

# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**



“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED ADSL2+  
APLICADO A LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRONICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

**VICTOR HUGO MARTINEZ TORRICO  
JAVIER EDUARDO DELGADO SABANDO  
GUSTAVO ANTONIO HASING ASIN**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2007**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por el apoyo espiritual en todo momento, por habernos brindado sabiduría y fortaleza para avanzar en la formación académica y personal.

A compañeros, amigos, profesores y a todas las personas que brindaron sostén y ayuda en el desarrollo de este trabajo de tesis.

Un agradecimiento especial a Pacifictel por haber abierto sus puertas para alcanzar nuestro objetivo.

A todos mil gracias y que Dios los bendiga.

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser nuestro creador y padre celestial.

A nuestros padres por su comprensión y apoyo incondicional en este largo camino de la vida.

A nuestros familiares y amigos por la ayuda ofrecida y desinteresada.

Para todos ellos está dedicado este trabajo, son parte del mismo.

# TRIBUNAL



Ing. Holger Cevallos

SUB-DECANO



Ing. José Escalante

DIRECTOR DE TOPICO



Ing. Washington Medina

MIEMBRO PRINCIPAL



Ing. Ivonne Martín

MIEMBRO PRINCIPAL

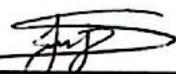
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
E. S. P. A.  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
BIBLIOTECA  
INV. No. TELT-SE-337-1

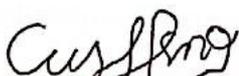
## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por el contenido explícito, detallado y expuesto en este trabajo de tesis, corresponden exclusivamente a los autores del mismo; y el patrimonio intelectual a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

  
Víctor Martínez Torrico

  
Javier Delgado Sabando

  
Gustavo Hasing Asin

# RESUMEN

En el capítulo I se hace una reseña del origen de la tecnología xDSL y las diferentes variantes pertenecientes a esta familia, para luego describir de forma clara y precisa el funcionamiento de la tecnología ADSL y las diferencias que posee con sus posteriores versiones como lo son ADSL2 y ADSL2+. Incluyendo además los diferentes tipos de modulación, códigos de línea y convergencia de servicios.

En este mismo capítulo se hace una mención sobre las diferentes tecnologías de acceso que tiene a la mano el usuario para poder contar con el servicio de Internet de Banda Ancha y la situación actual de la misma en nuestro país y el medio.

En el capítulo II se presenta una descripción de la red utilizada en el desarrollo del proyecto. También se presentan las herramientas con las cuales se procedería al estudio de factibilidad del mismo.

Una vez revisado lo mencionado anteriormente, se continúa con resultados y conclusiones en el análisis realizado a la red, describiendo el estado en que se encuentra la infraestructura de la misma.

El capítulo III trata exclusivamente del diseño de nuestra red ADSL2+, los equipos que serán necesarios para la realización del mismo y las distintas interconexiones que se utilizan para los servicios que presta.

Adicionalmente se presentan las diferentes aplicaciones que dispondría el cliente del servicio de ADSL2+ y la forma de administrar la red final diseñada.

En el capítulo IV se hace un estudio económico del proyecto, calculando el tiempo en el cual se recuperaría la inversión inicial a través de un sistema de tarifación determinado. Luego se presenta el análisis de los costos y los beneficios del proyecto, por último la rentabilidad del mismo.

Finalmente en el capítulo V se describen las ventajas y desventajas propias del uso de esta tecnología, tratando de dar de forma objetiva una visión clara de las características que hacen de esta tecnología una opción atractiva para el usuario final.

# INDICE GENERAL

<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1.- TECNOLOGIAS.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 ORIGEN DE LA TECNOLOGIA DSL.....</b>	<b>2</b>
1.1.2TECNOLOGIAS Xdsl.....	2
1.1.2.1 ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE (ADSL).....	5
1.1.2.2 SYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE (SDSL).....	5
1.1.2.3 HIGH bit-rate DIGITAL SUBSCRIBER LINE (HDSL).....	6
1.1.2.4 VERY high-bit-rate DIGITAL SUBSCRIBER LINE (VDSL).....	7
1.1.2.5 IDSN DIGITAL SUBSCRIBER LINE (IDSL).....	7
1.1.2.6 RATE ADAPTIVE DIGITAL SUBSCRIBER LINE (RADSL).....	8
1.1.2.7 CONSUMER DIGITAL SUBSCRIBER LINE (CDSL).....	9
1.1.2.8 MULTIRATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE (MDSL).....	9

1.1.2.9 UNI DIGITAL SUBSCRIBER LINE (UDSL).....	10
1.1.2.10 MULTIPLE VIRTUAL LINE (MVL).....	10
<b>1.2 DESCRIPCION FUNCIONAL DE LA TECNOLOGIA ADSL .....</b>	<b>12</b>
1.2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE ADSL .....	12
1.2.1.1 ELEMENTOS DE UNA RED ADSL.....	12
1.2.1.2 TIPOS DE MODULACION UTILIZADOS.....	22
1.2.1.2.1 CARRIERLESS AMPLITUDE PHASE MODULATION (CAP)....	23
1.2.1.2.2 DISCRETE MULTI-TONE MODULATION (DMT).....	25
1.2.1.3 CODIGOS DE LINEA EMPLEADOS EN ADSL.....	30
1.2.1.3.1 CODIFICACION REED-SOLOMON .....	30
1.2.1.3.2 CODIFICACION TRELLIS .....	32
1.2.1.4 ATM SOBRE ADSL .....	36
1.2.1.4.1 GENERALIDADES DE ATM .....	36
1.2.1.4.2 CONVERGENCIA DE SERVICIOS EN ATM.....	39
1.2.1.4.3 INTEGRACION DE ATM Y ADSL.....	49
1.2.2 EVOLUCION A ADSL2 Y A ADSL2+.....	60
1.2.2.1 NUEVAS CARACTERISTICAS .....	60

1.2.2.1.1 COMPORTAMIENTO DINAMICO DE ADSL2.....	60
1.2.2.1.2 VOZ CANALIZADA SOBRE ADSL2.....	63
1.2.2.1.3 AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGIA.....	65
1.2.2.1.4 MEJORA EN EL ALCANCE.....	68
1.2.2.1.5 MONITOREO Y DIAGNOSTICO DEL ESTADO DEL ENLACE..	70
1.2.2.2 IMA COMO COMPLEMENTO DE ATM.....	71
1.2.3 MEJORAS CON ADSL2+.....	75
<b>1.3 ACCESO A INTERNET POR BANDA ANCHA.....</b>	<b>79</b>
1.3.1 ¿QUE ES BANDA ANCHA?.....	79
1.3.2 TECNOLOGIAS DE ACCESO.....	80
1.3.2.1 ACCESO MEDIANTE DSL.....	80
1.3.2.2 ACCESO MEDIANTE CABLE MODEM.....	81
1.3.2.3 ACCESO POR SATELITE.....	83
1.3.2.4 ACCESO VIA RADIO LMDS.....	85
1.3.2.5 USO DE TECNOLOGIA PLC.....	88
1.3.2.6 ACCESO MEDIANTE FSO.....	89
1.3.2.7 ACCESO USANDO WIMAX.....	91

1.3.3 SITUACION DE LOS ACTUALES SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN EL MEDIO.....	93
---	----

## **CAPITULO 2.- SITUACION ACTUAL DE LA RED TELEFONICA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....100**

### **2.1 DESCRIPCION DE LA RED TELEFONICA DE GUAYAQUIL.....100**

2.1.1 DISPOSICION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS.....100

2.1.2 DISTRIBUCION DEL TENDIDO DE COBRE.....111

2.1.3 DETALLE DE LOS EQUIPOS EN LAS CENTRALES.....113

### **2.2 EVALUACION DEL ESTADO DE LAS REDES.....115**

2.2.1 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA EVALUACION DE LA RED.122

2.2.2 CAPACIDAD DE LA RED (ABONADOS).....133

### **2.3 ANALISIS Y DIAGNOSTICOS.....135**

2.3.1 ESTADO DE LAS CENTRALES (INFRAESTRUCTURA).....135

2.3.2 ESTADO DEL CABLEADO.....138

2.3.3 ESTADO DE LOS EQUIPOS .....139

2.3.4 ESCALABILIDAD DE LA RED.....142

<b>CAPITULO 3.- DISEÑO DE UNA RED ADSL2+ PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....</b>	<b>144</b>
<b>3.1 DESCRIPCION DE LA RED ADSL2+ .....</b>	<b>144</b>
3.1.1 INFRAESTRUCTURA Y UBICACIÓN DE LA RED.....	144
3.1.2 DISPOSICION DE EQUIPOS EN LA CENTRAL.....	151
3.1.3 DISTRIBUCION DE LA PLANTA EXTERNA.....	152
<b>3.2 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO.....</b>	<b>154</b>
3.2.1 EQUIPOS DEL LADO DEL USUARIO.....	154
3.2.2 EQUIPOS DEL LADO DE LA CENTRAL TELEFONICA.....	168
3.2.3 DESCRIPCION FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS.....	173
<b>3.3 SERVIDORES ADSL.....</b>	<b>181</b>
3.3.1 CARACTERISTICAS DE LOS SERVIDORES ADSL.....	181
3.3.2 TIPOS Y FUNCIONES PRESTADAS POR LOS SERVIDORES.....	184
<b>3.4 INTERCONEXIONES.....</b>	<b>189</b>
3.4.1 ACCESO AL CABLE PANAMERICANO.....	189
3.4.1.1 FUNCION QUE DESEMPEÑA EL CABLE PANAMERICANO.....	191
3.4.1.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	192

3.4.1.3 DESCRIPCION DEL ENLACE HACIA EL CABLE PANAMERICANO.....	195
3.4.2 UTILIZACION DE LA ESTACION TERRENA.....	197
3.4.2.1 CONEXIÓN A LA ESTACION TERRENA DE GUAYAQUIL.....	198
3.4.3 OTROS ACCESOS POSIBLES.....	200
<b>3.5 ADMINISTRACION DE LA RED ADSL.....</b>	<b>210</b>
3.5.1 DESCRIPCION DEL MANEJO A TRAVES DE SERVIDORES.....	210
3.5.2 SERVICIO TECNICO.....	211
3.5.3 MONITOREO DE LA RED ADSL.....	213
<b>3.6 APLICACIONES.....</b>	<b>215</b>
3.6.1 VOZ.....	215
3.6.2 DATOS.....	219
3.6.3 VIDEO.....	220
3.6.4 TRIPLE PLAY.....	223
<b>3.7 PROYECCION A FUTURO DE LA RED ADSL2+.....</b>	<b>229</b>
<b>3.8 ESQUEMA FINAL DE LA RED ADSL2+.....</b>	<b>230</b>

<b>CAPITULO 4.- ANALISIS ECONOMICO DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>232</b>
<b>4.1 BALANCE GENERAL DE COSTO BENEFICIO.....</b>	<b>232</b>
<b>4.2 RENTABILIDAD DEL PROYECTO.....</b>	<b>235</b>
<b>CAPITULO 5.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROYECT.....</b>	<b>239</b>
<b>5.1 VENTAJAS DEL USO DE ADSL2+.....</b>	<b>239</b>
5.1.1 MEJORAMIENTO DE VELOCIDAD Y ALCANCE.....	239
5.1.2 USO EFICIENTE DE ENERGIA.....	242
5.1.3 TASA DE TRANSFERENCIA ACEPTABLE.....	243
<b>5.2 LIMITACIONES DEL USO DE ADSL2+.....</b>	<b>247</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>249</b>
<b>ANEXO 1: Glosario.....</b>	<b>253</b>
<b>ANEXO 2: Acrónimos.....</b>	<b>269</b>
<b>ANEXO 3: Red SDH Pacifictel.....</b>	<b>275</b>
<b>ANEXO 4: Resultados de encuestas.....</b>	<b>276</b>
<b>ANEXO 5: Desglose de valores .....</b>	<b>280</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>286</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO 1</b>		
Figura 1.1	Historia de los estándares DSL y su impacto en el mercado DSL.....	11
Figura 1.2	Conexión Adsl básica.....	13
Figura 1.3	Funcionalidad del splitter en una red Adsl.....	14
Figura 1.4	Modelos y tipos de splitteres o filtros ADSL.....	14
Figura 1.5	Modelo de Referencia ADSL.....	15
Figura 1.6	Multiplexación por División de Frecuencias.....	28
Figura 1.7	Señales ascendentes y descendentes en FDM.....	29
Figura 1.8	Código Reed-Solomon.....	31
Figura 1.9	Codificador Trellis con k entradas, n salidas y memoria de orden m..	33
Figura 1.10	Árbol de Trellis para 4 estados y longitud de código L.....	35
Figura 1.11	Formato ATM y jerarquía.....	37
Figura 1.12	Formato de celda ATM.....	38
Figura 1.13	Capa de adaptación de ATM (AAL).....	42
Figura 1.14	Servicios ATM.....	49
Figura 1.15	ATM sobre ADSL.....	50
Figura 1.16	DSLAM ATM.....	54

