abarca un período de tiempo entre cinco a quince años.
- Largo Plazo, comprende períodos mayores a los 15 años, generalmente del orden de los 20 años.

Para el caso de proyectos LMDS, el período de tiempo más adecuado es el de mediano plazo (5 a 15 años), concretamente para una vida útil de 10 años, ya que éste es el valor promedio utilizado para sistemas de telecomunicaciones.

5.5.4 REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO TÉCNICO.

En este numeral se procede a identificar a los potenciales usuarios del sistema de comunicación punto a multipunto LMDS; del mismo modo, se realizará un análisis de la demanda inicial de los mismos, así tenemos lo siguiente:

a) ESTUDIO DE LOS USUARIOS POTENCIALES.

Para identificar los usuarios potenciales, es indispensable analizar las necesidades, los servicios y la idiosincrasia de los probables abonados. Para el caso del diseño del sistema LMDS, los clientes serán netamente comerciales, como por ejemplo: empresas medianas y grandes, bancos, hoteles y otros; ya que sus requerimientos van de acuerdo con las características básicas de los posibles usuarios; además de que éstos no tendrán muchos inconvenientes a la hora de realizar la inversión para obtener el servicio deseado, puesto que la mayoría de empresas cuenta con un patrimonio destinado al mejoramiento de las mismas.

Por otro lado, con LMDS también es posible tener usuarios residenciales, pero para el propósito del presente diseño sólo se tomarán en cuenta los usuarios de tipo comercial o empresarial, debido a que la población residencial tiene una baja capacidad de inversión y pago de tarifas, además de que éstos requieren

de una demanda asimétrica para los servicios, produciéndose un mayor factor de ráfagas.

Dados estos antecedentes, el mercado potencial para los sistemas LMDS está dividido en dos grandes grupos:

- El sector residencial, al cual se puede agregar servicios como: acceso a Internet, Video sobre Demanda (VoD), Aula Virtual, telefonía, etc.
- El sector empresarial, cuyos mayores requerimientos son: acceso a Internet, transporte de datos, interconexión de LANs, telefonía, interconexión de PBX, video conferencia, etc.

Para un mejor entendimiento de los clientes, cada sector anterior ha sido dividido en dos clases, así:

- El sector empresarial en: corporaciones (*CORP*), y empresas medianas y pequeñas (*SME, Small and Medium sized Enterprises*).
- El sector residencial en: oficinas pequeñas y/o de hogar (*SOHO, Small Office and Home Office*), y hogares propiamente dichos (*HH, Household*).

Por lo tanto, en base a todo lo analizado anteriormente, se ha podido ratificar que los potenciales usuarios para el presente proyecto serán de tipo comercial (*básicamente SME, pero con la posibilidad de atender también a CORP y SOHO*), incluyendo los abonados pertenecientes a la Universidad, puesto que éstos igualmente deberán cancelar un valor por la prestación de los servicios.

Los servicios que se espera brindar inicialmente a éstos abonados son: transporte de datos, acceso a Internet, interconexión de PBX, video conferencia, telefonía IP y tráfico de servidores Web.

Cabe añadir, que la posibilidad de ampliación del mercado al sector domiciliario no es descartada, ya que ésta se la realizará en cuánto se recupere la inversión, bajen los costos de los servicios y el negocio empiece a ser más rentable.

Finalmente, luego de un estudio de campo en las zonas donde se aplicará el sistema, se recopiló la información necesaria acerca de los posibles clientes. El Anexo 1 – Usuarios Potenciales, contiene la lista de todos los probables abonados. El número total de éstos es de 146 con una estimación de 2532 personas.

b) Estudio del lugar donde se implementará el sistema.

Se trata de abarcar un estudio que recopile datos tales como: población, tipo de población, situación geográfica, área aproximada para brindar el servicio, línea de vista buscando las edificaciones óptimas para situar los sistemas de transmisión y recepción, topografía del área de trabajo, estudio de la demanda respecto a los servicios a ser implementados y un estudio de suscriptores potenciales para el sistema a diseñarse; todo esto para los lugares escogidos donde se implementará la red.

c) Proyección de la demanda.

El diseño de redes se basa directamente en la distribución de abonados prevista en el futuro. Las partes de la red más dependientes del tráfico no se pueden proyectar ni dimensionar adecuadamente sin contar con previsiones confiables; es decir, que para calcular las previsiones de tráfico, se hace necesario determinar la previsión de los abonados.

Bajo este concepto, el modelo matemático más adecuado para el cálculo de la proyección de la demanda inicial de usuarios del sistema, es el de la tasa de crecimiento exponencial, cuya fórmula es la siguiente [5]:

$$Q_n = Q_o * (1 + \tau)^n \quad (5.20)$$

En donde:

Q_o = cantidad inicial de usuarios potenciales.

n = número de años.

Q_n = cantidad de usuarios potenciales luego de n años.

τ = tasa de crecimiento promedio acumulativa anual.

Despejando de la ecuación 5.20, se tiene que la tasa de crecimiento está dada por la siguiente expresión:

$$\tau = \left(\frac{Q_n}{Q_o} \right)^{1/n} - 1 \quad (5.21)$$

Inicialmente el diseño del sistema será aplicado a un porcentaje de los usuarios potenciales totales que serán conectados al sistema LMDS. Generalmente, el valor inicial del total de usuarios es del 30%; ya que en un comienzo no se podrá cubrir el total de usuarios debido a que muchos de éstos no cuentan con la información necesaria de los beneficios que obtendrán al utilizar el sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS.

A medida que transcurra el tiempo se aumentará el valor inicial y se espera llegar a cubrir un 90% del número total de usuarios potenciales tomando un crecimiento anual del 11,5%, que es un valor aceptable en sistemas de comunicaciones inalámbricos. No se llegará a cubrir el 100% de los usuarios, ya que a medida que se amplíe el sistema, los suscriptores que se encuentren en la periferia de las celdas se convertirán en usuarios de celdas adyacentes futuras.

La proyección de la demanda, como ya se mencionó en el programa de planificación, es de 10 años (tiempo promedio de la concesión) correspondiente al mediano plazo.

Por lo tanto se tiene lo siguiente:

$$Q_0 = 44 \text{ usuarios}$$

$$n = 10 \text{ años}$$

$$\tau = 11,5 \%$$

Lo que deja como resultado una cantidad final de usuarios potenciales $Q_n = 131$ usuarios.

5.5.5 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS SUSCRIPTORES.

Una vez que se han seleccionado los potenciales usuarios del sistema y los servicios iniciales a brindarse, se requiere cuantificar sus requerimientos; es decir analizar el tráfico de éstos en cada una de las celdas a diseñarse. Para ello, en este proyecto se consideraron los siguientes modelos de tráfico¹ [6] [7]:

5.5.5.1 TRÁFICO PARA ACCESO AL INTERNET.

Para el dimensionamiento de éste tráfico se asumirá que el 80% de las personas que pertenecen a una empresa o usuario potencial tendrán acceso al Internet y que ofrecerán a la red 100 mE (miliErlang²) de tráfico en la hora cargada. Se espera garantizar tasas de 64 Kbps para el flujo de bajada y 16 Kbps para el flujo de subida; esto por el hecho de que el tráfico generado por este servicio es asimétrico, ya que la información que se recibe en los PC's necesita mayor capacidad comparada con la información que es enviada.

Cabe resaltar, que un tráfico de 100 mE significa que en promedio un 10% de las conexiones dedicadas al servicio son ocupadas simultáneamente.

¹ MODELO DE TRÁFICO.- Los valores asumidos en el tráfico son tomados según recomendaciones de la ETSI, así como también de las especificaciones de proyectos ya implementados para realizar radio celdas LMDS.

² ERLANG.- Es la unidad de intensidad de tráfico. Según la UIT, Erlang es el número de circuitos ocupados en un período de tiempo de observación.

Por ejemplo:

Para el *flujo descendente total / usuario potencial*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.8 \times 0.1 \times \text{número total de personas por cada usuario potencial} \times 64 \text{ Kbps.}$$

Para el *flujo ascendente total / usuario potencial*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.8 \times 0.1 \times \text{número total de personas por cada usuario potencial} \times 16 \text{ Kbps.}$$

5.5.5.2 TRÁFICO DE SERVIDORES WEB.

Se asume que el 10% del total de usuarios potenciales poseen servidores Web y que cada uno de ellos tendrá al menos 2 servidores en cada edificación. Estos servidores serán visitados simultáneamente en un 80%.

Del mismo modo, se asumirá que para el flujo de subida se tiene una tasa media de 512 Kbps, mientras que para el flujo contrario se tiene una velocidad de 64 Kbps, ya que este servicio, al igual que en el acceso al Internet, es asimétrico.

Por ejemplo:

Para el *flujo descendente total / celda*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.1 \times 0.8 \times \text{número total de servidores en cada celda} \times 64 \text{ Kbps.}$$

Para el *flujo ascendente total / celda*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.1 \times 0.8 \times \text{número total de servidores en cada celda} \times 512 \text{ Kbps.}$$

5.5.5.3 TRÁFICO PARA TRANSMISIÓN DE DATOS.

Para este tráfico se asumirá, que además de los servicios de Internet, el 30% de los usuarios potenciales, requerirán servicios adicionales de transporte de datos (por ejemplo los bancos). Los enlaces para éste servicio podrán tener tasas de 64, 128, 256, 512, 1024 y 2048 Kbps, dependiendo de las necesidades de cada usuario; es decir, que no todas las empresas requerirán las mismas tasas de velocidad, por lo cual la tabla 5.2 muestra el porcentaje de empresas con esta necesidad y la velocidad promedio que se les garantizará. Se considerará además que el enlace es simétrico, es decir igual velocidad en ambas direcciones.

Velocidad (Kbps)	Porcentaje de Empresas (%)
64	2
128	3
256	3
512	24
1024	24
2048	44

Tabla 5.2. Velocidades garantizadas y porcentaje de empresas que las requieran.

Por ejemplo:

Para el *tráfico total por cada usuario potencial*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.3 \times \text{velocidad del enlace en Kbps (64, 128, 256, 512, 1024, 2048)}.$$

5.5.5.4 TRÁFICO PARA VOZ SOBRE IP.

En este tipo de tráfico se asumirá que el 40% del personal que labora en cada una de las empresas, utilizará el servicio de telefonía digital sobre IP, ofreciendo a la red de acceso 100 mE de tráfico en la hora pico. Este servicio tendrá una velocidad promedio de 16 Kbps dúplex.

Por ejemplo:

Para el *tráfico total por cada usuario potencial*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.4 \times 0.1 \times \text{número total de personas por cada usuario potencial} \times 16 \text{ Kbps}.$$

5.5.5.5 TRÁFICO DE CONEXIÓN DE PBX's.

Este tipo de tráfico requiere conexiones de línea dedicada (E1 o E1 fraccionales). Se asumirá que el 10 % de los usuarios potenciales requieren de un tipo de conexión como ésta y que se asegurará una velocidad mínima de 7 x 64 Kbps.

Por ejemplo:

Para el *tráfico total por cada celda*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.1 \times 7 \times \text{número total de usuarios potenciales en cada celda} \times 64 \text{ Kbps.}$$

5.5.5.6 TRÁFICO DE VIDEO CONFERENCIA.

Para el tráfico de video conferencias se asumirá que el 5% de los usuarios potenciales tendrán este servicio, garantizando el 10% de las conexiones dedicadas a este tipo de tráfico en la hora más cargada, con 512 Kbps dúplex.

Por ejemplo:

Para el *tráfico total por cada celda*, se tiene:

$$\text{Tráfico} = 0.05 \times 0.1 \times \text{número total de usuarios potenciales en cada celda} \times 512 \text{ Kbps.}$$

Por lo tanto, para calcular el tráfico total en sentido descendente (base – terminal) o ascendente (terminal – base), en cada celda, se lo hará de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Total ascendente} = & 0.9 \times [\text{Flujo ascendente/usuario potencial (Internet)} + \text{Tráfico (datos)} \\ & + \text{Tráfico (Voz sobre IP)} + \text{Flujo ascendente/celda (Servidores Web)} + \text{Tráfico PBX's} + \\ & \text{Tráfico (video conferencia)}] \end{aligned}$$

Total descendente = 0.9 x [Flujo descendente/usuario potencial (Internet) + Tráfico (datos) + Tráfico (Voz sobre IP) + Flujo descendente/celda (Servidores Web) + Tráfico PBX's + Tráfico (video conferencia)]

El factor de "0.9" representa el 90% de los usuarios potenciales (porcentaje de proyección de la demanda).

5.5.6 DISPONIBILIDAD DEL ESPECTRO Y BANDA DE FRECUENCIA UTILIZADA EN EL ECUADOR.

Como se lo expone en el capítulo 3, en la sección 3.20.1.3, el Plan Nacional de Frecuencias emitido por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones menciona tres bandas de frecuencia para operar con el sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS (Sistema de Distribución Local Multipunto), las mismas que son:

- 27,5 – 28,35 GHz.
- 29,1 – 29,25 GHz.
- 31 – 31,3 GHz.

Sobre la base de estas frecuencias, el análisis de los equipos que ofrecen en el Ecuador varios fabricantes consultados y la investigación del espectro atribuido para el sistema LMDS en otros países, se podría decir que la distribución del

espectro radioeléctrico que se propone en la presente tesis de grado para operar con el sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS en el Ecuador es de la siguiente manera [8]:

- ❖ Cinco bloques discontinuos de espectro, conforme se muestra en la figura 5.9 y se detalla a continuación³.
 - Un bloque A de 285 MHz divididos en dos sub-bloques: 27,500 – 27,645 GHz y 27,925 – 28,065 GHz.
 - Un bloque B de 285 MHz divididos en dos sub-bloques: 27,645 – 27,785 GHz y 28,065 – 28,210 GHz.
 - Un bloque C de 280 MHz divididos en dos sub-bloques: 27,785 – 27,925 GHz y 28,210 – 28,350 GHz.
 - Un bloque D de 150 MHz divididos en dos sub-bloques: 31 – 31,075 GHz y 31,225 – 31,300 GHz.
 - Finalmente, un quinto bloque denominado E de 300 MHz dividido en dos sub-bloques: 29,100 – 29,250 GHz y 31,075 – 31,225 GHz.

³ ESPECTRO.- La división del espectro es en base a la división realizada en los USA, puesto que en el Ecuador se ha optado por la misma propuesta.

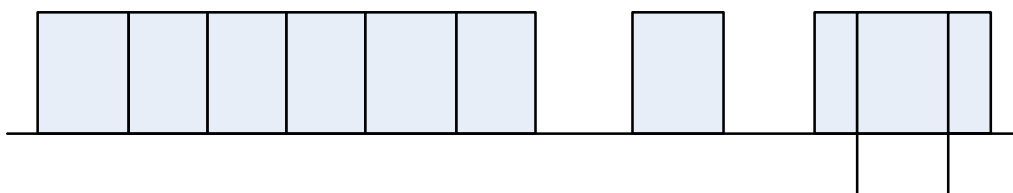


Figura 5.9. Propuesta para la asignación del espectro en el Ecuador.

Por lo tanto, la banda escogida para el diseño de los enlaces punto a multipunto en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO es la banda de 28 GHz, puesto que ésta es la banda más grande y con ella se puede realizar una mejor distribución de sub-bandas. Además los equipos LMDS en su mayoría, están diseñados para operar en esta banda de frecuencia.

5.5.7 ELECCIÓN DEL EQUIPO A UTILIZARSE.

En la actualidad existe un extenso número de equipos que pueden ser utilizados para trabajar con sistemas LMDS, muchos de los cuales han sido desarrollados por los fabricantes más conocidos a nivel mundial, como por ejemplo: Alcatel, Ericsson, Harris Communications, Siemens, Netro, Nortel Networks Corporation, Synoptel, entre otros.

Todos estos fabricantes, cuentan con equipos de excelentes características y con tecnología de punta para adaptarse a las exigencias de los diferentes tipos de usuarios en los mercados más exigentes.

Generalmente, para la elección más adecuada de cualquier equipo de telecomunicaciones se sigue los siguientes pasos:

- Nombrar una comisión encargada del proyecto, la misma que estará conformada por personal técnico y que elaborará las bases del proyecto.
- En base a lo anterior, llamar a un concurso de ofertas para la compra del equipo.
- Conocer todas las características técnicas posibles del equipo que ofrece cada fabricante, inclusive solicitar presentaciones del producto.
- Analizar las propuestas económicas de cada fabricante.
- Seleccionar uno o varios fabricantes, basándose en los dos puntos anteriores.
- Elección del equipo a ser instalado en el sistema LMDS.

Para el diseño del sistema LMDS, propuesto para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, se ha realizado un extensa búsqueda de equipos de los diferentes fabricantes antes mencionados, tomando en cuenta que éstos deberán tener como requisitos básicos los siguientes parámetros: operación en la banda de frecuencia seleccionada, que en este caso será de 28 GHz; tener la posibilidad de utilizar antenas sectoriales de 180°, 90°, 60°, etc.; ofrecer la interconexión de las estaciones base a la red de transporte mediante interfaces

estandarizadas; ofrecer las interfaces necesarias para servicios a los usuarios; y capacidad de transmisión de información de acuerdo al volumen de tráfico a intercambiarse.

De la investigación realizada de los diferentes equipos se pudo notar que los fabricantes Netro, Nortel, Siemens, Alcatel y Ericsson; ofrecen aplicaciones amplias casi por igual, y con las mejores opciones, tendiendo siempre a clientes SME, SOHO, voz y datos, WLL, sistemas celulares, Internet rápido, etc.

Sin embargo, dadas las bandas frecuencias y los métodos de acceso requeridos para el diseño esta lista se reduce solo a los fabricantes Siemens, Alcatel y Ericsson, pero por facilidades de interfaces, costos, y calidad se hará preferencia a Ericsson.

Por consiguiente, el equipo que presenta las mejores características tanto técnicas como económicas para el desarrollo del proyecto, es el equipo del fabricante Ericsson (Mini Link BAS). Las especificaciones técnicas más representativas del equipo seleccionado se encuentran en el Anexo 2 – Equipo LMDS.

Cabe mencionar, que no se ha incluido ningún tipo de propuesta económica, acerca de los equipos de los diversos fabricantes o proveedores consultados, debido a que este proyecto, por ser un diseño teórico, la decisión en la elección del equipo a utilizarse depende exclusivamente de las empresas fabricantes que colaboren desinteresadamente con la elaboración de este diseño.

5.5.8 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE COBERTURA DE SERVICIO.

Como el objetivo planteado en el presente diseño es el de mejorar las comunicaciones en cada predio de la UTA, se tendrá cuatro celdas o áreas de servicio para cumplir con este fin. Cada celda estará en la capacidad de brindar a los potenciales usuarios los servicios que ofrece la tecnología LMDS, considerando que el diseño está orientado a brindar los servicios únicamente a la comunidad empresarial⁴.

Con esta finalidad, el análisis del tamaño del radio de la celda, se lo realizará con el propósito de cubrir un área lo más extensa posible y que contenga a todos los posibles abonados, principalmente de la UTA. Sin embargo, a causa de la alta atenuación por lluvia debido a las altas frecuencias a las que opera el sistema LMDS, se tiene mayores compromisos entre el tamaño de la celda y la disponibilidad del sistema.

⁴ COMUNIDAD EMPRESARIAL.- Según la sección 5.5.4, se consideran como potenciales usuarios a los negocios que se encuentran en los alrededores de los predios de la Universidad, así como a los abonados locales de ésta.

Así, tomando como referencia las regiones de lluvia dadas por la UIT-R, las especificaciones de los equipos a utilizarse, el nivel de modulación utilizado y de acuerdo a la confiabilidad requerida para el correcto funcionamiento del sistema, la máxima longitud del radio de la celda (Km) para el sistema LMDS, está dada por la tabla 5.3, en donde, según el gráfico de las zonas de lluvia definidas por la UIT-R, la provincia del Tungurahua se encuentra en la zona "N" [9].

28 GHz	A	B	C	D	E	F	G
99.9%	10.7	9.4	8.6	7.8	7.4	6.6	6.4
99.99%	7.4	6.1	5.4	4.7	4.3	3.7	3.6
99.995%	6.6	5.3	4.6	3.7	3.7	3.2	3.0

28 GHz	H	J	K	L	M	N	P
99.9%	6.2	5.9	5.4	4.5	4.3	3.6	3.2
99.99%	3.4	3.2	2.9	2.3	2.2	1.7	1.4
99.995%	2.9	2.7	2.4	1.9	1.8	1.4	1.1

Tabla 5.3. Radios de las celdas (Km) a 28 GHz según la disponibilidad y las zonas de lluvia dadas por la UIT-R.

Como ya se mencionó, la tabla anterior no varía mucho de un fabricante a otro, razón por la cual es considerada como estándar para cualquier tipo de equipo que vaya a utilizarse en la implementación del sistema.

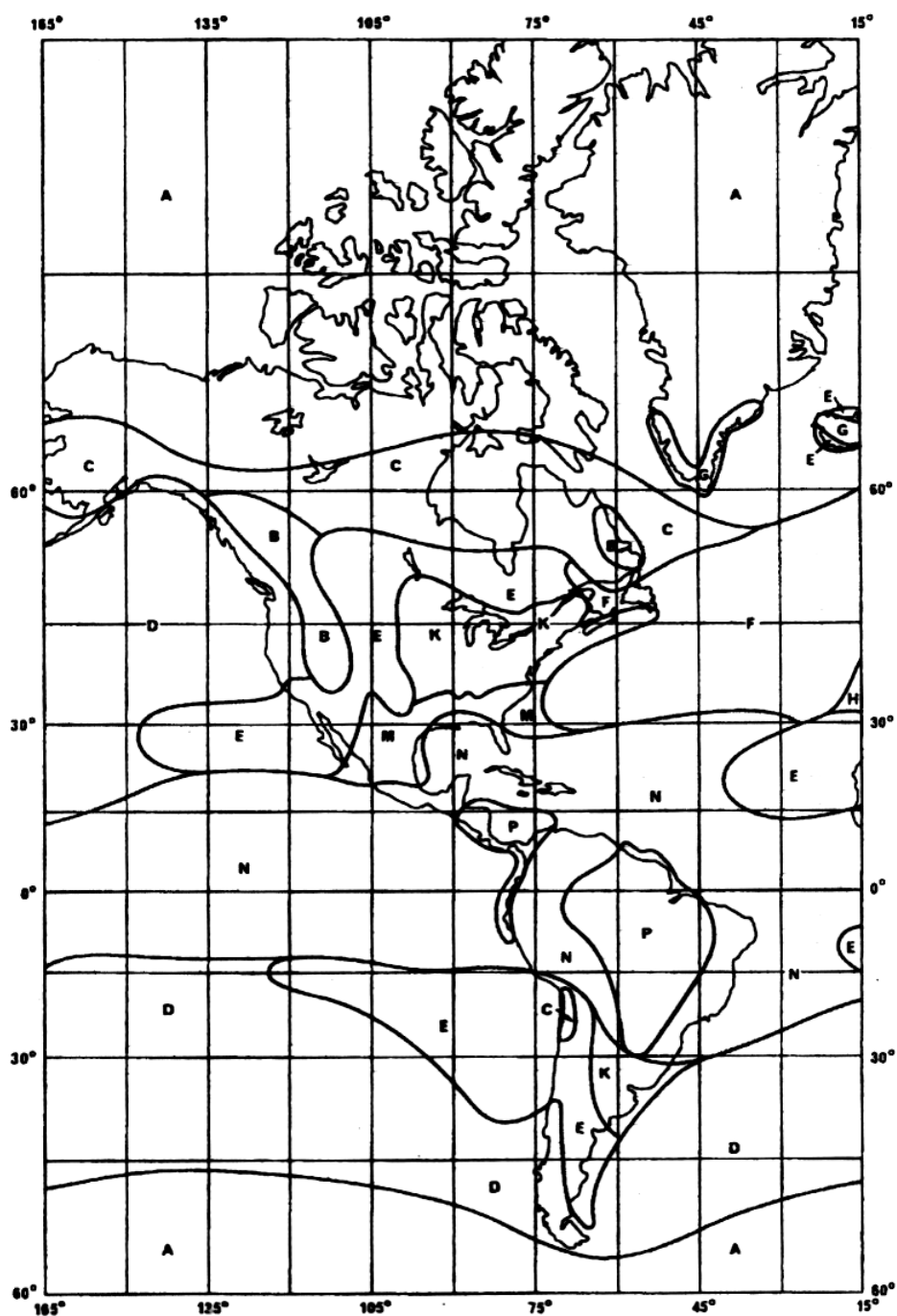


Figura 5.10. Zonas mundiales de lluvia dadas por la UIT-R.

Por lo tanto, a fin de que el cliente reciba un servicio de banda ancha con una calidad similar a aquellos que se entregan a través de fibra óptica, se ha

seleccionado un objetivo de disponibilidad del 99.995%; es decir que se trabajará con un radio de celda máximo de 1.4 kilómetros.

Por otro lado, en cuanto a la ubicación de las radiobases de las celdas que conformarán el área de servicio para cada predio, éstas estarán en lo posible dentro de la Universidad (cada predio), caso contrario se tratará de ubicarlas en un lugar aledaño a ésta. Además, considerando que dentro del área de cobertura de servicio los suscriptores se encuentran bastante dispersos sin una concentración muy alta, se ha escogido usar sectores de 90°, a excepción de la celda de Querochada, la cual tendrá un sector de 360°, por tener una baja demanda de usuarios. Estos puntos se tratarán con más detalle en la sección 5.5.9.

5.5.9 SECTORIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE COBERTURA DE SERVICIO Y UBICACIÓN DE LAS RADIOBASES.

Para la sectorización de las celdas se realiza primero una revisión topográfica, sobre un mapa físico, de los distintos sitios que formarán parte del área de cobertura de servicio. Posteriormente, se efectúa inspecciones visuales de los lugares en donde probablemente se ubicarán las estaciones base o radiobases. El objetivo de las visitas es ratificar, descartar o elegir nuevos sitios para la ubicación de éstas.

En cada inspección de sitio se utilizó el siguiente equipo: binoculares, cámara fotográfica digital y el mapa físico de la provincia. Así mismo en cada visita se trató de verificar los siguientes requerimientos:

- Ubicación estratégica de las radiobases de acuerdo a la topografía y altura del terreno.

- Línea de vista despejada con todos los posibles abonados a 1,4 Km a la redonda.

- Optimización de materiales, tales como: antenas, cables y otros accesorios usando el criterio de menores pérdidas y mayores ganancias para los cálculos del enlace.

- Espacio disponible para la instalación de las torres, mástiles y para la ubicación de las unidades interiores de las Estaciones Base.

- En el caso de que el sitio de ubicación de la radiobase sea ajeno a la Universidad, verificar si este está disponible para arrendamiento o compra.

- Verificar que la alimentación de energía eléctrica a los equipos sea la adecuada.
- Cercanías de las estaciones terminales con su respectiva estación base.

Una vez que se ha concluido con el trabajo de campo y se ha verificado los aspectos anteriores, sobre todo en lo que tiene que ver con la línea de vista (ver Anexo 3 – Línea de Vista), se pudo determinar los siguientes lugares como aptos para la ubicación de las radiobases, así tenemos lo siguiente:

Lugar	Dirección	Posición Geográfica	Altura (m _{snm})
Facultad de Contabilidad y Auditoría	Campus Huachi – Av. Los Chasquis S/N y Payamino.	01° 16' 7,2" S 78° 37' 29,30" W	2728
Administración Central UTA	Campus Ingahurco – Av. Colombia 02-111 y Chile.	01° 14' 3,0" S 78° 37' 0,1" W	2582
Facultad de Ingeniería Agronómica	Campus Querochada – Cantón Cevallos.	01° 22' 6,9" S 78° 36' 23,1" W	2885
Edificio Sindicato de Choferes Profesionales de Tungurahua	Calle Bolívar 19-34 y Castillo	01° 14' 19,45" S 78° 37' 38" W	2612

Tabla 5.4. Lugares seleccionados para ubicar las Estaciones Base.

Cada uno de los sitios descritos en la tabla anterior, han sido escogidos para que puedan operar como estación base de su celda respectiva. De este modo, se podría decir, que para futuras denominaciones de la presente tesis de

grado, al referirnos a una determinada estación base, se estará definiendo su respectiva celda, así tenemos:

ESTACIÓN BASE	CELDA
Facultad de Contabilidad y Auditoría	Celda Huachi
Administración Central UTA	Celda Ingahurco
Facultad de Ingeniería Agronómica	Celda Querochaca
Edificio Sindicato de Choferes Profesionales de Tungurahua	Celda Centro Cultural

Tabla 5.5. Asignación de las Estaciones Base a su respectiva celda.

En cuanto a los resultados de las inspecciones de sitio se tiene que:

- Todos los sitios cuentan con espacio físico para la ubicación de las antenas, así como también para las unidades interiores.
- Todos los sitios cuentan con ductos verticales o por lo menos no presentan inconvenientes para la instalación del cableado de IF (cableado para interconectar IDU y ODU de las radiobases).
- Los cuatro lugares escogidos cuentan con un sistema adecuado para la alimentación eléctrica.

- Algunos sitios (los predios de la UTA) cuentan con una infraestructura de mástiles o torres.

- En cuanto al sitio que no pertenece a la Universidad, éste no se encuentra ocupado y será factible arreglar su arrendamiento respectivo.

Cabe añadir que la sectorización también dependerá del grado de apertura del haz en la antena, pudiendo tener sectores de 30°, 60°, 90°, 120°, 360° de cobertura, de acuerdo a la distribución de los abonados en cada celda. Además, se debe tomar en cuenta la capacidad que maneja el equipo seleccionado, Ericsson Mini Link Bas. Este equipo proporciona una capacidad por sector de 37,5 Mbps, con canales de 28 MHz.

Con la base de los avistamientos realizados durante las inspecciones de sitio, las características del equipo a utilizarse y utilizando sectores de 90°, conforme fue seleccionado anteriormente (a excepción de la celda de Querochada que tendrá un sector de 360°), el área de cobertura de servicio de cada una de las cuatro celdas se dividió en los sectores mostrados en las figuras siguientes.

Los sectores han sido escogidos según donde se encuentre la mayor cantidad de posibles abonados, esto por cuestiones de costos y por empezar ofreciendo los servicios del sistema LMDS al 30% de la demanda estudiada.

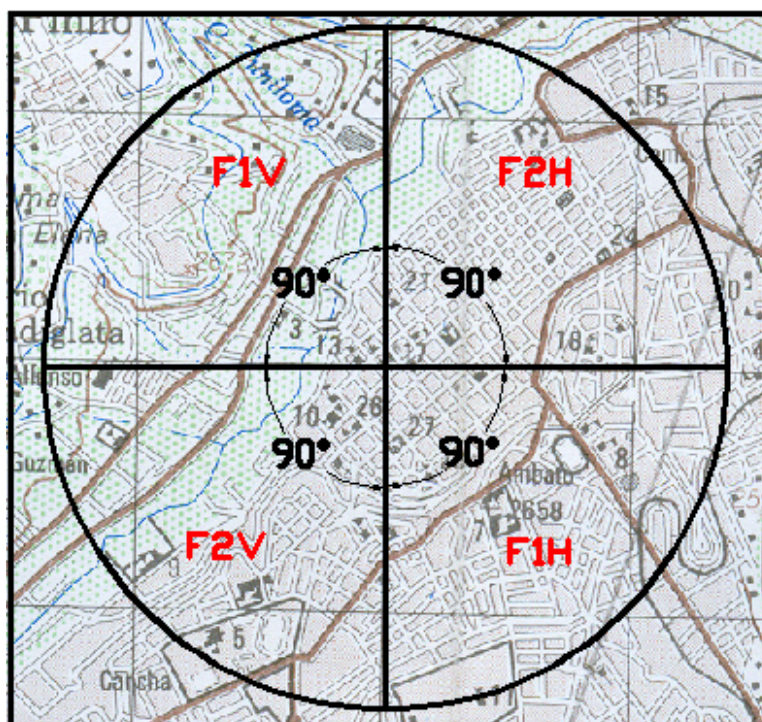


Figura 5.11. Diagrama de sectorización de la celda Centro Cultural.

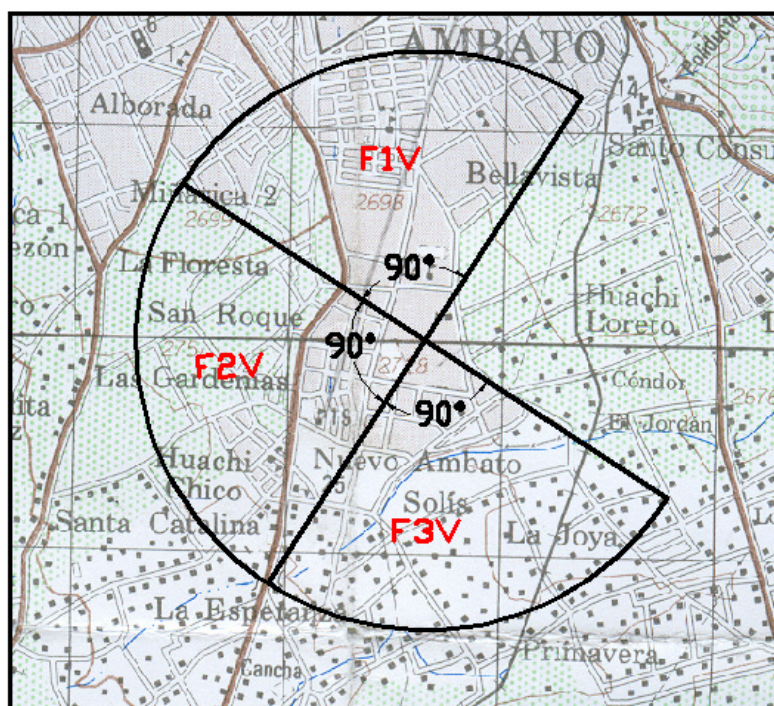


Figura 5.12. Diagrama de sectorización de la celda Huachi.

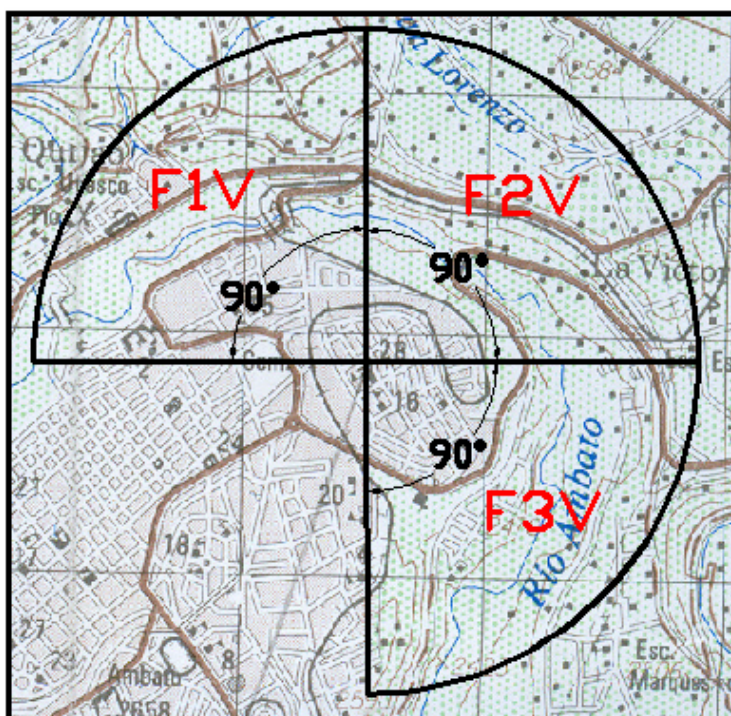


Figura 5.13. Diagrama de sectorización de la celda Ingahurco.



Figura 5.14. Diagrama de sectorización de la celda Querochaca.

Como se puede observar en las figuras, cada una de las tres frecuencias indicadas (F1, F2 y F3) corresponde a una pareja de canales de 28 MHz (un canal de subida y otro de bajada). Estas frecuencias son utilizadas en las celdas, de acuerdo a la planeación efectuada en la sección 5.5.11, y según el tipo de polarización que se vaya a utilizar en una determinada celda.