Figura 1.17	Protocolos de ATM sobre ADSL.....	54
Figura 1.18	Modelos para la prestación de servicios con acceso ADSL.....	55
Figura 1.19	Encapsulado de IP sobre ATM según la RFC 1483.....	57
Figura 1.20	Header LLC.....	58
Figura 1.21	Header SNAP.....	59
Figura 1.22	Efecto del crosstalk en sistemas ADSL.....	61
Figura 1.23	CVoDSL y sus canales de dedicados .....	64
Figura 1.24	CVoDSL vs VoATM y VoIP.....	65
Figura 1.25	Comparativa de modos de energía entre ADSL Y ADSL2.....	68
Figura 1.26	Alcances de sistemas ADSL y ADSL2.....	69
Figura 1.27	IMA en el modelo de rereferencia ATM .....	73
Figura 1.28	Algoritmo Round-Robin para la distribución de celdas.....	74
Figura 1.29	Mejoras utilizando IMA.....	74
Figura 1.30	ADSL2+ dobla el ancho de banda de ADSL2.....	76
Figura 1.31	Comparativa de la tasa de datos de ADSL y ADSL2+.....	76
Figura 1.32	Reducción de crosstalk usando ADSL2+.....	77
Figura 1.33	Medios para el acceso a Internet.....	80
Figura 1.34	Arquitectura básica DSL.....	81
Figura 1.35	Red de Cable Módem.....	82
Figura 1.36	Diagrama de servicio de Internet mediante comunicación satelital...	84
Figura 1.37	Equipos necesarios en una red satelital.....	85
Figura 1.38	Red LMDS.....	86

Figura 1.39	Diferenciación de TDMA vs FDMA.....	87
Figura 1.40	Arquitectura PLC.....	89
Figura 1.41	Red FSO.....	90
Figura 1.42	Red Wimax y servicios.....	92
Figura 1.43	Penetración de Internet en países de Sudamérica.....	95
Figura 1.44	Número de usuarios de Internet en Ecuador.....	97
Figura 1.45	Participación de diferentes proveedores según número de usuarios.....	98
Figura 1.46	Número de cuentas dedicadas por proveedor.....	99

## **CAPITULO 2**

Figura 2.1	Red SDH de Pacifictel.....	103
Figura 2.2	Velocidades anillo Central.....	104
Figura 2.3	Velocidades anillo Norte.....	105
Figura 2.4	Velocidades anillo Sur.....	106
Figura 2.5	Velocidades anillo Este.....	106
Figura 2.6	Velocidades anillo Oeste.....	107
Figura 2.7	Diagrama esquemático de la red telefónica de Pacifictel.....	110
Figura 2.8	Caja de dispersión (Red Secundaria).....	111
Figura 2.9	Disposición de Equipos en la Central Norte.....	114
Figura 2.10	Cable multipar auto-soportado.....	115
Figura 2.11	Normas de fabricación para cables de exteriores.....	116
Figura 2.12	Cable de fibra óptica.....	117

Figura 2.13	Cable Coaxial.....	118
Figura 2.14	Conector para cable coaxial.....	120
Figura 2.15	Cable UTP.....	121
Figura 2.16	Conector RJ-45.....	121
Figura 2.17	Sistema de categorías.....	122
Figura 2.18	Equipos Fluke para comprobación del estado de las redes.....	123
Figura 2.19	Certificador Fluke DTX-1800.....	124
Figura 2.20	Módulos de fibra DTX.....	125
Figura 2.21	OptiFiber certificador OTDR.....	126
Figura 2.22	FT600 con sonda de video dual de 250/400 aumentos.....	127
Figura 2.23	Contaminación en la Fibra.....	128
Figura 2.24	Microscanner Fluke.....	129
Figura 2.25	Display del Microscanner Pro.....	129
Figura 2.26	Tester de continuidad.....	131
Figura 2.27	Cualificador de cobre.....	132
Figura 2.28	Instalación de abonados Pacifictel.....	134
Figura 2.29	Central Kennedy Norte.....	136
Figura 2.30	Central Guayacanes.....	136
Figura 2.31	Central Norte – Alborada.....	137
Figura 2.32	Central Alcatel 1000 E1.....	140
Figura 2.33	Multiplexor de fibra óptica Optix OSN 1500.....	141
Figura 2.34	Armario perteneciente a Pacifictel.....	143

### **CAPITULO 3**

Figura 3.1	Modelo referencial de la futura red ADSL2+.....	145
Figura 3.2	Norma de planificación y construcción de la red ADSL2+.....	148
Figura 3.3	Planimetría de central Kennedy Norte.....	149
Figura 3.4	Planimetría de central Norte.....	150
Figura 3.5	Planimetría de central Urdesa.....	150
Figura 3.6	Equipos de una Red ADSL.....	151
Figura 3.7	Planta Externa Central Kennedy Norte.....	153
Figura 3.8	Planta Externa Central Kennedy Norte (Francisco de Orellana).....	153
Figura 3.9	SmartAX MT882.....	155
Figura 3.10	Descripción de puertos de SmartAX MT882.....	156
Figura 3.11	Leds vista frontal del SmartAX MT882.....	157
Figura 3.12	Acceso al equipo Huawei.....	158
Figura 3.13	Configuración ATM del SmartAX MT882.....	159
Figura 3.14	Vista frontal del ADSL X3.....	161
Figura 3.15	Puertos del ADSL X3.....	163
Figura 3.16	Gráfica de configuración básica del ADSL X3.....	165
Figura 3.17	Splitter Excelsus serie Z-330TJA.....	166
Figura 3.18	Modo de conexión de splitter Excelsus.....	166
Figura 3.19	DSLAM SmartAX MA5100.....	168
Figura 3.20	Operabilidad del SmartAX series y topologías.....	171
Figura 3.21	Estructura interna del MA5100.....	172

Figura 3.22	Soluciones ofrecidas por el MA5100.....	172
Figura 3.23	Modems de una red ADSL2+.....	174
Figura 3.24	Esquema de red ADSL utilizando splitter en el lado del usuario.....	176
Figura 3.25	Esquema de red ADSL utilizando microfiltros en el lado del usuario.	177
Figura 3.26	Diferencias de conexiones utilizando filtros y splitters.....	178
Figura 3.27	Roseta telefónica.....	178
Figura 3.28	Conexión CTI Guayaquil – Puerto IP Chile.....	190
Figura 3.29	Conexión CTI Guayaquil – NAP Américas.....	191
Figura 3.30	Cable Submarino Panamericano.....	192
Figura 3.31	Multiplexor SDH Huawei Optix OSN 2500.....	194
Figura 3.32	Tasas SDH.....	195
Figura 3.33	Esquema de interconexión de la sección Ecuador.....	197
Figura 3.34	Diagrama funcional de la Estación Terrena de Guayaquil.....	200
Figura 3.35	Redes de fibra óptica en el Ecuador.....	201
Figura 3.36	Cable Arcos.....	203
Figura 3.37	Cable Maya 1.....	204
Figura 3.38	Cable Global Crossing en Sur América.....	206
Figura 3.39	Cable SAM-1.....	207
Figura 3.40	Descripción del enlace al SAM-1.....	209
Figura 3.41	Esquema general de provisionamiento del servicio ADSL2+.....	212
Figura 3.42	Esquema del monitero del servicio ADSL2+.....	214
Figura 3.43	Esquema de Voz IP.....	216

Figura 3.44	Adaptador de teléfono análogo Linksys.....	217
Figura 3.45	Teléfonos IP Cisco Systems.....	218
Figura 3.46	Programas para comunicación por voz IP.....	219
Figura 3.47	Videoconferencia.....	220
Figura 3.48	Diagrama TRIPLE PLAY en ADSL2+.....	223
Figura 3.49	Esquema de distribución de programación con IPTV.....	225
Figura 3.50	Ejemplo de guía de video bajo demanda.....	226
Figura 3.51	Ejemplo de guía de programación IPTV.....	226
Figura 3.52	Módem BeWan ibox.....	228
Figura 3.53	Esquema de una red con BeWan ibox.....	228

## **CAPITULO 5**

Figura 5.1	Gráfica de Velocidad vs Atenuación en ADSL2+.....	240
Figura 5.2	Tasas alcanzadas de las distintas tecnologías ADSL.....	242
Figura 5.3	Aprovechamiento del canal de banda vocal.....	244
Figura 5.4	Tasas alcanzadas por ADSL2+ en comparativa.....	245
Figura 5.5	Líneas ADSL enlazadas para ofrecer mayores anchos de banda.....	246
Figura 5.6	Relación distancia vs velocidad para ADSL2 y ADSL2+.....	248

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO 1</b>		
Tabla 1.1	Comparación de las tasas de descarga de módem telefónico y DSL.....	4
Tabla 1.2	Velocidades máximas y distancias del SDSL.....	6
Tabla 1.3	Bandas de frecuencias y tasas de bits ADSL, HDSL,SDSL,VDSL.....	7
Tabla 1.4	Comparación de las tecnologías DSL.....	10
Tabla 1.5	Comparativa de familia ADSL con distancias convencionales.....	60
Tabla 1.6	Penetración de Internet en Ecuador según CONATEL año 2006.....	94
Tabla 1.7	Penetración de Internet en Ecuador según la SUPTEL año 2006.....	95
Tabla 1.8	Penetración de banda ancha según proveedores.....	96
<b>CAPITULO 2</b>		
Tabla 2.1	Tipo de cable empleado.....	120
Tabla 2.2	Abonados telefonía fija Pacifictel.....	133
<b>CAPITULO 3</b>		
Tabla 3.1	Descripción de puertos del ADSL X3.....	163
Tabla 3.2	Protocolos utilizados.....	222
Tabla 3.3	Requisitos para el servicio a ofrecer.....	227

## **CAPITULO 4**

Tabla 4.1	Planes ofertados.....	233
Tabla 4.2	Proyección de clientes nuevos por año.....	233
Tabla 4.3	Inversión inicial.....	234
Tabla 4.4	Valores de Betas.....	237

## **CAPITULO 5**

Tabla 5.1	Características ADSL2+.....	239
Tabla 5.2	Número de subcanales en las distintas bandas.....	240
Tabla 5.3	Márgenes de atenuación y ruido.....	241
Tabla 5.4	Estados de gestión de potencia.....	243

# CAPITULO I

## 1 TECNOLOGÍAS

### 1.1 ORIGEN DE LA TECNOLOGIA DSL

#### 1.1.2 TECNOLOGIAS xDSL

Desde que se comenzaron a popularizar las computadoras a finales de los 70, surgió la necesidad de comunicarlás a fin de poder compartir datos o poder conectar controladoras de terminales (*clusters*). Lo más común era que estos equipos estaban lo más alejados posibles entre sí. Una de las soluciones más baratas y eficientes era usar la línea telefónica debido a que tenía un costo razonable y su grado de cobertura era muy amplio.

La red telefónica es ideal para ser el soporte de las comunicaciones, puesto que está implantada y es capaz de llegar a casi cualquier rincón del mundo. Las líneas telefónicas de cobre actuales llevan comunicaciones de voz a velocidades de 28.8 Kbps (54 Kbps con ayuda de software) y no exigen ningún hardware adicional.

Bajo estas características nace xDSL<sup>1</sup> (*x Digital Subscriber Line*), tecnología que soporta un gran ancho de banda con unos costos de inversión relativamente bajos y que trabaja sobre la red telefónica existente. Además la facilidad de instalación de los equipos xDSL reduce los costos por tiempo. Los servicios basados en xDSL se han establecido como una solución para el acceso de banda ancha a datos, tanto en los mercados comerciales como residenciales.

La primera especificación sobre la tecnología xDSL data de 1.987 y fue definida por Bell Communications Research, la misma compañía precursora de la tecnología RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). En ese momento la aplicación de la tecnología xDSL estaba dirigida a suministrar video bajo demanda y aplicaciones de televisión interactiva sobre el par de cobre.

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. Es una tecnología en la cual es requerido un dispositivo xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan flujos de datos en formato digital y lo superponen a una señal analógica de alta velocidad.

---

<sup>1</sup>xDSL es el acrónimo utilizado para referirse a la serie de tecnologías digitales que funcionan sobre el par de cobre.

En los servicios xDSL, el envío y recepción de datos se realiza a través de un módem dependiendo del tipo de xDSL utilizado. En algunos casos es necesario la presencia de un *splitter* el cual permite la utilización simultánea del servicio telefónico y del servicio xDSL. Estos se colocan delante de los módems del usuario y de la central con la finalidad de separar las señales en alta frecuencia (datos) y baja frecuencia (voz).

Dependiendo de la tecnología xDSL utilizada, esta trabaja de forma simétrica (se requiere la misma velocidad desde la central al usuario y viceversa) y forma asimétrica (en la cual la velocidad desde la central al usuario es diferente a la del usuario a la red).

<b>TASA DE DESCARGA</b>			
<b>Velocidad de la conexión</b>	<b>Pagina web</b>	<b>3 minutos de mp3 (3Mbytes)</b>	<b>30 segundos de Video</b>
28.8 kbps	9 segundos	15 minutos	4 horas
56 kbps	4,5 segundos	7,5 minutos	2 horas
DSL (1,5Mbps)	1 segundo	15 segundos	5 minutos

**Tabla 1.1** Comparación de las tasas de descarga de módem telefónico y DSL

### **1.1.2.1 ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE (ADSL)**

ADSL es una de las tecnologías de la familia xDSL que trabajan sobre la red telefónica pública. Esta tecnología se ha implementado de una manera rápida alrededor del mundo. ADSL permite conseguir velocidades de hasta 8 Mbps. Al ser asimétrica, tiene la ventaja de poder darle un mayor ancho de banda al canal de bajada de la información (de Internet al usuario) que al canal de subida (del usuario a Internet). Entonces si tenemos un ADSL de 2 Mbps, tendríamos un canal de bajada de 2 Mbps y un canal de subida de 128 Kbps.

### **1.1.2.2 SYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE (SDSL)**

Es muy similar a la tecnología HDSL (*high bit-rate DSL*), por que soporta transmisiones simétricas de hasta 2.32 Mbps. Esta tecnología tiene el mismo ancho de banda tanto para el canal de subida como para el canal de bajada de datos. Tiene la desventaja de que la línea telefónica sobre la cual se instala no se puede usar para el servicio telefónico. Esta tecnología es ideal para pequeñas y medianas empresas que necesitan tanto bajar como cargar datos en la red.

VELOCIDADES Y DISTANCIAS DEL SDSL	
DISTANCIA DESDE LA CENTRAL	VELOCIDAD MAXIMA
3km	1,5Mbps
4km	1,1Mbps
5km	784kbps
6km	416kbps
7km	160Kbps

**Tabla 1.2** *Velocidades máximas y distancias del SDSL*

### 1.1.2.3 HIGH bit-rate DIGITAL SUBSCRIBER LINE (HDSL)

High bit-rate Digital Subscriber Line permite establecer una conexión simétrica de hasta 2.3 Mbps. Las técnicas avanzadas de modulación HDSL transmiten a 1.544 Mbps ó 2.048 Mbps en anchos de banda que van de 80 Khz. a 240 Khz. Una desventaja de esta tecnología es que una vez que se instala, el par de cobre no puede ser utilizado para el servicio telefónico. Los módems HDSL permiten la transferencia de datos por un par telefónico de forma unidireccional de 1,544 Mbps (T1) ó 2,048 Mbps (E1), por lo que para la comunicación bidireccional son necesarios dos pares. En este caso por cada par se transmite y recibe un flujo de 1024 Kbps respectivamente.

#### 1.1.2.4 VERY high-bit-rate DIGITAL SUBSCRIBER LINE (VDSL)

Esta tecnología permite transmitir datos a una velocidad máxima de bajada que está entre 13 y 52 Mbps, para distancias menores a 1.3 kilómetros de la central telefónica. Para el canal de subida la velocidad varía entre 1.6 y 2.3 Mbps. Esta tecnología se la puede usar en redes de fibra óptica y trabaja en modo simétrico o asimétrico. Una ventaja de esta tecnología es la alta velocidad la cual permite ofrecer diferentes servicios.

Técnica	Banda de frecuencias	Tasa de bits
ISDN 2B1Q	10 Hz - 50 kHz	144 kbps
ADSL sobre POTS	25.875 kHz a 1.104 MHz	Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US
ADSL sobre ISDN	138 kHz a 1.104 MHz	Hasta 8 Mbps DS, 640 kbps US
HDSL 2B1Q (3 pares)	0.1 kHz - 196 kHz	2 Mbps
HDSL 2B1Q (2 pares)	0.1 kHz - 292 kHz	2 Mbps
HDSL CAP (1 par)	0.1 kHz - 485 kHz	2 Mbps
SDSL	10 kHz - 500 kHz	192 kbps a 2.3 Mbps
VDSL	300 kHz - 10/20/30 MHz	Hasta 24/4 DS/US, y hasta 36/36 en modo simétrico

Tabla 1.3 Bandas de frecuencias y tasas de bits ADSL, HDSL,SDSL,VDSL

#### 1.1.2.5 IDSN DIGITAL SUBSCRIBER LINE (IDSL)

IDSL es un sistema que transfiere señales de la red digital del servicio integrado (ISDN) sobre la línea telefónica utilizando principios de transmisión DSL. La red digital del servicio integrado es un sistema de red telefónica digital, que fue desarrollada para mejorar las líneas telefónicas análogas existentes con

comunicación digital. Las redes ISDN han sido de gran ayuda para servicios de telecomunicación avanzados y estándares universales de interfaces definidos que se utilizan en sistemas cableados e inalámbricos. ISDN provee varios canales de comunicación a los usuarios mediante una línea digital de transmisión estandarizada. También se provee en dos formatos de interfaz: a una tasa básica destinado para los hogares y a una tasa de alta velocidad, destinadas para las empresas. La interfaz de tasa básica (BRI) es de 144 Kbps y esta dividida en tres canales digitales llamados 2B + D. El canal B opera a una tasa de sincronización digital de 64 Kbps y el canal D es un canal de control de 16 Kbps.

#### **1.1.2.6 RATE ADAPTIVE DIGITAL SUBSCRIBER LINE (RADSL)**

Línea de Abonado digital (RADSL) es una tecnología desarrollada por la empresa *Westell*, la cual se basa en cambiar la velocidad de transmisión de datos sobre la línea telefónica donde se encuentre instalado el servicio de ADSL según ésta lo requiera, por medio de un software. Hay factores que mejoran la calidad de servicio como tener una línea telefónica de alta velocidad o que el usuario se encuentre cerca de la central telefónica. RADSL trabaja de una forma asimétrica asignando relativamente mas ancho de banda para las descargas. Se puede decir que RADSL es una versión inteligente de ADSL que

se adapta cada vez que se establece el enlace a diferencia de ADSL que lo hace solo al iniciar el módem ADSL.

#### **1.1.2.7 CONSUMER DIGITAL SUBSCRIBER LINE (CDSL)**

Es una tecnología DSL desarrollada por la compañía Rockwell International. CDSL tiene la ventaja que no necesita ser instalado en el extremo del cliente (la presencia de un filtro en la ubicación del cliente), lo que ocasiona una limitación en la velocidad de 128Kbps en el canal de subida y 1Mbps en el canal de bajada.

#### **1.1.2.8 MULTIRATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE (MDSL)**

MDSL fue creada para que el proveedor de servicios pueda brindar una mayor flexibilidad a los clientes. Esta opera a una variedad de tasas lo cual hace que tenga una importante ventaja sobre HDSL. También amplía el rango de cobertura máxima a 8.8 Kilómetros. Es la única tecnología que puede soportar canales de voz múltiples y conectividad de Internet a alta velocidad introduciendo canales de voz en la transmisión de datos. La tecnología MDSL permite que la velocidad de transmisión se adapte a la velocidad del DTE, proporcionando así un mayor alcance sobre dos o cuatro cables a velocidades entre 64 Kbps y 2.3 Mbps.

### 1.1.2.9 UNI DIGITAL SUBSCRIBER LINE (UDSL)

Esta tecnología eleva el ancho de banda al nivel necesario para proporcionar televisión de alta definición (HDTV) y otros servicios de video, así como voz y datos a través de los usuarios. Soporta una velocidad de hasta 200 Mbps a través de una línea DSL la cual puede usarse para transmitir de forma simétrica, o asimétrica de 100 Mbps.

### 1.1.2.10 MULTIPLE VIRTUAL LINE (MVL)

Línea Múltiple virtual es una tecnología desarrollada por *Paradyne Corporation*. Se puede compartir hasta ocho comunicaciones en una sola línea. Soporta distancias hasta 8 kilómetros para velocidades de hasta 768 Kbps. Estos módems no requieren el uso de filtros.

COMPARACION DE LAS TECNOLOGIAS DSL						
Tipo	Comparte uso con teléfono	Asimétrico	Simétrico	Velocidad máxima	Distancia máxima	Requiere filtro
ADSL	si	si	no	640 Kbps / 8Mbps	6 Km	si
SDSL	no	no	Si	2,32 Mbps	6 Km	no
HDSL	no	no	si	2,32 Mbps	6 Km	no
SHDSL	no	no	si	2,32 Mbps	7 Km	no
CDSL	si	si	no	128 Kbps / 1Mbps	6 Km	no
IDSL	no	no	si	144 Kbps	12 Km	no
UDSL	si	si	no	512 Kbps/1,5 Mbps	6 Km	no
MVL	si	si	no	768 Kbps	8 Km	no
RADSL	si	si	no	640 Kbps / 8Mbps	---	si
VDSL	si	Si	si	6 Mbps / 52 Mbps	1,5 Km	---

**Tabla 1.4** Comparación de las tecnologías DSL

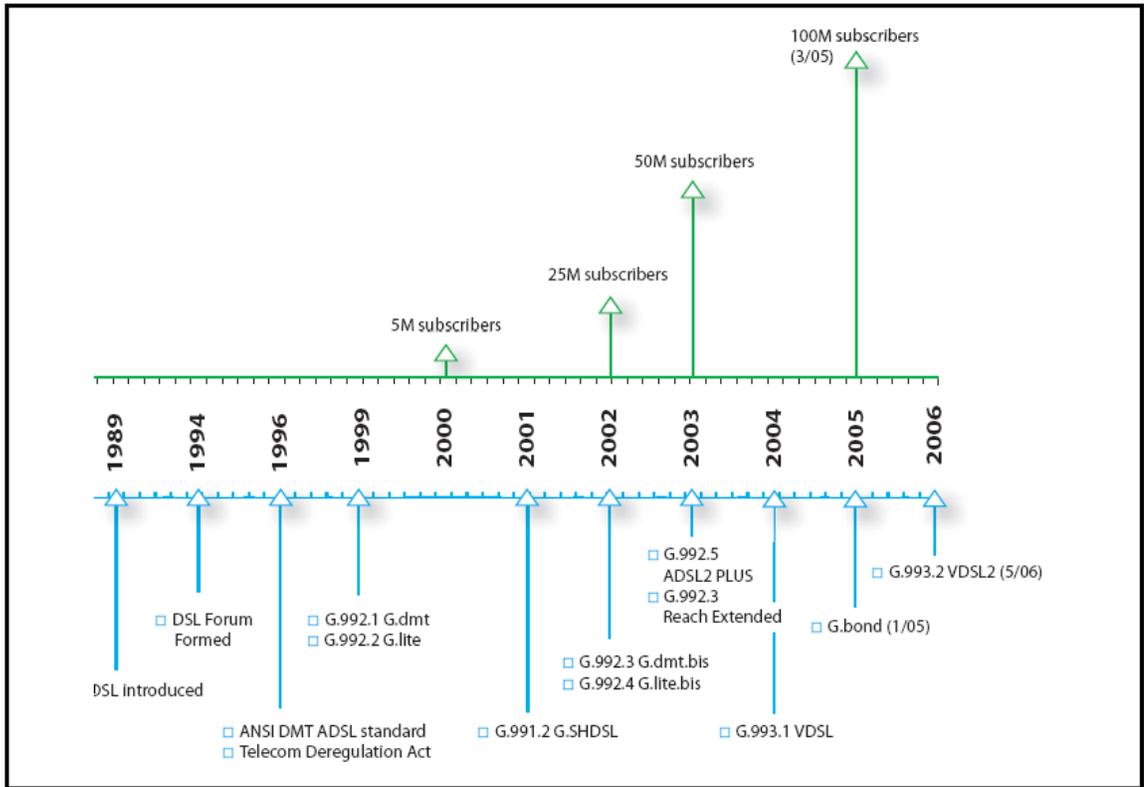


Figura 1.1 Historia de los estándares DSL y su impacto en el mercado DSL

## **1.2 DESCRIPCION FUNCIONAL DE LA TECNOLOGIA ADSL**

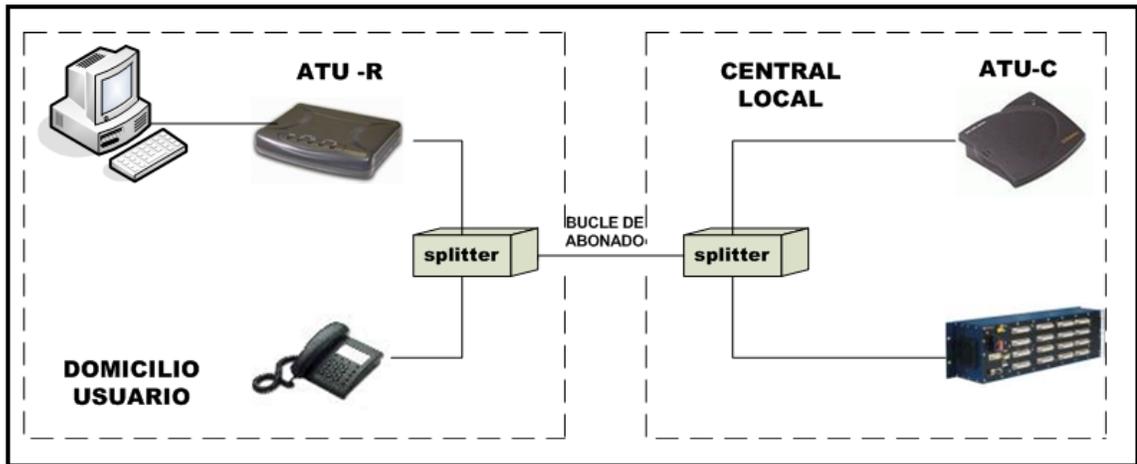
### **1.2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE ADSL**