5.5.10 RESULTADOS DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS SUSCRIPTORES.

Tomando en cuenta los modelos de tráfico de la sección 5.5.5, los resultados del sondeo de potenciales usuarios, y el número necesario de éstos para cada uno de los servicios a brindarse, se tiene los siguientes requerimientos de tráfico para cada celda.

Celda	Acceso Internet	Servidores Web	Transporte de datos	Voz IP	PBX	Video Conferencia
Centro Cultural	1519	75	75	1519	75	75
Huachi	483	35	35	483	35	35
Ingahurco	419	31	31	419	31	31
Querochaca	111	5	5	111	5	5

Tabla 5.6. Número de usuarios para cada servicio.

a) TRÁFICO CELDA CENTRO CULTURAL.

- Acceso a Internet: $0.8 \times 0.1 \times 1519 \times 64 \text{ Kbps} = 7.77 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.8 \times 0.1 \times 1519 \times 16 \text{ Kbps} = 1.94 \text{ Mbps}$ de subida.
- Servidores Web: $0.1 \times 0.8 \times 75 \times 2 \times 64 \text{ Kbps} = 0.77 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.1 \times 0.8 \times 75 \times 2 \times 512 \text{ Kbps} = 6.14 \text{ Mbps}$ de subida.
- Transporte de datos: $0.3 \times 75 \times [0.02 \times 64 + 0.03 \times (128 + 256) + 0.24$
 $\times (512 + 1024) + 0.44 \times 2048] \text{ Kbps} = 28.86 \text{ Mbps}$
 dúplex.
- Voz sobre IP: $0.4 \times 0.1 \times 1519 \times 16 \text{ Kbps} = 0.97 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Interconexión PBX: $0.1 \times 7 \times 75 \times 64 \text{ Kbps} = 3.36 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Video Conferencia: $0.05 \times 0.1 \times 75 \times 512 \text{ Kbps} = 0.19 \text{ Mbps}$ dúplex.

En consecuencia, el requerimiento total de tráfico para esta celda es de:

- 37.73 Mbps para el flujo de bajada.
- 37.31 Mbps para el flujo de subida.

b) TRÁFICO CELDA HUACHI.

- Acceso a Internet: $0.8 \times 0.1 \times 483 \times 64 \text{ Kbps} = 2.47 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.8 \times 0.1 \times 483 \times 16 \text{ Kbps} = 0.62 \text{ Mbps}$ de subida.
- Servidores Web: $0.1 \times 0.8 \times 35 \times 2 \times 64 \text{ Kbps} = 0.36 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.1 \times 0.8 \times 35 \times 2 \times 512 \text{ Kbps} = 2.86 \text{ Mbps}$ de subida.
- Transporte de datos: $0.3 \times 35 \times [0.02 \times 64 + 0.03 \times (128 + 256) + 0.24$
 $\times (512 + 1024) + 0.44 \times 2048] \text{ Kbps} = 13.46 \text{ Mbps}$
 dúplex.
- Voz sobre IP: $0.4 \times 0.1 \times 483 \times 16 \text{ Kbps} = 0.31 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Interconexión PBX: $0.1 \times 7 \times 35 \times 64 \text{ Kbps} = 1.57 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Video Conferencia: $0.05 \times 0.1 \times 35 \times 512 \text{ Kbps} = 0.09 \text{ Mbps}$ dúplex.

En consecuencia, el requerimiento total de tráfico para esta celda es de:

- 16.43 Mbps para el flujo de bajada.
- 17.02 Mbps para el flujo de subida.

c) TRÁFICO CELDA INGAHURCO.

- Acceso a Internet: $0.8 \times 0.1 \times 419 \times 64 \text{ Kbps} = 2.15 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.8 \times 0.1 \times 419 \times 16 \text{ Kbps} = 0.54 \text{ Mbps}$ de subida.
- Servidores Web: $0.1 \times 0.8 \times 31 \times 2 \times 64 \text{ Kbps} = 0.32 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.1 \times 0.8 \times 31 \times 2 \times 512 \text{ Kbps} = 2.54 \text{ Mbps}$ de subida.
- Transporte de datos: $0.3 \times 31 \times [0.02 \times 64 + 0.03 \times (128 + 256) + 0.24$
 $\times (512 + 1024) + 0.44 \times 2048] \text{ Kbps} = 11.93 \text{ Mbps}$
 dúplex.
- Voz sobre IP: $0.4 \times 0.1 \times 419 \times 16 \text{ Kbps} = 0.27 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Interconexión PBX: $0.1 \times 7 \times 31 \times 64 \text{ Kbps} = 1.34 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Video Conferencia: $0.05 \times 0.1 \times 31 \times 512 \text{ Kbps} = 0.08 \text{ Mbps}$ dúplex.

En consecuencia, el requerimiento total de tráfico para esta celda es de:

- 14.5 Mbps para el flujo de bajada.
- 15.03 Mbps para el flujo de subida.

d) TRÁFICO CELDA QUEROCHACA.

- Acceso a Internet: $0.8 \times 0.1 \times 111 \times 64 \text{ Kbps} = 0.57 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.8 \times 0.1 \times 111 \times 16 \text{ Kbps} = 0.14 \text{ Mbps}$ de subida.
- Servidores Web: $0.1 \times 0.8 \times 5 \times 2 \times 64 \text{ Kbps} = 0.05 \text{ Mbps}$ de bajada.
 $0.1 \times 0.8 \times 5 \times 2 \times 512 \text{ Kbps} = 0.41 \text{ Mbps}$ de subida.
- Transporte de datos: $0.3 \times 5 \times [0.02 \times 64 + 0.03 \times (128 + 256) + 0.24$
 $\times (512 + 1024) + 0.44 \times 2048] \text{ Kbps} = 1.92 \text{ Mbps}$
 dúplex.
- Voz sobre IP: $0.4 \times 0.1 \times 111 \times 16 \text{ Kbps} = 0.07 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Interconexión PBX: $0.1 \times 7 \times 5 \times 64 \text{ Kbps} = 0.22 \text{ Mbps}$ dúplex.
- Video Conferencia: $0.05 \times 0.1 \times 5 \times 512 \text{ Kbps} = 0.01 \text{ Mbps}$ dúplex.

En consecuencia, el requerimiento total de tráfico para esta celda es de:

- 2.57 Mbps para el flujo de bajada.
- 2.50 Mbps para el flujo de subida.

En la siguiente tabla se resume el tráfico requerido para cada celda:

Celda	Acceso Internet Down/Up (Mbps)	Servidores Web Down/Up (Mbps)	Transporte de datos Dúplex (Mbps)	Voz IP Dúplex (Mbps)	PBX Dúplex (Mbps)	Video Conferencia Dúplex (Mbps)
Centro Cultural	7.77	0.77	28.86	0.97	3.36	0.19
	1.94	6.14				
Huachi	2.47	0.36	13.46	0.31	1.57	0.09
	0.62	2.86				
Ingahurco	2.15	0.32	11.93	0.27	1.34	0.08
	0.54	2.54				
Querochaca	0.57	0.05	1.92	0.07	0.22	0.01
	0.14	0.41				

Tabla 5.7. Resumen del tráfico para cada celda de servicio.

Por lo tanto, el total de tráfico de las cuatro celdas que conforman el área de servicio del sistema LMDS es:

- 71.23 Mbps para el flujo de bajada.
- 71.86 Mbps para el flujo de subida.

5.5.11 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PUNTO A MULTIPUNTO.

El proceso de dimensionamiento, en equipos de telecomunicaciones, es la manera de fijar los parámetros técnicos básicos para la instalación y operación del sistema LMDS. Este proceso hace referencia a resultados obtenidos en estudios previos, por ejemplo: sectorización, requerimientos de los suscriptores, resultados de los requerimientos y otros.

Por lo tanto, para las cuatro celdas que conforman el área de servicio del sistema LMDS se debe considerar los siguientes aspectos:

a) ESTACIONES BASE.

Las celdas Huachi e Ingahurco están divididas en tres sectores, cada uno de los cuales cuenta con una antena sectorial de 90°. La celda Centro Cultural cuenta con cuatro sectores, igualmente con cuatro antenas sectoriales de 90°; mientras que la celda de Querochada está cubierta por una antena de 360°.

Según el equipo seleccionado la ganancia de las antenas es de 19 (dBi) y 12,5 (dBi), mientras que la potencia de transmisión por sector en cada celda será de 26 (dBm). Las antenas sectoriales o RN (Radio Node) se conectarán a un

equipo de radio (R-AAS Radio Shelf), cada antena manejará un canal de 28 MHz por sector tanto para el flujo de bajada como para el flujo de subida.

La capacidad en la velocidad de transmisión para los dos flujos depende de la modulación digital utilizada, en este caso será de 37,5 Mbps simétricamente para cada sentido.

El equipo de radio (R-AAS) tiene la posibilidad de conectarse mediante interfaces estandarizadas a otras redes de telecomunicaciones, por ejemplo a la red telefónica local (Andinatel).

En cuanto al sistema de administración de la red, éste contará con el equipo de administración (*NMS, Network Manager System*) propio del sistema LMDS (EM – Element Manager); el mismo que se lo situará en la celda Huachi (altos de la Facultad de Contabilidad y Auditoría) desde donde se podrá controlar a las otras estaciones remotas.

Este lugar fue más idóneo para funcionar como el Centro de Operaciones de la Red debido a que presenta una excelente infraestructura, seguridad y sobre todo es propio de la Universidad.

b) ESTACIONES TERMINALES (AT – Access Termination).

La estación terminal consta de la unidad de radio de usuario y una unidad de red (UN). Las antenas de usuario son parabólicas compactas con una ganancia de 33 (dBi). Poseen su respectivo transceptor.

Con estas terminales se tendrá la posibilidad de utilizar las siguientes interfaces de usuario: Ethernet 10BaseT (normalmente), 2 x Ethernet 10BaseT/100BaseT o 2 x E1/T1 (E1/T1 fraccional). Dependiendo de la necesidad de “sub-usuarios” en cada usuario potencial, las unidades de red pueden ser colocadas hasta en un número de 9.

c) PLANEACIÓN DE FRECUENCIAS.

Se lo hará respecto al Plan Nacional de Frecuencias del país y de acuerdo a la disponibilidad en el espectro, tomando en cuenta la frecuencia de operación del equipo a utilizarse, el ancho de banda en MHz por sector, la clase de polarización y la separación entre cada una de las frecuencias adyacentes.

Así tenemos, que el espectro de frecuencia al que operará el sistema LMDS para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO es dividido en los siguientes

grupos de frecuencia tanto para el enlace de transmisión como para el de recepción.

GRUPO DE FRECUENCIAS	FRECUENCIA TX [MHz]	FRECUENCIA RX[MHz]
F1	27500	27925
F2	27528	27953
F3	27556	27981
F4	27584	28009

Tabla 5.8. Distribución de frecuencias para la banda de 28 GHz.

El shifter (que es la diferencia entre la frecuencia de Tx y Rx) para la banda de 28 GHz es de 425 MHz y la separación entre frecuencias adyacentes es de 28 MHz. Así mismo si se quiere evitar una posible interferencia entre los sectores, se debe cambiar de polarización, además de elegir estas frecuencias para cada sector.

5.5.12 INFORME TÉCNICO.

Todos los datos del sistema LMDS para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO son presentados a continuación:

DATOS GENERALES.

Datos Generales	Valor	Unidad
Banda de frecuencia	28	GHz
Radio de la celda	1.4	Km
Potencia Tx (estación base o estación terminal)	26	dBm
Umbral Rx (estación base o estación terminal)	- 77 (BER 10^{-6}) - 74 (BER 10^{-9})	dBm
Modulación	C-QPSK	
Técnica de acceso	TDMA	
Técnica dúplex	FDD	
Altura de las torres (estación base)	15	M
Temperatura de operación	- 33 a + 45 +5 a + 45	°C

CELDA CENTRO CULTURAL.

Concepto	Valor	Unidad
Ancho de canal	28	MHz
Número de canales	8	(asc/des)
Capacidad por canal	37.5	Mbps
Ganancia de la antena (estación base)	19	dBi
Ganancia antenas (estaciones terminales)	33	dBi
Angulo de cobertura	90	Grados
Tráfico total ascendente	37.31	Mbps
Tráfico total descendente	37.73	Mbps
Usuarios Potenciales	75	Usuarios
Usuarios iniciales	23	Usuarios
Usuarios proyectados finales	68	Usuarios
Estaciones terminales	68	Max.
Frecuencia de la portadora	F1, F2	GHz
Polarización	Vertical, Horizontal	
Confiabilidad mínima	99.995	%

CELDA HUACHI.

Concepto	Valor	Unidad
Ancho de canal	28	MHz
Número de canales	6	(asc/des)
Capacidad por canal	37.5	Mbps
Ganancia de la antena (estación base)	19	dBi
Ganancia antenas (estaciones terminales)	33	dBi
Angulo de cobertura	90	Grados
Tráfico total ascendente	17.02	Mbps
Tráfico total descendente	16.43	Mbps
Usuarios Potenciales	35	Usuarios
Usuarios iniciales	11	Usuarios
Usuarios proyectados finales	32	Usuarios
Estaciones terminales	32	Max.
Frecuencia de la portadora	F1, F2, F3	GHz
Polarización	Vertical	
Confiabilidad mínima	99.995	%

CELDA INGAHURCO.

Concepto	Valor	Unidad
Ancho de canal	28	MHz
Número de canales	6	(asc/des)
Capacidad por canal	37.5	Mbps
Ganancia de la antena (estación base)	19	dBi
Ganancia antenas (estaciones terminales)	33	dBi
Angulo de cobertura	90	Grados
Tráfico total ascendente	15.03	Mbps
Tráfico total descendente	14.5	Mbps
Usuarios Potenciales	31	Usuarios
Usuarios iniciales	9	Usuarios
Usuarios proyectados finales	28	Usuarios
Estaciones terminales	28	Max.
Frecuencia de la portadora	F1, F2, F3	GHz
Polarización	Vertical	
Confiabilidad mínima	99.995	%

CELDA QUEROCHACA.

Concepto	Valor	Unidad
Ancho de canal	28	MHz
Número de canales	2	(asc/des)
Capacidad por canal	37.5	Mbps
Ganancia de la antena (estación base)	12.5	dBi
Ganancia antenas (estaciones terminales)	33	dBi
Angulo de cobertura	90	Grados
Tráfico total ascendente	2.50	Mbps
Tráfico total descendente	2.57	Mbps
Usuarios Potenciales	5	Usuarios
Usuarios iniciales	2	Usuarios
Usuarios proyectados finales	5	Usuarios
Estaciones terminales	5	Max.
Frecuencia de la portadora	F1	GHz
Polarización	Vertical	
Confiabilidad mínima	99.995	%

5.5.13 RED DE INTERCONEXIÓN ENTRE LAS ESTACIONES BASE.

El sistema debe tener la capacidad de interconectarse entre sí totalmente, es decir, que todos los potenciales usuarios se puedan conectar con cualquiera incluyendo la estación central, por lo tanto se requiere la interconexión entre celdas para el sistema punto a multipunto LMDS.

Del mismo modo, se tendrá la posibilidad de que todo el sistema LMDS se conecte con otras redes, como por ejemplo la red de Andinatel.

Por consiguiente, la red de interconexión entre las radiobases se basa en la ya existente en la UTA, la misma que fue analizada en el capítulo 4, en donde se tiene cuatro nodos y dos repetidores de comunicaciones. Sin embargo, para propósitos del diseño de la red LMDS planteado en este proyecto, no se utilizará la tecnología Spread Spectrum (2,4 GHz), sino que en su lugar se empleará la banda de frecuencia en el rango de los 7 GHz con tecnología PHD (*Plesiochronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Plesiócrona*) y SDH (*Synchronous Digital Hierarchy, Jerarquía Digital Síncrona*).

Las razones del porqué se decidió escoger la banda de frecuencia de 7 GHz, fue por el hecho de evitar la congestión e interferencias con otras redes de microondas existentes en la ciudad de Ambato; además se utilizará las tecnologías PDH y SDH debido a que se maneja tráfico de voz y datos de mediana y alta capacidad. Esta capacidad de transporte es dependiente de la capacidad requerida en cada una de las celdas, pero en general es muy óptimo en cuanto a costos hacer uso de la capacidad mínima obtenida en un inicio.

La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) es una tecnología utilizada para la transmisión de canales digitales sobre un mismo enlace. Esta tecnología es considerada como de mediana capacidad, ya que los canales a multiplexar denominados módulos de transporte o contenedores virtuales de información se unen formando tramas a velocidades de 2, 8, 34, 140 Mbps.

La principal problemática que presenta PDH es la falta de sincronismo entre equipos. Cuando se quiere pasar a un nivel superior jerárquico se combinan señales provenientes de distintos equipos. Cada equipo puede tener alguna pequeña diferencia en la tasa de bit, es por ello que se vuelve necesario ajustar los canales entrantes a una misma tasa de bit, para lo que se añaden bits de relleno. Sólo cuando las tasas de bit son iguales puede procederse a una multiplexación bit a bit como se define en PDH. El demultiplexor debe posteriormente reconocer los bits de relleno y eliminarlos de la señal. Este modo de operación recibe el nombre de plesiócrono, que en griego significa cuasi síncrono. En definitiva se podría decir que PDH es una técnica de multiplexación que permite la combinación de pequeñas tasas de transmisión no síncronas.

Por otro lado, la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) es capaz de incrementar sensiblemente el ancho de banda disponible, definiendo una señal de multiplexado elemental a 155 Mbps, es decir que define una estructura que permite combinar señales plesiócronicas y encapsularlas en una señal SDH estándar, razón por la cual es considerada como una tecnología de alta capacidad ya que puede manejar tráfico de información con velocidades de transmisión de 155 Mbps (STM-1) a 2,4 Gbps (STM-16).

Finalmente, la jerarquía SDH puede proveer despliegue de nuevos equipos en nuevas topologías de red, un mejor manejo de las operaciones del sistema y permite la restauración y reconfiguración de la red, mejorando la incorporación y prestación de nuevos servicios.

Por lo tanto, el equipamiento que se escogerá para la red de interconexión será el siguiente:

- Equipos de microonda con tecnología SDH y PDH en la banda de 7 GHz correspondiente al fabricante Siemens, debido a que estos equipos son confiables y tienen una extensa garantía, además que son los más usados en el mercado. Los equipos para la tecnología SDH es SRT1C, mientras que para la tecnología PDH se usará el equipo SRAL.
- Las líneas de transmisión entre los equipos de microonda y las antenas serán las guías de onda correspondiente al fabricante Andrew, debido a que estas guías de onda tienen bajas pérdidas, ofrecen garantía, calidad y son los más usados en el mercado.
- Las antenas utilizadas para los enlaces punto a punto serán de tipo parabólicas sólidas del tipo HP (High Performance) de la marca Andrew; es decir antenas de alto desempeño e inmunes a interferencia, además de que son de alta ganancia y garantía; y también son ampliamente usados en el mercado.

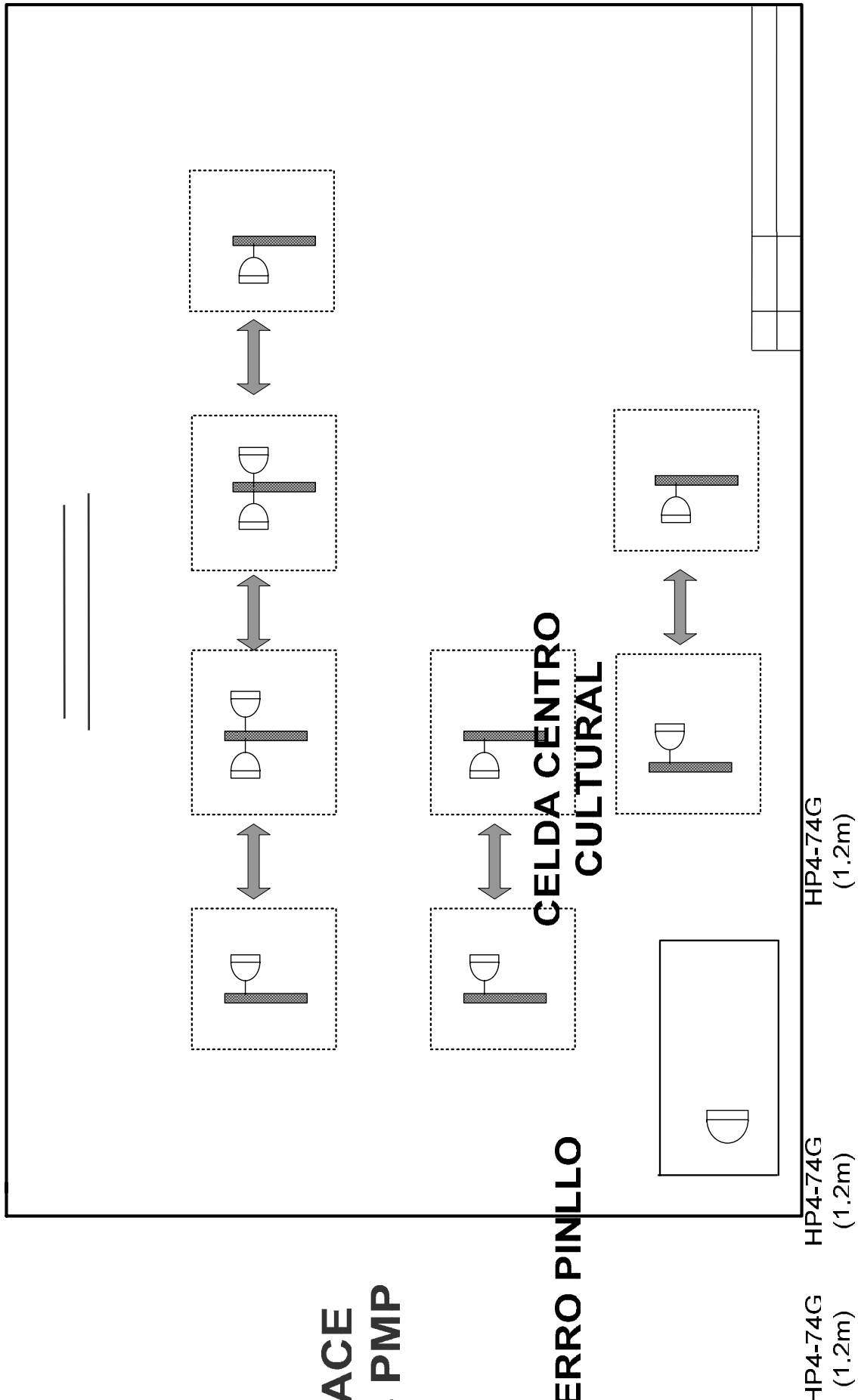
- Otros accesorios, abrazaderas, escalerillas, torres de comunicación de base triangular auto soportadas, conectores, adaptadores, etc.

5.5.13.1 DESCRIPCIÓN DEL ENLACE DE MICROONDAS PUNTO A PUNTO.

Se tiene que el sistema usará la tecnología SDH para interconectar la celda Huachi con el repetidor ubicado en el cerro Nitón debido a la alta capacidad de datos que maneja esta celda, ya que ésta es el Centro de Operaciones de la Red. Igualmente se utiliza SDH para enlazar la celda Centro Cultural con el repetidor ubicado en el cerro Pinllo, y éste a su vez se interconecta con el cerro Nitón.

Mientras que para el resto de enlaces se utiliza la tecnología PDH, debido a la capacidad media que manejan estas celdas. Cabe destacar que los equipos que se utilizan para realizar los enlaces punto a punto, presentan facilidades para interactuar con ambas tecnologías; es decir que el tráfico generado por los enlaces SDH es compartido con los enlaces PDH y viceversa.

En las siguientes figuras se muestra el diagrama esquemático de los enlaces de las antenas entre las celdas punto a multipunto del sistema LMDS; así como también el diagrama de interconexión punto a punto entre las diferentes celdas que intervienen en el área de servicio.



**ACE
PMP**

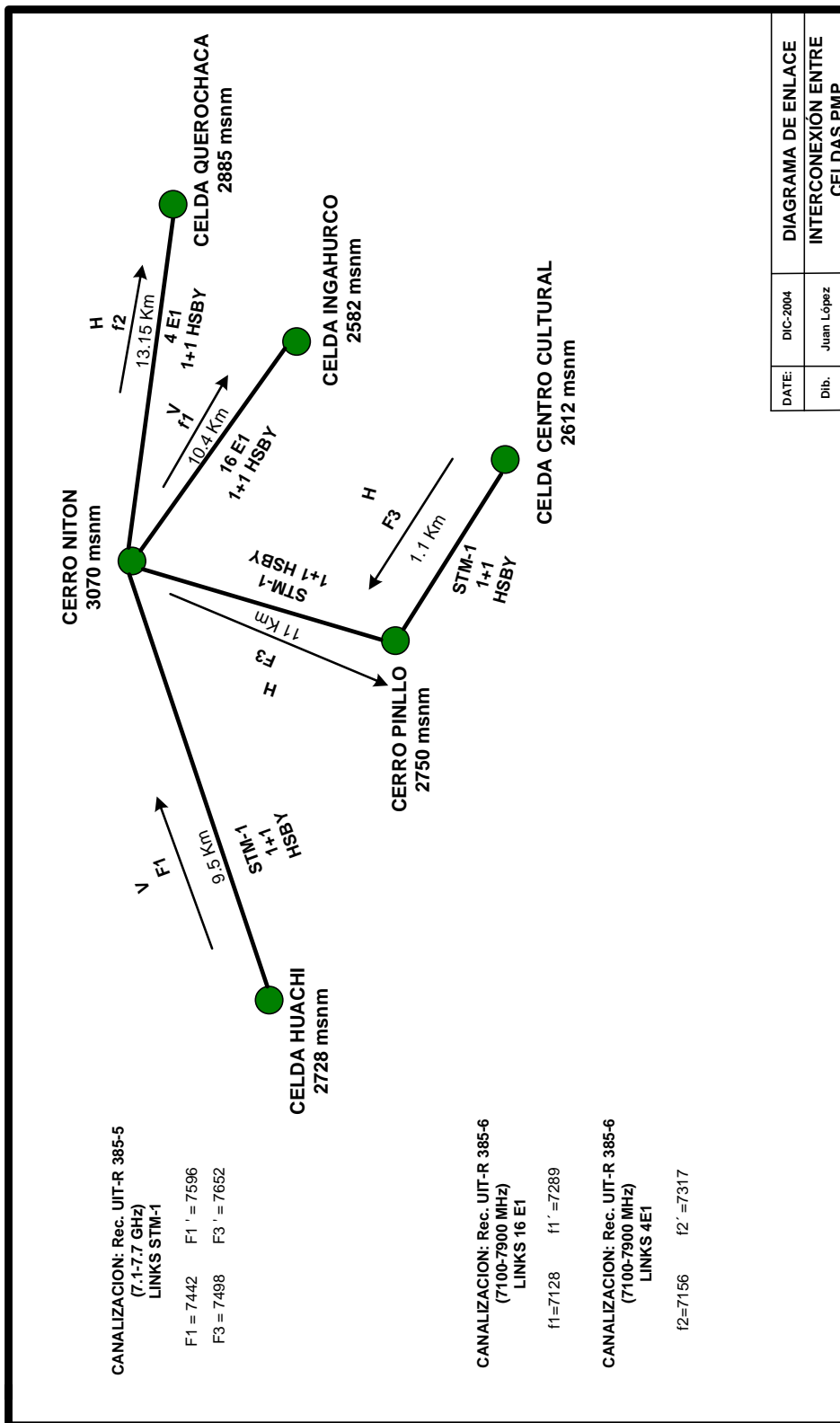
ERRO PINILLO

**HP4-74G
(1.2m)**

**HP4-74G
(1.2m)**

**HP4-74G
(1.2m)**

**CELDA CENTRO
CULTURAL**



DATE:	DIC-2004	DIAGRAMA DE ENLACE
Dib.	Juan López	INTERCONEXIÓN ENTRE CELDAS PMP

Figura 5.16. Diagrama de interconexión entre celdas.

La configuración de los equipos en las tecnologías SDH es 1+1, para así poder manejar las capacidades de todas las celdas interconectadas de acuerdo a las capacidades en Mbps calculadas.

Para la tecnología PDH se usa la configuración 1+1 Hot Stand By (HSBY), debido a la baja capacidad conforme a la baja demanda en las celdas que cubre. Para los enlaces entre las celdas y los repetidores se han realizado los respectivos perfiles topográficos y los cálculos del desempeño para cada tramo, los mismos que han sido determinados mediante el uso de un software (Path Loss versión 3) de diseño y cálculos, con el Plan Nacional de Frecuencias y con las recomendaciones de la UIT-R correspondientes. Todos estos resultados, al igual que el detalle de las especificaciones técnicas de los equipos a ser utilizados en los enlaces punto a punto son mostrados en el Anexo 5 – Cálculos y Equipos Punto a Punto.

5.5.14 DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA RED.

A continuación se describen los principales costos y gastos que intervienen en la implementación del sistema LMDS. Los precios indicados son referenciales, es decir que pueden variar con el pasar del tiempo.

- Costo de los equipos LMDS.

Cantidad	Nombre	Función	Fabricante	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
ESTACIÓN BASE					
4	Hub (RN + R-AAS)	Estación base de radio + Estación base digital.	Ericsson	59.300	237.200
1	C-AAS	Concentrador de tráfico.	Ericsson	4.500	4.500
4	ET 155 interface	Interfaces de red.	Ericsson	3.000	12.000
4	Power for Hubs	Fuentes de energía para Hubs	Ericsson	3.600	14.400
4	Cabinet for Hubs	Armarios para Hubs	Ericsson	3.600	14.400
ESTACIONES TERMINALES					
69	AT Network termination large	Terminaciones de red amplias	Ericsson	5.200	358.800
77	AT Network termination medium	Terminaciones de red medianas	Ericsson	4.800	369.600
131	AT radio termination	Terminaciones de Radio	Ericsson	2.200	288.200
300	Splitters	Divisores de potencia		21.25	6.375
ADMINISTRACIÓN LMDS					
1	CP médium	Procesador de control	Ericsson	7.000	7.000
1	O&M	Sistema de administración LMDS	Ericsson	41.800	41.800
Costo total equipos:				\$ 1'354.275.	

Tabla 5.9. Costo de los equipos LMDS.

- Costo de los equipos punto a punto.

Description	Monedas	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	HUACHI	NITON
SRT 1C/7 128 TCM TRANSCIVER SDH, 7 GHZ						
NETS RACK (2200MM)	US\$	750	2	1500	1	1
WIRED SUBRACK FOR 2 TR. AND MODEMS	US\$	1757	2	3614	1	1
WIRED SUBRACK FOR BB UNITS - N:2 TERMINAL EXPAN.(UP TO 3+1 BE ARERS)	US\$	5210	2	10420	1	1
TX ASSY WITH MODULATOR, 7 GHZ	US\$	6140	4	24560	2	2
MAIN RX ASSY WITH DEMODULATOR, 7 GHZ	US\$	5467	4	21868	2	2
STM-1 TRIBUTARY (ELECTRICAL) INCLUDING HITLESS SWITCH	US\$	1117	2	2234	1	1
PCM E.O.W.	US\$	677	2	1354	1	1
LOCAL OPERATOR	US\$	189	2	378	1	1
TELEPHONE WITH KEYBOARD	US\$	39	2	78	1	1
MCF SET FOR SRT1C	US\$	1622	2	3244	1	1
CONTROLLER UNIT	US\$	534	2	1068	1	1
TXRX BRANCHING FILTERS FOR 2 TR.	US\$	1706	2	3412	1	1
ANTENNA CIRCULATOR FOR 2+1 EXPANSIBLE	US\$	1431	2	2862	1	1
Sub Total 1	US\$			76492		
ELLIPTICAL WAVEGUIDE, COAXIAL CABLES AND INSTALLATION MATERIAL						
6U/7 GHZ WAVEGUIDE WITH CLAMPS (METER)	US\$	36	100	3600	50	50
PAIR OF CONNECTORS AND ACCESSORIES FOR 6U/7 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE	US\$	462	2	924	1	1
INSTALLATION MATERIAL TO MATCH 7 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE TO BRANCHING	US\$	315	2	630	1	1
CABLE LADDER (5M)	US\$	275	4	1100	2	2
ELECTRICAL INSTALLATION MATERIAL FOR TRANSCIVER SDH SERIES	US\$	626	2	1252	1	1
Sub Total 2	US\$			7506		
PRESSURING DE VICE						
MR-050 PRESSURIZING DEVICE 18-60 VDC OPERATING	US\$	939	2	1878	1	1
Sub Total 3	US\$			1878		
FRAME INSTALLATION MATERIAL						
D.C POWER DISTRIBUTION CABINET FOR MEDIUM SIZE STATION	US\$	230	1	230	1	1
D.C POWER DISTRIBUTION CABINET FOR WIDE SIZE STATION	US\$	424	1	424		1
Sub Total 4	US\$			654		
ANTENNAS (6 TO 60 GHZ BAND)						
1.2 M T. 17.9 GHZ HIGH PERFORMANCE SINGLE POL WITH MOUNT AND RADOME HP 4-74G	US\$	2598	2	5198	1	1
Sub Total 5	US\$			5198		
Project Total	US\$			91728		

Tabla 5.10. LISTA DE EQUIPOS ENLACE HUACHI-NITON

Descripción	Moneda	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	NITON	INGAHURCO
SRAL LOW CAPACITY DIGITAL RADIO SYSTEM						
USER FEE FOR 2ND RADIO TRANSPORT MODULE IN ONE SUB-RACK	US\$	1404	2	2808	1	1
USER FEE FOR UP TO 16X2 MB/S CAPACITY	US\$	1025	2	2050	1	1
19" RACK	US\$	431	1	431	1	
INDOOR/OUTDOOR CONNECTING CABLE	US\$	3	66	198	33	33
7 GHZ KIT FOR ODU MOUNTING SEPARATED FROM ANTENNA (1+1 HSBY)	US\$	679	2	1358	1	1
CONNECTION KIT FOR INDOOR/OUTDOOR COAXIAL CABLE	US\$	55	2	110	1	1
7-8 GHz FLEX. WAVEG FOR ODU MOUNTING SEP. FROM ANTENNA (DIA. FROM 180CM)	US\$	434	2	868	1	1
NMS CHANNEL DISTRIBUTION UNIT	US\$	79	3	237	2	1
CONNECTION KIT	US\$	191	2	382	1	1
7 GHz FLEX.WAVEG FOR ODU MOUNTING SEP. FROM ANTENNA (DIA. UP TO 180 CM)	US\$	242	2	484	1	1
RADIO TRANSPORT MODULE CARD (CAP. UP TO 16X2 MB/S)	US\$	1404	4	5616	2	2
G.703 INTERFACE (FOR CAP. UP TO 16X2 MB/S)	US\$	632	2	1264	1	1
ENGINEERING ORDER WIRE CARD	US\$	372	2	744	1	1
ALARM UNIT CARD	US\$	133	2	266	1	1
7-8 GHz TWIST FOR HORRZ. POIARZ.APPL.(ODU MO UNT. SEPARATED FROM ANTENNA)	US\$	88	2	178	1	1
INDOOR WIRED SUB-RACK (FOR CAP. UP TO 16X2 MB/S)	US\$	372	2	744	1	1
CONTROLLER CARD	US\$	374	2	748	1	1
HANDSET	US\$	30	1	30	1	
7 GHZ OUTDOOR UNIT	US\$	3756	4	15024	2	2
Sub Total 1 US\$				33540		
TERMINAL STRIPS						
COAXIAL TERMINAL BLOCK FOR 21 SYSTEMS WITHOUT TEST POINTS	US\$	315	2	630		
Sub Total 2 US\$				630		
HP - HIGH PERFORMANCE ANTENNAS						
1.2M 7.100-7.900 GHz SINGLE POL. VHP4	US\$	1841	2	3682	1	1
Sub Total 3 US\$				3682		
Project Total US\$				37852		