#### **1.2.1.1 ELEMENTOS DE UNA RED ADSL**

ADSL es una tecnología de comunicaciones que permite la transmisión rápida de datos sobre las líneas de cobre telefónicas mediante el uso de un módem ADSL. Una de las características es que se trata de un sistema asimétrico en el que la velocidad de transmisión en ambos sentidos no es la misma, esto quiere decir que una de las velocidades sea de bajada o subida tiene que ser mayor. Esto por lo general se da en conexiones a Internet, la velocidad de bajada (del Internet al host) suele ser mayor que la de subida (del host a Internet).

La principal diferencia entre los módems tradicionales (56 Kbps) y los módems ADSL es que estos últimos modulan en otro rango de frecuencias que van desde 24 KHz hasta los 1.104 KHz permitiéndoles coexistir en un mismo bucle de abonado con el servicio telefónico, no así los normales que operan en el rango de 300 hasta 3.400 Hz para modulación de voz.

La conexión ADSL es una conexión asimétrica, con lo que los módems situados en la central y en casa del usuario son diferentes. En la siguiente figura vemos un esquema básico de cómo es una conexión ADSL.



**Figura 1.2** *Conexión Adsl básica*

En la misma figura podemos observar que a dichos modems los hemos denominado ATU-R ó ADSL Terminal Unit-Remote para el módem situado del lado del usuario y ATU-C ó "ADSL Terminal Unit-Central para el módem ubicado del lado de la central; y delante de ellos se han ubicado dispositivos llamados splitters. Un splitter no es más que un conjunto de dos filtros: un paso alto y otro paso bajo. La finalidad de cada uno de ellos es separar las señales transmitidas por el bucle de abonado; es decir separar las señales de alta frecuencia (ADSL) de las de baja frecuencia (telefonía).

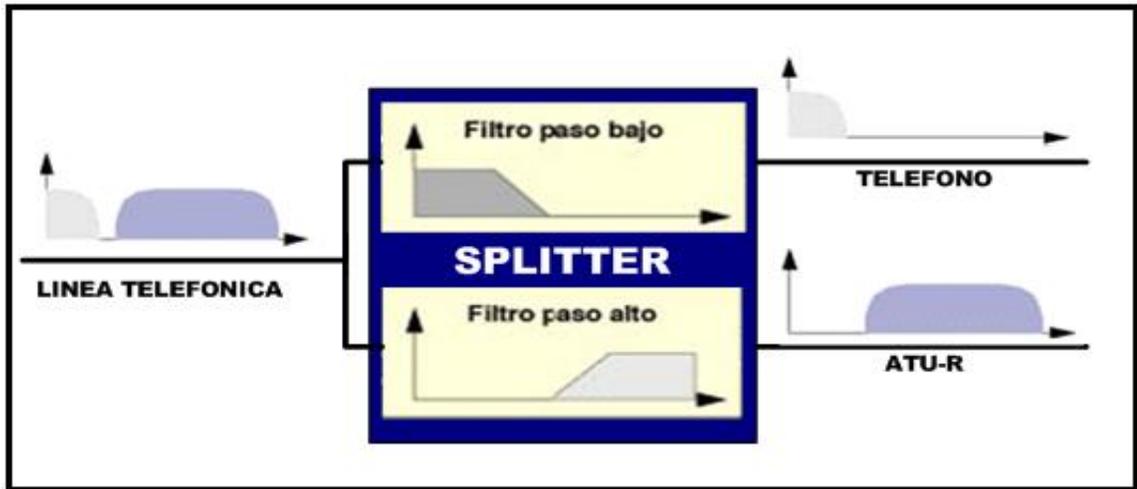


Figura 1.3 Funcionalidad del splitter en una red Adsl



Figura 1.4 Modelos y tipos de splitters o filtros ADSL

A continuación se muestra un modelo más completo de una arquitectura ADSL, el mismo que consta de dos partes bien diferenciadas. La primera parte describe cada uno de los componentes en el lado de la Central Telefónica o conocida también como Oficina Central (CO), y la segunda parte corresponde y explica cada uno de los componentes utilizados en el lado del Usuario Local con sus respectivas interfaces.

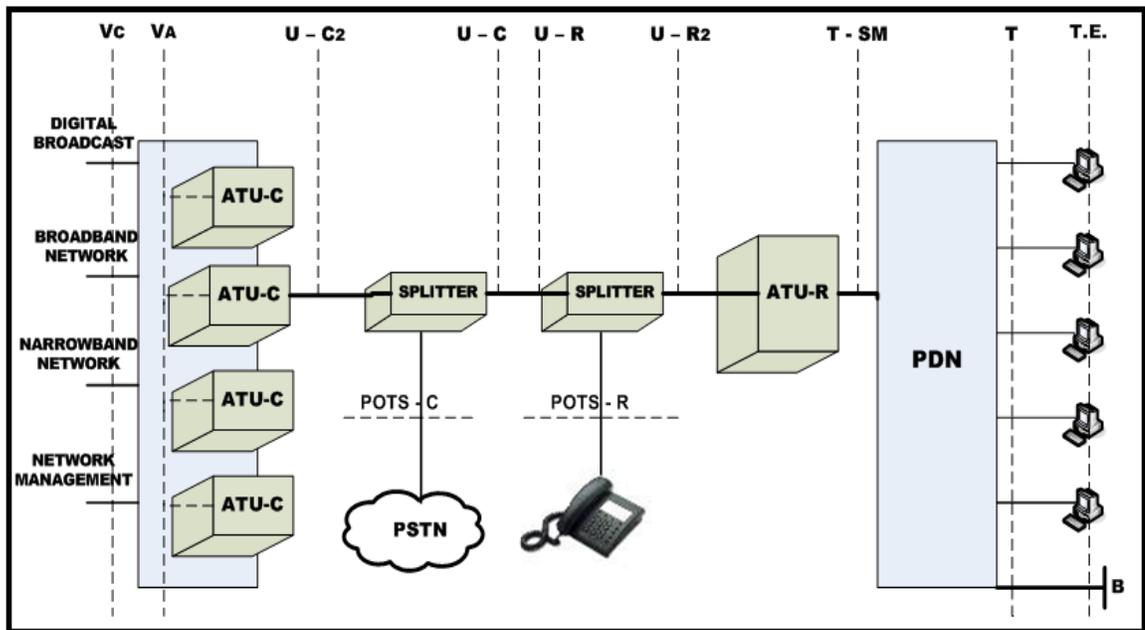


Figura 1.5 Modelo de Referencia ADSL

En lo que corresponde a la primera parte, los componentes del lado de la Central tenemos:

### **ATU-C (ADSL Terminal Unit Central)**

La unidad central terminal ADSL ó ATU-C es una unidad de transmisión a la red final, y es la que nos permite la conexión entre los splitters del lado de la CO con el nodo de acceso o DSLAM. Esta unidad puede estar integrada dentro del nodo de acceso.

### **Splitter**

Los splitters son filtros que separan altas frecuencias (ADSL) y bajas frecuencias (POTS). El splitter puede ser integrado dentro de la unidad Terminal ADSL, físicamente separada de un ATU o dividida entre pasa alto y pasa bajo. Estos splitters los encontramos tanto en lado de la Oficina Central como en el lado del usuario final.

### **PSTN (Public Switched Telephone Network)**

La red telefónica pública conmutada es una red con conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real. Cuando llama a alguien, cierra un conmutador al marcar y establece así un circuito con el receptor de la llamada. PSTN garantiza la calidad del servicio (QoS) al dedicar el circuito a la llamada hasta que se cuelga el teléfono. Independientemente de si los participantes en la llamada están hablando o en

silencio, seguirán utilizando el mismo circuito hasta que la persona que llama cuelgue.

### **Digital Broadcast**

Entrada de datos de banda ancha en modo simple, generalmente para la difusión de video.

### **Broadband Network**

Sistema de conmutación para tasas de datos por encima de 1.5 a 2.0 Mbps.

### **Narrowband Network**

Sistema de conmutación para tasas de datos por debajo de 1.5 a 2.0 Mbps (Red de banda angosta).

### **Network Management**

Aplicación utilizada para administración de la red.

### **Interfaz Vc**

Interfaz entre el nodo de acceso y la red. Puede tener múltiples conexiones físicas aunque también puede llevar todas las señales a través de una conexión

simple. Una portadora digital puede fácilmente ser interpuesta en la interfaz Vc cuando el nodo de acceso y una ATU-C están localizados en un lugar remoto. La interfaz a la PSTN puede ser una universal tip-ring o una interfaz telefónica multiplexada como la especificada en Bellcore TR-08.

### **Interfaz V<sub>A</sub>**

Interfaz lógica entre la ATU-C y el nodo de acceso.

### **Interfaz U-C**

Interfaz entre el lazo y un POTS splitter en el lado de la red. Ambos extremos se presentan por separado debido a la asimetría en la línea.

### **Interfaz U-C<sub>2</sub>**

Interfaz entre un POTS y la ATU-C.

### **Interfaz POTS-C**

Interfaz entre la PSTN y el POTS splitter en el lado de la central.

## **Nodo de Acceso**

Punto de concentración para los datos de banda ancha y de banda estrecha. El nodo de acceso puede estar situado del lado de la Oficina Central o en un sitio remoto. También un nodo de acceso remoto puede depender de otro nodo de acceso en la central. Un nodo de acceso dentro de la central es el DSLAM.

En lo que respecta a la segunda parte, los componentes del lado del usuario tenemos:

### **ATU-R (ADSL Terminal Unit Remote)**

Denominación empleada para designar el terminal de conexión del usuario, es decir se trata del dispositivo ADSL propiedad del usuario mediante el que tiene enlace a la red. Puede ser integrada dentro de un módulo de servicio.

### **POTS (Plain Old Telephone Service)**

Se refiere a la manera en como se ofrece el servicio telefónico analógico (o convencional) por medio de hilos de cobre. Este servicio es conocido como *viejo* o *tradicional* debido a que es el usado desde la invención del teléfono, que en las últimas décadas la introducción de medios electrónicos y computacionales ha supuesto la creación de la telefonía digital.

### **PDN (Premises Distribution Network)**

Sistema para conectar una ATU-R con los módulos de servicio. Puede ser punto a punto o de múltiples puntos; y el cableado puede ser pasivo o una red activa. De múltiples puntos puede ser tipo bus o estrella.

### **SM (Service Module)**

El módulo de servicio realiza funciones de adaptación para la terminal. Por ejemplo una conexión entre equipos de red, interfaces entre PCs o un router en una red LAN.

### **Interfaz T**

Interfaz entre la red de distribución local y los módulos de servicio. Puede ser igual a una interfaz T-SM cuando la red es pasiva punto a punto. La interfaz T puede desaparecer en el nivel físico cuando la ATU-R se integra a un módulo de servicio.

### **Interfaz T-SM**

Interfaz entre la ATU-R y la red de distribución local. Puede ser una T cuando tenemos una red pasiva punto a punto. Una ATU-R puede tener más de un tipo de interfaz T-SM implementada, por ejemplo un T1, E1 y una conexión Ethernet.

### **Interfaz POTS-R**

Interfaz entre teléfonos y splitters POTS locales.

### **Interfaz U-R**

Interfaz entre el lazo y un splitter POTS local.

### **Interfaz U-R<sub>2</sub>**

Interfaz entre los splitters POTS y la ATU-R.

### **Loop (Bucle o lazo local)**

Línea telefónica de conductor doble de cobre. Los lazos pueden diferir en distancia, diámetro, tiempo de vida y sus características de transmisión pueden depender de la red.

### **B (Auxiliary data input)**

Es una entrada auxiliar de datos como por ejemplo un alimentador satelital a un módulo de servicio como un Set Top Box (STB), que es un dispositivo que conecta un televisor a una fuente externa de señales.

### **1.2.1.2 TIPOS DE MODULACION UTILIZADOS**

Al igual que los módems tradicionales, en cualquier tecnología xDSL es necesario tratar la señal para que pueda ser transportada a través del par telefónico.

La primera diferencia entre las técnicas de modulación de la familia ADSL y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90) es que éstos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3.400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz hasta los 2,2 MHz, actualmente.

Otra diferencia entre el ADSL y otros módems es que el ADSL puede coexistir en un mismo bucle de abonado con el servicio telefónico, algo que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía.

La señal portadora de alta frecuencia utilizada en ADSL puede ser modulada de dos formas, las cuales son: modulación CAP (Carrierless Amplitude Phase) y modulación DMT (Discrete Multi-tone Modulation), ambas basadas en la

modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation). Aunque finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) optaron por la solución DMT.

#### **1.2.1.2.1 CARRIERLESS AMPLITUDE PHASE MODULATION (CAP)**

CAP es una técnica de modulación de portadora única que utiliza 3 rangos de frecuencia, 900 KHz para el canal de downstream, 75 KHz en el canal de upstream y 4 KHz para servicio telefónico.

Los primeros sistemas CAP para ADSL fueron desarrollados por BELLCORE con tasas de canal de downstream de 1.5 Mbps y upstream de 64 Kbps. Los últimos sistemas CAP propuestos son de tasa adaptativa, es decir desde 640 Kbps a 8192 Kbps en dirección downstream y desde 272 Kbps a 1088 Kbps en dirección upstream.

Para mantener una proporción razonable entre los canales, las implementaciones de sistemas CAP utilizan 5 velocidades de datos en el canal downstream con 5 portadoras diferentes y constelaciones de 8 símbolos (3 bits/símbolo) a 256 símbolos (8bits/símbolo).

CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime antes de la transmisión que no

contiene información y se vuelve a componer de nuevo en el módem receptor. De ahí la expresión de carrierless, es decir, sin portadora. La onda transmitida es la generada al pasar cada uno de estos segmentos por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de  $\pi / 2$  (cuadratura). En recepción se reensamblan los segmentos y la portadora, volviendo a obtener la señal modulada. De este modo, obtenemos la misma forma del espectro que con QAM, siendo CAP más eficiente que QAM en aplicaciones digitales.

Al comienzo de la transmisión, CAP también comprueba la calidad de la línea de acceso y utiliza la versión más eficaz de QAM para obtener el mayor rendimiento en cada señal.

La modulación CAP tiene la ventaja de estar disponible para velocidades de 1,544 Mbps y su costo es reducido debido a su simplicidad. La desventaja que presenta es que reduce el rendimiento ADSL y es susceptible a interferencias debido a la utilización de un solo canal.

### **1.2.1.2.2 DISCRETE MULTI-TONE MODULATION (DMT)**

La modulación DMT es la otra alternativa que se presenta. Dado que las señales de alta frecuencia, a través del par de cobre, sufren una mayor atenuación en presencia de ruido, DMT divide las frecuencias disponibles en 256 subcanales.

Cada uno de estos subcanales llamados también subportadoras es modulado en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz.

Los datos se dividen en diversos números de bits y se distribuyen según una determinada combinación de los 256 subcanales creados, en función de su capacidad para efectuar la transmisión. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal a Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal a Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de

entrenamiento predefinida. Para eliminar el problema del ruido, se transportan más datos en las frecuencias inferiores y menos datos en las superiores.

Las técnicas de modulación en ambos extremos del enlace, es decir tanto en el lado de la central (ATU-C) como del usuario (ATU-R), son las mismas. La única diferencia es que en la central se dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que del lado del usuario solo 32 subportadoras como máximo.

El algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (Transformada Rápida de Fourier Inversa) en el modulador, y en una FFT (Transformada Rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del enlace. El proceso básicamente es el siguiente:

- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido descendente.
- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido ascendente.
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal ascendente que recibe.

- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal descendente recibida.

La modulación DMT tiene la ventaja de ser la norma que han acogido ANSI y ETSI, además ofrece cuatro veces más de rendimiento que la modulación CAP para el tráfico de datos desde la central al usuario y de diez veces más desde el usuario a la central.

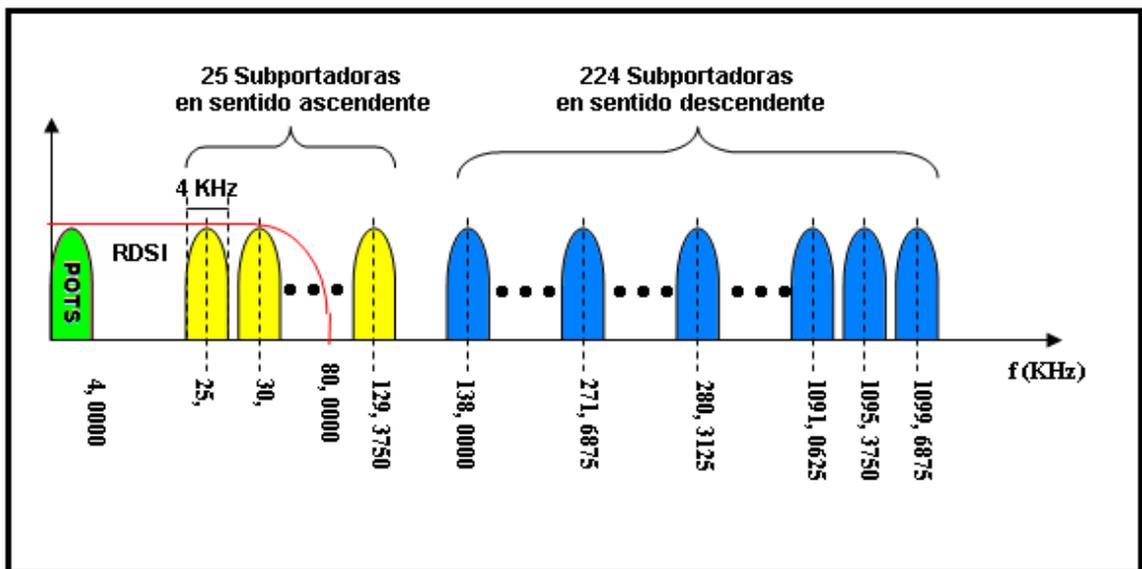
También es menos susceptible al ruido y la pruebas realizadas por los laboratorios de Bellcore demuestran que este tipo de modulación es más rápida que la CAP, independientemente de la distancia que separe los módems ADSL. Los inconvenientes son que su coste resulta superior al de CAP y es un sistema muy complejo.

### **MULTIPLES CANALES**

Una de las principales características de la tecnología ADSL es la utilización simultánea de un canal de voz y otro canal de datos, lo que brinda la oportunidad de usar la línea telefónica y el servicio de Internet al mismo tiempo como si se tratase de dos líneas diferentes.

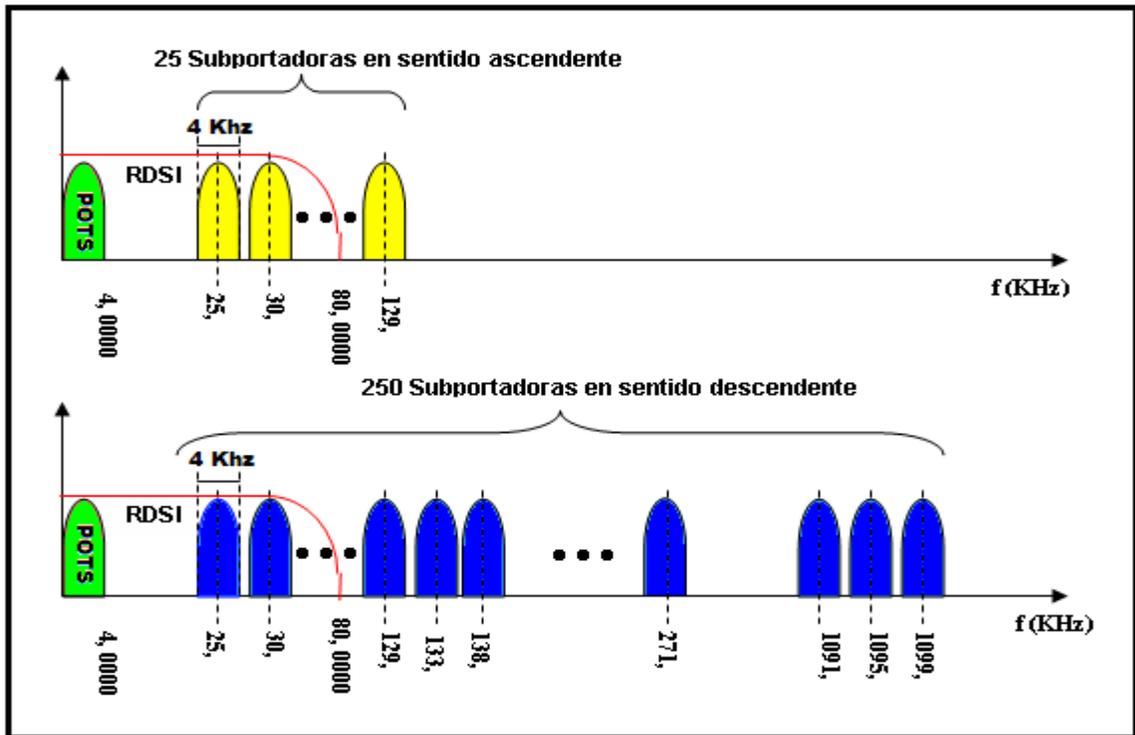
Los módems ADSL están diseñados de tal forma que pueden dividir el ancho de banda disponible de la línea telefónica en varios canales, para lo cual pueden realizar dos métodos:

- Multiplexación por División de Frecuencias (FDM)
- Cancelación de Ecos



**Figura 1.6** Multiplexación por División de Frecuencias

Utilizando FDM, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, simplificando de esta forma el diseño de los módems pero reduciendo la capacidad de transmisión en sentido descendente debido a que los canales de menor frecuencia, los cuales se atenúan menos, no están disponibles.



**Figura 1.7** Señales ascendentes y descendentes en FDM

La cancelación de eco superpone el ancho de banda dirigido al usuario al dirigido a la central y luego las separa mediante la supresión del eco local, de la misma forma que se hace en los módems V.32 y V.34. Este sistema permite utilizar el ancho de banda con más eficacia, pero a cambio de un mayor costo y complejidad.

En ambos métodos es necesaria la colocación de un filtro (splitter) que separe la banda utilizada para línea telefónica convencional. De esta forma es posible transmitir voz y datos sin la necesidad de disponer de diferentes líneas.

### **1.2.1.3 CODIGOS DE LINEA EMPLEADOS EN ADSL**

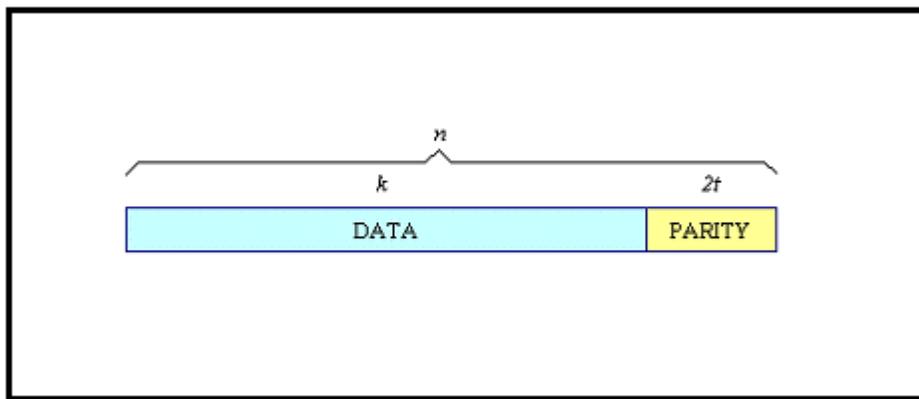
#### **1.2.1.3.1 CODIFICACION REED-SOLOMON**

Los códigos Reed-Solomon son códigos detectores de errores con un amplio rango de aplicaciones en comunicaciones digitales y almacenamiento. Son usados para corregir errores en muchos sistemas incluyendo: unidades de almacenamiento (cintas, discos compactos, DVD, etc), comunicaciones móviles e inalámbricas (incluyendo teléfonos celulares, enlaces microondas, etc), comunicaciones satelitales, televisión digital (DVB), y módems de alta velocidad como ADSL, xDSL, etc.