Tabla 5.11. LISTA DE EQUIPOS ENLACE NITON-INGAHURCO

Descripción	Moneda	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	NITON	QUEROCHACA
SRAL LOW CAPACITY DIGITAL RADIO SYSTEM						
USER FEE FOR 2ND RADIO TRANSPORT MODULE IN ONE SUB-RACK	US\$	1404	2	2808	1	1
USER FEE FOR UP TO 4X2 MB/S CAPACITY	US\$	323	2	646	1	1
19" RACK	US\$	431	1	431		1
INDOOR/OUTDOOR CONNECTING CABLE	US\$	3	66	198	33	33
7 GHZ KIT FOR ODU MOUNTING SEPARATED FROM ANTENNA (1+1 HSBY)	US\$	679	2	1358	1	1
ELECTRICAL CABLING KIT FOR 75 OHM G.703 INTERFACE (FOR CAP. UP TO 4X2 MB/S)	US\$	201	2	402	1	1
CONNECTION KIT FOR INDOOR/OUTDOOR COAXIAL CABLE	US\$	55	2	110	1	1
NMS CHANNEL DISTRIBUTION UNIT	US\$	79	1	79	1	
CONNECTION KIT	US\$	191	2	382	1	1
7 GHZ FLEX.W/AVEG.FOR ODU MOUNTING SEP. FROM ANTENNA (DIA. UP TO 120 CM)	US\$	223	2	446	1	1
RADIO TRANSPORT MODULE CARD (CAP. UP TO 4X2 MB/S)	US\$	1021	4	4084	2	2
G.703 INTERFACE (FOR CAP. UP TO 4X2 MB/S)	US\$	374	2	748	1	1
ENGINEERING ORDER WIRE CARD	US\$	372	2	744	1	1
ALARM UNIT CARD	US\$	133	2	266	1	1
7-8 GHZ TWIST FOR HORRIZ. POLARIZ.APPL.(ODU MOUNT. SEPARATED FROM ANTENNA)	US\$	89	2	178	1	1
INDOOR WIRED SUB-RACK (FOR CAP. UP TO 4X2 MB/S)	US\$	282	2	564	1	1
CONTROLLER CARD	US\$	374	2	748	1	1
HANDSET	US\$	30	1	30		1
7 GHZ OUTDOOR UNIT	US\$	3046	4	12184	2	2
Sub Total 1	US\$			26406		
TERMINAL STRIPS						
COAXIAL TERMINAL BLOCK FOR 4 SYSTEMS WITHOUT TEST POINTS	US\$	92	2	184		1
COAXIAL TERMINAL BLOCK FOR 21 SYSTEMS WITHOUT TEST POINTS	US\$	315	0	0		
Sub Total 2	US\$			184		
HP - HIGH PERFORMANCE ANTENNAS						
1.2M 7.100-7.900 GHZ SINGLE POL. VHP4	US\$	1841	2	3682	1	1
Sub Total 3	US\$			3682		
Project Total	US\$			30272		

Tabla 5.12. LISTA DE EQUIPOS ENLACE NITON-QUEROCHACA

Descripción	Moneda	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	CENTRO	PINILLO
SRT1C/7128 TCM TRANSCEIVER SDH, 7 GHZ						
N3ETSI RACK (2200MM)	US\$	750	2	1500		1
WIRED SUB-RACK FOR 2 TR AND MODEMS	US\$	1757	2	3514		1
WIRED SUB-RACK FOR BB UNITS - N:2 TERMINAL EXPAN (UP TO 3+1 BEARERS)	US\$	5210	2	10420		1
TX ASSY WITH MODULATOR, 7 GHZ	US\$	6140	4	24560		2
MAIN RX ASSY WITH DEMODULATOR, 7 GHZ	US\$	5467	4	21868		2
STM-1 TRIBUTARY (ELECTRICAL) INCLUDING HITLES SWITICH	US\$	1117	2	2234		1
PCM E.O.W.	US\$	677	2	1354		1
LOCAL OPERATOR	US\$	189	2	378		1
TELEPHONE WITH KEYBOARD	US\$	39	2	78		1
MCF SET FOR SRT1C	US\$	1622	2	3244		1
CONTROLLER UNIT	US\$	534	2	1068		1
TXRX BRANCHING FILTERS FOR 2 TR	US\$	1706	2	3412		1
ANTENNA CIRCULATOR FOR 2+1 EXPANSIBLE	US\$	1431	2	2862		1
Sub Total 1	US\$			76492		
ELLIPTICAL WAVEGUIDE, COAXIAL CABLES AND INSTALLATION MATERIAL						
6U/7 GHZ WAVEGUIDE WITH CLAMPS (METER)	US\$	36	100	3600		50
PAIR OF CONNECTORS AND ACCESSORIES FOR 6U/7 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE	US\$	462	2	924		1
INSTALLATION MATERIAL TO MATCH 7 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE TO BRANCHING	US\$	315	2	630		1
CABLE LADDER (5M)	US\$	275	4	1100		2
ELECTRICAL INSTALLATION MATERIAL FOR TRANSCEIVER SDH SERIES	US\$	626	2	1252		1
Sub Total 2	US\$			7506		
PRESSURING DE VICE						
MR-050 PRESSURIZING DEVICE 18-60 VDC OPERATING	US\$	939	2	1878		1
Sub Total 3	US\$			1878		
FRAME INSTALLATION MATERIAL						
DC POWER DISTRIBUTION CABINET FOR MEDIUM SIZE STATION	US\$	230	1	230		1
DC POWER DISTRIBUTION CABINET FOR WIDE SIZE STATION	US\$	424	1	424		1
Sub Total 4	US\$			654		
ANTENNAS (5 TO 60 GHZ BAND)						
12 M.T. 1-7.9GHZ HIGH PERFORMANCE SINGLE POL WITH MOUNT AND RADOME HP 474G	US\$	2599	2	5198		1
Sub Total 5	US\$			5198		
Project Total	US\$			91728		

Tabla 5.13. LISTA DE EQUIPOS ENLACE SINDICATO DE CHOFERES-PINILLO

Descripción		Moneda	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total	PINLLO	NITON
SRT 1C/7 128 TCM TRANSCIEVER SDH, 7 GHZ							
	NETSI RACK (2200MM)	US\$	750	2	1500	1	1
	WIRED SUB-RACK FOR 2 T.R AND MODEMS	US\$	1757	2	3514	1	1
	WIRED SUB-RACK FOR BB UNITS - N:2 TERMINAL EXPAN.(UP TO 3+1 BEARERS)	US\$	5210	2	10420	1	1
	TX ASSY WITH MODULATOR, 7 GHZ	US\$	6140	4	24560	2	2
	MAIN RX ASSY WITH DEMODULATOR, 7 GHZ	US\$	5467	4	21868	2	2
	STM-1 TRIBUTARY (ELECTRICAL) INCLUDING HITLESS SWITCH	US\$	1117	2	2234	1	1
	PCM E.O.W.	US\$	677	2	1354	1	1
	LOCAL OPERATOR	US\$	189	2	378	1	1
	TELEPHONE WITH KEY-BOARD	US\$	39	2	78	1	1
	MCF SET FOR SRT1C	US\$	1622	2	3244	1	1
	CONTROLLER UNIT	US\$	534	2	1068	1	1
	TX/RX BRANCHING FILTERS FOR 2 T.R	US\$	1706	2	3412	1	1
	ANTENNA CIRCULATOR FOR 2+1 EXPANSIBLE	US\$	1431	2	2862	1	1
	Sub Total 1 US\$				76492		
ELLIPTICAL WAVEGUIDE, COAXIAL CABLES AND INSTALLATION MATERIAL							
	50/75 GHZ WAVEGUIDE WITH CLAMPS (METER)	US\$	36	100	3600	50	50
	PAIR OF CONNECTORS AND ACCESSORIES FOR 50/75 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE	US\$	462	2	924	1	1
	INSTALLATION MATERIAL TO MATCH 7 GHZ ELLIPTICAL WAVEGUIDE TO BRANCHING	US\$	315	2	630	1	1
	CABLE LADDER (5M)	US\$	275	4	1100	2	2
	ELECTRICAL INSTALLATION MATERIAL FOR TRANSCIEVER SDH SERIES	US\$	626	2	1252	1	1
	Sub Total 2 US\$				7506		
PRESSURING DEVICE							
	MIR-050 PRESSURIZING DEVICE 18-60 VDC OPERATING	US\$	909	2	1878	1	1
	Sub Total 3 US\$				1878		
FRAME INSTALLATION MATERIAL							
	DC POWER DISTRIBUTION CABINET FOR MEDIUM SIZE STATION	US\$	230	1	230	1	1
	DC POWER DISTRIBUTION CABINET FOR WIDE SIZE STATION	US\$	424	1	424	1	1
	Sub Total 4 US\$				654		
ANTENNAS (5 TO 60 GHZ BAND)							
	1.2 M T-17.9GHZ HIGH PERFORMANCE SINGLE POL. WITH MOUNT AND RADIOMEHP 474G	US\$	2599	2	5198	1	1
	Sub Total 5 US\$				5198		
	Project Total US\$				91728		

Tabla 5.14. LISTA DE EQUIPOS ENLACE PINLLO-NITON

REFERENCIAS.

[1] Evolium LMDS. A9900. Technical Description. Alcatel 2000.

[2] LMDS. NORTEL NETWORKS. Web Pro Forum Tutorials.
[http:// www.iec.org](http://www.iec.org).

[3] TOMASI WAYNE, “Sistemas de Comunicaciones Electrónicas”, Prentice Hall. Segunda Edición. México 1998.

[4] V. ROMAN, “Frequency Reuse and System Deployment in Local Multipoint Distribution Service”, IEEE, Comsoc, Personal Communications Magazine.
[http:// www.comsoc.org/pci/private/1999/dec/roman.html](http://www.comsoc.org/pci/private/1999/dec/roman.html).

[5] Las Comunicaciones de Datos. Colección Técnica AHCIET. España, 1989.

[6] ETSI. “Broadband Radio Access Networks (BRAN); Requirements and architectures for broadband fixed radio access networks”. May 1998.

[7] ACTS Project215 – Cellular Radio Access of Broadband Services (CRABS), “Specification of next – generation of LMDS architecture” February 2 1999.

[8] COFETEL, “Resultados de los comentarios recibidos en el foro virtual de consulta para la licitación de bandas de frecuencias para sistemas de distribución local multipunto (LMDS)”. Julio 18 del 2000.

[9] UIT – R. Recomendación P.837-1. “Características de la precipitación para establecer modelos de propagación”, Digital Microwave Corporation. “PathCalc – User’s Guide”. 1998.



CAPITULO

6

**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

6.1 CONCLUSIONES.

- La infraestructura de una red de telecomunicaciones moderna, generalmente se divide en: la red de conmutación y transporte y la red interna de usuario, ambos interconectados mediante la red de acceso. Cada una de estas redes tiene funciones específicas diferentes, pero solo su interconexión permite una comunicación extremo a extremo.

- La red de conmutación y transporte efectúa las funciones básicas de la red de larga distancia como multiplexación, tarifación, mantenimiento y las funciones que su propio nombre indica; además soporta altas capacidades de transmisión. En tanto que la red interna de usuario es aquella que permite interconectar los diversos requerimientos que los abonados demandan, en donde la capacidad es menor que la red de transporte.
- La red de acceso por su parte, es aquella que abarca los elementos tecnológicos que soportan los enlaces de telecomunicaciones entre los usuarios finales y el último nodo de la red. A menudo se denomina bucle de abonado o simplemente la última milla; por tanto es la que realiza la conexión entre la red de transporte y la red interna de usuario.
- Las redes de acceso tendrán diferencias, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado, debido al creciente interés por parte de los usuarios en obtener mejores servicios de comunicaciones, originando nuevos retos para las industrias dedicadas al desarrollo de sistemas de telecomunicaciones.
- En cuanto a los tipos de redes de acceso, el mercado actual ofrece un muy amplio espectro de tecnologías tanto alámbricas como inalámbricas, las

mismas que pueden aplicarse para superar las limitaciones de la llamada “última milla”. Ellas van desde las tecnologías xDSL a los sistemas basados en fibra, y desde estructuras de distribución coaxial a tecnologías inalámbricas. Saber cual de estas tecnologías utilizar y donde implementarlas es el punto crítico para el éxito del negocio de un proveedor de servicios, ya que al tomar la decisión correcta sobre cual de ellas aplicar en diferentes circunstancias, seguida por una sólida implementación e ingeniería, definirá quienes son los ganadores y perdedores en el mercado de la última milla.

- Se ha observado que la mayoría de los sistemas actuales se basan todavía en redes de comunicaciones cableadas, pero al presentarse más situaciones y necesidades de integración que no pueden resolverse adecuadamente mediante redes de cable, se han estado desarrollando tecnologías inalámbricas, sobre todo de banda ancha, que puedan trabajar complementando las redes de cable y dar respuesta a la demanda de integración, conectividad y adquisición de la información de una manera ágil y eficiente, abriendo el camino a nuevos servicios a través de múltiples especificaciones diseñadas para una amplia variedad de propósitos.

- Los sistemas cableados presentan limitaciones en cuanto a la flexibilidad, capacidad de extensión y tardan más tiempo en promedio tanto en la

instalación como para ofrecer toda la gama de los servicios. En contraste, la gran mayoría de los sistemas inalámbricos cumplen con casi todas las características que permiten a un sistema de acceso ser utilizado, ya que pueden ser instalados rápidamente y así ofrecer servicios a comunidades marginadas y alejadas, lugares donde los medios cableados son más difíciles de ofertarse e implementarse.

- La tendencia de las redes de acceso inalámbrico es proveer en el futuro servicios de banda ancha con completa movilidad del usuario. En los actuales momentos, esto aún no es posible, pero existen organismos que se encuentran trabajando en la estandarización de sistemas móviles de hasta 2 Mbps y sistemas de acceso fijo de banda ancha como WLL, LMDS y MMDS de 2 a 155 Mbps.
- Para propósitos del presente proyecto de titulación, el diseño planteado ha comprendido el sistema de acceso fijo inalámbrico de banda ancha LMDS y una red complementaria que se utilizó como sistema de transporte de la información vía microondas punto a punto con tecnologías SDH y PDH.
- El sistema LMDS (Local Multipoint Distribution System) estudiado en el presente proyecto, es un sistema de acceso fijo inalámbrico punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, en torno a

los 28 ó 40 GHz, el cual sirve de soporte de una gran variedad de servicios simultáneos como: televisión multicanal (difusión, PPV, video sobre demanda), telefonía, datos, servicios interactivos multimedia (teleeducación, telemedicina, acceso a Internet en banda ancha, etc.).

- LMDS puede funcionar como una alternativa o complemento en ventaja a los sistemas de cableado con fibra óptica y coaxial, ya que proporciona prestaciones equivalentes, inversiones inferiores, menores costos de mantenimiento y es mucho más rápido de desplegar. Además, LMDS es una tecnología bidireccional de banda ancha extremadamente rápida comparada con las comunicaciones a través de módems dial-up, DSL, líneas E1/T1 e ISDN.
- Los sistemas LMDS constituyen una buena alternativa como tecnología de acceso en el bucle de abonado, pero su impacto es todavía muy bajo debido a la poca demanda real que existe.
- La arquitectura del sistema LMDS es bastante simple, la misma que está conformada por una serie de Estaciones Base, Estaciones Terminales y la Oficina Central. Cada una de las Estaciones Base que conforman el área de cobertura total del sistema LMDS, constituye una celda que brinda los servicios a un determinado barrio o zona geográfica, en donde se

encuentran múltiples Terminales del cliente, ubicados en las azoteas de los edificios e interconectadas por medio de enlaces de microonda punto a multipunto. A partir de ese punto se realiza la conversión radio-eléctrica, llegando hasta la centralita del cliente mediante un cableado estructurado vertical. Por otro lado, para la interconexión de las radiobases, se utiliza enlaces de microondas punto a punto, mientras que para conectarse con la Oficina Central, se puede utilizar fibra óptica o enlaces de microondas.

- Para la realización del diseño ha sido necesario utilizar varios criterios técnicos, tales como: la existencia de línea de vista directa entre la estación base y los potenciales usuarios, esto por el hecho de que los haces de onda a tan alta frecuencia son muy directivos; también se tomó en cuenta la demanda de los servicios a ofrecerse y el equipamiento necesario a instalarse.

- En cuanto al tamaño de las celdas que cubrirá una determinada estación base, éste depende de la topografía del terreno, el número de usuarios destinados a recibir el servicio vía radio, la frecuencia de operación del sistema, el nivel deseado de la confiabilidad del enlace, la zona de lluvia donde se vaya a implementar el sistema y según la clase y tamaño de las antenas que se utilicen. Para el caso del diseño propuesto para la UTA, el

radio de la celda máximo fue de 1,4 Km a 28 GHz a fin de obtenerse una confiabilidad del 99,995%.

- El tipo de antena a utilizarse en las estaciones base puede variar en sus ángulos de cobertura y por ende el número de sectores de las celdas también variará. Así tenemos, que con antenas de 30°, 45°, 60°, 90°, 180° o 360°, se tendrá 12, 8, 6, 4, 2, 1 sectores por celda respectivamente.
- Los usuarios potenciales escogidos para el diseño del sistema LMDS planteado para la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO son netamente comerciales, debido a que la población residencial tiene una baja capacidad de inversión y pago de tarifas iniciales de operación; es decir que se consideró como usuarios potenciales a las edificaciones de negocios que se encuentran en los alrededores de las radiobases, y a los abonados pertenecientes a las distintas facultades de la Universidad. Éstos últimos son considerados como comerciales, ya que al igual que los particulares tendrán que cancelar un valor por la prestación de los servicios.
- La contabilización de los empleados por cada edificación se la realizó de acuerdo al número de pisos y según el promedio de personas que laboran en cada uno de éstos, obteniéndose como resultado un promedio de siete personas por piso en las edificaciones particulares y oficinas de

administración central y de cada facultad de la Universidad; mientras que para el resto de pisos de las diferentes facultades se asumió un valor de 30 personas, esto por el hecho de que en cada facultad se tiene por lo menos un laboratorio de 20 estaciones terminales.

- El número de sectores escogido para cada celda del proyecto ha sido seleccionado de acuerdo a la demanda de los usuarios y según la capacidad del equipo a utilizarse, tomado en cuenta que con el pasar del tiempo, el número de usuarios aumentará progresivamente y por ende se requerirá de una mayor capacidad en cada sector de las diferentes celdas.

- El equipo seleccionado en este proyecto de titulación es el del fabricante Ericsson “Mini Link Bas”, ya que sus características como: alta capacidad por sector, compatibilidad con otros equipos, costos, tamaño, etc., son las más adecuadas para cumplir con los propósitos del presente diseño. Las especificaciones de este equipo se encuentran en el Anexo 2 – Equipo LMDS.

- La forma de interconexión de las estaciones base fue a través de microondas punto a punto en la banda de 7 GHz con tecnologías SDH y PDH. Se eligió esta banda de frecuencia con el fin de evitar interferencias con otras redes existentes en la ciudad de Ambato. Además, SDH es la

alternativa tecnológica de más futuro para la transmisión en las redes de comunicaciones, mientras que la tecnología PDH juega un papel todavía importante en la transmisión, al permitir segregar el tráfico en canales de comunicación de baja velocidad.

- El sistema de acceso fijo inalámbrico LMDS se encuentra difundido en el mundo desde hace algunos años, y en algunos países este sistema ya ha sido implementado y puesto en funcionamiento. No así en el Ecuador, en donde aún no ha sido reglamentado, razón por la cual no se tiene empresas que proporcionen servicios a través de esta tecnología, a pesar que dentro del Plan Nacional de Frecuencias se tiene asignado las bandas de frecuencia para la instalación, aplicación y operación del sistema sobre el territorio nacional.

- Para una posible operación del sistema LMDS, se realizará la respectiva gestión con el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), para que éste apruebe la autorización correspondiente. Por otro lado, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL), es la encargada de recoger y estudiar todos los requisitos previos para la obtención de la autorización. Posteriormente, se emite un informe con los resultados al CONATEL para que este autorice o no la entrega de la autorización por parte de la SENATEL a los interesados.

- En lo referente a la situación actual de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, mediante inspección visual, se pudo concluir que ésta cuenta actualmente con la infraestructura de una Red Privada de Telecomunicaciones, la misma que permite brindar, principalmente el servicio de Internet a su comunidad de estudiantes, profesores y personal administrativo, gracias a que posee una conectividad directa y propia hacia el backbone del Internet en los Estados Unidos. Sin embargo, la conexión satelital presenta ciertos inconvenientes sobre todo en lo que tiene que ver con la disponibilidad del enlace ya que este es del 99,5%, el cual es considerado como bajo, lo que implica a tener una suspensión del servicio de algunas horas por año.

- Debido a la creciente población de la UTA, el enlace satelital está resultando insuficiente para satisfacer las demandas de los usuarios, ya que al permitir la conexión de un número más elevado de usuarios a los dimensionados para el enlace, este produce el denominado “cuello de botella”, provocando un retardo significativo en la señal.

- La incidencia de las redes de área local es casi total, cubriendo prácticamente la mayoría de laboratorios de computación y gran parte del área administrativa de las Facultades y Administración Central. No obstante el tendido del cable que permite la interconexión de estas redes no cumple

con las normas de un cableado estructurado, ya que en su gran mayoría se encuentran expuestas al daño de agentes externos.

- En definitiva se puede decir que, tanto la red satelital como la red Inalámbrica que posee la UTA resultan satisfactorias para los actuales intereses de la misma; no así la red interna, puesto que para realizar la expansión de nuevos puntos de red los costos serían muy altos; de igual forma si se optaría por mejorar la tecnología, la red cableada no lo permite.

6.2 RECOMENDACIONES.

- En vista de que en el Ecuador el sistema LMDS aún no se encuentra reglamentado, se sugiere se tome en cuenta la propuesta realizada en el capítulo 3 acerca del marco legal nacional del sistema LMDS, en donde se expone temas como la banda de frecuencia a utilizarse, la concesión de los servicios y las respectivas autorizaciones para su explotación. Con esta base legal se logrará agilizar y unificar tanto la autorización para el derecho de la utilización de las frecuencias radioeléctricas requeridas, y los servicios que se vayan a operar con la red de acceso LMDS, cumpliendo previamente con todos los requisitos establecidos por el organismo de control, que en este caso será el CONATEL.

- Dentro del Plan Nacional de Frecuencias, el sistema LMDS tiene asignado bandas de frecuencias para su operación. Sin embargo, la distribución del espectro radioeléctrico propuesto en este proyecto ha sido realizado en base al análisis efectuado de la división hecha en los Estados Unidos. Por lo que se recomienda estudiar las divisiones de otros países en los cuales ya se encuentra operando el sistema LMDS, en el caso de que no se quiera aceptar la propuesta realizada en la presente tesis. Además con el estudio de dichas divisiones del espectro, se tendrá un criterio más amplio para aplicarlo en el Ecuador.

- Como el diseño del sistema LMDS ha sido exclusivamente planteado para satisfacer las necesidades de los abonados de los cuatro predios existentes en la Universidad y sus alrededores (siempre y cuando sean de tipo comercial), se recomienda que a futuro se realicen los cálculos correspondientes para la expansión de su cobertura a toda la ciudad de Ambato, brindando los servicios no solo a los usuarios comerciales sino también a los residenciales, aumentando de esta manera sus ingresos y reduciendo los costos de operación.

- En lo referente a las comunicaciones vía microonda entre predios, la velocidad de transmisión, es aceptable, ya que actualmente la UTA solo dispone de los servicios y aplicaciones que brinda el Internet. En el caso de

que se requiera algún otro servicio como video y datos, esta velocidad resulta insuficiente, para lo cual se recomienda ampliar el ancho de banda de los equipos o en el mejor de los casos cambiar el tipo de tecnología.

- Se recomienda que los lugares escogidos para el asentamiento de las estaciones base, cumplan con todos los requisitos exigidos por este sistema. Los lugares más adecuados deben ser edificaciones de gran altura centrales a los usuarios potenciales.
- El estudio de la demanda de los posibles abonados realizado en el presente proyecto, fue en base a criterios técnicos, personales y a la inspección visual efectuada al momento de contabilizar los usuarios potenciales (edificaciones); por lo que para obtener una demanda de usuarios más exacta, se recomienda realizar un censo en cada una de las edificaciones a fin de lograr un número preciso de personas que utilizarán los diferentes servicios que ofrece el sistema LMDS.
- Del mismo modo, se recomienda realizar encuestas en cada usuario potencial, con el propósito de saber qué tipo de servicios son los más requeridos por éstos, ya que no todos los clientes demandarán los mismos servicios. Con esto se logrará obtener un mejor dimensionamiento del sistema.

- Se recomienda que el plazo máximo para que se instalen y entren en operación continua y regular los sistemas de acceso fijo LMDS, sea de un (1) año, contado a partir de la fecha de autorización del CONATEL, con una inversión estimada de tres millones de dólares, esto para el caso de que se implemente el sistema en toda la ciudad de Ambato.

- En el caso de que se utilice este proyecto de titulación como fuente de consulta de la situación actual de las comunicaciones de la Universidad, o para futuros diseños del sistema LMDS, la información contenida está actualizada a Noviembre del 2004, pero como el mundo de las telecomunicaciones está en constante evolución no se asegura que la información suministrada sea aún aplicable al momento de consulta, razón por la cual se debe complementar la información contenida en la presente tesis con otros documentos actualizados a la fecha de consulta.

ANEXO 1 – USUARIOS POTENCIALES.

Sabiendo que se escogió como objetivo de mercado el sector empresarial, y con la finalidad de realizar una estimación inicial de posibles abonados de los servicios de telecomunicaciones que se entregarán mediante la red LMDS, se realizó un trabajo de campo que consistió en:

- Buscar el sitio más adecuado para la ubicación de las estaciones base en cada una de las cuatro celdas que conformarán el área de servicio.
- Una vez que se obtuvo el lugar adecuado para la ubicación de las radiobases, se realizó el recorrido de las áreas que se cubrirán con el sistema LMDS, a fin de reconocer las edificaciones que se encuentran en sus alrededores.
- Durante el recorrido se tomó nota de las organizaciones empresariales y edificios de oficinas existentes; caracterizándolos a cada uno con el número de pisos.
- Una vez tabulados los datos del ítem anterior se procedió a estimar el número de personas que laboran por piso en cada una de las edificaciones existentes, en donde según observación directa realizada

en cada piso, se llegó a la conclusión de que en casi todas las edificaciones tomadas como potenciales usuarios, se tiene un promedio de 7 personas por piso, esto para los usuarios particulares y oficinas de la Universidad; mientras que para las distintas Facultades de la UTA se ha tomado un valor de 30 personas por piso, esto por el hecho de que en cada facultad se tiene por lo menos un laboratorio de 20 computadoras. Para esta estimación se asumieron criterios técnicos y personales.

- El total de potenciales suscriptores fue de 146 empresas, mientras que el total de empleados fue de 2532, es decir usuarios terminales.

A continuación se muestran los datos recogidos en cada celda.

USUARIOS POTENCIALES – CELDA CENTRO CULTURAL.

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
1	H. Consejo Provincial	8	56
2	Ilustre Municipio de Ambato	3	21
3	IESS	4	28
4	Correos del Ecuador	3	21
5	Casa de la Cultura	3	21
6	Edificio Unibanco	8	56
7	Gobernación	3	21
8	Centro Cultural Universitario	2	14
9	Oficinas Hidroagoyán	2	14
10	Banco MM Jaramillo Arteaga	2	14

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
11	Cooperativa El Sagrario	7	49
12	Corporación Financiera Nacional e INEC	4	28
13	Edificio Hai Ma	3	21
14	Edificio Tventas	3	21
15	Corte Suprema de Justicia	8	56
16	Radio Ambato	3	21
17	Edificio Sucre	5	35
18	Compumega	2	14
19	Multicentro Sucre	2	14
20	Escuela Luis A. Martínez	3	21
21	Edificio Ortiz	4	28
22	Muebles El Ebanó	1	7
23	Copy Full	1	7
24	ATU muebles	1	7
25	Escuela Liceo Cevallos	3	21
26	Edificio Vaca & Asociados	2	14
27	Choco Cafetería	2	14
28	Cromavisión	1	7
29	Internet El Estudiante	1	7
30	Reparación de TV's Cromacolor	1	7
31	Cooperativa 29 de Octubre	3	21
32	Hardware Systems	1	7
33	Universidad Indoamérica	4	28
34	CELE (Centro de Enseñanza de Lenguas Extranjeras)	1	7
35	Agencia de viajes MAXI	1	7
36	Sindicato de Choferes Profesionales de Tungurahua	6	42
37	Edificio TATUS	3	21
38	Andinatel 1	2	14
39	Andinatel 2	3	21
40	Mutualista Ambato	10	70
41	Produbanco	4	28
42	Banco Nacional de Fomento	4	28
43	Paseo Comercial La Catedral	3	21
44	Darvitur	1	7
45	Kodak	1	7
46	Contraloría General del Estado	4	28
47	Edificio Martinizing	1	7
48	INNFA (Unidad territorial de Tungurahua)	3	21
49	DHL	1	7
50	Clínica Central	2	14
51	Banco de Machala	3	21
52	Edificio las Cámaras	2	14
53	CELLTEK Porta	1	7

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
54	Edificio Family Dental	2	14
55	ADECOM	1	7
56	Cámara de la Pequeña Industria de Tungurahua	1	7
57	Tribunal Provincial Electoral de Tungurahua	2	14
58	Colegio Stephen Hawking	1	7
59	Edificio El Heraldó	4	28
60	Net Place (cabinas telefónicas)	1	7
61	Comercial Oviedo	2	14
62	Edificio Poveda	3	21
63	Comercial Cevallos	2	14
64	Asociación de Empleados	10	70
65	Banco del Pacífico	4	28
66	Colegio Bolívar (centro)	3	21
67	Matriz Bellsouth	2	14
68	Banco de Guayaquil	3	21
69	Banco del Austro	3	21
70	Mutualista Pichincha	2	14
71	Banco Bolivariano	1	7
72	Cooperativa Oscus	7	49
73	Hotel Ambato	2	14
74	Librería Científica	1	7
75	Escuela México	1	7
Total			1519

USUARIOS POTENCIALES – CELDA HUACHI.

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
1	Colegio La Salle	2	14
2	Compu Print	1	7
3	Servicyt	1	7
4	Meganeth	1	7
5	Discovery P.C	1	7
6	Porta Makrocell	1	7
7	Inmobiliaria del Sur	1	7
8	Copias Su Confianza	1	7
9	Servicopias Rosita y Marce	1	7
10	Librería Karlita	1	7
11	Quito Motors "FORD"	1	7

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
12	Bodegas Fruit	1	7
13	La Fabril	1	7
14	Super Escandinavo	1	7
15	Comercial Maya	1	7
16	Automotores de la Sierra	2	14
17	Banco del Pichincha	1	7
18	Producaucho	1	7
19	Centro Infantil ABC	1	7
20	Industrias Molriv	2	14
21	Fábrica de elásticos Ambato	1	7
22	KIA Motors	1	7
23	Ambandine	1	7
24	Vecachi	1	7
25	Petrocomercial	1	7
26	Banco Internacional (Facturación Combustible)	1	7
27	Fábrica de calzado LIWI	1	7
28	Facultad de Administración Bloque 1	3	67
29	Facultada de Administración Bloque 2	2	14
30	Facultad de Sistemas	3	67
31	Facultad de Civil	2	37
32	Facultad de Auditoría	3	67
33	Educación Física	1	7
34	Casa del Estudiante	1	7
35	Laboratorios de Civil	1	7
Total			483

USUARIOS POTENCIALES – CELDA INGATURCO.

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
1	Repuestos Universales	1	7
2	Automotores Carlos Larrea	1	7
3	Hotel Garibaldi	2	14
4	DINADER	1	7
5	Complejo Presidente	1	7
6	Colegio de Contadores de Tungurahua	1	7
7	Hotel El Jardín	2	14
8	UNE de Tungurahua	3	21
9	SOLCA	2	14

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
10	Copias KLIP	1	7
11	COPEU	1	7
12	Escuela Celiano Monge	1	7
13	Cooperativa Educadores de Tungurahua	3	21
14	Edificio Eljuri Hitachi	2	14
15	Unión de Cooperativas de Transporte Urbano	1	7
16	Transportes Ortiz	1	7
17	Sistemas Electrónicos Integrados "Jesús Campoverde"	2	14
18	Servitecnic	1	7
19	Centro de Especialidades Médicas Club de Leones	2	14
20	Colegio de Ingenieros Civiles de Tungurahua	2	14
21	Sede CITA Express	1	7
22	Sindicato de Trabajadores	1	7
23	Cerámicas Graiman	2	14
24	Mobility On Line	1	7
25	Colegio de Arquitectos Provincial de Tungurahua	2	14
26	Fast Net	1	7
27	Facultad de Ciencias de la Educación	3	67
28	Facultad de Ingeniería en Alimentos	2	37
29	Administración Central	3	21
30	Laboratorios de Alimentos	1	7
31	Departamento de Idiomas y Facultad de Juriprudencia	2	14
Total			419

USUARIOS POTENCIALES – CELDA QUEROCHACA.

Nº	Nombre del Edificio o Institución	Nº de pisos	Nº de empleados
1	Facultad de Agronomía Bloque 1	2	60
2	Facultad de Agronomía Bloque 2	1	30
3	Laboratorios INIAP	1	7
4	Granja Experimental	1	7
5	Bar Nuevo Milenio	1	7
Total			111

ANEXO 2 – EQUIPO LMDS.



MINI-LINK™ BAS Broadband Access System



Ericsson's MINI-LINK BAS is a compact, modular and flexible wireless broadband access system, combining the latest Ericsson microwave radio technology with ATM and IP competence and products. It is built to provide exceptional traffic handling capacity and business-class services. The point-to-multipoint system is an extension of the world-leading MINI-LINK, by all measures the most reliable microwave radio on the market, with an MTBF exceeding 30 years.

MINI-LINK BAS is a key component to provide fast and cost-effective broadband access in next generation networks. MINI-LINK BAS supports high-speed Internet/Intranet, LAN-LAN interconnections and other high-speed data applications, at speeds of up to 37 Mbit/s to each individual user. Spectrum efficiency is boosted by TDMA and F-DCA (Fast

Dynamic Capacity Allocation) enabling instantaneous sharing of the radio media with statistical multiplexing. Telephony is efficiently supported by the inherent high quality services offered by ATM. This allows operators to provide superior services, offering high-peak traffic capacity for data and supporting traditional telephony services, while still keeping the core network cost-efficient and well balanced.

MINI-LINK BAS has a modular and scalable design enabling a "pay-as-you-grow" strategy. The use of open interfaces ensures inter-operability between different parts and services in the network. MINI-LINK BAS consists of customer located Access Terminations (AT), communicating over a common radio carrier with a centrally located Radio Node (RN).

The Radio Node (RN)

The indoor parts of the Radio Nodes (RN) are housed in a radio shelf (R-AAS) that concentrates the traffic and provides local traffic cross-connection within the hub site. The concentration shelf (C-AAS) connects different R-AAS and provides further concentration. Telephony traffic can be flexibly terminated in any shelf or in a dedicated circuit-emulation shelf (CE-AAS). The user traffic is dynamically allocated among subscribers in a point-to-multipoint configuration, providing efficient use of available spectrum, using statistical multiplexing over the radio interface. Point-to-point connections are used for high-capacity users or longer distances. Interconnections between the different units and the core network are made by standard PDH and SDH interfaces.

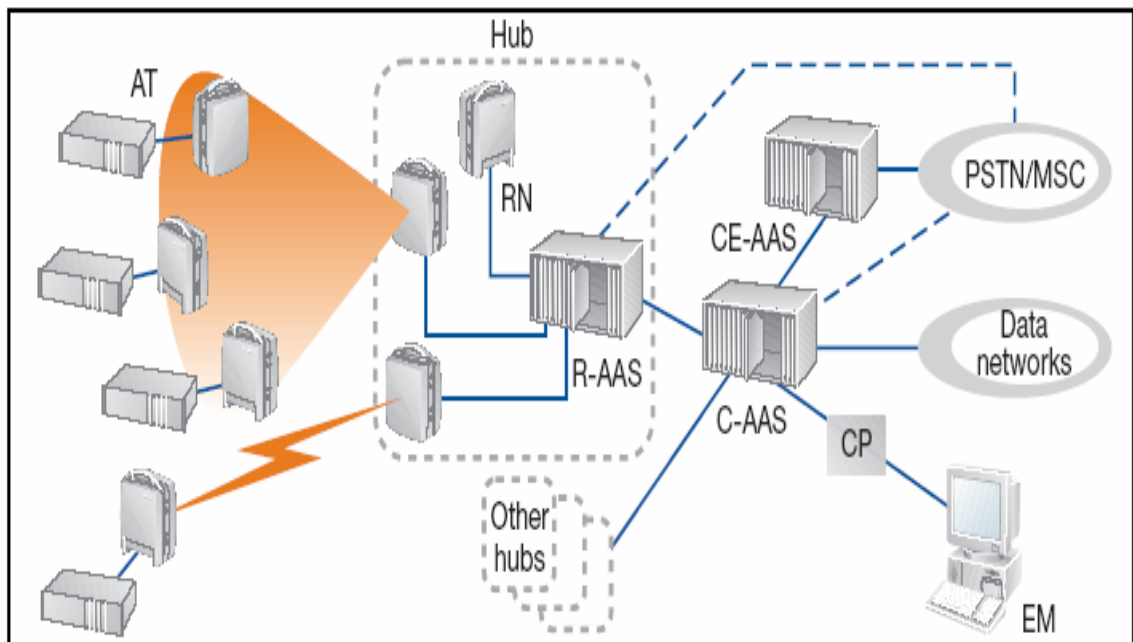
The Access Termination (AT)

The Access Termination (AT) supports a wide variety of services, from PBX to LAN-LAN

interconnections and high-speed Internet access, providing different types of interfaces such as E1 (including fractional E1) and Ethernet 10/100BaseT. The customer located equipment is designed with plug-in interface cards for different service requirements. New services can easily be added without interruptions to other services. Software download and upgrade enable new protocols and services to be seamlessly introduced.

Management System

The Element Manager (EM) connects to the system through a Control Processor (CP), providing common management of equipment configurations, traffic cross-connections, alarms and performance. An SNMP interface with higher level management systems, enables fault and performance handling throughout a complete network.



Technical Data MINI – LINK BAS (typical).

Radio Capacity:

37.5 Mbit/s for 28 MHz channel spacing (symmetrical up and downlink).

Modulation Scheme:

C-QPSK

Channel Spacing:

28 MHz

Frequency Coverage:

26 GHz ETSI: 24.5-26.5 GHz, 1008 MHz duplex.

28 GHz ETSI: 27.5-29.5 GHz, 1008 MHz duplex.

28 GHz LMDS: 27.5-28.35 GHz, 425 MHz duplex.

31 GHz LMDS: 31-31.3 GHz, 230 GHz duplex.

RF Output Power:

+26 dBm

Receiver Threshold:

28 MHz:

BER 10^{-3} – 82 dBm

BER 10^{-6} – 77 dBm

BER 10^{-9} – 74 dBm

NF = 6

Antenna Gain:

Integrated compact antenna (AT) 33 dBi

Integrated 90° sector antenna (RN) 19 dBi

Integrated 360° sector antenna (RN) 12.5 dBi

Customer Interface Types:

Ethernet 10BaseT (built-in)

2 x Ethernet 10BaseT/100BaseT

2 x E1 structured (nx64 kbit/s) or unstructured

1x STM1/OC3

TDMA Performance:

Full dynamic capacity allocation independent in up and downlink.

Priorities assigned based on QoS Class F-DCA response time: 1 ms.

Network Interface Types:

ET155o: 1 x STM-1/OC3 optical (interoffice)

ET34: 2 x Ethernet 10BaseT/100BaseT

ET45: ATM on DS3

CE2: 4 x E1 unstructured

CE2: 4 x T1 unstructured

Non-blocking Cross-connect Capacity:

C-AAS: > 870 Mbit/s

R-AAS: > 530 Mbit/s

Operating Temperature:

Outdoor: -33° C to +45° C, 1120 W/m² solar radiation.

Indoor: -5° C to +45° C

Dimensions:

Node radio (outdoor unit, including antenna):
321x266x204 mm.

User radio (outdoor unit, including antenna):
321x266x188 mm.

NU (AT indoor unit):
132x448x240 mm.

R-AAS (indoor unit for 6 RN):
475x445x280 mm.

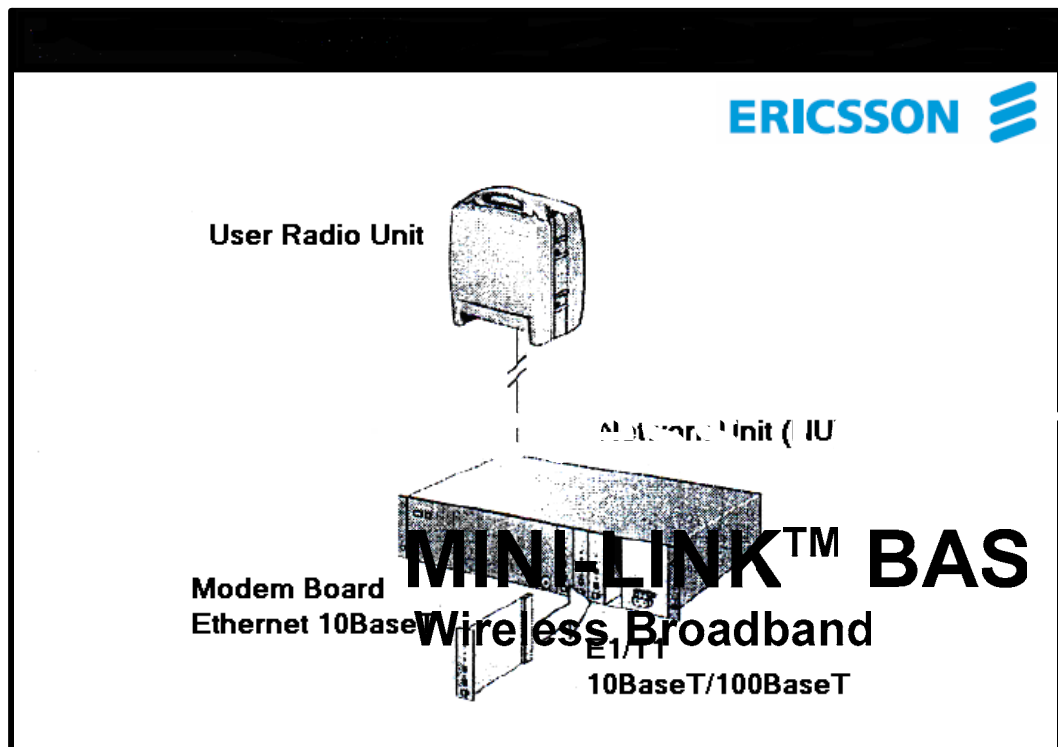
Standard

ETSI, ITU, IEEE, IEC, CENELEC.

Ericsson Microwave Systems AB
Transmission Mobile Systems
SE-431 84 Mölndal, Sweden
Tel. +46 31 747 00 00
Fax. +46 31 27 72 25
www.ericsson.com

All technical data is typical and is subject to change without notice

AE/LZT 110 5084/1 R5
© Ericsson Microwave Systems AB 2001

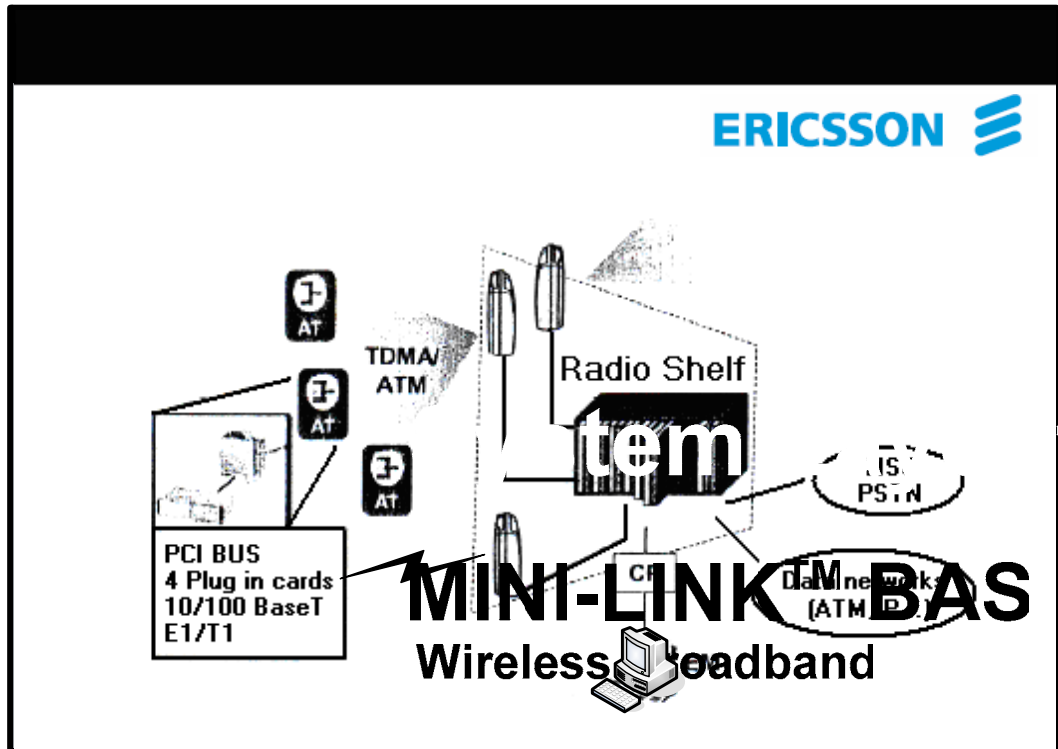


Access Termination (AT)

The Access Terminal (AT) will consist of an Outdoor Unit with a User Radio Unit, and an indoor Network Unit (NU). The User Radio consist of the microwave transceiver and an integrated directive antenna. This antenna is typically a very compact square formed parabolic antenna that is very easy to install and conceal. Other parabolic antennas are optionally available for higher gain and thus longer reach.

The Network Unit (NU) of the AT is as standard always equipped with a 10BaseT Ethernet interface but supports in addition up to 4 different service interface cards at each subscriber node. These are typically 10BaseT/100BaseT Ethernet and E1/T1 with two interfaces per card. Each interface can be managed individually and the system supports thus up to 9 separate customers connected per AT, using all four service interface cards.

The flexible NU is future proof and offer the operator a high degree of flexibility. The NU can easily be adapted to different customer demands and service requirements. The standardized compact PCI BUS (Utopia) assures easy and smooth introduction of new interfaces and services, as required by the market, through the development of new service interface cards.

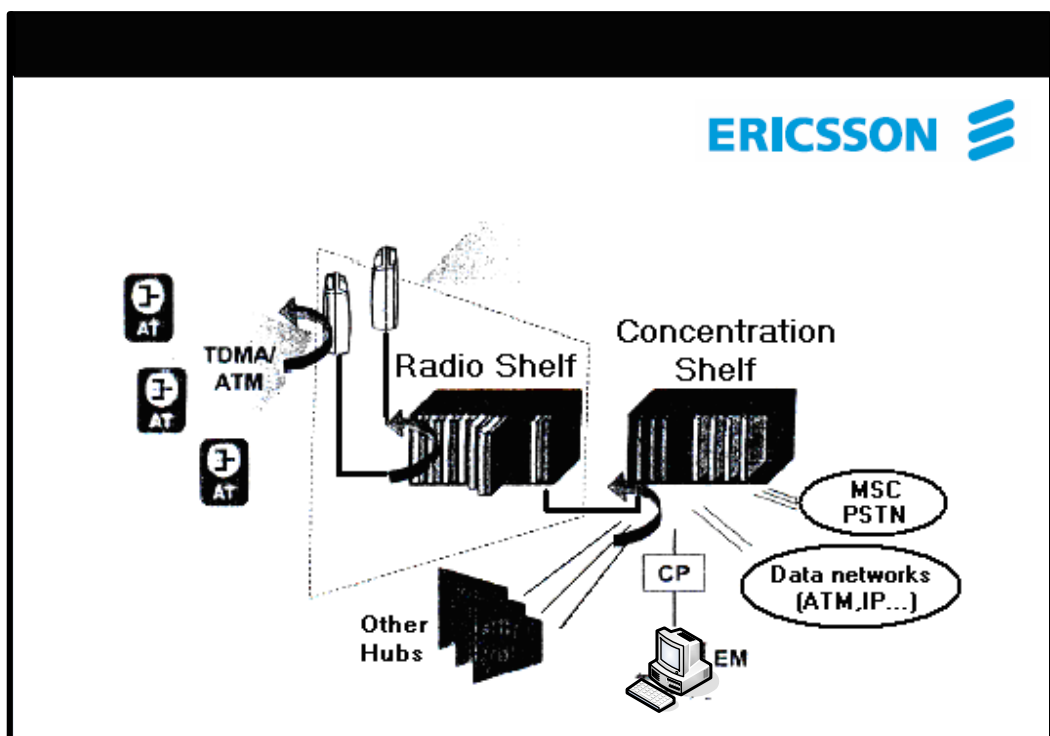


System layout

MINI-LINK BAS follows a cellular deployment structure where multiple sectors cover a geographical area. Each Hub, or base station, can be equipped with multiple Radio Nodes (RN) with integrated sector antennas for Point-to-Multi Point, or directional antennas for Point-to-Point connections.

The Access Terminals (AT) require a Line of Sight path toward the Hub and can be located anywhere within the sector coverage area, typically up to 3 miles or 5 km for Point-to-Multi Point access and 6 miles or 10 km for Point-to-Point access (depending on operational frequency and rain zone etc.). The initial system supports up to 64 ATs per RN. The ATs utilize TDMA with a F-DCA (Fast Dynamic Capacity Allocation) scheme to connect to the Hub, guaranteeing maximum utilization of the bandwidth. It is possible to allocate the full bandwidth of 37.5 Mbit/s to a single user within 1 to 2 ms. The statistical multiplexing over the air interface between different users will allow the operator to sell data services requiring peak data rates of up to 10 Mbit/s or more. This service will at the same time not cost him more than the cost for 0,5 Mbit/s of average spectrum if the service has a typical peak/average ratio of 20.

The modulation method C-QPSK used is the same as for MINI-LINK E, giving a gross bit rate of 37.5 Mbit/s over a 28 MHz channel. For a small build out used in the initial deployment of a network it is possible to connect PSTN traffic directly to a C/E (Circuit Emulation) card in the radio shelf with 4 E1/T1 interfaces. The radio shelf connects the hub traffic to the backbone through ET 34/45 or ET 155 cards.



System layout

The system is very easy to build out from a small layout as shown on the previous slide to a large access system with multiple radio nodes, sectors and hubs.

MINI-LINK™ BAS Wireless Broadband

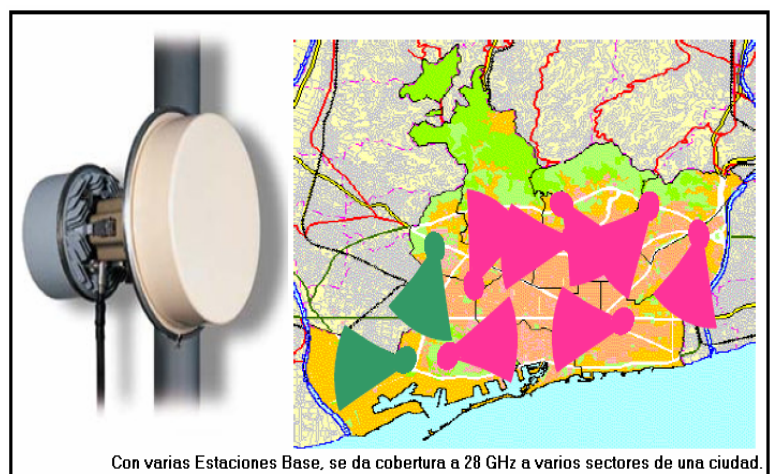
The traffic concentration over the air interface, as well as the additional traffic concentration in the ATM Concentration shelf at the hub, will also minimize the need for transport backhaul and core network resources. This need is further reduced by the unique possibility to set up local connections (as LAN-LAN, PBX-PBX) within a sector, hub or between hubs, without any use of backhaul capacity, core switches or routers.

Las siguientes figuras muestran de una manera más real, la descripción de los elementos que intervienen en la arquitectura del acceso LMDS, así tenemos lo siguiente:

ESTACIÓN BASE.

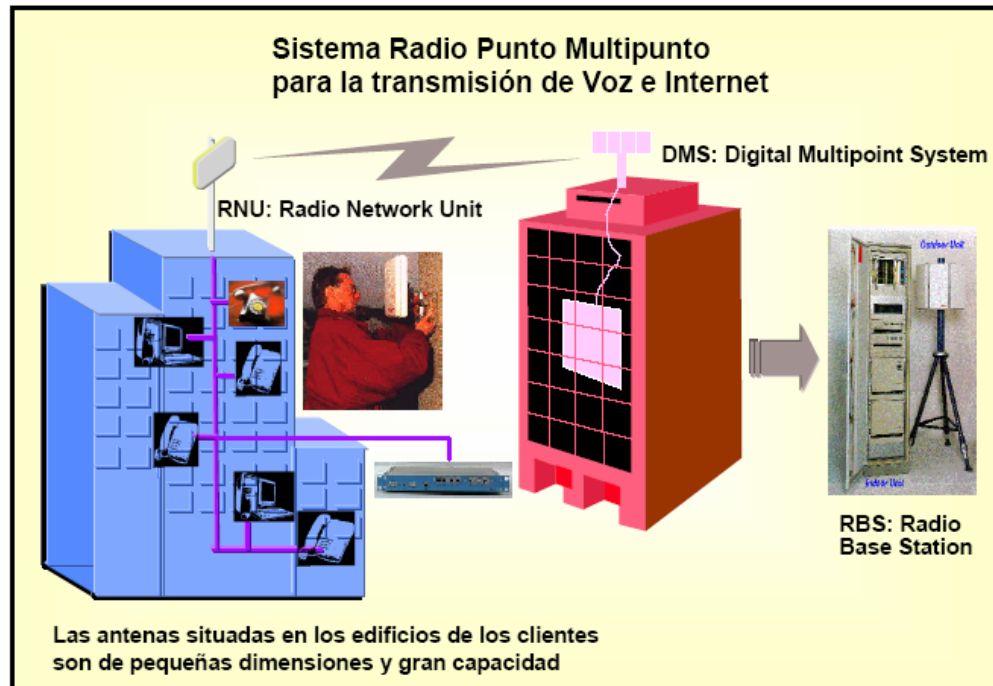


Estación Base. Interna y Externa



Con varias Estaciones Base, se da cobertura a 28 GHz a varios sectores de una ciudad.

ESTACIÓN TERMINAL.



Equipo Terminal de usuario
(Parte Exterior) - 3.5 GHz



Equipo Terminal de usuario
(Parte Exterior) - 28 GHz

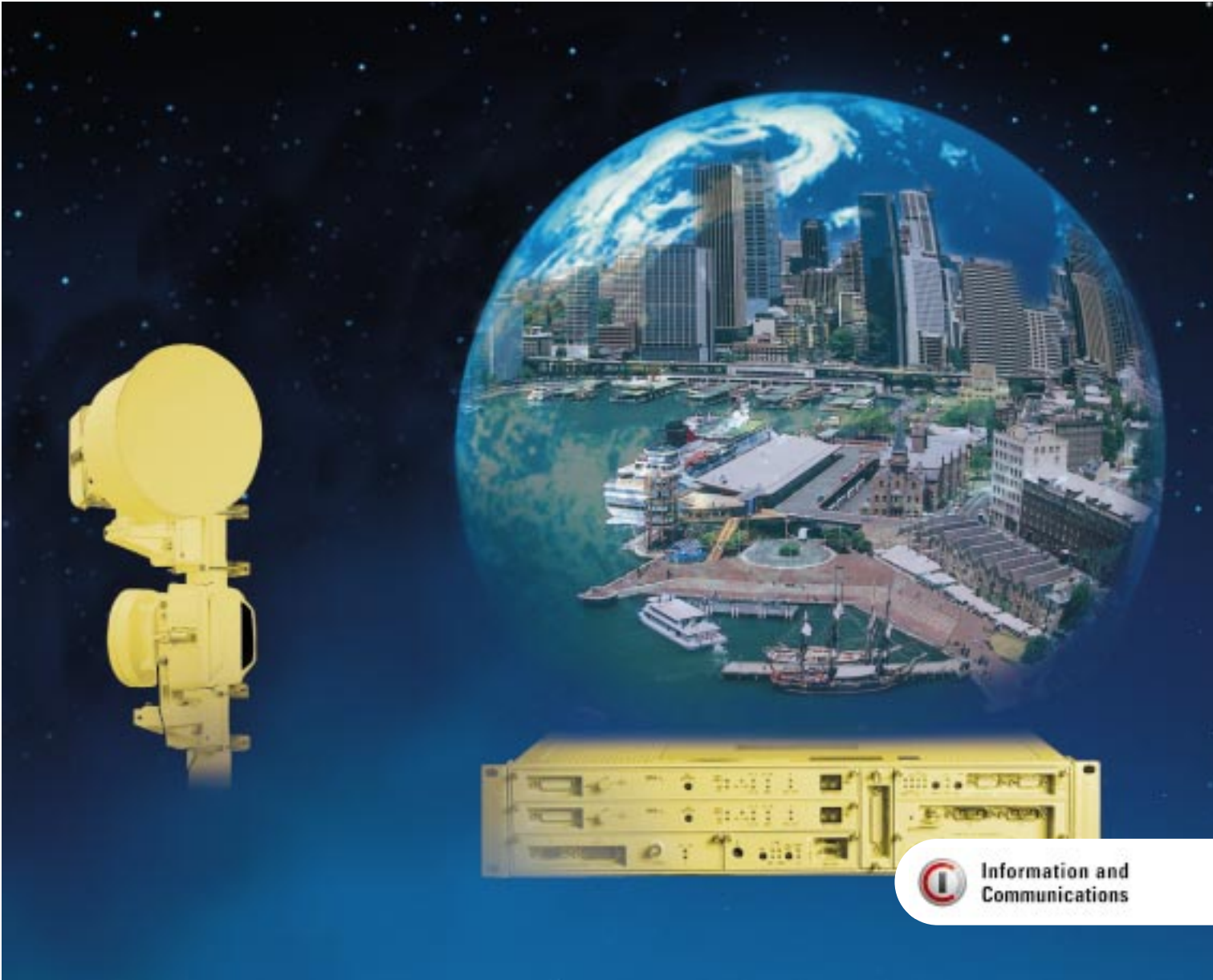


Equipo Terminal de usuario (Parte Interior)

SIEMENS

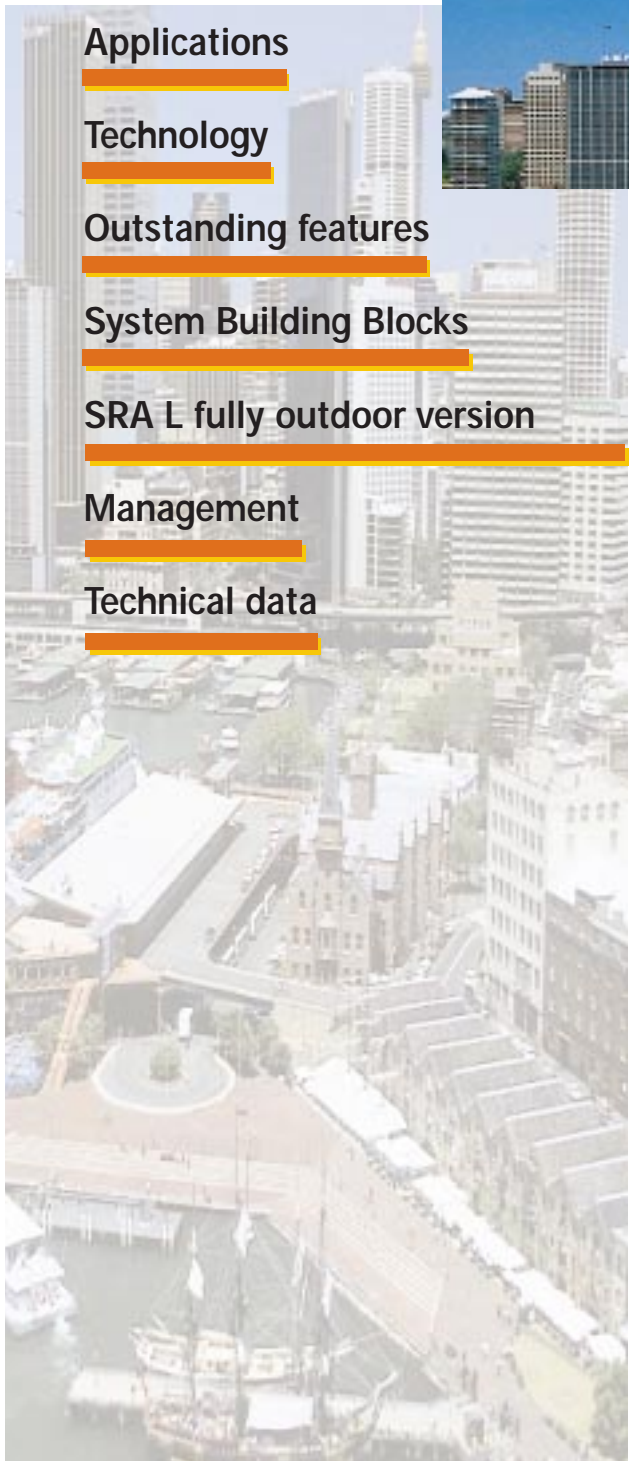
SRA L

Low Capacity Digital Radio System





Contents



Applications

Technology

Outstanding features

System Building Blocks

SRA L fully outdoor version

Management

Technical data



General

2

INTRODUCTION

The market of low capacity radios is greatly increasing. The GSM/DCS market is still strongly growing and in the meantime the GPRS, EDGE and UMTS technologies are pushing the low/medium capacity radio systems introduction. This is due to the widespread introduction, in most countries, of mobile and personal telephony and new concepts in the access network. In particular GSM, DCS and RLL (Radio in the Local Loop) technologies (DECT, CDMA, etc.), as well as the access and subscriber distribution network, require very agile and flexible radio links, for the connection of equipment and for last-mile connection to medium and SOHO (Small Office Home Office) customers.

Quick provision, high reliability of the service, very short hop lengths and the urban environment - these are factors which have come together to change the requirements that a radio system must satisfy in terms of flexibility, performance, management and frequency bands used.

To meet market demand, Siemens has developed a very flexible and cost-effective family of low capacity digital radios, the SRA L, with a system concept applicable to frequency bands ranging from 7 to 55 GHz with a capacity of 2/2x2, 4x2, 8x2 and 16x2 Mbit/s. This large frequency coverage is necessary to satisfy different network configurations and different propagation conditions.

Being compatible with TCP/IP standards, the communications platform for SRA L networks can be used for the creation of advanced solutions as far as supervision is concerned.



For example, the SRA L network can be connected via routers to other IP data networks (LAN, Intranet or Internet).

The use of TCP/IP communications protocol also allows a whole series of applications to be implemented; among them audioconferences and file transfers (FTP) between different points of an SRA L network.

Moreover, the Siemens LCDR SRA L family has been enhanced with a **fully outdoor version available in 23, 26 and 38 GHz with capacity from 2 up to 4x2 Mbit/s**. It is considered to be the most suitable solution for fulfilling the mobile network requirements in urban areas, especially in conjunction with the new generation of μ BTSS, which do not foresee the possibility to house any indoor unit.

Our recent experience with the latest generations of SDH high-and medium-capacity radios has shown us that a main target for SRA L is to reduce dimensions and delivery time. This objective was realised by making the design fully digital and using state-of-the-art technologies in

RF electronics and VLSI components at baseband level; also exploiting, where possible, the commonality of different system configurations and RF bands. The technology employed allows the indoor unit of the radio system to be completely frequency-independent and to be capacity-independent, making it possible to change the bit rate transmitted using simple software commands.

The flexibility of the system is further increased as it is possible to set, via simple software commands, the operating radio frequency (transmitter and receiver side), the output power and the configuration of the radio system (unprotected, protected, add/drop repeater..

In order to keep the complexity of the RF amplifier low, given the frequency bands involved, a modulation that is particularly strong against non linearity has been chosen: CPM - Continuous Phase Modulation.

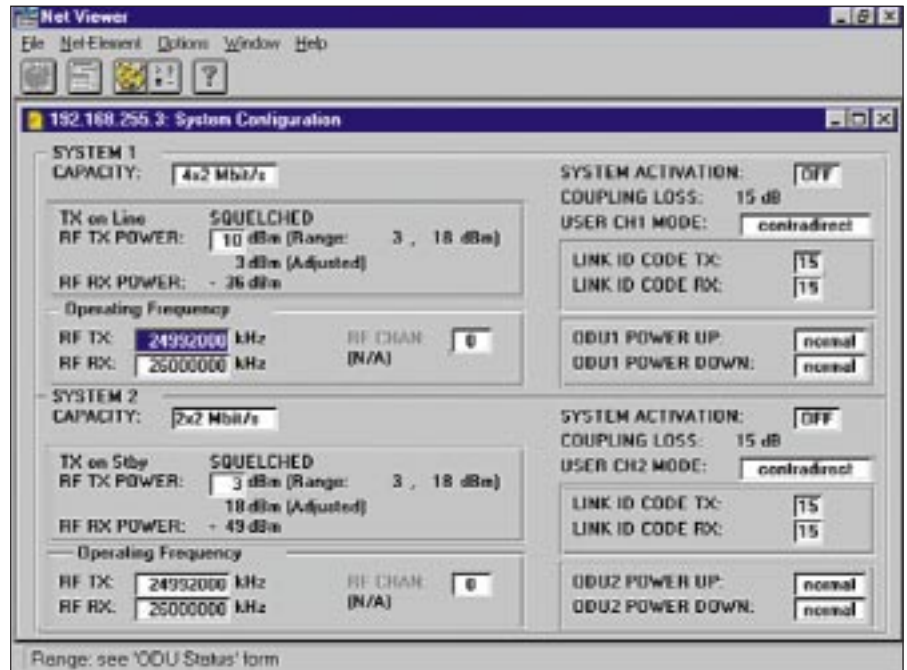


The main characteristics of the system, which satisfy the new market requirements, can be summed up as follows:

Flexibility, obtained by:

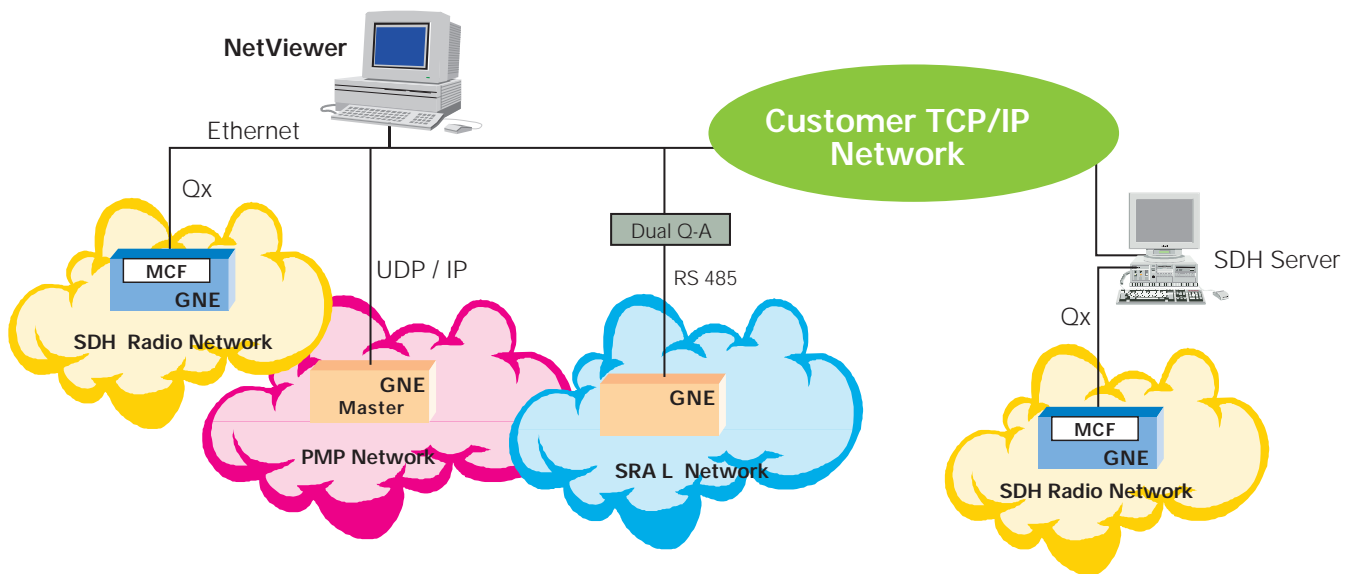
- ❑ Large frequency coverage (RF bands from 7 up to 38 GHz with the possibility of further expanding the family to the RF bands from 7 up to 55 GHz) using the same indoor unit
 - Maximum frequency tunability within the selected RF band
 - Software controlled operating RF setting
 - System capacity controlled through software and not hardware
 - Software controlled output power setting
 - Flexible system structure (unprotected/protected, terminal/repeater)
- ❑ Ease of installation, with small and lightweight indoor and outdoor units connected by a single coaxial cable. Moreover, the outdoor unit is directly connected to the rear of the antenna support by means of a RF interface without any waveguide. It is fixed by means of four retaining latches. The antenna itself is fixed to the pole by means of an appropriate mounting structure. The fully outdoor version is even easier to install.
- ❑ Very low power consumption thanks to the use of state-of-the-art technologies in RF electronics and of VLSI components at baseband level; this also results in better system reliability
- ❑ No fan needed. This is essential to improving the reliability of the system (a version with a protected fan is available for wide temperature range applications)
- ❑ Built-in advanced management facilities, with the possibility of remote management from the new powerful software package specifically designed for the overall management of the radio product line, including SDH and point-to-multipoint equipments. Management facilities are also provided for by the NetViewer, the Siemens Network Management Systems (NMS) (see Fig. 1)
- ❑ Improved quality and performance monitoring (as per ITU-T Recc. G.826) compared to the previous LCDR generations
- ❑ Management integration inside Siemens SDH Network Management System ENMS/TNMS-C
- ❑ Mechanical and electrical integration inside Siemens mobile network BTSs outdoor shelters

Configuration setup via software



Management of SRA L by a PC

Figure 1 NetViewer radio network manager



- ❑ Mechanical and electrical integration inside DECTlink (the Siemens RLL equipment based on DECT technology) and CDMAlink (the Siemens RLL equipment based on CDMA technology) RBCs (Radio Base Station Controller) outdoor shelters
- ❑ Management integration inside Siemens Network Management System for access network including RLL network elements Access Integrator.

RF channel arrangements

The SRA L digital radio system is presently intended to operate in the 7, 8, 10.5, 13, 15, 18, 23, 26 and 38 GHz frequency bands, with a channel spacing of 3.5, 7, 14 and 28 MHz for 2/2x2, 4x2, 8x2 and 16x2 Mbit/s capacity respectively. Because of the high spectrum efficiency of the CPM format chosen, it is possible to fulfill the relevant ETSI masks even transmitting a high

gross bit rate (nearly 5, 10, 26 and 40 Mbit/s for the 2x2, 4x2, 8x2 and 16x2 Mbit/s capacity respectively).

In the table below the detailed frequency bands of the SRA L digital radio system are reported together with the relevant ITU-R Recommendations.

Furthermore, the system concept and its relevant technologies cover the full range of RF bands from 7 up to 55 GHz with very few hardware changes of RF modules.

Frequency bands (GHz)	ITU-R
7.1-7.4	385
7.4-7.7	385
7.4-7.9	385
8.2-8.5	386
10.5-10.7	747
12.75-13.25	497
14.4-15.35	636
17.7-19.7	595
21.2-23.6	637
24.5-26.5	748
37.0-39.5	749

Applications

SRA L is a completely new generation of low capacity SHF and millimeter wave radios. Their features make them ideal to meet requirements in both mobile and personal telephony infrastructures and the future evolution of Access Networks (Radio in the Local Loop applications like DECT and CDMA, peripheral connections to SDH rings, MPEG coded digital TV distribution, connection to medium and SOHO customers,...).