El codificador Reed-Solomon toma un bloque de información digital y añade bits redundantes. Los errores pueden ocurrir durante la transmisión o almacenamiento de información por varios motivos (p. Ej. Ruido o interferencia, ralladuras en los discos compactos etc.). El decodificador Reed-Solomon procesa cada bloque e intenta corregir los errores y recuperar la información original. El número y tipo de errores que pueden ser corregidos depende de las características del código Reed-Solomon.

Un código Reed-Solomon se especifica como  $RS(n,k)$  con símbolos de  $s$  bits, donde  $n$  es el tamaño del bloque y  $k$  es el tamaño del mensaje. Esto significa

que el codificador toma  $k$  símbolos de los  $s$  bit y añade símbolos de paridad para hacer una palabra de código de  $n$  símbolos. Existen  $n-k$  símbolos de paridad de  $s$  bits cada uno. Un decodificador puede corregir hasta  $t$  símbolos que contienen errores en una palabra de código, donde  $2t=n-k$ .



**Figura 1.8** Código Reed-Solomon

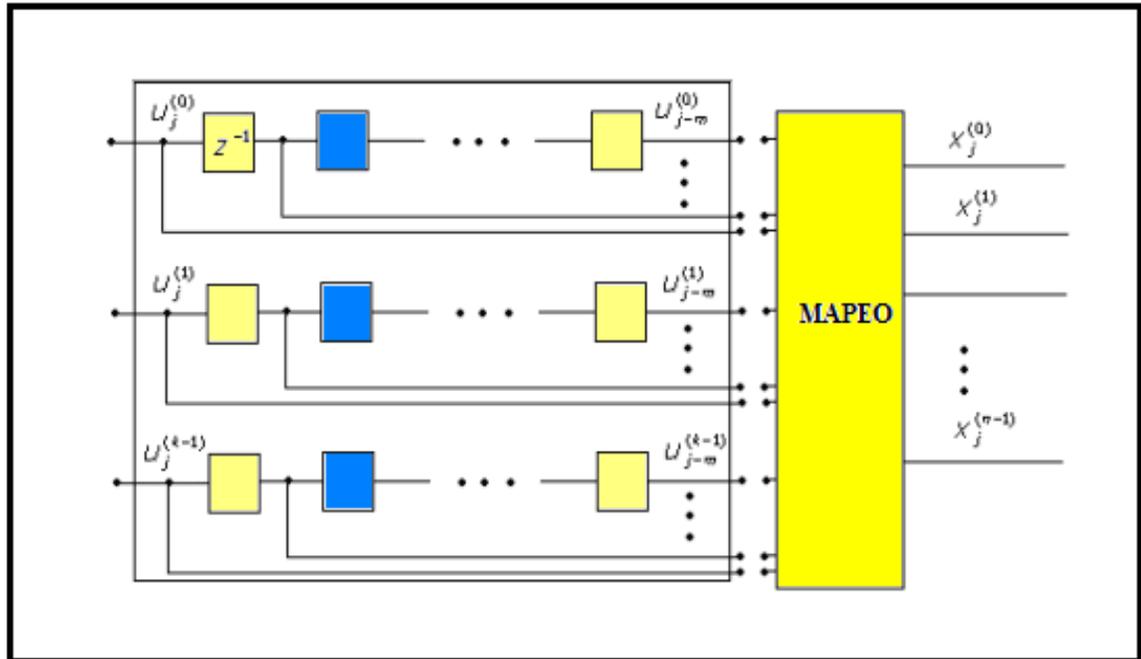
### **1.2.1.3.2 CODIFICACION TRELIS**

#### **Modulación Codificada de Trellis**

La Modulación Codificada de Trellis (*Trellis coded modulation*) mejor conocida por la sigla TCM, se ha desarrollado a lo largo de las últimas tres décadas. Este sistema combina las técnicas de codificación y la modulación para transmisiones digitales sobre canales con banda limitada. Su ventaja principal, y por la que ha hecho una revolución en las telecomunicaciones, radica en el hecho que permite una ganancia significativa de codificación sobre las modulaciones convencionales de multinivel, sin comprometer la eficiencia del ancho de banda.

El primer esquema de TCM fue propuesto en 1976 por *Gottfried Ungerboeck*. Seguido por una publicación en la revista *information theory* del IEEE en el año de 1982, con la cual se dió una revolución en las investigaciones de su teoría y métodos, además se estableció un lugar a las posibles implementaciones de TCM.

El código Trellis utiliza una máquina secuencial de estado finito para generar los símbolos que son usualmente bits para la transmisión de datos. En la figura 1.9 se representa una descripción genérica del codificador Trellis.



**Figura 1.9** Codificador Trellis con  $k$  entradas,  $n$  salidas y memoria de orden  $m$

Cada cambio de tiempo, es notado como  $j$ , un vector de  $k$  entradas de símbolos es designada por  $U_j = (U_j^{(0)}, U_j^{(1)}, \dots, U_j^{(k-1)})$  símbolos que pueden haber sido extraídos desde una serie de símbolos originales escritos en la forma de  $(\dots, U_j^{(0)}, U_j^{(1)}, \dots, U_{j+1}^{(k-1)}, U_{j+1}^{(0)}, U_{j+1}^{(1)}, \dots)$ . El codificador produce un vector de  $n$  símbolos de código,  $X_j = (X_j^{(0)}, X_j^{(1)}, \dots, X_j^{(n-1)})$  usualmente del mismo alfabeto, con  $n > k$ , introduciendo redundancia. Se define la memoria (también llamada el orden de la memoria  $m$ ) del codificador como el número de vectores de entrada,

que junto con el vector  $U_j$ , condiciona la salida activa de  $X_j$ . Así como lo muestra la Figura 1.9, el codificador posee  $m$  (vectores) celdas de memoria o retraso.

Se puede observar una cierta similitud con la codificación de bloque. Por ejemplo si se tiene  $m = 0$  entonces el codificador trellis produce  $n$  símbolos de código definidos por  $k$  entrada de símbolos que están descritos para un codificador dado. A la codificación trellis se la puede ver como una generalización de los códigos de bloque, donde la función de codificación es permitida en bloques de entrada anteriores al bloque actual. Sin embargo, en la codificación de bloque práctica  $n$  y  $k$ , normalmente son más grandes, considerando que en la codificación Trellis  $n$  y  $k$  son típicamente pequeños, en un rango de 1 a 8. Los códigos trellis no derivan de hacer  $n$  y  $k$  grandes, pero si de adoptar una gran memoria de orden  $m$ . Una vez que la secuencia de entrada del codificador Trellis es terminada, la salida puede ser vista como un gran código de bloque.

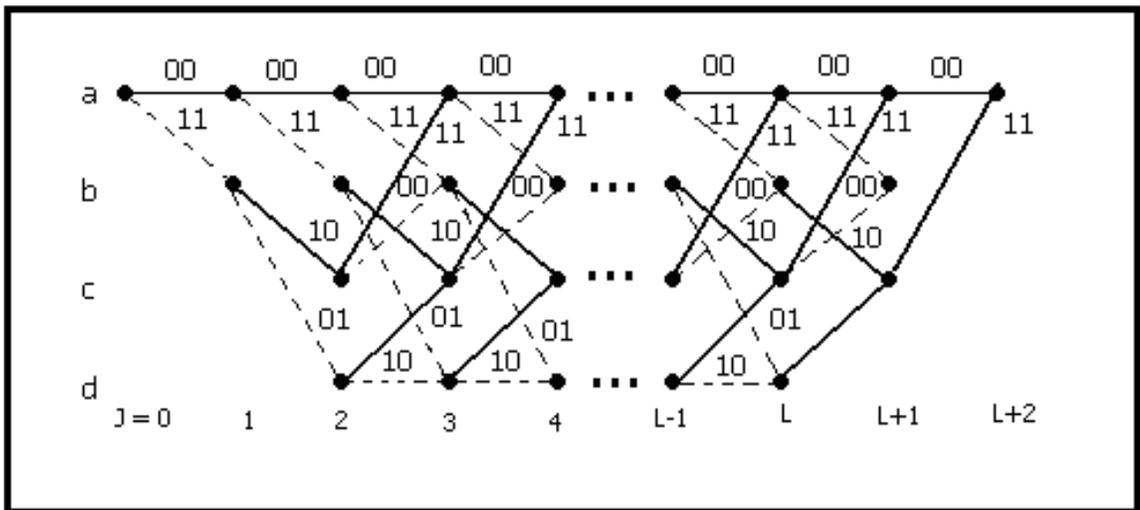
### **Árbol de codificación Trellis**

Los métodos gráficos simplifican los cálculos operacionales en lo referente al dominio del tiempo y la frecuencia. El árbol de Trellis se basa en los estados del codificador y en sus posibles caminos. De cada nodo parten ramas hacia los

nodos siguientes; por ejemplo del nodo "a" puede ir al nodo "b", o al mismo "a" pero no puede directamente al "c".

Si al codificador de Trellis entra un 1 se pinta la trayectoria hacia el otro estado con línea puntada, de lo contrario se pinta con línea continúa. El estado inicial es el estado "a" = 00 y las trayectorias se pintan de izquierda a derecha.

Una vez que se tiene el árbol de Trellis dibujado, el código aparece siguiendo las trayectorias que indica la secuencia de los datos de entrada. Cada trayectoria se marca con el valor de la salida del circuito codificado dependiendo del estado en que se encuentre.



**Figura 1.10** *Árbol de Trellis para 4 estados y longitud de código  $L$*

#### **1.2.1.4 ATM SOBRE ADSL**

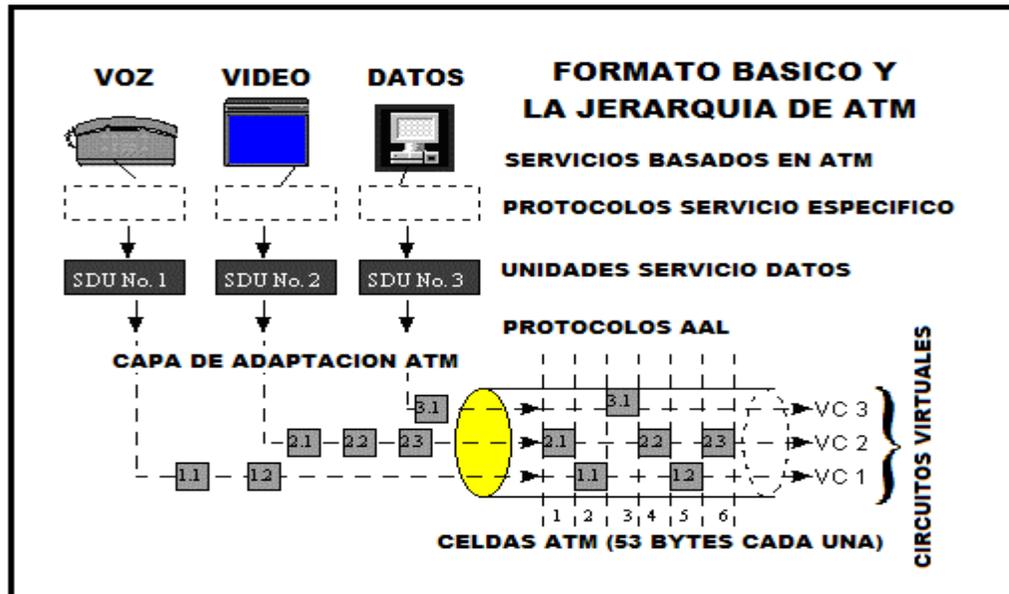
El uso de Internet de Banda Ancha es cada día más común, tanto a nivel familiar como laboral. Múltiples servicios son posibles a través de una misma red, independientes del ancho de banda o si los datos son transmitidos en forma continua o pausada.

La tecnología llamada ATM (Asynchronous Transfer Mode) es capaz de transmitir todo tipo de servicios, a través de un caudal de celdas de longitud fija por medio del cual es transportado el tráfico de datos, voz y video conjuntamente.

##### **1.2.1.4.1 GENERALIDADES DE ATM**

###### **Modo y diseño de la celda ATM**

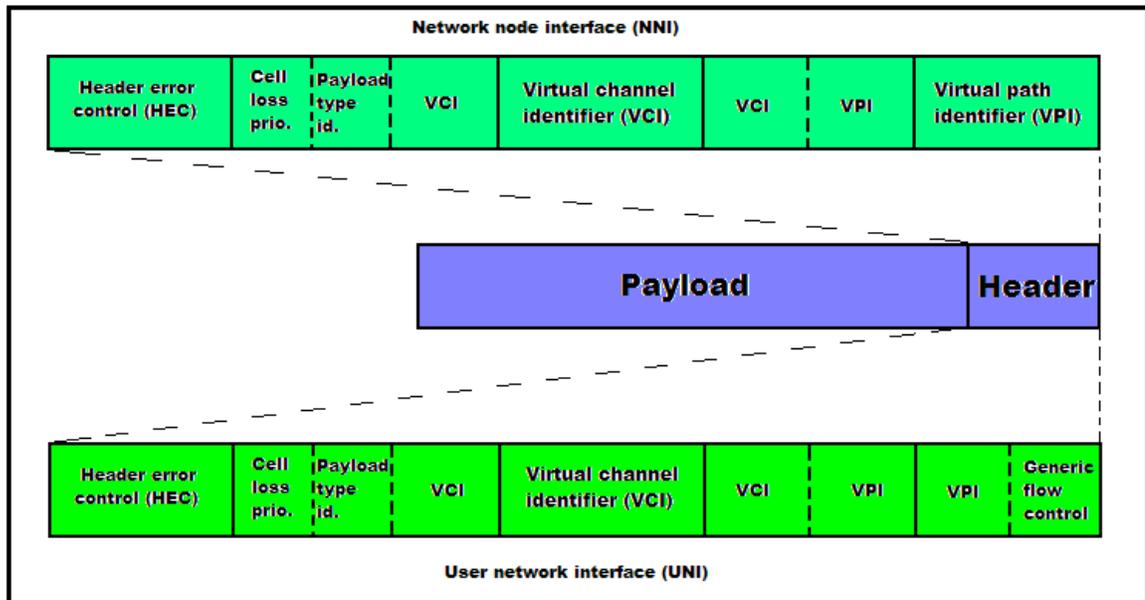
Se entiende por modo celda a la unión de la conmutación de circuitos con la conmutación de paquetes. ATM combina la simplicidad de la multiplexación por división en el tiempo con la eficiencia de las redes de conmutación de paquetes. La celda ATM tiene longitud fija así como los “slots” de tiempo en la conmutación de circuitos, además cada celda posee una etiqueta que la identifica como sucede en los paquetes en la conmutación de paquetes, pero su longitud fija hace que no sea necesaria una cola.



**Figura 1.11** *Formato ATM y jerarquía*

La celda es responsable del funcionamiento eficaz de ATM. El flujo de información, cuyas tasas pueden ser diferentes y variables, es organizado uniformemente en celdas de 53 bytes. La cantidad de celdas de un circuito dado depende de la necesidad instantánea de ancho de banda.

De los 53 bytes que constituyen una celda, 48 bytes son para transporte de información y los 5 bytes restantes conforman la cabecera que contiene campos de control los cuales se encargan de la identificación de la celda en sí. La organización de la cabecera varía dependiendo si se trata de una interface red a red (NNI) o de una interface usuario a red (UNI).



**Figura 1.12** *Formato de celda ATM*

La cabecera se divide en diferentes campos, los cuales se nombran a continuación:

- Virtual Circuit Identifier (VCI)
- Virtual Path Identifier (VPI)
- Payload Type Identifier (PTI)
- Cell Lost Priority (CLP)
- Header Error control (HEC)
- Generic Flow Control (GFC)

El campo de dirección consta de un número de canal lógico (VPI y VCI) el cual identifica tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión.

El PTI identifica si la celda transporta información del usuario o información propia de la red, la cual es utilizada para operación y mantenimiento.

El CLP especifica el nivel de prioridad de la celda en caso que no hubiera suficiente espacio para todas las celdas.

El HFC contiene un valor de comprobación de error, el cual se verifica en los nodos de la red y en el extremo receptor de la misma.

El campo GFC sustituye 4 bits del campo VPI en las cabeceras de celdas UNI y se utiliza específicamente para controlar el uso de la capacidad entre red y terminal.

#### **1.2.1.4.2 CONVERGENCIA DE SERVICIOS EN ATM**

##### **Modelo de capas de ATM y clases de servicio**

El protocolo ATM consiste básicamente en 3 capas principales:

- Capa Física (Physical Layer)
- Capa ATM (ATM Layer)
- Capa de adaptación ATM (ATM Adaptation Layer)

## **Capa Física**

La primera capa de ATM define las interfaces físicas con los medios de transmisión, a la vez que verifica la correcta transmisión y recepción de los bits a través del medio físico.

Dentro de la capa física existen dos subcapas que se encargan del medio físico y de la extracción de los datos, las cuales son:

- Physical Medium Dependent (PMD)
- Transmission Convergence (TC)

La subcapa PMD se encarga de los detalles correspondientes a velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de la señal de reloj, etc. Mientras que la subcapa TC realiza la extracción de información contenida desde la misma capa física, esto incluye la generación y el chequeo del Header Error Corrección (HEC), extrayendo celdas desde el flujo de bits de entrada y el procesamiento de celdas "idles" y el reconocimiento del límite de la celda. A su vez la capa física cumple con la función de intercambio de operación y mantenimiento (OAM).

## **Capa ATM**

En esta capa se define la estructura de la celda en sí, y como el tráfico de celdas fluye a través de las conexiones ATM. Las celdas son transmitidas serialmente y se propagan en estricta secuencia numérica a través de la red. El tamaño de la celda ha sido escogido como un compromiso entre una larga celda, que es muy eficiente para transmitir largas tramas de datos y longitudes de celdas cortas que minimizan el retardo de procesamiento de extremo a extremo, que son buenas para voz, vídeo y protocolos sensibles al retardo.

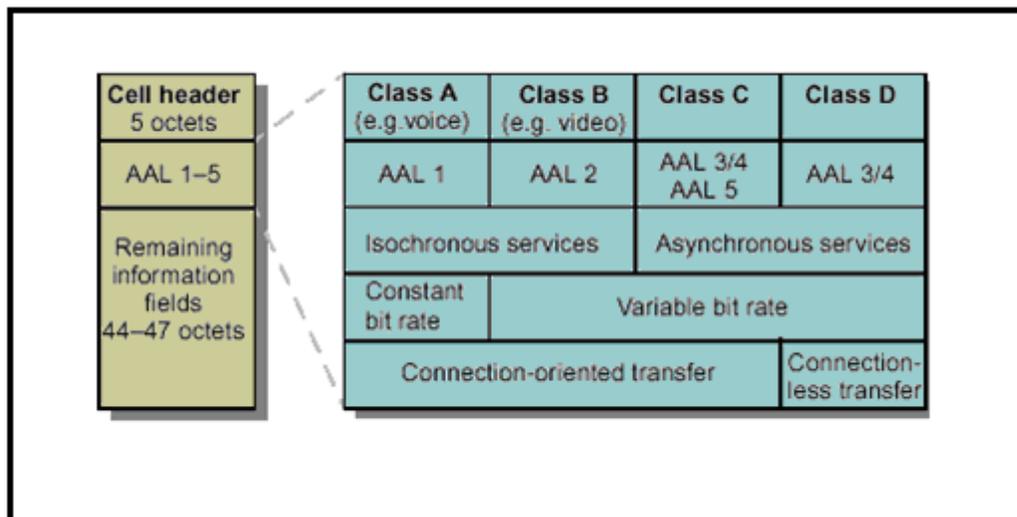
## **Capa de Adaptación ATM**

La tercera capa es la ATM Adaptation Layer (AAL). La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, video, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes.

Para habilitar la transferencia tanto de datos como de servicios síncronos, la información debe de ser adaptada de diferentes maneras. Se ha dividido ATM en cuatro clases de servicio (A, B, C y D) en base a tres parámetros. Están definidos cuatro protocolos (AAL1, AAL 2, AAL 3/4 y AAL 5) para cada una de las clases.

Para la clasificación se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- Servicios síncronos o asíncronos
- Tasa de bits constante o variable
- Modo de conexión



**Figura 1.13** Capa de adaptación de ATM (AAL)

La capa de adaptación ATM se divide en dos subcapas:

### **Capa de convergencia (convergence sublayer (CS))**

En esta capa se calculan los valores que deben llevar la cabecera y los payloads del mensaje. La información en la cabecera y en el payload depende de la clase de información que va a ser transportada.

### **Capa de Segmentación y reensamblaje (segmentation and reassembly (SAR))**

Esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en segmentos formando los paquetes de ATM. Agrega la cabecera que llevará la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

La subcapa CS es dependiente del servicio y se encarga de recibir y empaquetar los datos provenientes de varias aplicaciones en tramas o paquete de datos de longitud variable.

## **Clases de Servicios**

### **AAL1**

AAL-1 se usa para transferir tasas de bits constantes que dependen del tiempo. Debe enviar por lo tanto información que regule el tiempo con los

datos. AAL-1 provee recuperación de errores e indica la información con errores que no podrá ser recuperada.

### **Capa de convergencia:**

Las funciones provistas a esta capa difieren dependiendo del servicio que se proveyó. Provee la corrección de errores.

### **Capa de segmentación y reensamblaje:**

Contiene 3 campos básicamente:

- Número de secuencia usado para detectar una inserción o pérdida de un paquete.
- Número de secuencia para la protección usado para corregir errores que ocurren en el número de secuencia.
- Indicador de capa de convergencia usado para indicar la presencia de la función de la capa de convergencia.

### **AAL2**

AAL-2 se usa para transferir datos con tasa de bits variable que dependen del tiempo. Envía la información del tiempo conjuntamente con los datos para que esta pueda recuperarse en el destino. AAL-2 provee recuperación de errores e indica la información que no puede recuperarse.

**Capa de convergencia:**

Esta capa provee para la corrección de errores y transporta la información del tiempo desde el origen al destino.

**Capa de segmentación y recuperación:**

El mensaje es segmentado y se le añade una cabecera a cada paquete. La cabecera contiene dos campos:

- Número de secuencia que se usa para detectar paquetes introducidos o pérdidas.
- El tipo de información, que puede ser a su vez:
  - BOM, comenzando de mensaje
  - COM, continuación de mensaje
  - EOM, fin de mensaje o información de tiempo

El payload también contiene dos campos:

- Indicador de longitud que indica el número de bytes válidos en un paquete parcialmente lleno.
- CRC para hacer control de errores.

## **AAL3**

AAL-3 se diseña para transferir los datos con tasa de bits variable que son independientes del tiempo. AAL-3 puede ser dividido en dos modos de operación:

**Fiable:** En caso de pérdida o mala recepción de datos estos vuelven a ser enviados. El control de flujo es soportado.

**No fiable:** La recuperación del error es dejado para capas más altas y el control de flujo es opcional.

### **Capa de Convergencia:**

Está subdividida en dos secciones:

**1) Parte común de la capa de convergencia:** Esto es provisto también por el AAL-2 CS. Añade una cabecera y un payload a la parte común.

La cabecera contiene 3 campos:

- Indicador de la parte común que dice que el payload forma parte de la parte común.
- Etiqueta de comienzo que indica el comienzo de la parte común de la capa de convergencia.
- Tamaño del buffer que dice al receptor el espacio necesario para acomodar el mensaje.

El payload también contiene 3 campos:

- Alineación es un byte de relleno usado para hacer que la cabecera y el payload tengan la misma longitud.
- Fin de etiqueta que indica el fin de la parte común de la CS (capa de convergencia).
- El campo de longitud tiene la longitud de la parte común de la CS.

**2) Parte específica del servicio:** Las funciones proveídas en esta que capa dependen de los servicios pedidos. Generalmente se incluyen funciones para la recuperación y detección de errores y puede incluir también funciones especiales.

### **Capa de segmentación y reensamblaje:**

En esta capa los datos son partidos en paquetes de ATM. Una cabecera y el payload que contiene la información necesaria para la recuperación de errores y reensamblaje se añaden al paquete. La cabecera contiene 3 campos:

- Tipo de segmento que indica que parte de un mensaje contiene en payload.

Tiene uno de los siguientes valores:

- BOM: Comienzo de mensaje
- COM: Continuación de mensaje
- EOM: Fin de mensaje
- SSM: Mensaje único en el segmento

- Número de secuencia usado para detectar una inserción o una pérdida de un paquete.