The main applications for the SRA L digital radio system are the following:

- ❑ BTS interconnections in cellular and future microcellular and picocellular mobile and personal communication networks; the sheer amount of small cells, mainly in urban areas, poses the problem of a very high number of short links that can only be overcome by very flexible and easy installation radios in millimetric bands, for path clearance, increased frequency re-use and ease of installation (see Fig. 2)
- ❑ Network element connections for the new Radio into the Local Loop (RLL)

applications and technologies (DECT, CDMA, etc.), which are also very promising for new private access network operators (see Fig. 3)

- ❑ Point-to-point links in access and subscriber distribution networks for the construction of very short links of a few kilometers in urban areas or areas with access difficulties (e.g. across a river).

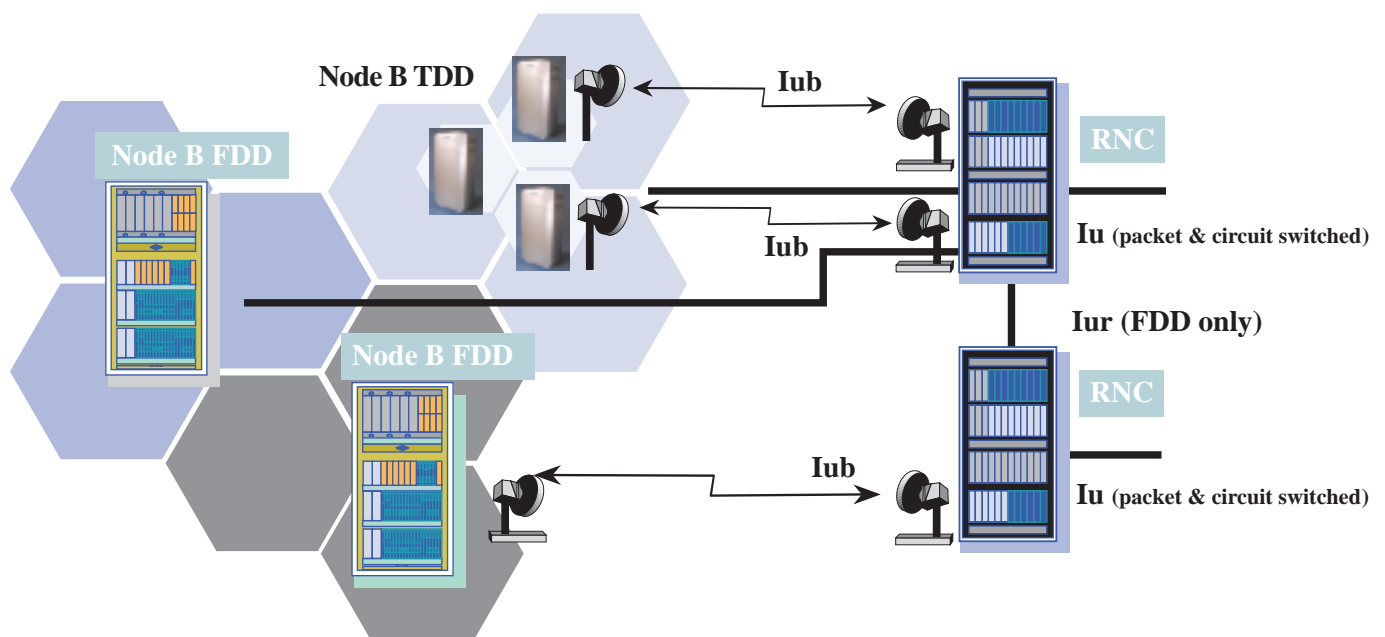
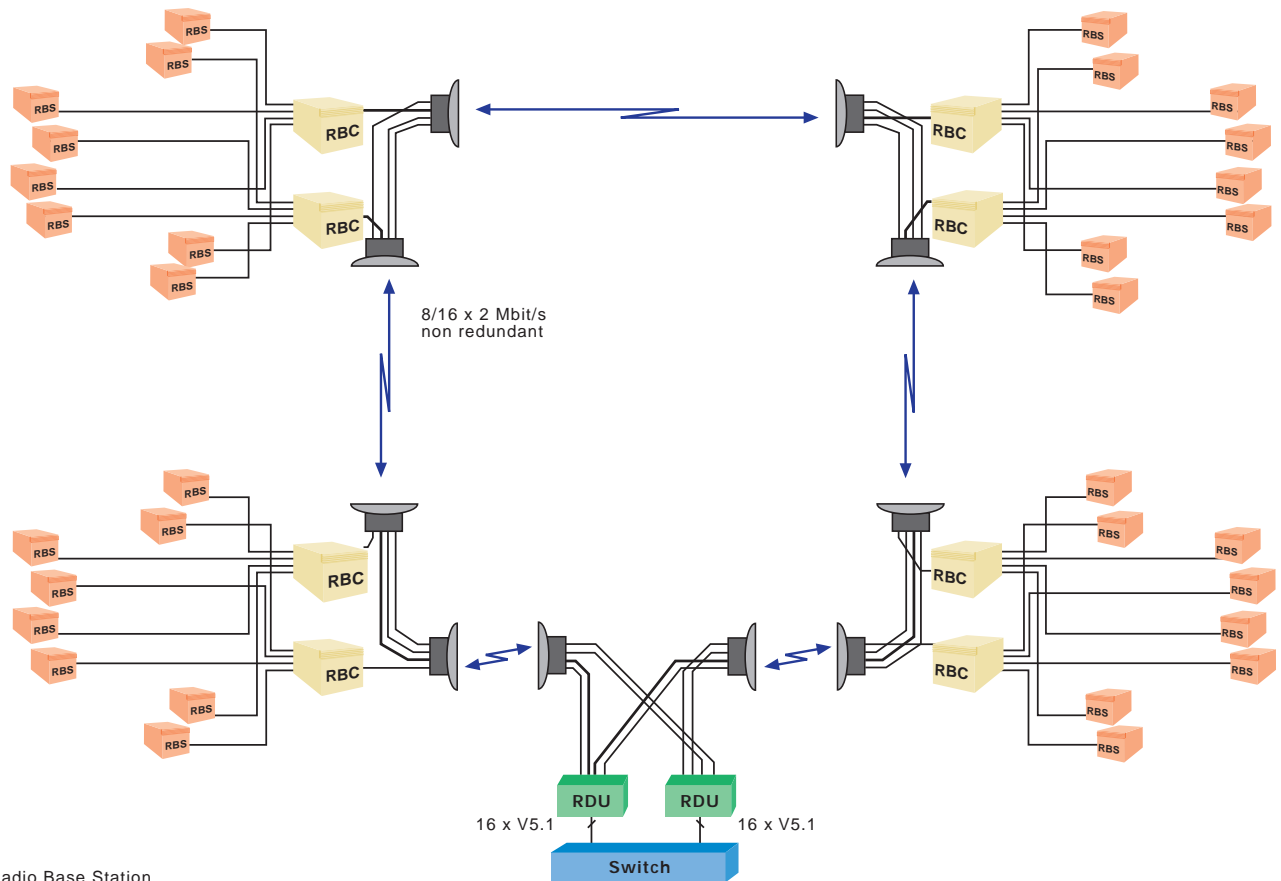


Figure 2 Typical Network Architecture: UTRAN Network Structure

Figure 3 SRA L RLL Networks Application (example)



RBS Radio Base Station
 RBC Radio Base Station Controller
 RDU Radio Distribution Unit

- Corporate networks interconnection; SRA L is well suited to the implementation of inter-PABX links and inter-LAN networks when used in conjunction with bridges and routers. These applications can be implemented in many different contexts over transmission distances ranging from a few hundred meters between two buildings to several kilometers between two sites
- Emergency and temporary links to be started up in record time. This asset is essential for providing temporary connections or for replacing failed transmission equipment
- Fast growing networks, in particular access networks like those owned by new private operators in recently deregulated markets, where the quickest and cheapest way to start up and get running is via digital microwave radio.

Technology

SRA L Outdoor Unit



The system design is based on the use of the most advanced technologies and a big effort has been made to transfer complexity from analog to digital hardware in order to take advantage of customised integration (ASICs) and to improve reliability.

The nature of this technology results in RF electronics: small-sized, lightweight, with low power consumption and high reliability. Furthermore, the high level of integration and the reduced number of interconnections between modules, together with the choice of a Continuous Phase Modulation (CPM) scheme, improves mechanical resistance to shocks and vibrations in unavoidable outdoor installation environments and results in better stability and immunity to phase hits and microphony.

A full multirate processing in the range 4:1 has been the most challenging task in the implementation of a number of functions such as multiplexing, add/dropping, signal framing, signal coding, Forward Error Correction, Tx/Rx signal shaping, modulation and demodulation processes. Thus, a full multirate capability has been obtained by a fully programmable baseband/modemodulation hardware and an extensive use of Digital Signal Processing (DSP).

A particular Continuous Phase Modulation (CPM) format has been adopted, obtained by properly shaping the pulses to be modulated to meet the ETSI masks for emitted spectral power density even with very high gross bit rates. Given its high immunity to non-linearities, this allows carrier frequency multiplication and highly efficient non linear saturated power amplifiers, thus reducing mechanical dimensions and lowering power consumption.

The choice of a differential demodulation, associated with Viterbi decoding, makes the SRA L system particularly resistant to short term frequency instability, frequency jumps and RF oscillator phase noise, so improving its robustness against mechanical shocks, vibrations and temperature changes.

The reduced transmitter output back-off and the use of Viterbi decoding gives SRA L the advantage of a system gain of about 3 dB with respect to usual shaped QPSK (4-QAM) solutions with coherent demodulation.

At RF level a Modulation Transfer Loop (MTL) is adopted to directly transpose to RF the modulated signal, while the final stage amplifier is realised with chip-and-wire technology up to 23 GHz and with MMIC technology over 26 GHz. The Tx output power control is operated, on a 24 dB range, through a linear RF attenuator with associated feedback control.

A dual UHF synthesizer is used for frequency control and setting, so that the system is as independent as possible from the Tx/Rx frequency spacing.

The technology used, and the outdoor unit architecture chosen, allow the inclusion of all the RF-dependent parts of the system in one single block in the microwave section, so reducing developing time for new RF bands and delivery time of the equipment.

Outstanding features

The key features of the system are:

- ❑ Performance improvement through advanced technology.
- ❑ Forward Error Correction (FEC).
The equipment includes a Reed Solomon error corrector (FEC) with a correction capability of up to 5 errored bytes per frame.
This improves the system gain.
- ❑ RF independent Indoor Unit
Any indoor unit can be used with any outdoor unit since they are separately produced and tested in factory.
- ❑ Large RF bands coverage
The SRA L equipment is currently designed to operate in the 7, 8, 10.5, 13, 15, 18, 23, 26 and 38 GHz RF bands, but a complete frequency coverage from 7 to 55 GHz can be very easily obtained by changing only few RF modules in the ODU.
- ❑ Wide frequency coverage of RF units and synthesizer (minimum of a whole sub-band).
- ❑ System configuration-independent mechanical arrangement.
All system configurations available make use of the same blocks (hardware) and the configuration change is performed via software.
The following configurations are available using the same two 19" rack units high indoor shelf only, with software commands and by using a number of radio transport module cards (the BB-modem cards) and ODU's equivalent to the needed transceivers:
 - (1+0)
 - 2x(1+0)
 - through repeater

- add/drop repeater
- (1+1) hot stand-by on 1 or 2 antennas (space diversity option)
- (1+1) frequency diversity on 1 or 2 antennas (space diversity).

- ❑ Software controlled capacity upgrading.
The indoor unit of the equipment adopts a baseband structure permitting the software setting, from the linkViewer or NetViewer or from the management system, of the transport capacity while the same outdoor unit is adopted for all the capacities foreseen.

The effective maximum capacity available by using a particular indoor unit is then fixed via software and is managed by means of licence fees. Five types of licences are foreseen:

- 2 Mbit/s fixed capacity
- up to 2x2 Mbit/s programmable capacity
- up to 4x2 Mbit/s programmable capacity
- up to 8x2 Mbit/s programmable capacity
- from 8x2 up to 16x2 Mbit/s programmable capacity.

- ❑ Maximum software controlled by in-field frequency tunability

The in-field tunability of SRA L is only limited by the RF filters bandwidth limitation necessary to obtain the requested Tx/Rx isolation

- ❑ Software controlled output power setting (24 dB range)

This feature is useful to decrease transmitted power when the radio is used for very short hop lengths, so reducing interferences with other links

SRA L Outdoor equipment for Add/Drop repeater configuration



and improving the nodal efficiency and the flexibility of the system. Moreover, better frequency re-use can be obtained.

- ❑ Mechanical compactness

The SRA L radio system indoor unit is arranged in two 19" high rack unit shelves, where indoor electronics for two (1+0) unprotected systems, also in add/drop repeater configuration, or one (1+1) hot stand-by or frequency diversity protected system can be housed. Besides, a mechanically compact and light outdoor unit provides ease of handling for equipment set-up and commissioning. Two of these identical ODUs are used for the (1+1) protected or 2x (1+0) configuration.

The antenna diameters for integrated installation with the ODU are 20, 30, 60 and/or 120 cm depending on the RF band.

Mechanical integration of SRA L with BTSs


 Easy and quick installation

Besides the reduced mechanical dimensions and weights of IDU and ODU, the installation of the SRA L radio system is made very easy and quick thanks to the use of a front access only IDU, a single coaxial cable for the connection between IDU and ODU, and a very easy and quick mounting of the outdoor case on the antenna support by means of four retaining latches avoiding the use of any waveguide.

The protected configuration is obtained using either a dual antenna mechanical structure with each ODU connected to the corresponding antenna in the same way as per the single configuration, or by connecting the two ODUs to a single antenna by means of a RF coupler (hot stand-by) or a circulator (frequency diversity).

 Low power consumption

The use of state-of-the-art RF technologies in the microwave part and of VLSI circuits at baseband level has proved remarkably important in reducing power consumption, in increasing the system reliability and in avoiding the use of any fan in the IDU.

 No fan use in the IDU (for normal temperature range)

 Built-in advanced management facilities.

A suitable network element concept and an optimized embedded software architecture have been selected to allow both a stand alone radio management (LinkViewer and NetViewer software packages) and a radio management fully integrated with Siemens Network Management Systems (NMS).

From these all the software selectable parameters of the SRA L system (like capacity, RF channel, system configuration, output power, etc.) can be set and checked while a complete fault management and performance monitoring, as per G.826 standard, can be performed locally (LinkViewer) or remotely (NetViewer or NMS).

 Software downloading of a complete SRA network from NetViewer or the Network Management System

 Improved quality and performance monitoring (as per ITU-T G.826)

 Local and remote baseband loopbacks (at 2 Mbit/s level)

 Mechanical integration into Siemens BTS outdoor shelters: BS 240/241, able to house six GSM or DCS transceivers in its service rack and BS 40/41, with two transceivers and the new eMICRO BTS.

In this way, the SRA L IDUs can be integrated into the BS 240/241 outdoor shelter and in the BS 40/41 one. Hence the overall system cost can be significantly reduced; when the eMICRO BTS is used no room is thought to be needed for any IDU, so the best solution is to use the fully outdoor version of SRA L.

 Mechanical integration into the Dectlink Radio Base Station Controller (RBC) outdoor shelter

This allows Siemens to be in the position to offer a compact, easy to install and affordable solution for Radio in the Local Loop applications. Also in this case the fully outdoor version of SRA L can be used in case of lack of space.

 Management integration inside Siemens SDH Network Management System

 Management integration inside Siemens Network Management System for access network including RLL network elements Access Integrator

System Building Blocks

High operating frequency is a characteristic of the engineering of the SRA L digital radio system. Hence to minimize the feeder loss and installation time, an indoor/outdoor split configuration has been chosen. The indoor part, consisting of the baseband and IF units, is connected by means of one (two) single IF coaxial cable to one (two) compact outdoor transceiver integrated with the antenna (see Fig 4).

Taking into account the network applications foreseen for the equipment and the RF bands adopted, the following system configurations are made available, using the same indoor shelf and the same indoor blocks (the number of radio transport modules fit in the shelf is equal to the number of transceivers):

• single terminal	(1+0)	
• dual terminal	2x(1+0)	
• through repeater (unprotected)		
• add/drop repeater (unprotected)		
• hot stand-by protected terminal	(1+1)	(on 1 or 2 antennas)
• frequency diversity protected terminal	(1+1)	(on 1 or 2 antennas)

All the configurations mentioned below use the same mechanical structure as regards the indoor equipment. The change of configuration is performed via software (one radio transport module is added to pass from (1+0) to (1+1) or 2x(1+0) or repeater configuration).

Regarding the outdoor unit, a single compact mechanical structure is offered for the single terminal configuration and two of these identical mechanical structures for the other configurations.

In case of unprotected configurations, the ODU is directly connected to the rear of the antenna support by a standard RF connector and fixed to it by means of four retaining latches

without using any waveguide. The mounting of the ODU separate from the antenna, useful when an antenna bigger than the standard one is used for very long hops, can be performed using a kit for the mounting of the ODU to the pole and of a standard waveguide.

For the protected configurations two solutions are available; the first uses the same standard ODU/antenna mechanical arrangement of the unprotected configuration, with the two ODUs directly connected to the rear of two different antennas (normally used with 20 and 30 cm diameter antennas); the second uses a kit composed of a RF coupler and the supporting hardware for the connection of the 2 ODUs to a single antenna (normally used with 60 and 120 cm diameter antennas). The first mounting structure avoids additional RF losses as regards the unprotected configuration and the same ease of installation, while the second one is advisable when less disturbance of the environment is required.

In Fig. 5 the location of the subunits composing the SRA L digital radio system is shown together with the available external interfaces and the communication service channel between indoor and outdoor parts (FSK signals) necessary for alarm, status and configuration data transmission.

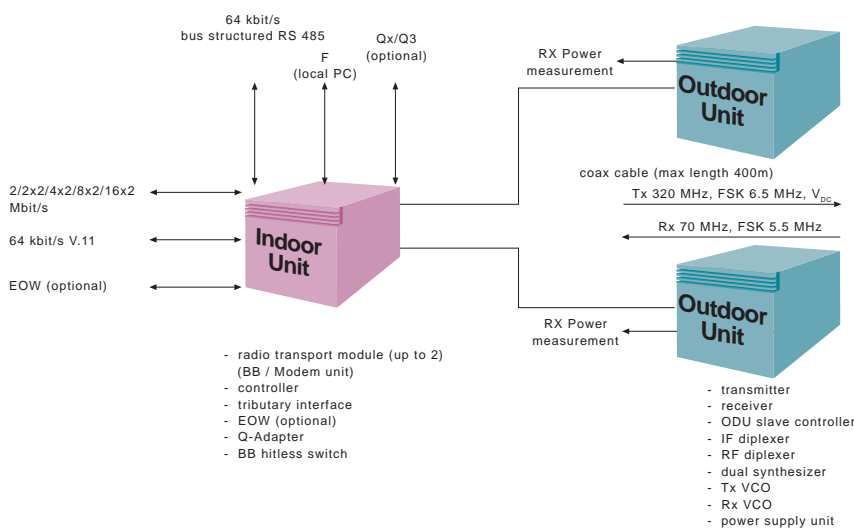
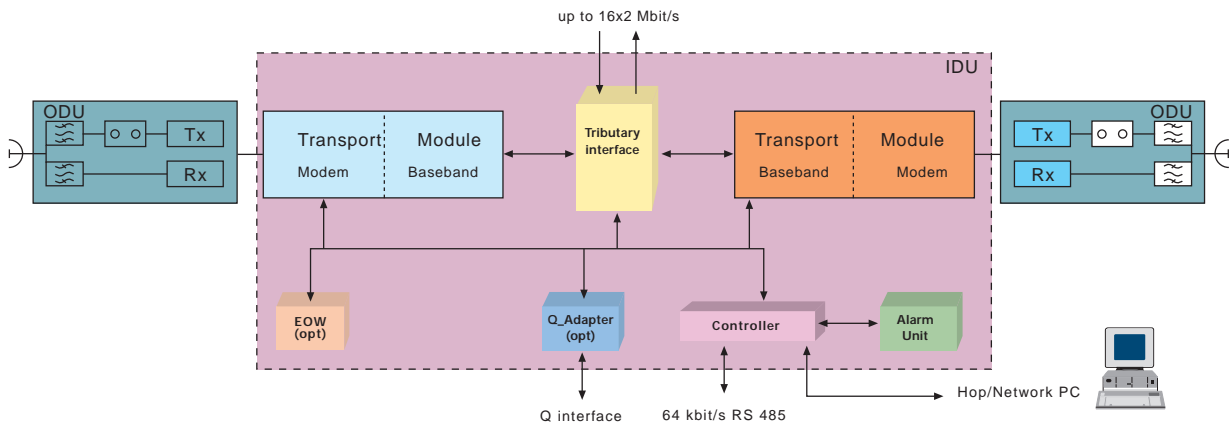


Figure 4 SRA L - System Architecture

Figure 5 - SRA L - Indoor Unit Block Diagram



Indoor Unit

In Figure 5 a block diagram of the indoor part of the equipment is depicted.

Each block represented in this diagram corresponds to a single card housed in a two 19" unit high shelf assembly, also compatible with a 600x300 mm ETSI standard rack (see Fig. 6).

The multirate capability is obtained by fully programmable baseband/modem hardware implemented in the radio transport module card. One or two of these cards can be placed in the indoor assembly so that the IDU, common to all RF bands, is implemented with a flexible and modular structure, able to be set in different system configurations:

- (1+0) or 2x (1+0) configuration, to be adopted for unprotected point-to-point links or star networks
- Add/drop or through repeater for ring (multidrop) networks

- (1+1) configuration with frequency diversity or hot stand-by protection.

The radio transport module card performs all the baseband processing, modems, IF conversions, cable multiplexing and protection and management of telemetry channel. Furthermore this card houses an error-free hitless switch working on the aggregate signal to offer protection against multipath fading (considerable in the RF bands from 7 up to 18 GHz) in the frequency and space diversity configuration.

Furthermore, the hardware protection of the radio transport module card itself against breakdown is performed by means of a switch operating at 2 Mbit/s level.

The tributary interface card (one for each IDU) is used for impedance adaptation of the 2 Mbit/s interfaces and their protection against lightning pulses. Both the 75 and 120 Ohm interfaces are available without changing any hardware.

Radio Transport Module	A l a r t m (opt.)	Controller
Radio Transport Module		Tributary Interface (75 or 120 ohm)
Q-Adapter (opt.)		EOW (opt.)

- Available Configurations (same IDU)**
- (1+0)
 - 2x(1+0)
 - (1+1) hot stand-by
 - (1+1) frequency diversity
 - space diversity option (HSB and FD)
 - unprotected through repeater
 - unprotected add/drop repeater

Figure 6 SRA L - Indoor Unit Equipment Layout

The controller card is in charge of internal supervision and protocol handling towards local and remote management interfaces, whilst the alarm card is optionally used to as a parallel alarm interface.

The equipment can also include the following two units as options:

- The Q-Adapter card, to be installed in the gateway network element restituting a Qx/Q3 (or a QD2) interface towards the Siemens network management system.
- The EOW card that allows building up a service channel network adopting DTMF signalling (selective calling).

Outdoor Unit

Several requirements have been taken into account during the design of the external transceiver: high compactness and simplicity, frequency agility over at least half a sub-band (~ 500 MHz), electronic tunability, low power consumption.

In Fig. 7 a simplified block diagram of the ODU with the main IF/RF system functions is shown.

The complete frequency coverage from 7 to 38 GHz is obtained by changing only few modules in the ODU, being the different RF bands obtained through RF frequency multiplication.

Within a particular frequency band, a typical half-band tunability is obtained

through independent Tx/Rx synthesized VCOs. These are associated with a modulation transfer loop which directly transposes to RF the modulated signal digitally processed within the IDU. The RF filters are at the maximum bandwidth allowed for the chosen RF band and Tx/Rx spacing to maximize in-field tunability.

Signaling interfaces to/from IDU, including the complete setting of RF parameters (Tx/Rx frequency, Tx power, multiplication factor, IF selectivity), is managed, through an ODU on-board microprocessor, by the IDU controller card.

A complete system setting in terms of configuration and frequency capacity, in addition to the above mentioned RF parameters, is also operated by the controller card in a local (LinkViewer) or remote (NetViewer or NMS) mode.

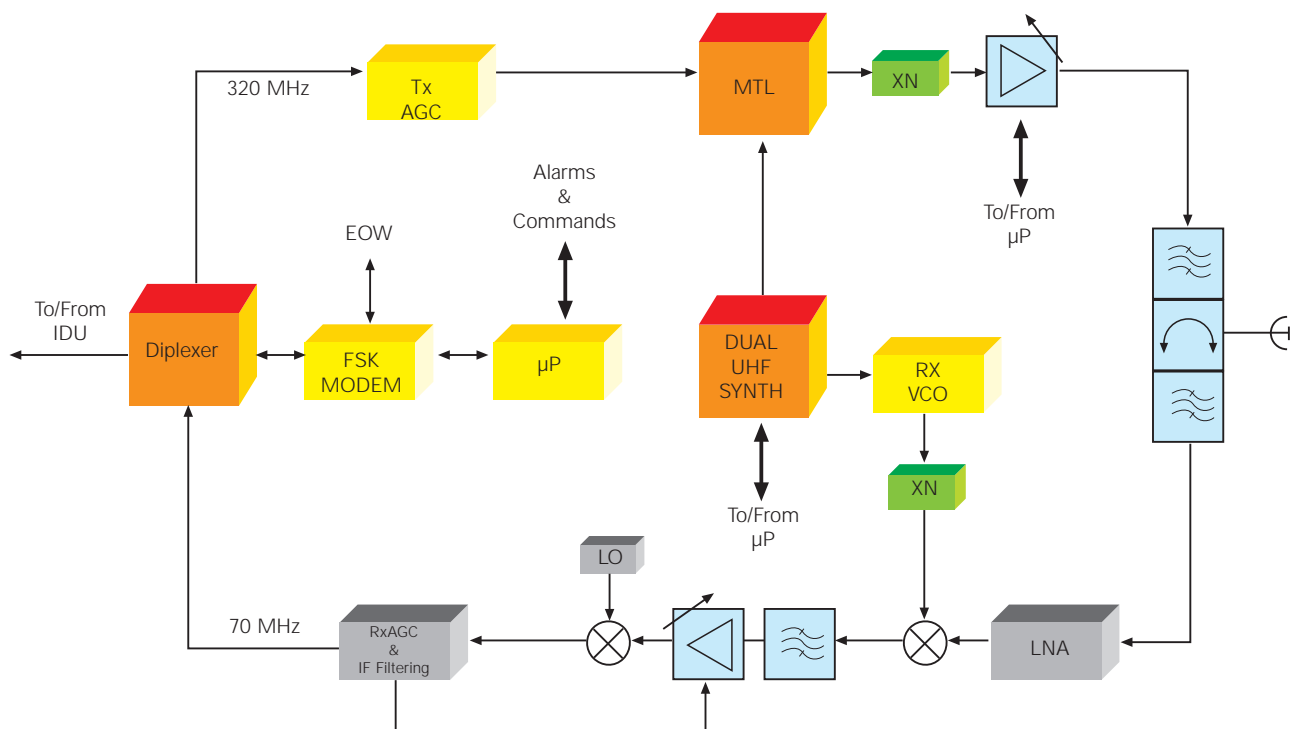
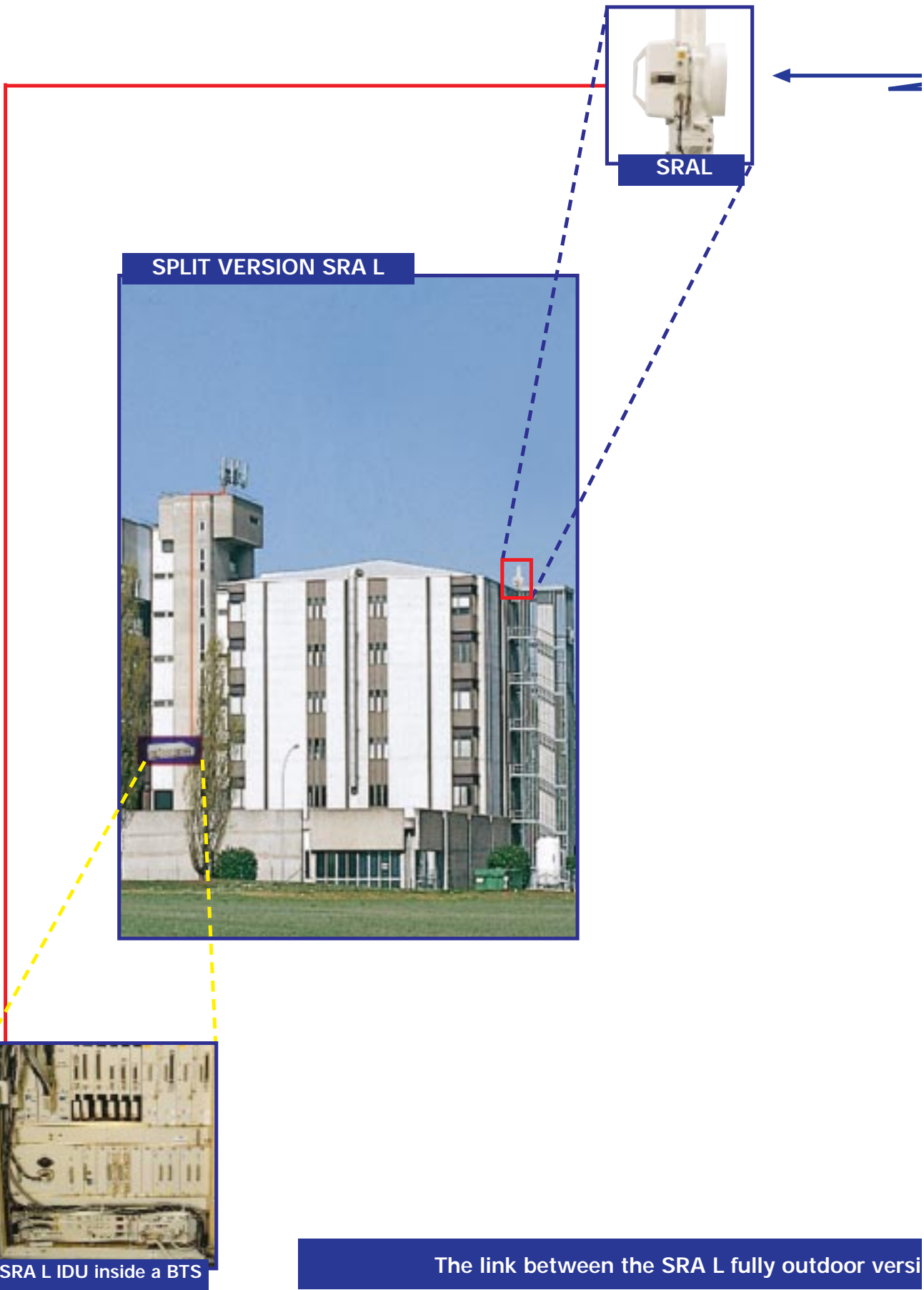
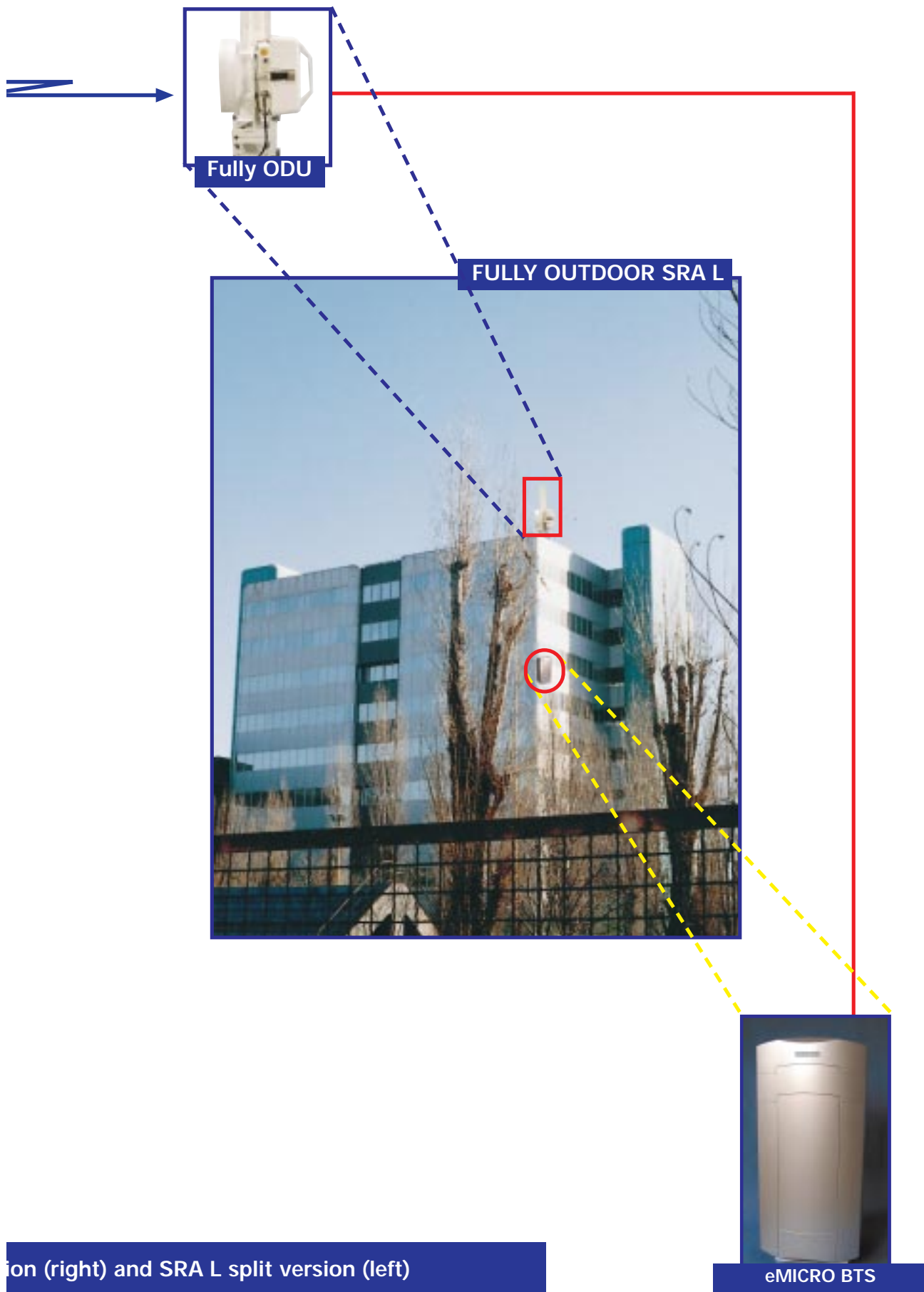


Figure 7 SRA L - Outdoor Unit Block Diagram





The SRA L fully outdoor version

General

The SRA L radio family has been enhanced a fully outdoor version (complete outdoor practice) available in 23, 26, 38 GHz bands with capacity of 2/2x2, 4x2 Mbit/s. This is the most suitable solution for mobile network requirements in urban environments, when the new generation of μ BTSS (which will not be able to house Indoor Units) are used for hot spot coverage.

Although all the baseband and IF functionality have been integrated in the Outdoor Unit, the same version has been maintained, preserving the following elements in common:

- Mechanical dimension
- Installation procedure
- Microwave parts
- Integrated antennas.

The same RF air interface as the split version (IDU/ODU) has been maintained making it possible to set up even an **asymmetrical link** (SRA L split - SRA L fully outdoor), as in the figures on pages 13 and 14.

The mechanical arrangement of SRA L Fully Outdoor consist of a case integrated on the rear of the antenna and an unique multipair cable able to carry all the signals. The multipair cable is connected directly into the new eMICRO BTS through one of its interface modules.

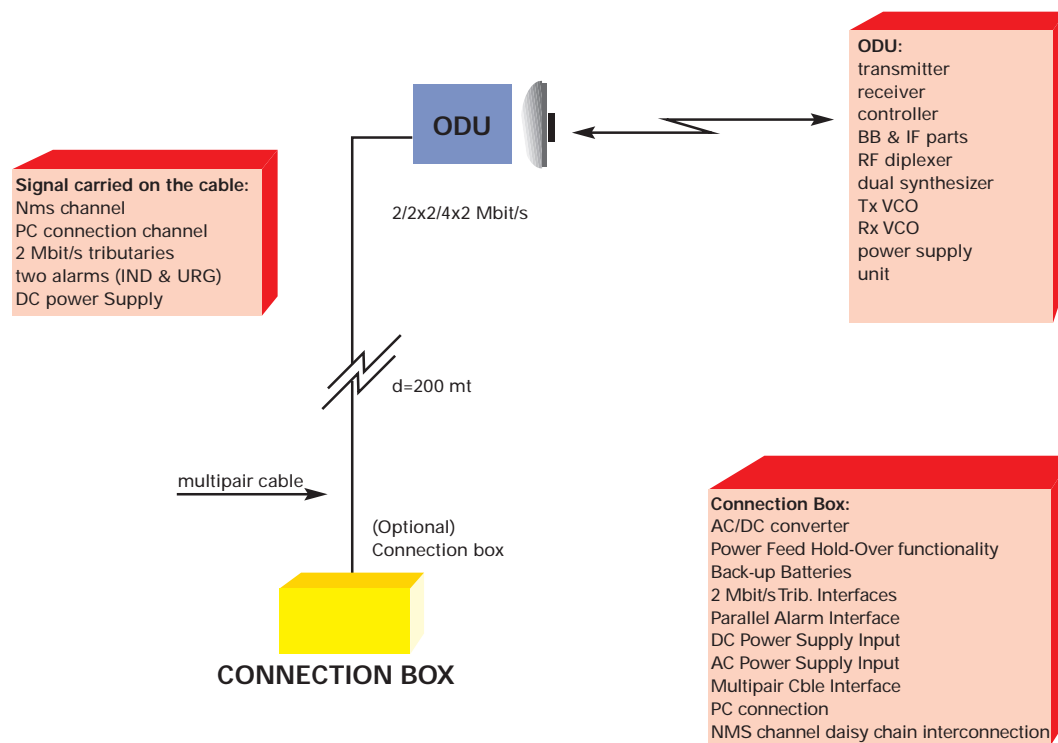
The Fully Outdoor version is completely integrated within the Siemens network management "umbrella" as well as the SRA L split version.

System building block

- ❑ Taking into account the expected network applications for this equipment the Base Band and IF functionalities are mechanically embedded, with the RF part in the same ODU case of the split SRA L
- ❑ A single multipair cable for each transceiver is used. The signals carried on the cable are the following (Fig.8):



Figure 8 - SRA L Fully Outdoor Building Block



- 2x2 or 4x2 Mbit/s signals
 - NMS channel
 - PC connection channel
 - 2 alarms
 - DC power supply
 - Back-up batteries (can be inserted as an option)
 - 2 Mbit/s interfaces 120 ohm G.703 interface at ODU connector
 - Parallel alarm interface
 - DC power supply input
 - AC power supply input
 - Multipair cable interface
 - PC converter
 - RS 485 Bus interface for NMS channel interconnection.
- An optional connection box is available with the functions listed below:
- AC/DC converter (can be inserted as an option)
 - Power feed hold - over function (can be inserted as an option)

Management

Considering the major applications intended for this new LCDR family a suitable Network Element (NE) concept and an optimized embedded software architecture have been selected to allow both a stand alone radio management (LinkViewer and NetViewer) and a radio management fully integrated within the existing Telecommunication Management Networks (TMN) and Network Management Systems (NMS) by Siemens.

This NE architecture, outlined in Figure 9, is based on a single controller exchanging messages with all the other system units (S-interface to/from the outdoor unit and all the indoor cards) with a Master/Slave structure.

The information stored and processed by the controller is made available externally to the network operator through the following interfaces:

a) RS232 interface towards a local PC

b) Bus structured RS485 interface used for connection ("daisy chain") of different SRA L systems located in the same site, that is typical for star, ring or multidrop connections. An embedded 64 kbit/s channel in the radio frame overhead (the NMS channel) provides the link towards the Gateway Network Element (GNE) of TMN

c) Qx/Q3 or QD2 interface, by means of an optional card called Q-Adapter, necessary in the Gateway Network Element for the connection with the radio element manager integrated with the Siemens SDH and PDH TMN strategy.

In the last case the Q-Adapter card acts as a protocol converter from the Qx/Q3 or QD2 interface towards the internal SRA L protocol carried on the embedded 64 kbit/s NMS channel and available on the RS485 interface. The routing of the management information inside the

SRA L network is obtained by means of a TCP-IP protocol directly integrated within the radio controller, which also acts as an IP router.

When it is not possible to directly connect the NMS channel (RS485) interface to another SRA L system, a 64 kbit/s signal add-drop facility is available to use a slot of a 2 Mbit/s traffic signal. This may happen because they are not co-located, but connected by means of a transmission media such as fiber optic or the Q-Interface to the TMN Q-Interface. In this case, the network management system channel or the Q protocol can be inserted in an empty time slot of the payload.

A Local PC can be connected to the SRA L system via a RS232-C serial interface and used to set and control the local radio. This is done by choosing the configuration of the system and showing local, remote and link alarms and status.

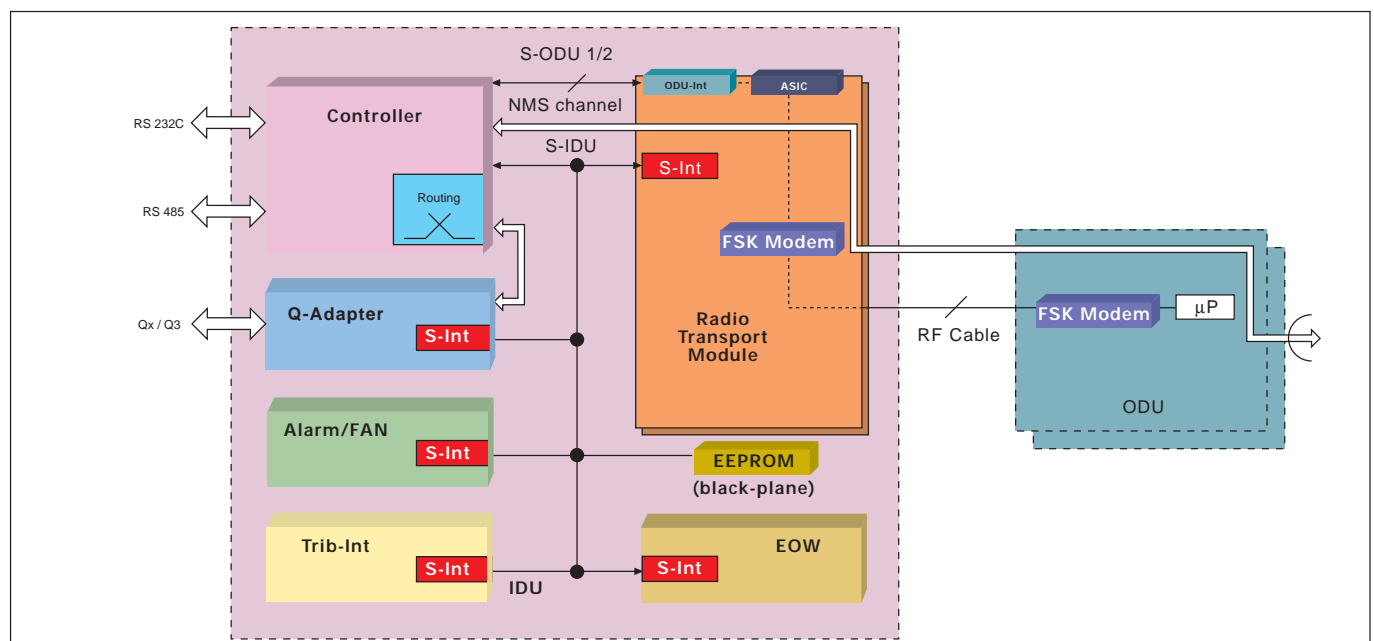
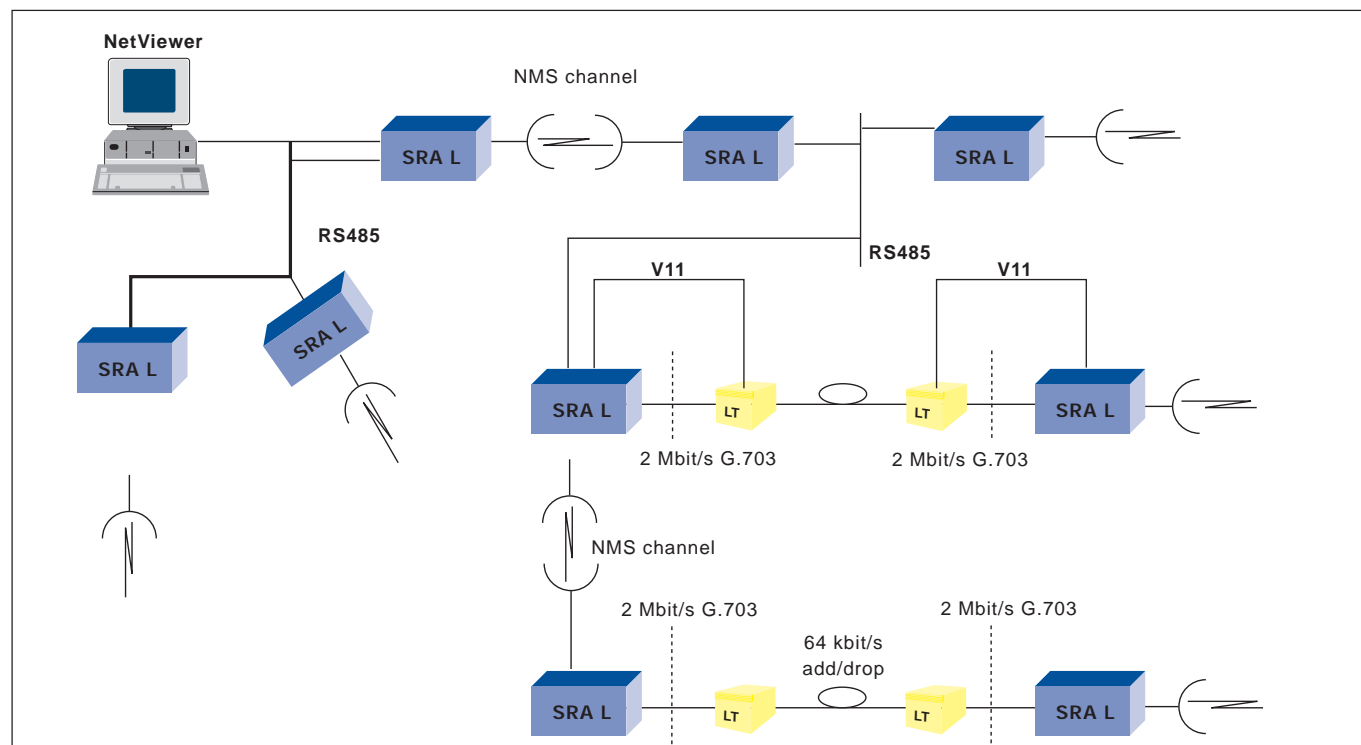


Fig. 9 - SRA L Internal Management Architecture

Figure 10 SRA L - Management by a NetViewer



The same PC with an enhanced software version can be used for the management of a complete SRA L network (NetViewer) using the RS485 bus interface for the connection among different systems in the same site, the embedded 64 kbit/s NMS channel for the connection of remote sites and optionally the add/drop facility of the NMS channel inside the 2 Mbit/s payload, for the connection between two systems connected by means of different media. Using the NetViewer software package a continuous supervision of the whole SRA L network is available, with automatic alarm reporting and complete network block representation.

Fig. 10 shows an example of a radio network management from a NetViewer with the details of the management interconnections.

From the point of view of SRA L equipment management, advanced solutions can be implemented using the TCP-IP protocol, for supervising the SRA L networks (for example TMN information can be remotized through the Intranet). (Fig. 11).

The same SRA L network can also be connected to the TMN of an SDH network through a QD2 interface made available in the Gateway Network Element by means of the Q-Adapter card (see Fig. 12).

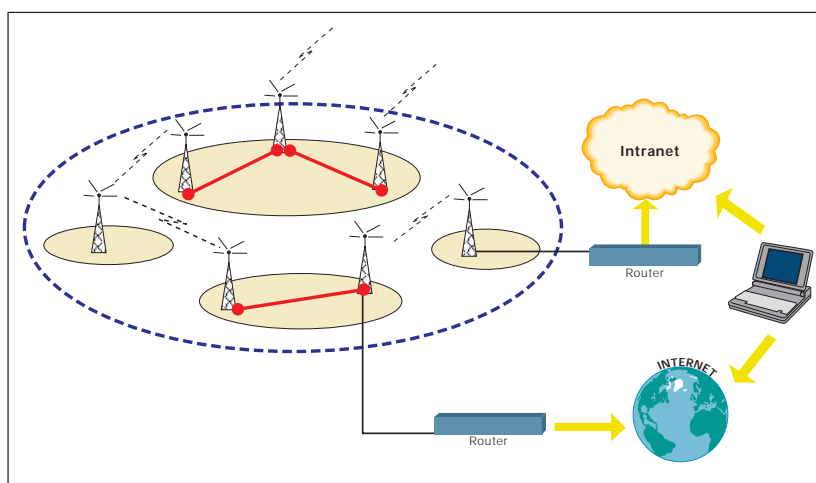
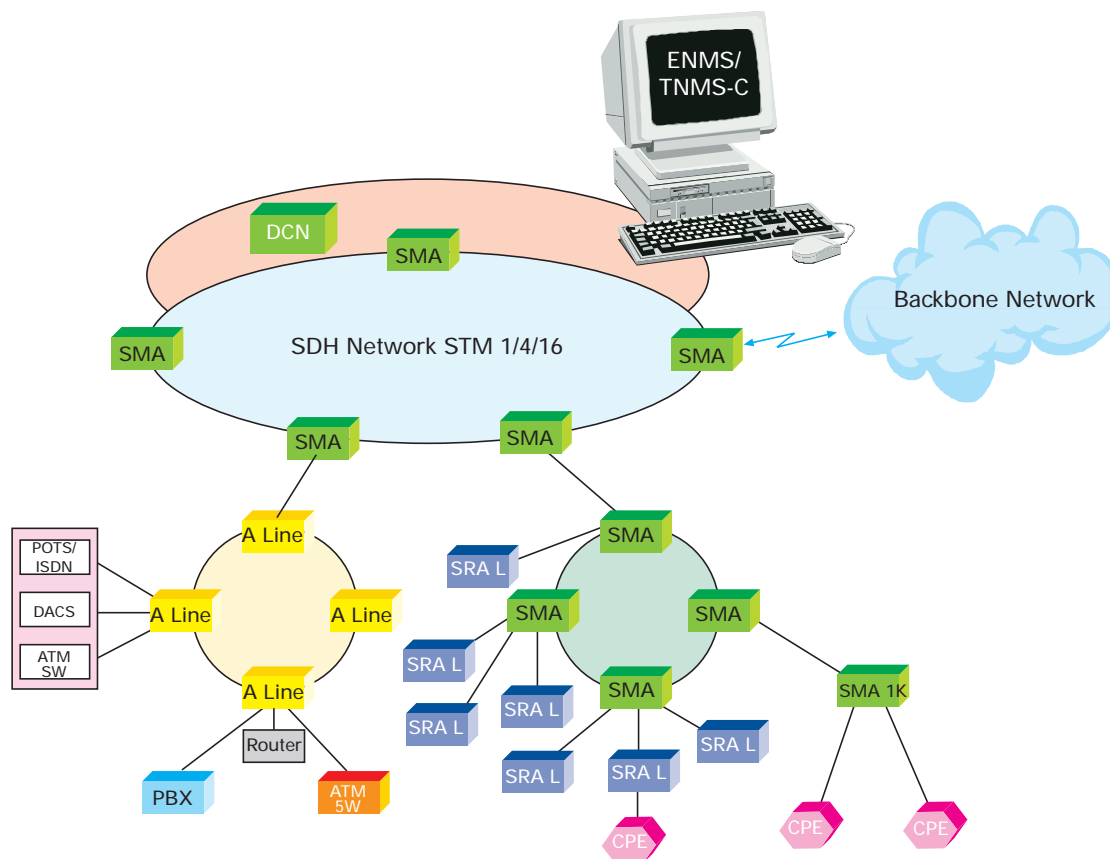


Figure 11 SRA L Network - Interworking assures full interoperability of the SRA L management network with other TCP-IP networks

Figure 12 SRA L Management of SRA L equipment in conjunctions with SDH



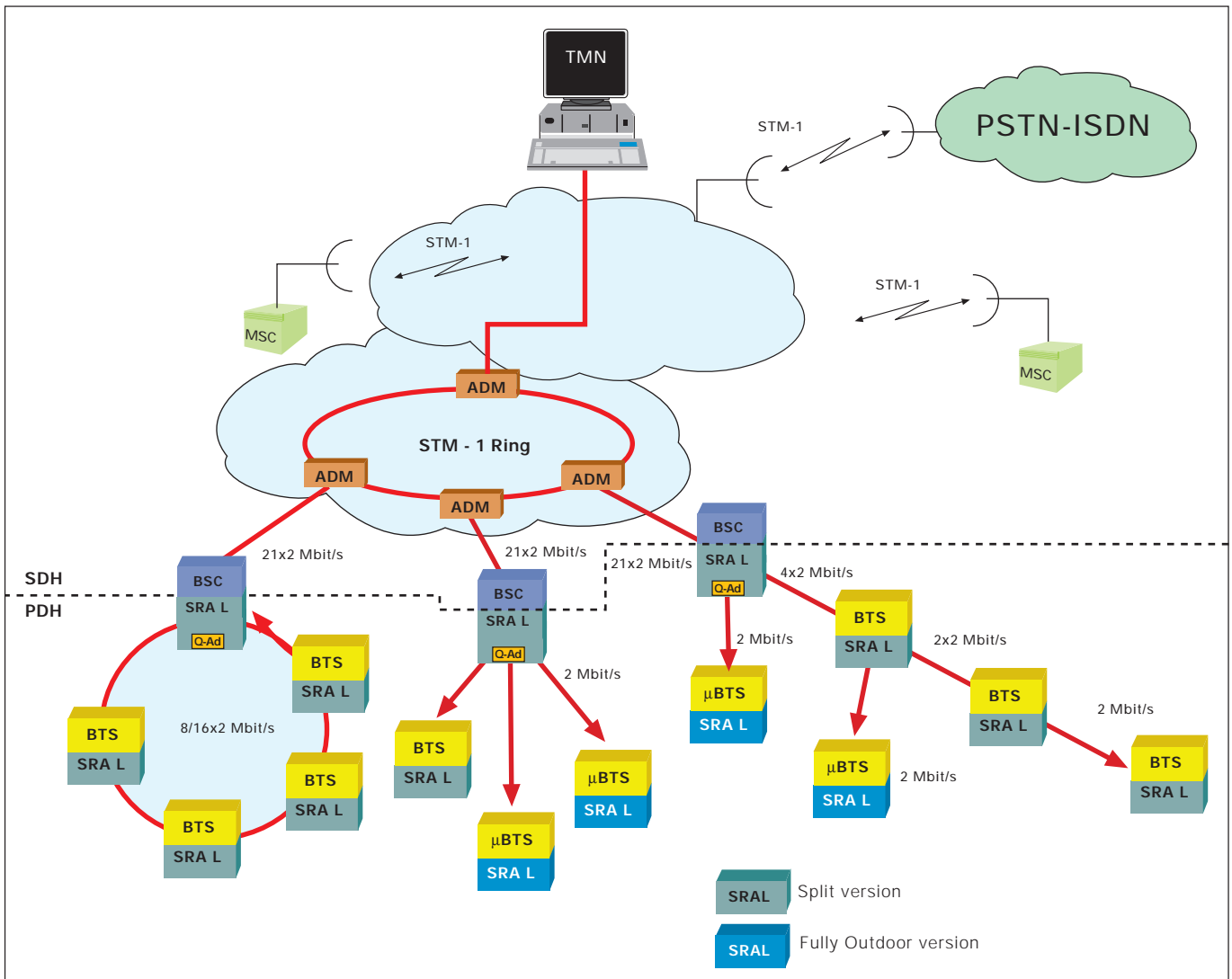
The SRA L element manager can be integrated inside the Siemens SDH Element Manager Operating System used for the network element management of the Siemens SDH network elements. This integration gives the big advantage, thanks to the use of the Q-Adapter facility, of having an integrated solution for the management of a whole SDH network and the PDH links from it obtained by using the SRA L equipment (see Fig. 12). This advantage is further highlighted by the fact that the Siemens SDH operating system can also perform the network control layer facilities.

These two possibilities of remote network management of a SRA L network become even more interesting in the case of mobile networks. In fact, in this case, the SRA L equipment is used in the last layer of the network (for BTSs interconnection) while for the connection of BSCs to MSCs

and among MSCs or from MSCs to PSTN/ISDN higher capacities are used then making SDH network a must (see Fig. 13).

When starting up a mobile network, the radio infrastructure is used only for the BTSs interconnection (SRA L), and uses leased lines for the other network layers. At this stage, the NetViewer is the best, quickest and cheapest way to start the service. The Siemens TMN operating system is introduced only when the increasing number of the customers prompts the operator to build up the other part of the transmission network. In this way the big advantages of SDH in terms of protection (ring architectures), performance monitoring, traffic provisioning and TMN can be introduced saving the previous investments and resulting in a cheaper and better performing network.

Figure 13 SRA L Management of the Transmission Equipment associated to a Mobile network



When using the SRA L equipment in conjunction with Siemens access network elements, another version of the Q-Adapter card (the so-called AccessIntegrator) is used, which provides a QD2 interface for connection to the Siemens access network management system.

In this case the access to the TMN can be obtained with the architecture in Fig. 14, where the case of use of the SRA L radio with the DECTlink equipment for Radio in the Local Loop is shown.

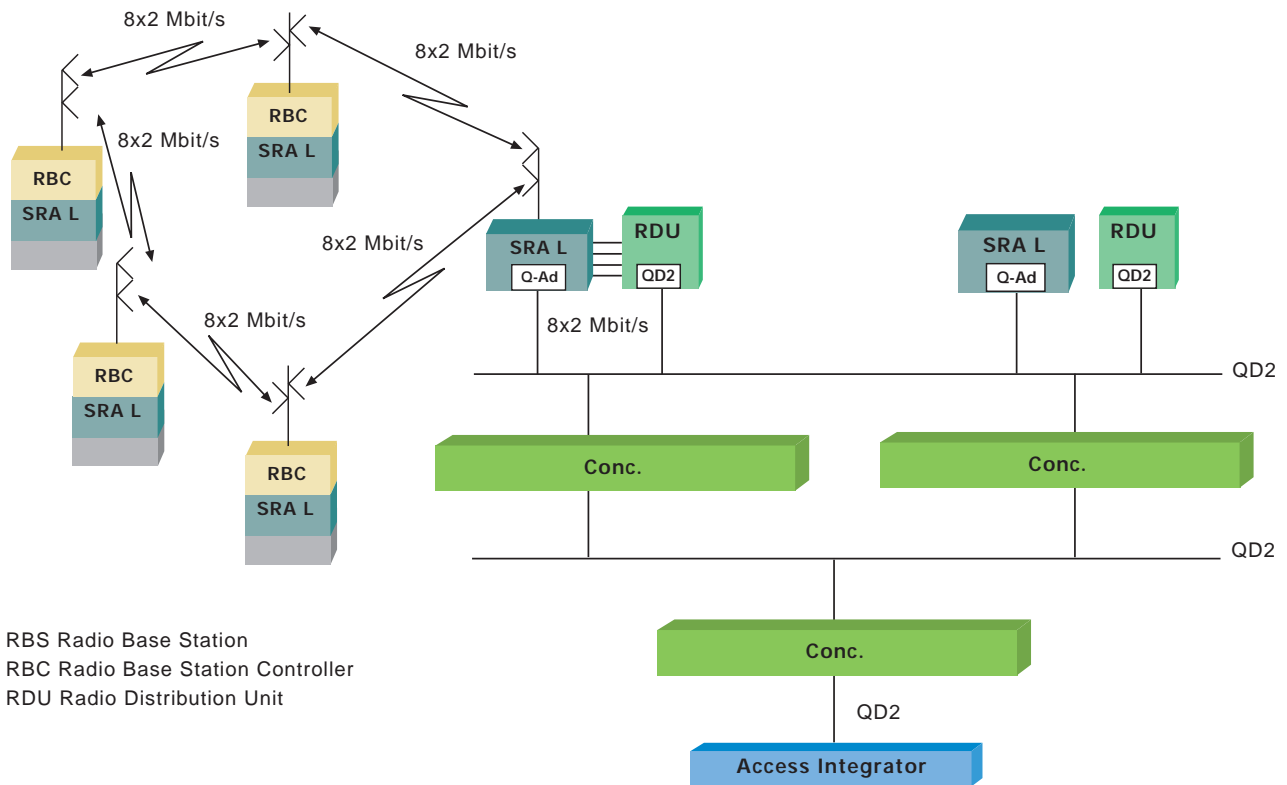
As concerns the features available via software, the high degree of digitalisation employed permits the setting up of most of the configurable parameters through software commands. The main embedded software functions can be summarised as follows:

□ Configuration management

It is possible to change the transported capacity, to set the equipment configuration and to define several operating parameters:

- System configuration (single, hot stand-by, add/drop repeater, ...)
- System capacity
- Operating channel (Tx and Rx RF)
- RF channel plan
- RF output power
- Equipment options (with/without Q-Adapter, with/without EOW, ...)

Figure 14 SRA L - Management of an Access Network (RLL Application)



- BB and RF switches (protected configuration)
- Link ID
- system address (NMS and EOW)
- 64 kbit/s drop/insert activation/deactivation and 64 kbit/s time slot selection

- ❑ Fault management, including alarm monitoring and equipment status, loopbacks activation and other facilities

- Performance monitoring
- G.826 parameters calculation and display
- IDU and ODU internal temperature

- ❑ Measurements

- Received signal level
- Transmitted power

- ❑ Security management

- Access control via passwords
- Different user classes

- ❑ Inventory data

- Factory
- Software
- User

- Software downloading

- Local
- Remote.

Technical data

General Configurations	Split version (1+0) 2x(1+0) (1+1) hot stand-by (1 or 2 antennas) (1+1) frequency diversity (1 or 2 antennas) through repeater add/drop repeater	Fully outdoor 1+0
Traffic capacity Frequency bands	Split version 2/2x2/4x2/8x2/16x2 Mbit/s 7/8/10.5/13/15/18/23/26/38 GHz	Fully outdoor 2/2x2/4x2 Mbits 23/26/38 GHz
Frequency range • 7 GHz • 8 GHz • 10,5 • 13 GHz • 15 GHz • 18 GHz • 23 GHz • 26 GHz • 29 GHz • 38 GHz • (55) GHz	7.1-7.9 GHz 8.2-8.5 GHz 10.5-10.7 GHz 12,75-13,25 GHz 14.4-15.35 GHz 17.7-19.7 GHz 21.2-23.6 GHz 24.5-26.5 GHz 27.5-29.5 GHz 37.0-39.5 GHz 54.25-57.20 GHz	
Tx/Rx channel spacing • 7 GHz • 8 GHz • 10,5 GHz • 13 GHz • 15 GHz • 18 GHz • 23 GHz • 26 GHz • 38 GHz (other shifters available on request)	154/161/245 MHz 126MHz 91 MHz 266 MHz 336/420/490/644/714/728 MHz 120/340/1010/1560 MHz 1008/1200/1232 MHz 1008 MHz 1260 MHz	
Co-polar RF channel spacing • 2/2x2 Mbit/s • 4x2 Mbit/s • 8x2 Mbit/s • 16x2 Mbit/s	3.5 MHz 7 MHz 14 MHz (13.75 MHz available on request) 28 MHz (27.5 MHz available on request)	
In-field tunability range Synthesizer step size RF stability	depending on frequency band and Tx/Rx channel spacing 250 kHz ±3 ppm	

Transceiver

Output power

• 7/8 GHz	24 dBm
• 10,5 GHz	20 dBm
• 13 GHz	20 dBm
• 15 GHz	20 dBm
• 18 GHz	18 dBm
• 23/26 GHz	18 dBm
• 38 GHz	17 dBm

Output power setting range

• 7/8/10.5/13/15/18/23	24 dB
• 26/38 GHz	20 dB

BER = 10⁻⁶ threshold

	2x2 Mbit/s	4x2 Mbit/s	8x2 Mbit/s	16x2 Mbit/s
• 7/8/10,5/13 GHz	-90.5 dBm	-87.5 dBm	-84.5 dBm	-80.5 dBm
• 15 GHz	-90 dBm	-87 dBm	-84 dBm	-80 dBm
• 18 GHz	-89.5 dBm	-86.5 dBm	-83.5 dBm	-79.5 dBm
• 23 GHz	-89 dBm	-86 dBm	-83 dBm	-79 dBm
• 26 GHz	-88.5 dBm	-85.5 dBm	-82.5 dBm	-78.5 dBm
• 38 GHz	-87.5 dBm	-84.5 dBm	-81.5 dBm	-77.5 dBm

BER = 10⁻³ threshold

	2x2 Mbit/s	4x2 Mbit/s	8x2 Mbit/s	16x2 Mbit/s
• 7/8/10,5/13 GHz	-92.5 dBm	-89.5 dBm	-86.5 dBm	-82.5 dBm
• 15 GHz	-92 dBm	-89 dBm	-86 dBm	-82 dBm
• 18 GHz	-91.5 dBm	-88.5 dBm	-85.5 dBm	-81.5 dBm
• 23 GHz	-91 dBm	-88 dBm	-85 dBm	-81 dBm
• 26 GHz	-90.5 dBm	-87.5 dBm	-84.5 dBm	-80.5 dBm
• 38 GHz	-89.5 dBm	-86.5 dBm	-83.5 dBm	-79.5 dBm

System gain (BER=10⁻⁶)

	2x2 Mbit/s	4x2 Mbit/s	8x2 Mbit/s	16x2 Mbit/s
• 7/8 GHz	114.5 dB	111.5 dB	108.5 dB	104.5 dB
• 10,5/13 GHz	110.5 dB	107.5 dB	104.5 dB	100.5 dB
• 15 GHz	110 dB	107 dB	104 dB	100 dB
• 18 GHz	107.5 dB	104.5 dB	101.5 dB	97.5 dB
• 23 GHz	107 dB	104 dB	101 dB	97 dB
• 26 GHz	106.5 dB	103.5 dB	100.5 dB	96.5 dB
• 38 GHz	104.5 dB	101.5 dB	98.5 dB	94.5 dB

System gain (BER=10⁻³)

	2x2 Mbit/s	4x2 Mbit/s	8x2 Mbit/s	16x2 Mbit/s
• 7/8 GHz	116.5 dB	113.5 dB	110.5 dB	106.5 dB
• 10,5/13 GHz	112.5 dB	109.5 dB	106.5 dB	102.5 dB
• 15 GHz	112 dB	109 dB	106 dB	102 dB
• 18 GHz	109.5 dB	106.5 dB	103.5 dB	99.5 dB
• 23 GHz	109 dB	106 dB	103 dB	99 dB
• 26 GHz	108.5 dB	105.5 dB	102.5 dB	98.5 dB
• 38 GHz	106.5 dB	103.5 dB	100.5 dB	96.5 dB

Maximum Rx input level	
• for BER=10 ⁻¹⁰	-20 dBm
• damage-free operation	-10 dBm
Background BER	≥10 ⁻¹²
Noise figure (typical)	
• 7/8 GHz	5 dB
• 10.5 GHz	5 dB
• 13 GHz	5 dB
• 15 GHz	5.5 dB
• 18 GHz	6 dB
• 23 GHz	6.5 dB
• 26 GHz	7 dB
• 38 GHz	8 dB
Spectral power density	in accordance with the relevant recommendations
Spurious emissions	in accordance with the relevant recommendations
Modemodulator	
Modulation	Continuous Phase Modulation
Demodulation	differential with Viterbi Decoding
Tx intermediate frequency	320 MHz
First Rx intermediate frequency	1310 MHz
Final Rx intermediate frequency	70 MHz
Baseband Interfaces	
2 Mbit/s	ITU-T G.703
Impedance	75 W unbalanced 120 W balanced
Auxiliary Capacity	
User service channel	1x64 kbit/s V.11 contradirectional or codirectional
Engineering Orderwire (• split version optional card)	1x64 kbit/s (DTMF)
Network Management Systems channel (internal)	1x64 kbit/s

Power Supply

Nominal voltage	-24/-60 VDC
Tolerance	± 20%

Power Consumption (from battery)

1+0 (IDU+ODU split version)	40 W
1+0 (Fully outdoor)	< 40 W

Environmental Operating Conditions

The equipment meets the environmental conditions standardized in ETSI prETS 300 019.

Split version

Indoor unit

- normal temperature range 10 to +50°C
- extended temperature range -10 to +60°C

Outdoor unit

- normal temperature range -33 to +60°C
- extended temperature range -50 to +60°C

Fully Outdoor version	-33 to +55° C
------------------------------	---------------

Mechanical Dimensions

Indoor Unit	2 U (19")
Outdoor Unit	260x260x120 mm (hxwxd)

Software Features

System type setting	(1+0)/2x(1+0) add/drop through repeater (1+1) hot stand-by (1+1) frequency diversity
---------------------	---

System parameter setting	operating channel (Tx and Rx) RF channel plan RF output power capacity 2,2x2, 4x2, 8x2, 16x2 Mbit/s) system address (EOW and NMS) link ID
--------------------------	--



Fault management	alarm monitoring equipment status loopback activation
Performance monitoring	BER G.826
Measurements	received field transmitted power IDU and ODU internal temperature
Security	password protection user classes definition
Inventory data	user data factory data
Software downloading	local remote



Contact us:

Siemens Information and Communication Networks SpA
Sales Offices
Viale Europa, 45 - 20093 Cologno Monzese (MI) Italy
<http://www.siemens.it/ic/networks>
Phone +39.02.2733.1
Fax +39.02.2536135

SIEMENS

SRT 1C

Synchronous Radio
for Trunk Applications



Information and
Communications



Introduction	pag. 2
SRT 1C highlights	pag. 3
Main features	pag. 5
Transmitter and receiver	pag. 9
128/64 TCM Modemodulator	pag. 12
Baseband and protection switching	pag. 16
Equipment Management	pag. 18
Service facilities and synchronization	pag. 20
Equipment engineering	pag. 22





Introduction

The fast-growing demand of telecommunication services as well as the increased network topologies and traffic requirements has been pushing for a new generation of point-to-point radio systems for trunk applications.

A cost effective extremely compact Radio System allowing a rapid installation without any in-field tuning and offering standard TMN interfaces has been considered as the best choice to suit these new market requirements.

The radio relay system competitive features, such as the quick deployment and fast network roll-out with simple civil works as well as the high flexibility, strongly justify a modern telecommunications network scenario in which radio systems and fiber optic systems will complement and support each other in a very effective mixed media approach. A combined radio fiber transport network requires SDH radio system designed for full compatibility with other SDH Network Elements.

Siemens High Capacity Digital Radio (HCDR) systems SRT 1C has the main objective of the compatibility with Synchronous Digital Hierarchy (SDH), so reaching the goal of transmitting 1xSTM-1 capacity per carrier with the possibility to provide interchangeable interfaces: 1xSTM-1 electrical or 1xSTM-1 optical. The introduction of a modulation scheme based on the 4D multilevel 64/128 Trellis Coded Modulation (TCM), optimally decoded by a soft quantized Viterbi processor, reaches these goals, enabling the system to meet the required net spectrum efficiency and to achieve the best results in terms of BER performances.

1xSTM-1 traffic per carrier is transmitted in the frequency bands with 28/30 MHz channel arrangement (4L/4/5/6LL/6L/7/8/8U/13 GHz) or with 40 MHz channel spacing (4/5/6U/11 GHz).

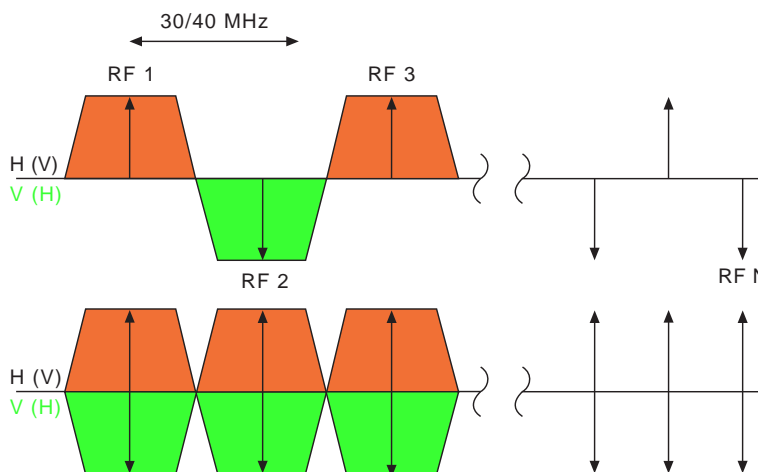


Figure 1 Channel arrangement options: AP and CC

In order to assure capacity increase from 1xSTM-1 to 2xSTM-1 per channel, SRT 1C can be deployed also in environments that foresee frequency reuse both in 28/30 MHz and in 40 MHz plans.

Fig.1 describes the possible channel arrangement options.

Co-channel approach basically consists in using every channel of the frequency plan in vertical and horizontal polarization simultaneously in order to double the bandwidth efficiency without increasing the modulation order.

To achieve the full compatibility with the existing systems already installed (16/64 QAM or 1800/2700 FDM channels) SRT 1C enables the introduction of SDH systems in the unchanged ITU-R and OIRT Channel Plans.

Furthermore all system parameters will not influence existing plesiochronous and/or analog radio infrastructures allowing smooth coexistence.



SRT 1C highlights

In spite of higher technical difficulties, which are well met by a consolidated experience in the previous development of 16/64 QAM systems and by technology updating, the system provides a cost-competitive solution with a very compact and flexible layout, easily upgradable in future system expansions.

The 128 TCM modulation is the solution suitable to counteract the 11.7% capacity increase when growing from 139.264 Mbit/s to 1xSTM-1 (155.52 Mbit/s) transmission, without the need to resort to critical roll-off factors and still maintaining the net spectral efficiency of a 64 QAM system.

By the adoption of Trellis Coded Modulation (TCM) and soft-quantized Viterbi decoding, an appreciable coding gain can be obtained without bandwidth expansion (that means without conventional serial FEC with block-coding) and affordable implementation complexity.

In addition the adopted advanced technology, together with the customized integration, leads to a "factory programmable" TCM modulator able to deal both with 128 TCM (for 28/30 MHz channel spacing) and 64 TCM (for 40 MHz channel arrangement) to transmit a STM-1 signal.

A Digital Signal Processing (DSP) modem appears as the unique way to massively integrate otherwise cumbersome and bulky structures (Adaptive Time Domain Equalization) or to provide for the necessary signal treatment precision when dealing with higher level M-QAM. Viterbi decoding itself is nowadays applicable to radio thanks to the VLSI capabilities of modern HCMOS technology.

Furthermore, thanks to the high spectrum efficiency of the TCM modulation, associated with a proper pulse shaping and a powerful 11-Tap Cross Polar Interference Canceller (XPIC), it is possible to operate SRT 1C with



SRT 1C/6U DRO Filter

frequency reuse also on frequency plans with 28/30 MHz channel spacing.

Moreover the branching system, based on state-of-the-art narrowband RF filters, allows the connection of all the channels of one polarization in the same branching system without the need of any additional 3-dB-loss coupler for the separation of odd and even channels (see Fig. 2). This solution enables to keep system performance for co-channel systems at nearly the same level of AP ones.

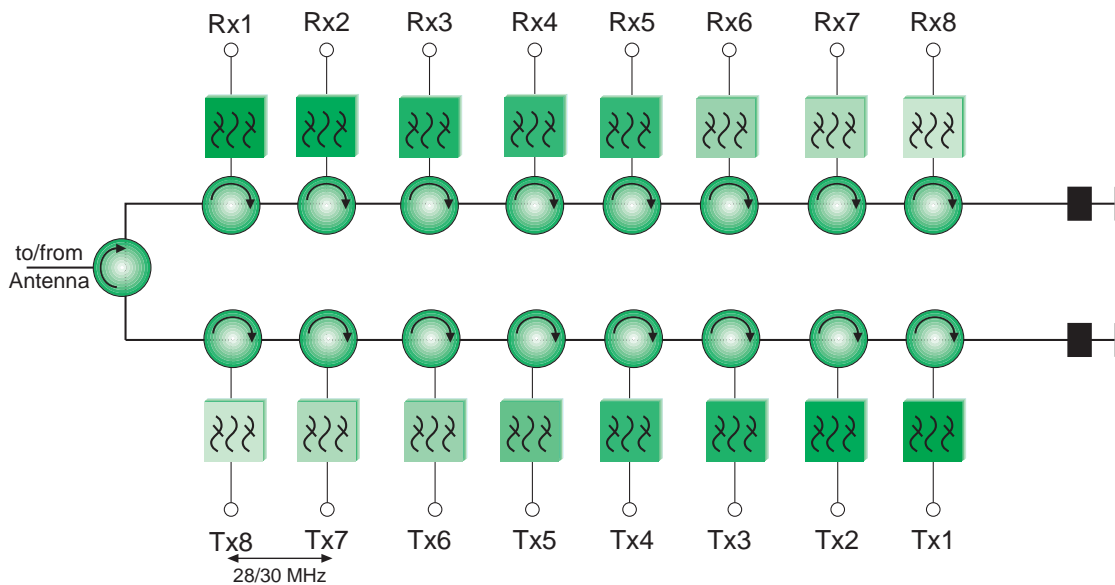


Figure 2 Branching system with narrowband filters



Siemens paid a big R&D effort to transfer complexity from the analog to the digital hardware, taking advantage of the customized integration and of the progressive cost reduction towards increasing chip complexities.

The state-of-the-art technology applied to the SRT 1C system assures performance improvements at RF, IF and BB level:

- Chip & Wire technology
- Thin Film Alumina Substrate
- Sub-micron FET devices
- Dielectric Resonator Filters and self-converting Dielectric Resonator Oscillators
- Miniaturized Image Rejection Mixers
- Ultra low-noise preamplifiers with HEMT devices
- Trellis Coding and Viterbi Soft-decoding.

New functional approaches give significant improvements to the overall system performances:

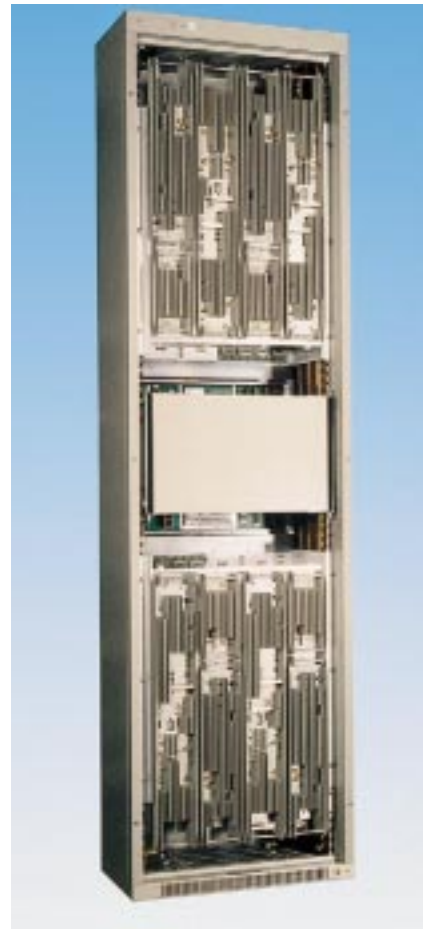
- Trellis Coding (TCM) and Viterbi soft-decoding
- Digital Signal Processing using VLSI to obtain a "full-digital" modem
- 11 Tap Adaptive Time Domain Equalizer (ATDE) with blind acquisition for better equalization capability
- 11 Tap Cross-Polarization Interference Canceller (XPIC) integrated in the ATDE chip to guarantee proper reduction of cross-polarization interferences also during non-nominal propagation conditions

- GDE: Digital Group Delay Equalizer integrated in the Demodulator
- Automatic Transmit Power Control (ATPC) to reduce interference, avoid up-fade problems and reduce residual BER in nominal conditions
- Microwave Solid State Power Amplifier (SSPA) linearizer
- RF linearizer
- IF Space Diversity Combiner based on a weighted strategy using both Maximum Power and Minimum Dispersion Algorithms according to the different propagation conditions
- "Early Warning" Multiline Hitless switch
- Digital services management according to ITU-T/ITU-R/ETSI strategy.

Such solutions have been addressed to enhance system gain, minimize hardware, reduce power consumption, increase reliability and in general to match the SDH requirements, even improving the system industrial economy.

Furthermore, SRT 1C provides TMN access by means of a Controller Unit and a Message Communication Function (MCF) card for Digital Communication Channels (DCCs), alarms processing, signalling collection and performance monitoring.

Table 1 summarizes SRT 1C Frequency coverage.



SRT 1C radio rack

RF band	4L	4		5		6LL	6L	6U	7	8	8U	11	13
Frequency Plan	OIRT	ITU-R Rec. 382	ITU-R Rec. 635	ITU-R Rec. 746	ITU-R Rec. 1099	OIRT	ITU-R Rec. 383	ITU-R Rec. 384	ITU-R Rec. 385	ITU-R Rec. 386	OIRT	ITU-R Rec. 387	ITU-R Rec. 497
Modulation Format	128 TCM	128 TCM	64 TCM	128 TCM	64 TCM	128 TCM	128 TCM	64 TCM	128 TCM	128 TCM	128 TCM	64 TCM	128 TCM

Table 1 SRT 1C - Frequency coverage



Main features

Compact Rack Layout

The use of modern technologies and design results in a very compact equipment. The plug-in units are inserted into sub-racks, fit in a 2200 mm x 600 mm x 300 mm (HxWxD) rack, in agreement with the standards defined by ETSI EE3.

The adopted solution, with front access only, allows the housing of radios, modemodulators baseband and service units, however maintaining the "building block" approach, (i.e. each block implementing different functions), in order to comply with an easy upgradability of the various station configurations.

The high mechanical compactness reached enables the allocation of 4 transceivers with relevant modemodulator groups and of the baseband subrack in the same rack, thus allowing a marked space reduction.

An integrated hitless protection switching is available from 1+1 up to 7+1 configurations and is incorporated in the

baseband subrack.

Figure 3 shows a reference layout of 7+1 terminal and repeater stations.

Shielding on the plug-in units and subracks satisfies the electromagnetic compatibility (EMC) requirements especially referring to electrostatic sensitive devices. Both wall and floor mounting in the center of the room (for in-line and back-to-back configurations) are available as installation solutions.

A panel set back on the side area of the baseband subrack and freely accessible from the front provides access to the external electrical and optical interfaces.

Connecting inter-rack facilities at subrack level, together with local alarm indications and a connection toward Network Management systems characterize the equipment.

Commonality

In Siemens synchronous systems commonality is seen both from the

mechanical and the electrical side.

From a mechanical point of view, the same supports (racks and subracks) house system units, independently from the considered working frequency. Furthermore, all frequency-independent units (as the Baseband cards, SOH Processing Units, Controller, Alarm and Service cards) are the same for all SDH family radio systems.

The Siemens SDH line family (SL 4 and SL 16 for 4 and 16 STM-1 transmission) uses many of the previously mentioned units for radio systems thus assuring a high commonality level between the two product lines. Figures 4 and 5 show the N+1 SRT 1C system block diagrams for transmit and receive sides.

Modularity

A functional block strategy is the set up of SRT 1C radio systems.

The same basic blocks build the various configurations, enabling an easy channel expansion without traffic interruptions.



Figure 3 Srt 1C Radio rack layout - 7+1 Terminal and Repeater



Network Integration

SDH networks require unified solutions inclusive of all different types of SDH Network Elements. As far as TMN solution is concerned, synchronous radio is integrated in the same management system (EM-OS) common to all Siemens SDH Network Elements in order to guarantee a unique and centralized solution for a fully- functional management of SDH Networks.

This "integrated" approach allows the operator to gain an overall view of the network; radio relay system as well as all the other SDH NEs can be seen at network control layer level; likewise element manager functionalities are carried on using common philosophy and the same Human-To-Computer Interface (HCI).

Furthermore the respect of the latest ITU-T Rec. provides an unified solution also for handling and routing of management information as well as for service channels.

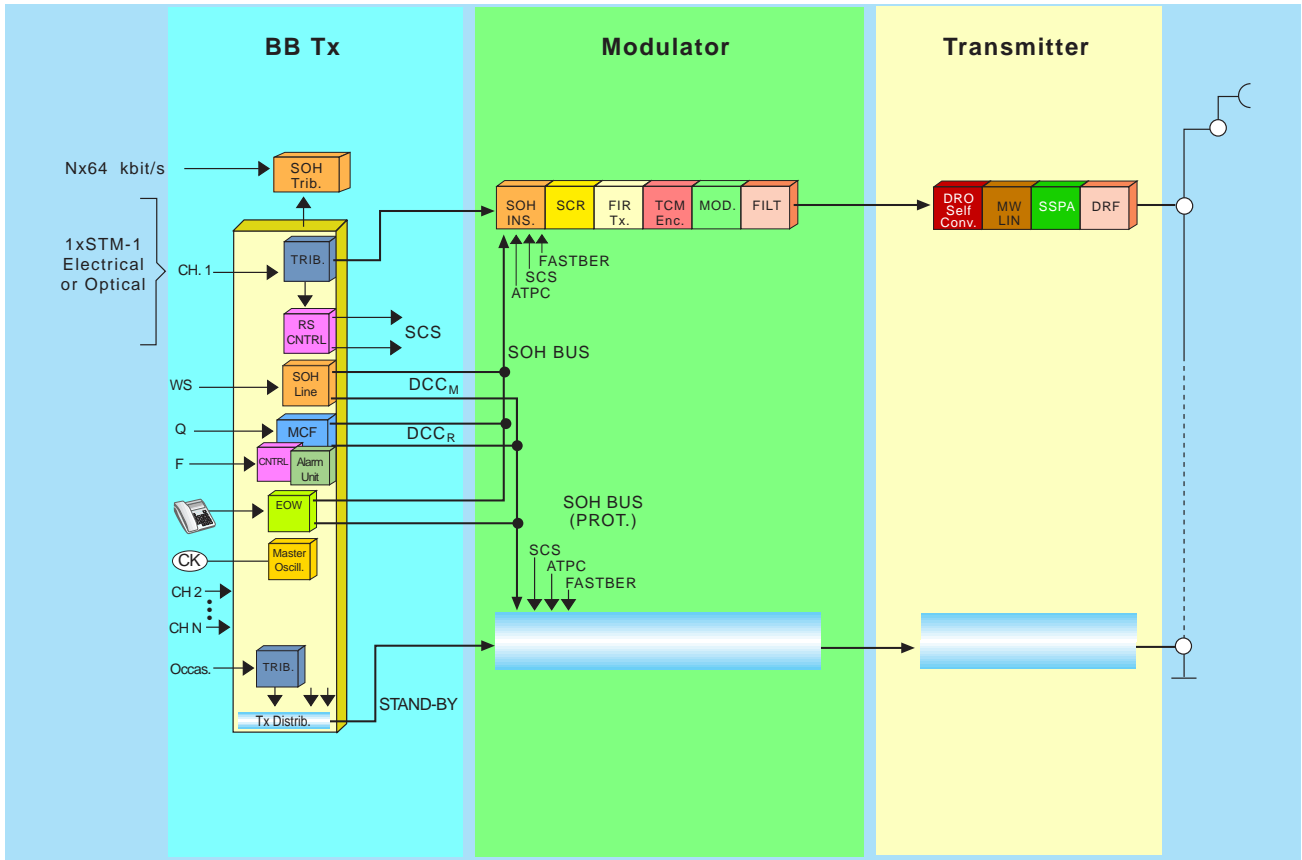


Figure 4 SRT 1C Radio block diagram - Transmit side



Co-channel Operation

Co-channel operation for high capacity digital radio systems has been envisaged as an appropriate mean to exploit the full transmission capacity of a RF band.

An optimum solution is achieved with specially designed "narrow- band" RF Filters which allow a filter center band separation equal to the channel spacing itself, even for 28 MHz channel spacing frequency plans.

The joint adoption of newly designed RF filters, IF group delay equalization, BB adaptive time domain equalization and

cross polarization interference canceller allows the overall performance of the systems to be comparable to the AP version.

Whereas the capacity is fully exploited and the branching systems are fully loaded with all the channels, in order to cope with the increased branching losses, a high power version of the transmitter amplifier may be fit providing an additional gain of 3 dB.

In such a way the overall system gain remains at the same level of the Alternate Pattern Version.

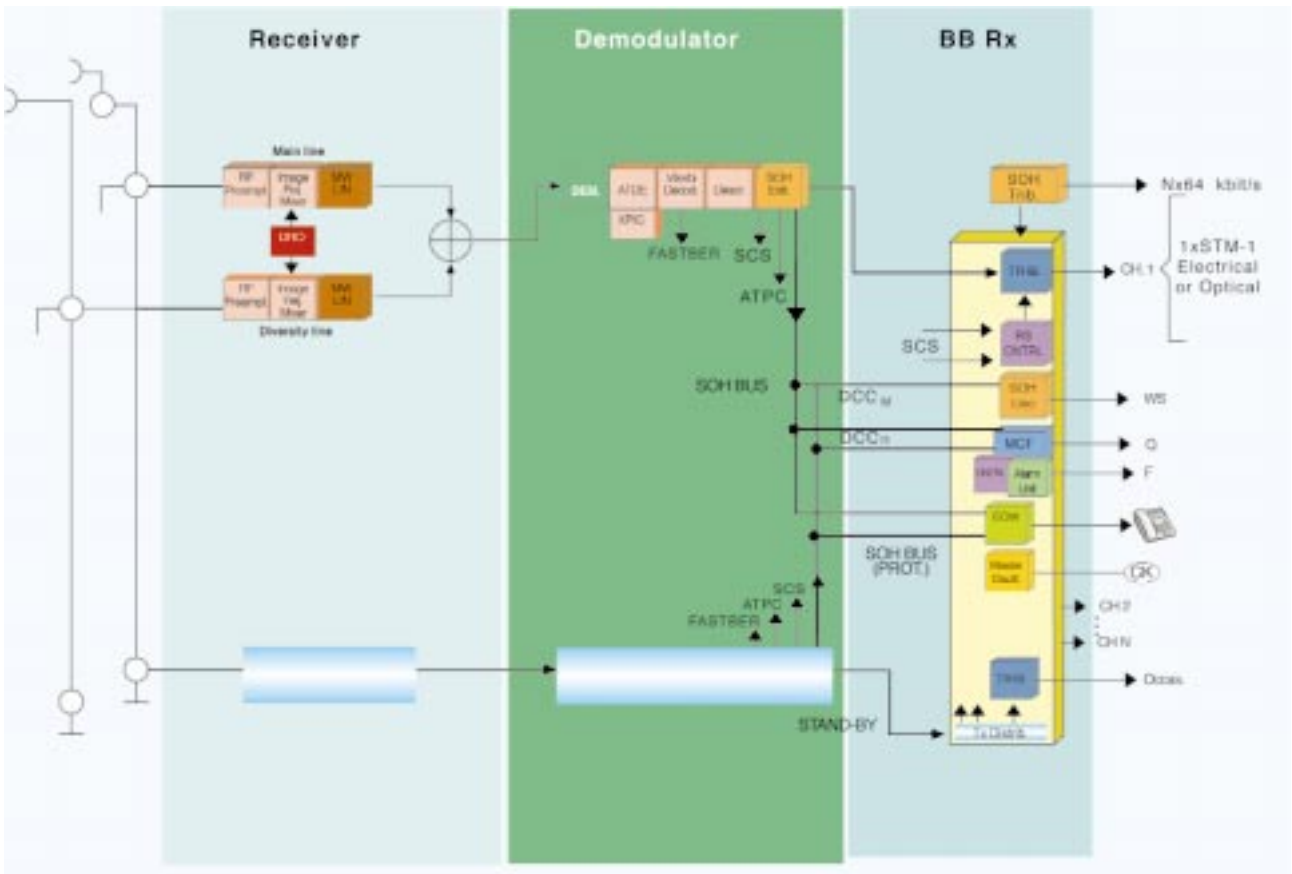


Figure 5 SRT 1C Radio block diagram - receive side



Transmitter and receiver

Transmitter and receiver use modular sub-units integrating signal-related functions.

All the RF parts widely use thin-film and Chip & Wire technologies providing wider instantaneous bandwidth with strong improvements in the manufacturing process together with repeatability and higher reliability.

Tx/Rx dielectric resonator filters enhance system gain, moreover contributing to system compactness: more than 30% of volume reduction with respect to conventional waveguide filters.

Transmitter Design

The adoption of self-converting Dielectric Resonator Oscillator, microwave linearizer and ATPC option contributes to the innovative transmitter design (Fig. 6).

DRO

IF to RF conversion is primarily based on a self-converting oscillator structure that uses a dielectric resonator. This allows the complete elimination of dedicated up-conversion hardware and achieves significant electrical performance improvements over conventionally implemented up-converters.

Self-converting DROs operate at fixed frequencies with very low phase noise and high stability (± 30 ppm), minimizing phase jitters and short term instabilities.

Microwave Amplification

High capacity multilevel digital radio system requires high linearity Solid State Power Amplifiers (SSPAs).

The microwave linearization solution designed by Siemens exploits the very basic principle that both the distorted device envelope and the carrier phase of the output signals are functions of the instantaneous input signal envelope (AM/AM and AM/PM conversion respectively)

Properly biasing the GaAs FET device, it is possible to obtain a gain expansion in the output/input transfer characteristics and therefore, by adjusting the bias point, it is possible to compensate the AM/AM distortion of the high level stages of the SSPA. At the same time a suitable control of a varactor phase-shifter achieves a compensation of the AM/PM distortion.

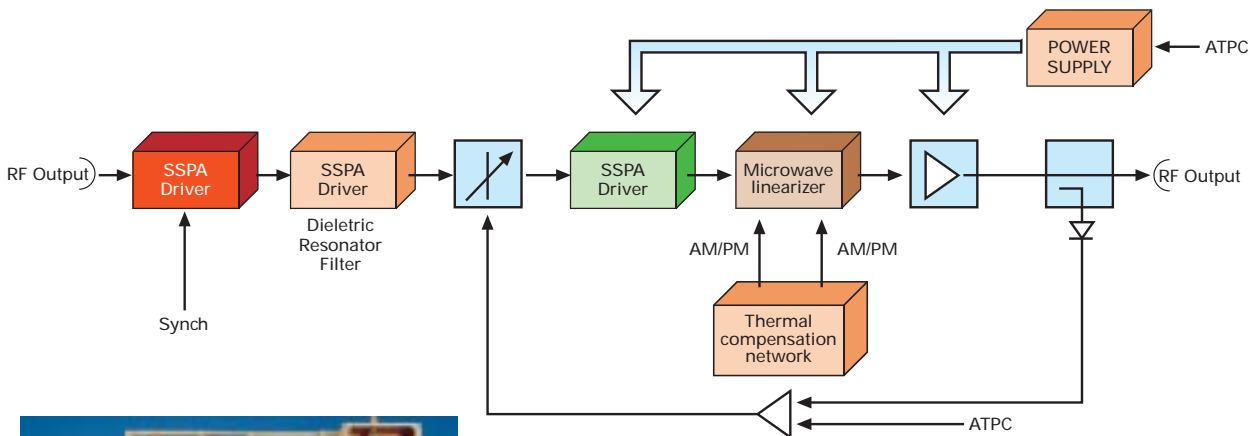
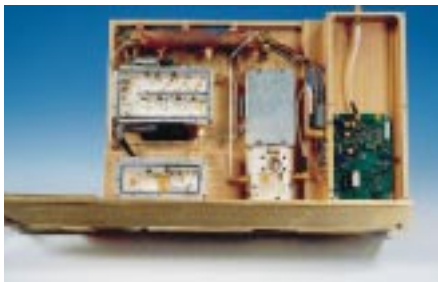


Figure 6. SRT 1C Transmitter block diagram



SRT 1C /6U Transmitter unit

The inherent benefits of RF linearization over the IF predistortion solution derive from the wider instantaneous bandwidth that RF linearization can provide and from the better electrical and thermal matching obtained, since both distortion and compensation at RF level occur in the same integrated unit.

The linearizer design allows also a higher integration of the entire RF amplifier and a significant DC power consumption reduction (about 40% for each amplifier stage) due to suitable FET biasing using a low average DC current drain.

ATPC

The Automatic Transmit Power Control is designed to make the microwave transmitter operating with variable output power in a

range from a maximum value P_{max} to a minimum (or nominal) P_{min} value, at which the transmitter works for a high percentage of the time. The maximum value is reached only during strong fading conditions over the hop, as detected by the far-end receivers, experiencing low receive signal levels.

Moreover ATPC introduction is straightforwardly allowed by RF linearization: the reference level in the control loop of output power is driven by a single control signal from the distant receiver that acts directly at the input of the linearized SSPA.

The ATPC technique, used to improve systems performance, is thought as a standard built-in equipment feature that can be optionally disabled.

The main benefits obtained by the ATPC introduction derive from:

- Reduction of upfade problems in the receivers.
- Improvement in outage performance due to reduced influence of adjacent channel interference.
- Solution for frequency interference problem in crowded nodal stations because of reduced nominal receive level.
- Sensible reduction in power consumption with consequent improvement in the reliability of FET power devices.

Figure 7 shows the ATPC implementation.

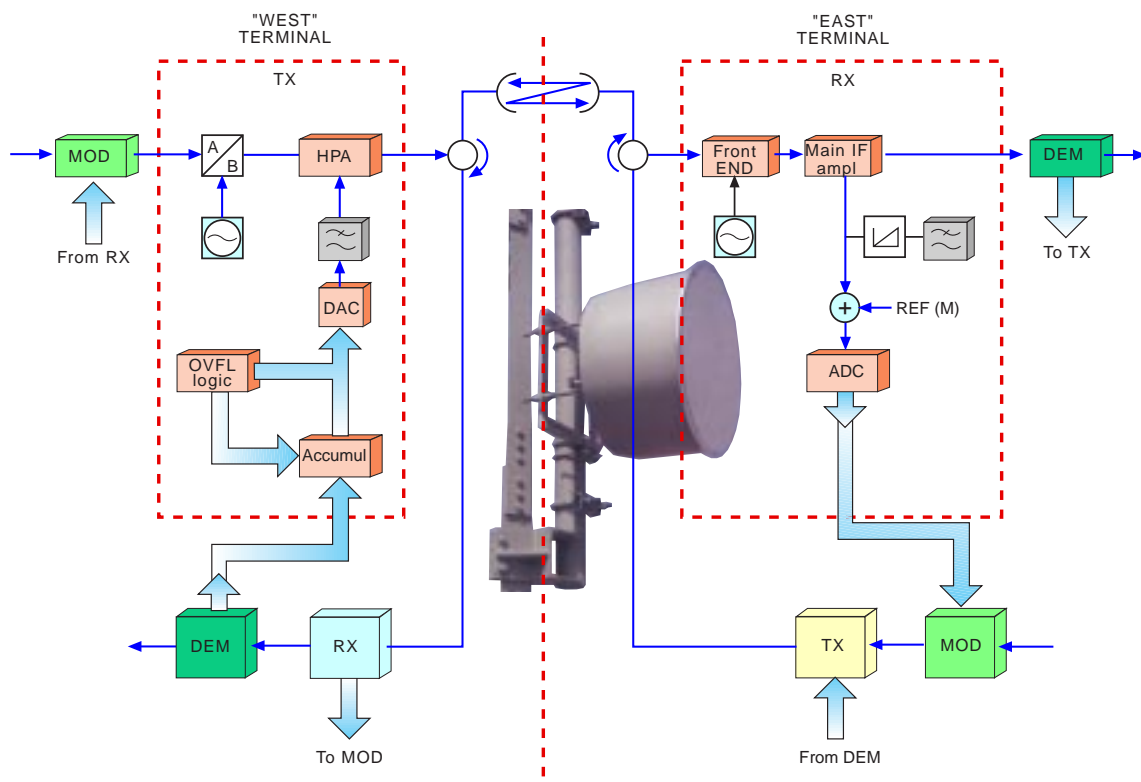


Figure 7. ATPC implementation

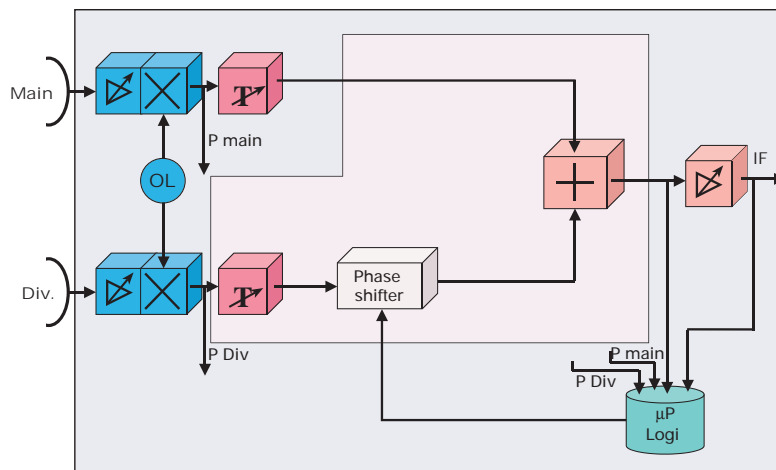


Figure 8 IF Combiner approach

A dedicated SOH byte (shared also with the FAST BER indication) is utilized to perform ATPC function.

Co-channel Operation

In case of co-channel operation, in order to compensate the additional losses due to the increased channel branching chain (twice the AP if fully capacity is exploited), an ultra-low power consumption GaAs FET amplifier using RF predistortion may be provided. By means of dynamic drain voltage bias modulation, an HPA exploiting 16 W saturated power requires only 20% more DC consumption than the 8 W standard amplifier (+3dB on overall system gain). This results in same heat-sinking and volume requirement providing a modular system design, fully optimised for either AP and CC version, maintaining the same rack layout of 4 transceivers with space diversity per ETSI rack.

Receiver Design

Single board receiver

The new single board receiver houses the IF section, the microprocessor and the

RF micromodule. An additional micromodule and a second board, with combining circuits and logic, are added if the space diversity option is required. Micromodules broadband behaviour is achieved using chip and wire technology and a thin alumina substrate. The IF section houses both main and diversity line fed by the relevant micromodules. If the SD receiver is not equipped, the main IF line is switched on the common IF output, otherwise both main and diversity are connected to the second board. The combined signal feeds the IF output.

DRO

In order to achieve the required low phase-noise level and to drastically reduce both short term instability phenomena (frequency jumps) and microphonicity, the receiver unit adopts the same high Q fixed frequency DRO used in the transmitter, which can be considered the most suitable solution for radio systems employing high complexity modulation schemes.

In case of co-channel operation the DROs operating at the same frequency are

mutually synchronized to permit easy cancellation of the interference signal.

Pre-Amplification

The low-noise pre-amplifier uses HEMT devices to minimize noise figure while a RF attenuator with a high dynamic range guarantees the required linearity even during strong up-fading.

West Combiner

The combining approach is based on a RF endless phase shifter, a 70 MHz IF combiner, a simple detector of in-band amplitude dispersion and a microcontroller circuit (see Fig. 8). Both Maximum Power and Minimum Dispersion strategies drive the control algorithm of the IF combiner, moving smoothly from one to the other criterion according to the specific propagation conditions. This approach allows to improve the system performance not only by reducing the signal attenuation caused by interference rays, but also suppressing in-band spectrum dispersion introduced by fading phenomena.

The WEST (Weighted Evaluation Strategy) combiner is therefore based on a control algorithm that processes both the power level and the amplitude dispersion values, behaving as a Maximum Power device for tight fading correlation on the two antennas. For a progressively increasing uncorrelation (e.g. higher frequency difference between the main and the diversity channel), impressive improvements of the Dispersive Fade Margin can be appreciated.

128/64 TCM Modemodulator

Figures 9 and 10 respectively show the general block diagrams of the modulator and demodulator units. This modem solution allows the use of the most advanced technologies (HCMOS-VLSI) gate-array-type ASICs (Application Specific Integrated Circuit).

Considering in detail the function implemented into modulator and demodulator units, the following solutions have been adopted:

- SOH Insert/Drop function integrated in the Modulator and Demodulator units, respectively: a repeater station can provide the "local restart" after a catastrophic event in order to maintain the SOH information continuity. In

particular, the modem directly extracts and inserts within the SOH bytes, the Regenerator Section Data Communication Channels (DCCR), media specific bytes for ATPC, Fast BER and Switching Control Signal (SCS) information and 2 Mbit/s wayside traffic (accessing to the not yet defined SOH bytes, until future ETSI/ITU-T standardization).

- Pulse shaping is obtained with Digital Signal Processing techniques. The baseband filtering, by digital interpolating Finite Impulse Response (FIR) filters, implements a raised cosine pulse shaping with a 0.35/0.215 roll-off factor for 128 TCM AP/CC and 0.5/0.35 for 64 TCM AP/CC, equally split

between transmitter and receiver.

On the modulator side these devices have fully-programmable coefficients whilst Rx FIR filter design has fixed coefficient structure, which may cover, by selecting between three different coefficient sets, from 0.215 to 0.5 roll-off factor, depending on channel arrangement (AP or CC) and spacing (28/29.65 or 40 MHz). Post-modulation and post-demodulation filters are two conventional analog anti-aliasing filters.

- After filtering it is possible to equalize the IF-IF path group delay with the digital Group Delay Equalizer (GDE) contained in the FIR Asic. The GDE is programmable via Local PC and substitutes the traditional IF GDEs.



SRT 1C Family 64/128 TCM Modulator

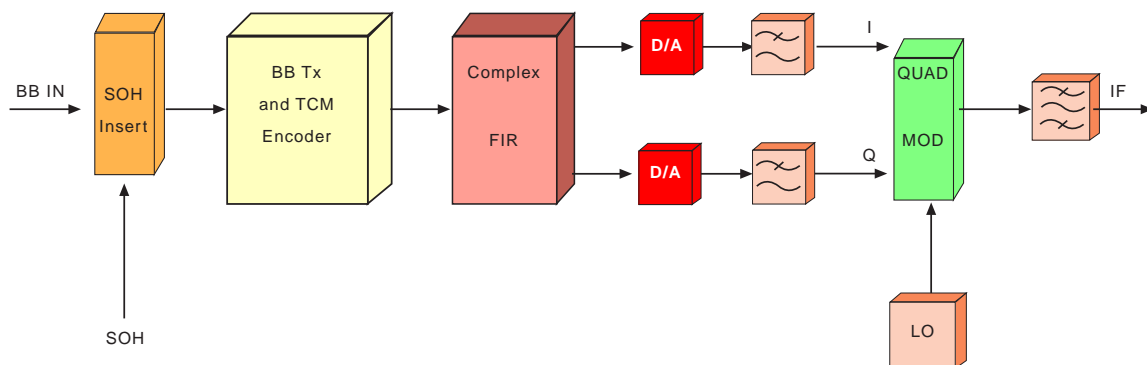


Figure 9 Modulator block diagram

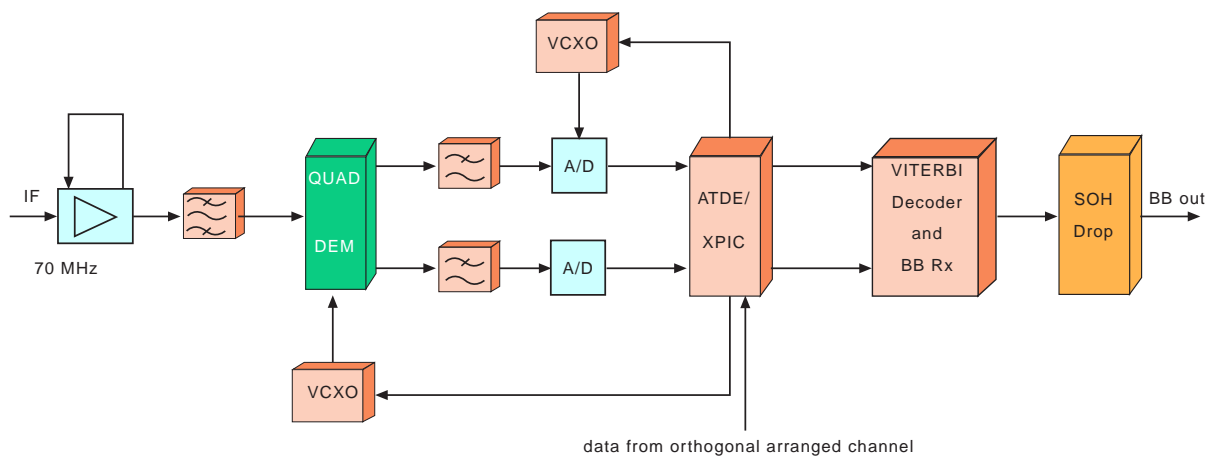


Figure 10 Demodulator block diagram

- The residual intersymbol interference due to fading conditions is improved by a full digital 11 taps Adaptive Time Domain Equalizer (ATDE) structure.
- XPIC (Cross-Polarization Interference Canceller) implemented with fractional spaced transversal filter and an additional IF conversion leading to more than 20 dB improvement on XPD figure.
- The use of TCM coding for error correction allows to easily withstand the required net spectrum efficiency (more than 5 bit/s/Hz) adopting a non-critical roll-off factor. A four-dimensional Trellis Coding associated to a cross M-QAM format (4D-128 TCM) is the most effective solution in terms of transmission efficiency and overall performance. In the receive side, a maximum likelihood criterion based on Viterbi algorithm and controlled by a soft-quantized branch metric is used.

Thanks to the presence of the soft Viterbi decoder, the system makes also available a powerful solution to maintain an error-free transmission: the errors detected by the decoder allow to quickly evaluate low BER thresholds, in the range 10⁻⁶ to 10⁻¹², to activate the "Early Warning Switching" criterion.

Trellis Coded Modulation Technique

The bit rate of the SDH first level (1xSTM-1 = 155.52 Mbit/s) makes very critical the implementation of a radio relay system with QAM modulation technique in the 30/40 MHz channel spacing (strong reductions of the roll-off factor, use of an external FEC with further increase in the radio system bit rate).



SRT 1C Set System 64/128 Demodulator

Trellis Coded Modulation (TCM), is a very efficient way to combine coding and modulation.

This technique, already experienced in other Siemens medium capacity radio products, assures appreciable coding gain without bandwidth expansion and an affordable implementation complexity.

Fig. 11 shows the 4D TCM encoding function based on a 2/3 convolutional device.

TCM Viterbi Decoding

A maximum likelihood decoding procedure applies to the received sequence of 4D points, by means of a Viterbi algorithm.

As a preliminary step, the decoder detects the received 4D point; it divides it into a pair of 2D points and the closest point in each 4D subset and its metrics ("Euclidean distance" between the two points) are evaluated on the basis the 2D points and metric estimation.

The foregoing process can iteratively evaluate all the 4D points in each multidimensional subset. By means of the Viterbi decoder the most probable transmitted sequence of subsets is then estimated. The 4D process implies a slight complexity increase but operates at half the speed (considering two successive symbols at the same time).

Adaptive Equalization

As the number of modulation states increases, the radio systems become more vulnerable to multipath fading.

The Adaptive Time Domain Equalizer (ATDE) represents a powerful solution which shows a better performance vs. complexity ratio, together with a lower sensitivity to the timing phase.

High performances are assured by dynamic convergence, accomplished by means of a modified minimum mean-square error (MMSE) algorithm exhibiting

"blind" convergence acquisition, combined with the recursive updating of tap coefficients.

The ATDE represents the most complex ASIC development for a new modem with multilevel modulation. Beside the transversal filter with 11 fully complex valued taps it incorporates also a 3 tap digital slope equalizer and a number of circuits controlling the quadrature demodulator. It is entirely implemented in a single full-custom ASIC with complexity equivalent to about 200 kgates.

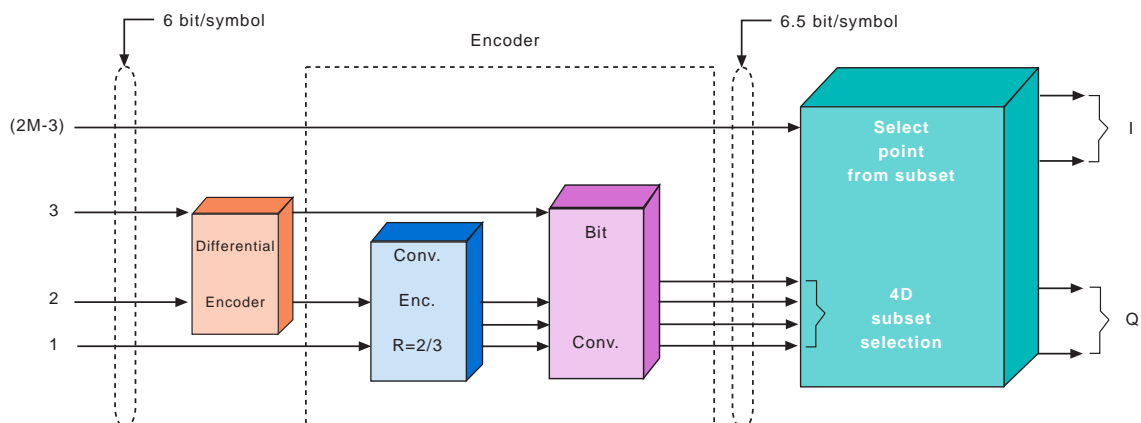


Figure 11 SRT 1C 4DTCM Encoder

Cross Polarization Interference Canceller (XPIC)

Co-channel operation with high level modulation schemes requires very high cross-polarization discrimination (XPD). Modern radio relay antennas meet the XPD requirements at least under ideal propagation conditions; nevertheless cross-polarization interference (XPI) between orthogonally arranged channels may increase under particular conditions such as rainfall or multipath propagation.

As additional mean to counteract these phenomena, a powerful cross-polarization interference canceller device has been fit into the demodulator. Since the interference effects are time variable, the XPIC device structure (shown in Fig. 12)

is adaptive, consisting also of a 11 tap transversal filter which is physically implemented in a second chip of the same type as that of the ATDE.

Due to the chosen XPIC concept no common use or synchronization of the L.O. of vertical and horizontal channels is required at transmit side. There is also no strict requirement for clock synchronization at transmit side, that is to say the incoming STM-1 bit rates need not to be fully synchronous, thus facilitating the co-channel application in meshed SDH networks, because there is no need to use multiplex section termination (MST) at the terminals of a co-channel route.

At receive side, beside the exchange of the received data signals at IF level, the only interconnection between vertical and horizontal channel is the L.O. synchronization of the receivers and no additional clock synchronization of the demodulators is necessary. Another advantage of this concept is the independence of the XPIC operation from the lock-in state of the carrier recovery being the carrier frequencies of the interfering signal and the compensation signal identical at the adder point. This greatly improves performances after strong XPI events since the XPIC can first remove the XPI on the main signal, thus facilitating the subsequent lock-in procedure.

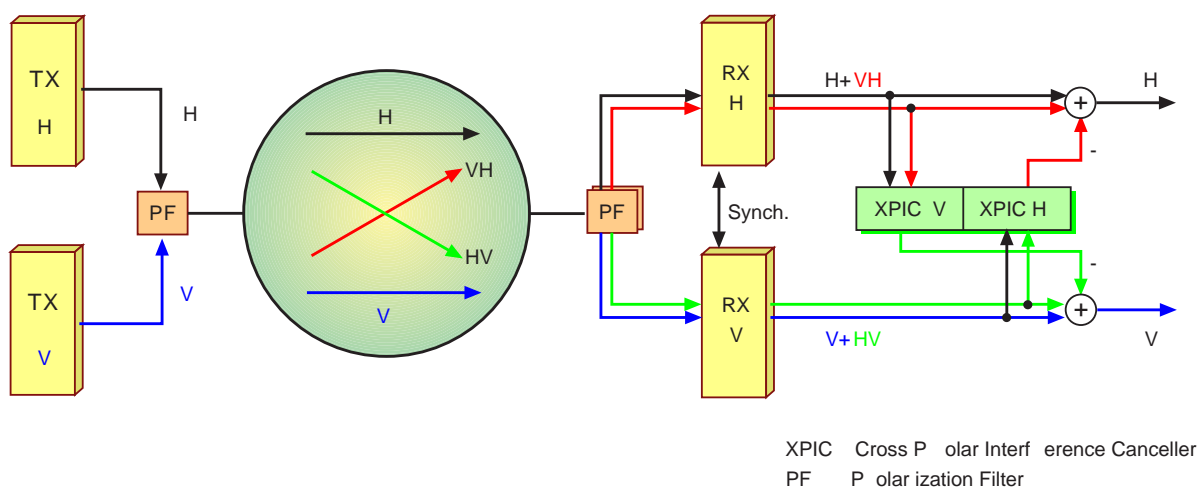


Figure 12 XPIC Concept

Baseband and protection switching

Baseband Subrack

The baseband subrack has been deployed with a great effort towards compactness, full integration of baseband functionality and simplicity.

Depending on the configuration four different types of baseband subrack are available:

- 1) N:1 Terminals-main rack
- 2) N:1 Terminals-expansion rack
- 3) n:0 terminals
- 4) 1+1 not expansible terminals/N:0 repeaters

All of them can be referred to two different backplanes:

- Backplane type "A" : Equipped with 20 slots, suitable for configurations 1, 2, 3
- Backplane type "B" : Equipped with 12 slots, suitable for configurations 4

The system can be easily reconfigured from terminal to repeater and vice-versa, only substituting the baseband subrack.

Functional Blocks and Equipment Design

As shown in Fig. 13, for N:1 terminals, the following units can be distinguished in a functional blocks configuration:

- The 32 bit Controller card includes the hardware and firmware needed to manage the system and to provide the appropriate interfaces towards a local operator and a TMN network.
- The RS (Radio Switching) Controller card evaluates the information necessary to manage the switching operation, i.e. main channels and stand-by channel status analysis and information interchange by using SCS (Switching Control Signal).
- The Alarm card collects the alarm information to be sent to RS Controller in order to evaluate the switching operation conditions, i.e. "Early Warning" information, Low and High BER alarms, Loss of Signal, Loss of Frame and AIS detection.
- The Transmit and Receive Distributors allow the interconnections from and to the stand-by channel on the basis of the SCS information.
- Master oscillator card provides NEs clock functionality in compliance with ITU-T G.813 Recommendation.
- The Line SOH card provides, on line side, service channels or way-side traffic, depending on user's requirement. In fact, it can be configured as Nx64 bit/s or as 2bit/s wayside (with a further 64 kb/s user channel).

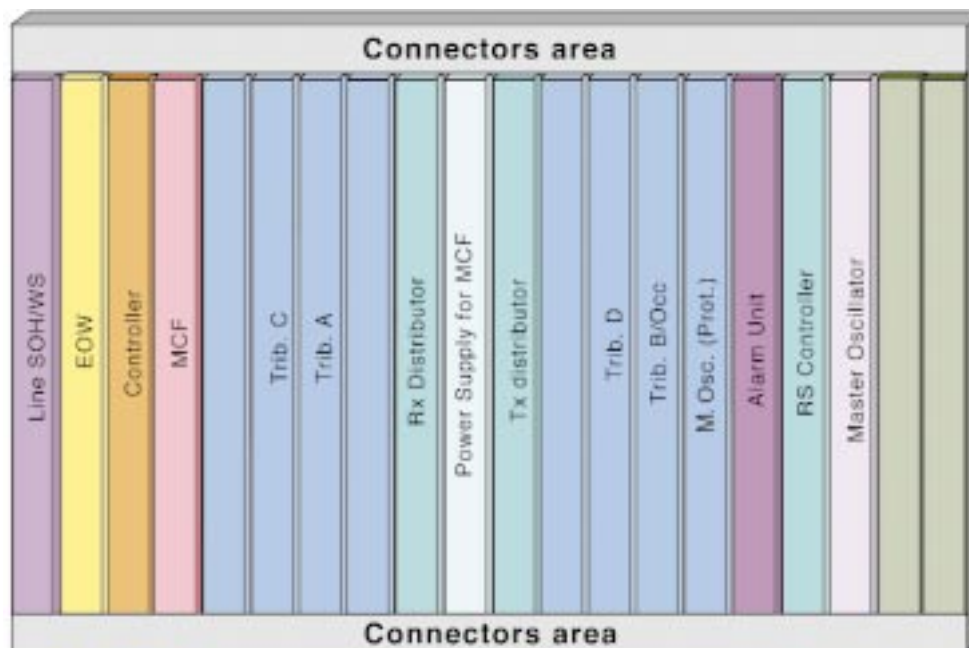


Figure 13 Baseband sub-rack - N:1 configuration

- The Tributary Interface units process signals accessing the radio system. One of the following units can be independently equipped, depending on the type of the signal to be processed:

- Electrical STM-1 signal interface
- Optical STM-1 signal interface

Furthermore, one of the previous cards can be utilized for the occasional channel, to fully exploit the radio capacity: when not busy, the stand-by bearer can be utilized to support a lower priority traffic channel.

Each tributary card integrates the hitless switch that allows a reliable switching operation.

Hitless Protection Switching

A multi-line protection switching is commonly used to improve the availability and the transmission quality of radio relay systems, by frequency diversity configuration.

The Multiplex Section Protection (MSP) defined in ITU-T Rec. G.782 cannot be applied in case of radio connection.

As a consequence, a radio link will have its own twin-path or multiline hitless protection switching system that will exhibit specific features, generally not required to line transport system, e.g. optical fiber.

With reference to SDH concepts, the Protection Switching operation could be implemented on the basis of two different approaches:

- 1) In case of terminal without MST the switch works at STM-1 signal level.

- 2) In case of terminal with MST the switching is performed on Virtual Container (VC-4).

System approach is configurable via SW on the basis of the chosen terminal configuration.

On the transmit side the Protection Switching splits every STM-1 signal into working channel and stand-by channel. Before reaching the receive side, SOH bytes are removed both from working channel and stand-by channel. The payload of the common transmit signal is thus present on both signal paths (main and stand-by), enabling the protection switching system to align signals and to perform an errorless switching.

The proposed configuration offers many advantages:

- In case of terminal with MST the Section Adaptation (SA) function is itself protected.
- The stand-by channel maintains continuous frame synchronization and services provision during protection system activity.
- It is no longer necessary to synchronize all the signals together on main and stand-by channel at the transmit side.

As a consequence, all modems stay synchronized without the need of other special measures.

The RS Controller provides the necessary switching information, indicated as SCS (Switching Control Signal), by means of a dedicated byte of RSOH, directly extracted/inserted from/into the modemodulator and transmitted by two separate radio channels to ensure the maximum protection and reliability.

The receiver digital switches incorporated in the tributary cards and the alignment

strategy assure the completely error-free transition from the working to the stand-by channel.

The automatic switching functionality, thanks to the very low switching time and to the capability of automatic alignment of the hitless switch, is a powerful mean to counteract selective fading and to provide high frequency diversity improvement.

In order to greatly improve the effectiveness of switching and to permit easy handling of the high quality data transmission, in addition to the 10^{-3} BER alarm threshold from parity bits evaluation, an "Early Warning" information (FAST BER) about the signal quality degradation drives the switch from faded to stand-by channel even in the worst practical dynamic conditions. Thanks to a powerful Viterbi decoder the FAST BER is continuously evaluated: four thresholds are available (10^{-12} , 10^{-10} , 10^{-9} , 10^{-6}) for the user, who can use two of them, only choosing via the local craft terminal.

Equipment Management

All the SDH products in the Siemens catalog use the same approach to the Telecommunication Management Network (TMN) from the point of view of hardware and software architecture in order to have the various network elements suitable for integration under a common management system.

This common platform bases, as shown in Fig. 14, upon the presence of a controller unit (SEMF) with the task of receiving and transmitting from/to the controlled units all the information required for system management.

An internal bus (S-Bus) allows the communication between the controller

and the units equipping the system with a master-slave structure; during normal operation the controller (master) cyclically polls the units (slaves) that, exceptionally, can be enabled to send spontaneous messages.

The information stored and processed by the controller (configuration, events, performance monitoring both before and after switch) are made available externally in different ways in order to allow the radio to be supervised by a traditional system or to be considered as a Network Element of a true Telecommunication Management Network. An alarm unit, after processing the alarm roots coming from the controller, makes them available

on a BB subrack connector as ground contacts. In such a way it is possible for a traditional supervisory system like DAS 64 by Siemens to collect alarms, analog measures (Tx power, Rx received field), B1, B2 parity bit violations for performance monitoring purposes, and receive remote controls, again as ground contacts, to operate the protection switching.

Obviously, all the units and blocks that compose the radio system provide visual indication (by LEDs) of their operating conditions.

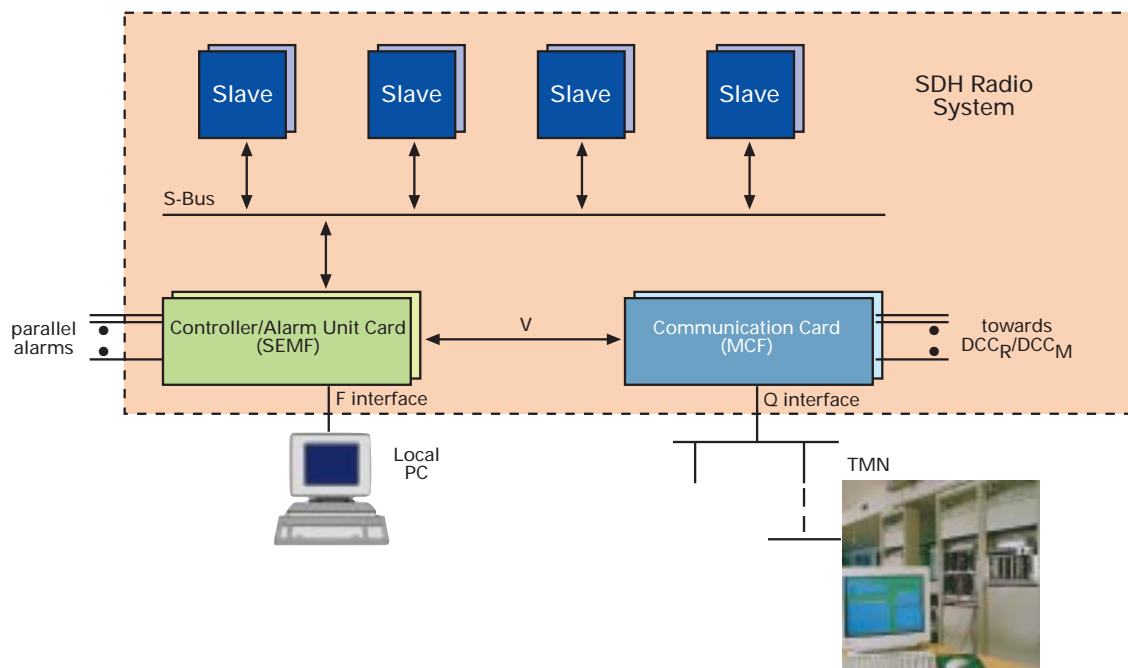


Figure 14 Equipment Management Architecture

Synchronous Radio Local Control

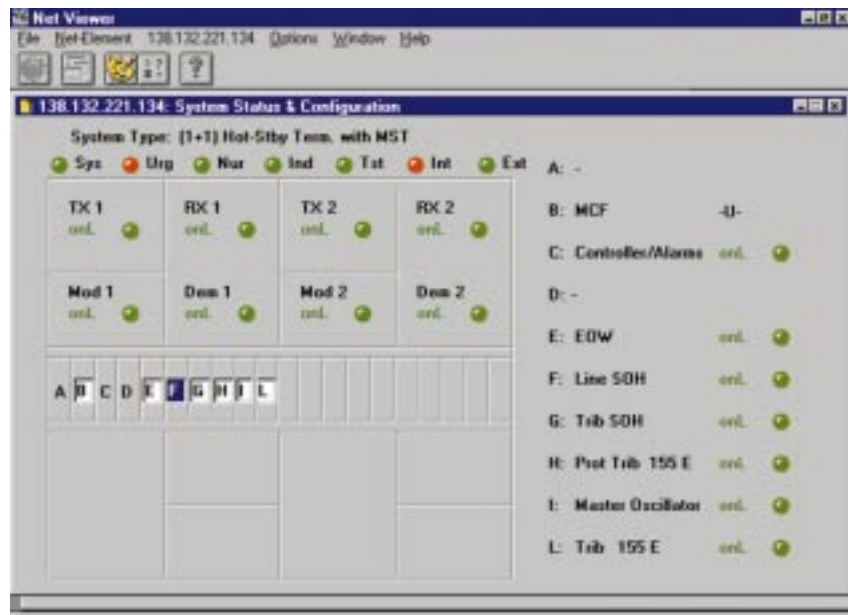
Besides the alarm facilities outlined above, all Siemens synchronous radio systems have a powerful local control managed by a Windows PC as craft-terminal. An F interface (RS-232-C), physically located in the front of the alarm unit, provides a serial data link for the connection to the craft-terminal.

The main functions performed by the Local Craft-Terminal (LCT) are:

1. **Local system configuration and parameters setting** as system type definition, Network Element address, ATPC activation/deactivation, synchronization source definition and priorities selection
2. **Fault management and alarm reporting** to integrate the information of LEDs
3. **System parameter and analog monitoring** where all alarm roots are shown as well as all system parameters (Tx output power, Local Oscillator characteristics, Rx received level, etc.)
4. **Performance management** where ITU-T Rec. G.826 parameters can be checked.

Synchronous Radio Remote Management

The communication between a radio equipment (Network Element) and its manager (Element Manager) is assured by the MCF unit connected to the controller through V-interface.



Application layer messages are sent to and received from the MCF unit and then routed by means of SDH Embedded Communication Channels (DCCs) or Q interface towards the Element Manager. All synchronous systems in the Siemens catalog, either radio, optical fiber or multiplexers (SR*, SL or SM) have a common platform as Element Manager to provide ITU-T Rec. M.3010 functions applied to transport network. Information about the Element Manager Features and characteristics are available under separate product descriptions.

Service facilities and synchronization

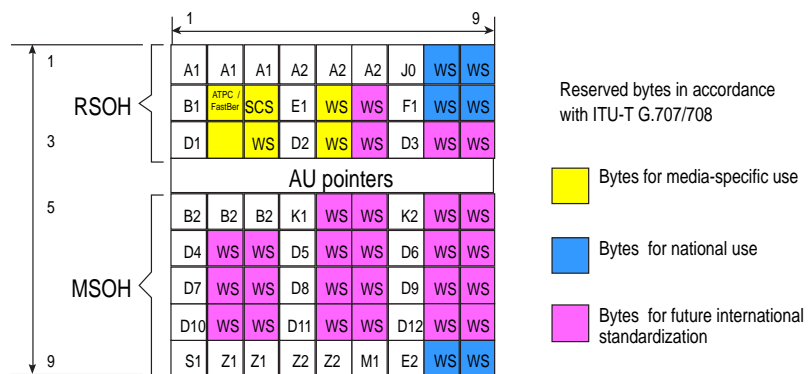
The SDH signal contains a substantial amount of standardized overhead bytes for operation, maintenance, communication and performance monitoring functions. There are two main types of overhead functions associated with Synchronous Digital Hierarchy: Path Overhead (POH) and Section Overhead (SOH).

An STM-1 frame consists of an AU-4 (or to an assembly of AU-3s) to which the Section Overhead capacity is added. The performance monitoring, and other maintenance and operational functions, can be added or modified without disassembling the STM-1, as required by various configurations of elements (e.g. intermediate regenerator monitoring, protection switching control, etc.).

The SOH bytes are split into two separate areas: rows 1 to 3 (27 bytes), the Regenerator Section Overhead (RSOH) are accessed and processed within the Regenerator Section while the 45 bytes of rows 5 to 9 of the SOH matrix are called Multiplex Section Overhead (MSOH) bytes, available for those equipment that operate within a Multiplex Section.

Table 2 summarizes the functions of SOH bytes in SRT family (according to ETSI/TM4, ITU-T/G.708 Study Group 18 and ITU-R Study Group 9) relying upon the current proposal for the use of 6 media-specific bytes (S22, S23, S25, S32, S33 and S35) of RSOH.

Regarding the possibility to make provisional use of all other SOH bytes (currently identified for future international standardization) for wayside traffic, etc., ITU-T agreed that these bytes, not being allocated for media-specific use, could be used for temporary applications up to ITU-T SG 18 specific standardization.



Rows 1-3	Rows 4-9	Names and Functions
6	-	(A1, A2); frame alignment bytes
1	-	B1; parity byte for regenerator section BER monitoring
-	3	B2; parity byte for multiplex section BER monitoring
1	-	J0; path trace identifier
3	9	(D1÷D3, D4÷D12); Data Communication Channels (DCC: DCCM and DCCR)
1	-	E1; regenerator section order-wire, for omnibus/express voice channel
-	1	E2; multiplex section order-wire, for omnibus/express voice channel
1	-	F1; user channel for temporary data/voice channel connections for special maintenance
-	9	pointer row
-	2	K1, K2; automatic protection switching signalling (multiplex section)
-	1	S1; timing marker byte
-	1	M1; FEBE (Far End Block Error) byte
-	4	Z1, Z2; spare bytes not yet defined
6	-	Bytes reserved for media-specific use: S22, S23: used for ATPC/FastBer and SCS S32: available media bytes also when 2 Mb/s wayside is present S25, S33, S35: used within 2 Mb/s wayside application
4	2	Bytes reserved for national use, available or used within wayside traffic
4	22	Bytes reserved for future standardization, temporary used for wayside traffic
Total 27	54	

Table 2 SRT 1C Radio SOH byte usage

The SRT 1C terminal equipment may also be configured via a simple SW setting in two modes, impacting the handling of SOH information and network functionality:

- With Multiplex Section Termination (MST).
- Without MST.

MST is an ITU-T standardized functional block which corresponds to the activation of some functionality inside the generic SDH network element. Specifically the most important functionality is the possibility to access, terminate and generate MSOH bytes.

Depending on the network application and the operator philosophy, MSOH bytes can be accessed and terminated (with MST) or transparently passed through (without MST) within a SRT 1C terminal, leaving the choice to the operator via local SW control.

Service facilities

A radio section, considered as a regenerator section, makes the following information available:

- ATPC and FASTBER: one byte (64 kbit/s), 3/4 of which is used for ATPC and 1/4 for Low/High FASTBER information
- SCS (Switching Control Signal): one byte (64 kbit/s)

In order to reduce hardware complexity and utilization Siemens approach allows a direct access to some SOH bytes on the modulator, thus avoiding the need of additional cards.

In particular:

- DCCR (192 kbit/s)
- ATPC/ FAST BER (64 kbit/s)
- SCS (64 kbit/s)

are directly inserted/extracted into/from the modulator.

The access to the following SOH channels are allowed by the SOH card:

- F1 (64 kbit/s)
- DCCM (576 kbit/s)
- Other free bytes of MSOH and RSOH.

An additional system facility is the protection of the SOH bytes: integrated switching functions allow to protect them in 1+1 configurations.

The EOW card makes available an Engineering order-wire channel at 64 kbit/s, inserted in the E1 or E2 bytes.

Synchronization options

A Master Oscillator card fulfils the requirements expressed by ITU-T Rec. G. 813 Recommendations about SDH system synchronization capability.

The Master Oscillator unit, fit directly into the Baseband Subrack, performs the main function of extraction of synchronism from the incoming STM-1 signal and its distribution; moreover this unit can accept a 2048 kHz reference clock signal.

Furthermore, to prevent the consequences of catastrophic events, when all the synchronism sources are lost, the Master Oscillator card provides

the so-called "Holdover mode", namely the capability of distributing the last synchronism stored in a memory with a frequency stability better than ± 4.6 ppm.

Pre-setting of priorities among the synchronization sources is possible both via Local Craft Terminal (LCT) and remote management system.



Equipment engineering

Mechanical Assembly

SRT 1C radio is housed, according to ETSI standard, in ETS 300-119 3,4 racks and subracks (2200 x 600 x 300 mm). This feature allows to minimize floor space use and to simplify rack installation.

For all plant operations and single functional block (subrack or unit) insertion and extraction, the system requires only front access, thus allowing both in-line and back to back installation. Waveguide run and cabling interconnection occupy the sides of the racks.

The different cards to equip the required configuration are plug-in inserted on the back plane of the relevant subrack and may be easily extracted, thus allowing a quick replacement in faulty conditions or a change in system configuration.

In order to ensure EMC/ESD counteraction, according to ITU-T/ETSI requirements, many efforts have been done in rack, subracks and unit shielding.



Technical data

Transceiver

Frequency range (GHz):

• 28/29.65 MHz bands	3.4-3.9	(OIRT standard)
	3.6-4.2	(ITU-R F.382-6 and F.635 CC only)
	4.4-5.0	(ITU-R F.746)
	5.6-6.1	(OIRT standard)
	5.9-6.4	(ITU-R F.383-5)
	7.1-7.7	(ITU-R F.385-5)
	7.7-8.2	(ITU-R F.386-4)
	7.9-8.4	(OIRT standard)
	8.2-8.5	(ITU-R F.386-4)
	12.7-13.3	(ITU-R F.497-4)
• 40 MHz bands	3.6-4.2	(ITU-R F.635-2)
	4.4-5.0	(ITU-R F.1099)
	6.4-7.1	(ITU-R F.384-5)
	10.7-11.7	(ITU-R F.387-6)

• *Bold Bands are covered also with the co-channel version*

TX output power (*)	4L - 4 - 5 - 6LL - 6L - 6U GHz	+29 dBm
	5 GHz/64 TCM	+28.5 dBm
	7 GHz	+27.5 dBm
	8 - 8U GHz	+27 dBm
	11 - 13 GHz	+26.5 dBm

Frequency stability ±30 ppm

IF Frequency 70 MHz

IF Frequency level -5 dBm

10⁻³ BER Threshold (**)	4L - 4 - 5 GHz/128 TCM	-73.5 dBm
	4 GHz / 64 TCM	-75.5 dBm
	5 GHz / 64 TCM	-75 dBm
	6LL - 6L GHz	-73 dBm
	6U GHz	-76 dBm
	7-8-8U GHz	-72.0 dBm
	11 GHz	-74.5 dBm
13 GHz	-72 dBm	

Branching losses vs. configuration (***)

• 1+1	1.5 dB
• 3+1	2.5 dB

(*) Including branching filter losses; +3dB if High Power Amplifier is adopted (available for 128 TCM systems).

(**) Including RF channel branching filter losses. In case of co-channel operation 0.5 dB of degradation shall be taken into account.

(***) Values referred to 6 GHz band.

Modemodulator

Modulation 128/64-4D "Full Digital" Trellis Coded Modulation with associated soft Viterbi decoding

Symbol rate 128 TCM: 23.929 Mbit/s
64 TCM: 28.276 Mbit/s

Information Bit/Symbol 6.5 (128 TCM-4D)
5.5 (64 TCM-4D)

Roll-off	0.215 (128 TCM-CC) 0.35 (64 TCM-CC) 0.35 (128 TCM-AP) 0.5 (64 TCM-AP)
Baseband equalization	11 taps ATDE (AP) 11 taps XPIC and 11 taps ATDE (CC)
Baseband & Protection Switching	
Baseband interfaces	STM-1 electrical (ITU-T Rec. G.703) STM-1 optical short-haul (ITU-T Rec. G.957 S.1-1)
Digital service and auxiliary capacities (*)	Section Overhead Processing: 2x64 kbit/s (express or omnibus order-wire) 576 kbit/s (data communication channels DCCM) 192 kbit/s (data communication channels DCCR) 1x64 kbit/s for SCS (Switching Control Signal) 1x64 kbit/s for ATPC and FAST BER Nx64 kbit/s (free bytes of MSOH and RSOH accessed by SOH cards)
A way-side traffic of 2 Mbit/s card can be optionally provided by using the not yet standardised bytes of SOH matrix.	
(*) Subject to change according to the final ETSI/ITU-T/ITU-R decision	
Maximum protected configuration	7+1 twin path
Switch type	Hitless "Error Free"
Switching Control Signal (SCS)	64 kbit/s on dedicated SOH byte
Switching criteria	*No data *Loss of Frame *FAST BER ("Early Warning"):four thresholds (10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-12}) from the Viterbi decoder *BER = 10^{-3} (from parity bits)
Operating Time	5 ms
Additional facilities	DADE, Dynamic phase difference automatic recovery
Power Consumption (from battery):	
Transceiver+ Modemodulator	110 W
Space diversity receiver	12 W
1xSTM-1 BB tributary interfaces	9 W

Environmental Conditions

The equipment complies with ETSI Recommendation ETS 300-019 referring to the following classes:

Operation and exceptional conditions	Class 3.1E
Transport	Class 2.3
Storage	Class 1.3

Electromagnetic Compatibility

The equipment complies with ETSI ETS 300-385.

Mechanical Practice

The equipment complies with ETSI ETS 300-119.

Acronyms and Abbreviations

ADC	Analog to Digital Converter	MCF	Message Communication Function
AIS	Alarm Indication Signal	MMSE	Minimum Mean Square Error
AM	Amplitude Modulation	Mod.	Modulator
AP	Alternate Pattern	MSOH	Multiplex Section OverHead
ASIC	Application Specific Integrated Circuit	MST	Multiplex Section Termination
ATDE	Adaptive Time Domain Equaliser	MW Lin.	Microwave Lineariser
ATPC	Automatic Transmit Power Control	NE	Network Element
AU	Administration Unit	PC	Personal Computer
BB	Base Band	PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
BER	Bit Error Ratio	PM	Phase Modulation
CC	Co-Channel	POH	Path OverHead
Cntrl.	Controller	QAM	Quadrature Amplitude Modulation
DAC	Digital to Analog Converter	RF	Radio Frequency
DADE	Differential Absolute Delay Equalization	RS Cntrl.	Radio Switching Controller
DCCM	Data Communication Channel Multiplex section	RSOH	Regeneration Section OverHead
DCCR	Data Communication Channel Regeneration section	Scr.	Scrambler
Dem.	Demodulator	SCS	Switching Control Signal
Desc.	Descrambler	SD	Space Diversity
Div.	Diversity	SDH	Synchronous Digital Hierarchy
DRO	Dielectric Resonator Oscillator	SEMF	Synchronous Equipment Management Function
EMC	ElectroMagnetic Compatibility	SL	Synchronous Line equipment
EOW	Engineering Order Wire	SMD	Surface Mounted Device
ETSI	European Telecommunication Standard Institute	SOH	Section OverHead
FEC	Forward Error Correction	SRT	Synchronous Radio for Trunk application
FET	Field Effect Transistor	SSPA	Solid State Power Amplifier
FIR	Finite Impulse Response	STM-1	Synchronous Transport Module 1 of the 1st order
HCDR	High Capacity Digital Radio	TCM-4D	Trellis Coded Modulation - 4 Dimensions
HCI	Human to Computer Interface	TMN	Telecommunication Management Network
HCMOS	High Complementary Metal Oxide Semiconductor	Trib.	Tributary
HEMT	High Electronic Mobility Transistor	VC-4	Virtual Container 4
HPA	High Power Amplifier	VLSI	Very Large Scale Integration
IF	Intermediate Frequency	WEST	Weighted Evaluation Strategy
ITU	International Telecommunication Union	WS	Way Side
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector	XPD	Cross Polarization Discrimination
ITU-T	ITU Standardization Sector	XPI	Cross Polarization Interference
LAN	Local Area Network	XPIC	Cross Polarization Interference Canceller
LCT	Local Craft Terminal		
LO	Local Oscillator		



Contact us:

Siemens Information and Communication Networks SpA
Sales Offices
Viale Europa, 45 - 20093 Cologno Monzese (MI) Italy
<http://www.siemens.it/ic/networks>
Phone +39.02.2733.1
Fax +39.02.2536135



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA CENTRO CULTURAL – 1.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA CENTRO CULTURAL – 2.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA CENTRO CULTURAL – 3.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA CENTRO CULTURAL – 4.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA HUACHI – 1.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA HUACHI – 2.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA HUACHI – 3.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA INGAHURCO – 1.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA INGAHURCO – 4.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA QUEROCHACA – 1.



FOTOS LÍNEA DE VISTA CELDA QUEROCHACA – 2.