- Identificador de multiplexación. Este campo se usa para distinguir datos de diferentes comunicaciones que han sido multiplexadas en una única conexión de ATM.

El payload contiene dos de campos:

- Indicador de longitud que indica el número de bytes útiles en un paquete parcialmente lleno.

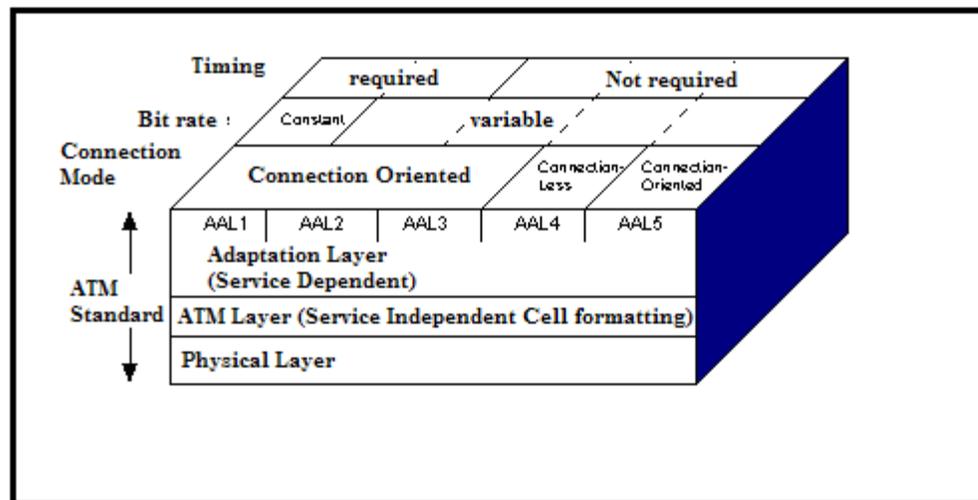
- CRC es para el control de errores.

#### **AAL4**

AAL-4 se diseña para transportar datos con tasa de bits variable independientes del tiempo. Es similar al AAL3 y también puede operar en transmisión fiable y no fiable. AAL-4 provee la capacidad de transferir datos fuera de una conexión explícita.

AAL 2, AAL 3/4 y AAL 5 manejan varios tipos de servicios de datos sobre la

base de tasas de bits variables tales como Switched Multimegabit Data Service (SMDS), Frame Relay o tráfico de redes de área local (LAN). AAL 2 y AAL 3 soportan paquetes orientados a conexión.

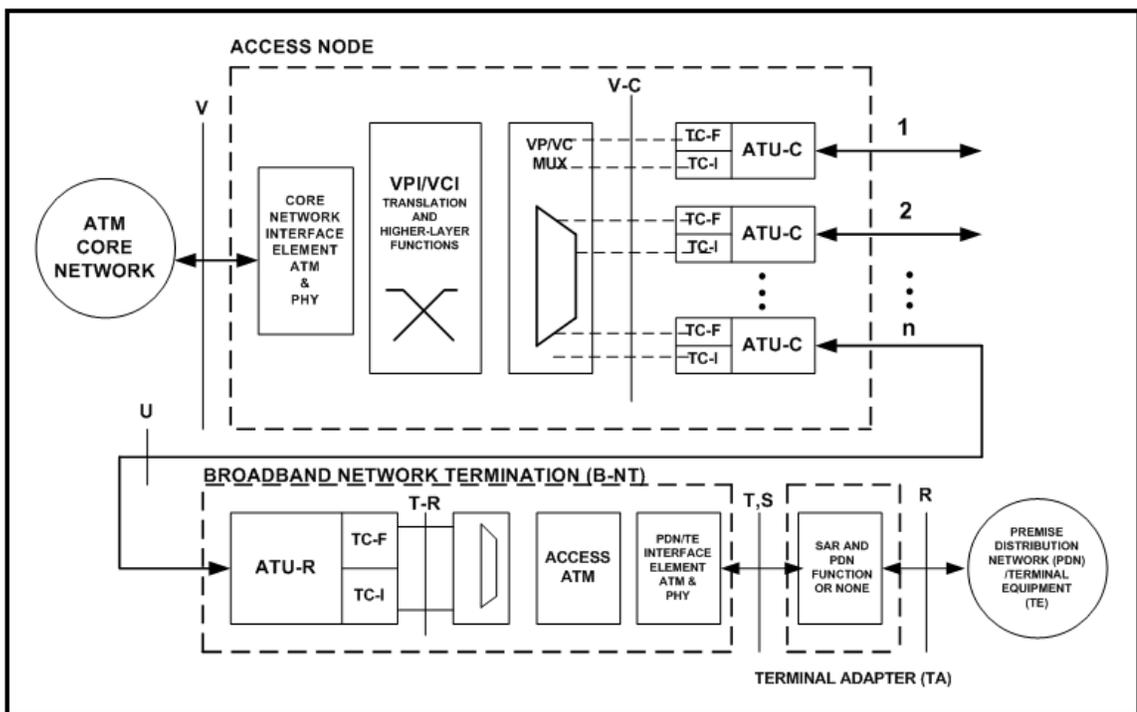


**Figura 1.14** Servicios ATM

### 1.2.1.4.3 INTEGRACION DE ATM Y ADSL

Las redes de comunicaciones de banda ancha en su mayoría emplean el ATM para la conmutación en banda ancha. Desde un primer momento, dado que el ADSL se concibió como una solución de acceso de banda ancha, se pensó en el envío de la información en forma de celdas ATM sobre los enlaces ADSL y de esta forma se sacaría provecho a la gran velocidad de acceso del ADSL.

A nivel de enlace, algunos suministradores de equipos de central para ADSL plantearon otras alternativas al ATM, como PPP sobre ADSL y Frame-Relay sobre ADSL, pero finalmente se ha impuesto el primero. Otra alternativa que está siendo desplegada actualmente es el Ethernet sobre ADSL.



**Figura 1.15** *ATM sobre ADSL*

TC-F: Convergencia de la Transmisión de la trayectoria Rápida.

TC-I: Convergencia de la Transmisión de la trayectoria de Entrelazado.

La interfaz V conecta la red de núcleo y el nodo de acceso (AN). Dentro del AN, una interfaz lógica llamada V-C, como se define en T1.413, conecta las funciones individuales del ATU-C a las funciones correspondientes de capa ATM.

La interfaz U conecta los ATU-R individuales en la B-NT remota a los correspondientes ATU-Cs en el nodo de acceso.

La interfaz S y T, conecta el bloque Terminación de Red (NT) al equipamiento de distribución de red (PDN) o al Equipo Terminal (TE). Dentro de la NT, una interfaz lógica llamada T-R, como se define en las recomendaciones ADSL PHY, conecta la función del ATU-R a la función de capa ATM.

La interfaz R, conecta el bloque Adaptador Terminal (TA) al PDN o TE no basado en ATM.

La información, sean tramas de vídeo MPEG2 o paquetes IP, se distribuye en celdas ATM, y el conjunto de celdas ATM así obtenido constituye el flujo de datos que modulan las subportadoras del ADSL DMT.

El ATM al permitir asignar el ancho de banda dinámicamente entre una serie de servicios y al ofrecer a los portadores las herramientas de gestión que le dan conocimiento de los niveles de rendimiento especificados de acuerdo al SLA, constituye la mejor variante para integrarse con ADSL.

La amplia adopción de ATM por la gran mayoría de proveedores DSL extiende los beneficios de ATM desde la última milla hasta el núcleo de la red. A su vez, la gran flexibilidad y adaptabilidad que presenta ATM para interoperar con otras tecnologías (TDM, GigE, POS/IP, Frame-Relay etc.), dan al operador la protección de su inversión reduciendo significativamente el costo y permitiendo así, introducirse en los segmentos competitivos del mercado.

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (PVCs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho de que en el ATM se contemplan diferentes categorías de servicio con distintos parámetros de tráfico y de calidad de servicio para cada SVC. De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, video o datos).

En los módems ADSL se definen dos canales, el canal rápido y el canal de entrelazado. El primero agrupa los PVCs ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz. El canal de entrelazado, llamado así porque en él se aplican técnicas de entrelazado para evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los PVCs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

Los estándares y la industria han impuesto mayormente el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces, las interfaces WAN pueden ser STM-1, STM-4, E3 u otras estandarizadas, y el resto ADSL-DMT. El núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de control de parámetros y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.

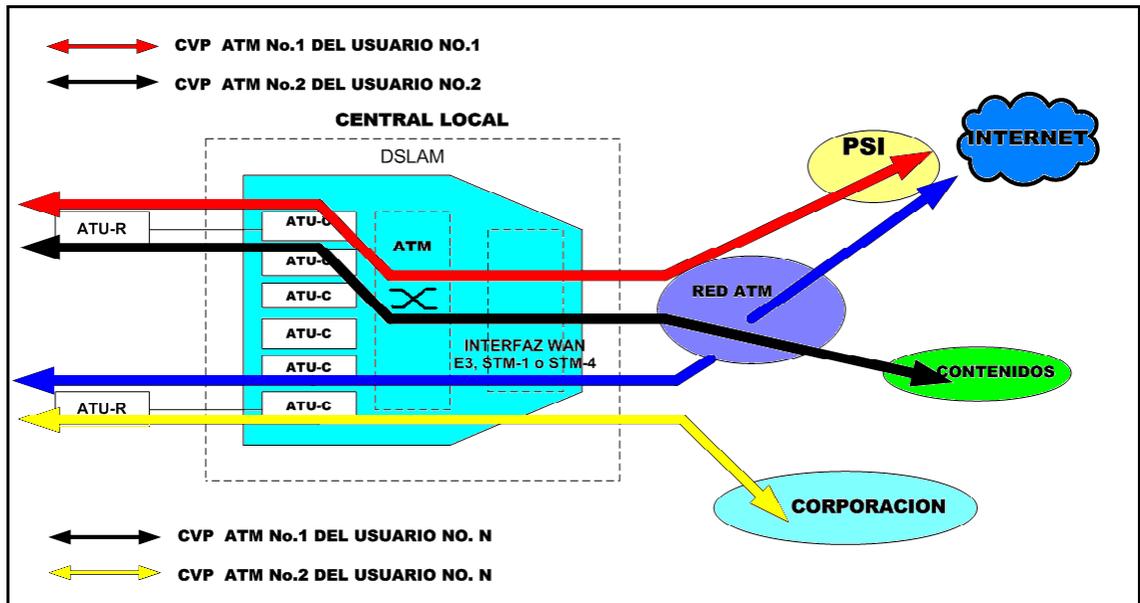


Figura 1.16 DSLAM ATM

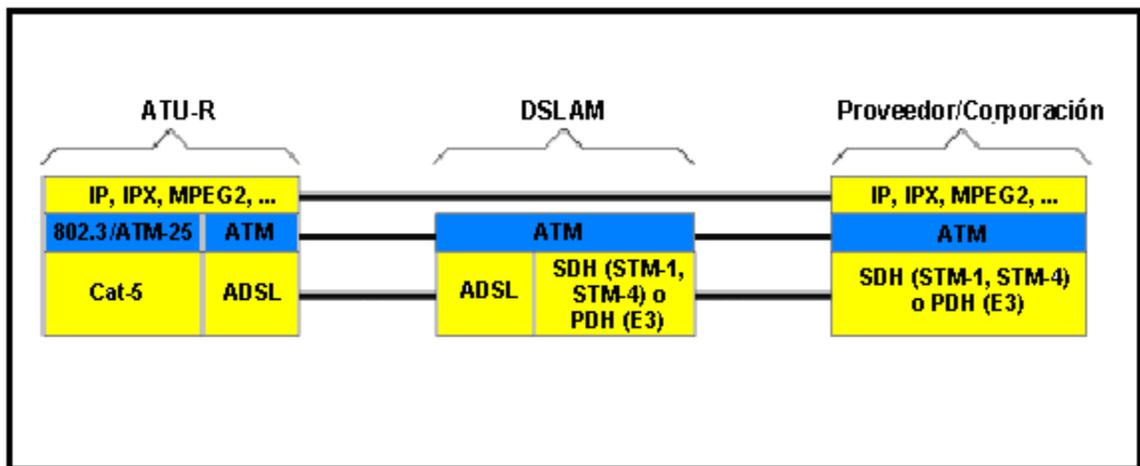


Figura 1.17 Protocolos de ATM sobre ADSL

## Modelo para ofrecer servicios

El ADSL Forum ha propuesto distintos modelos para ofrecer servicios, teniendo en cuenta las distintas alternativas de transporte en cada enlace de la conexión, los que se muestran en la siguiente figura.

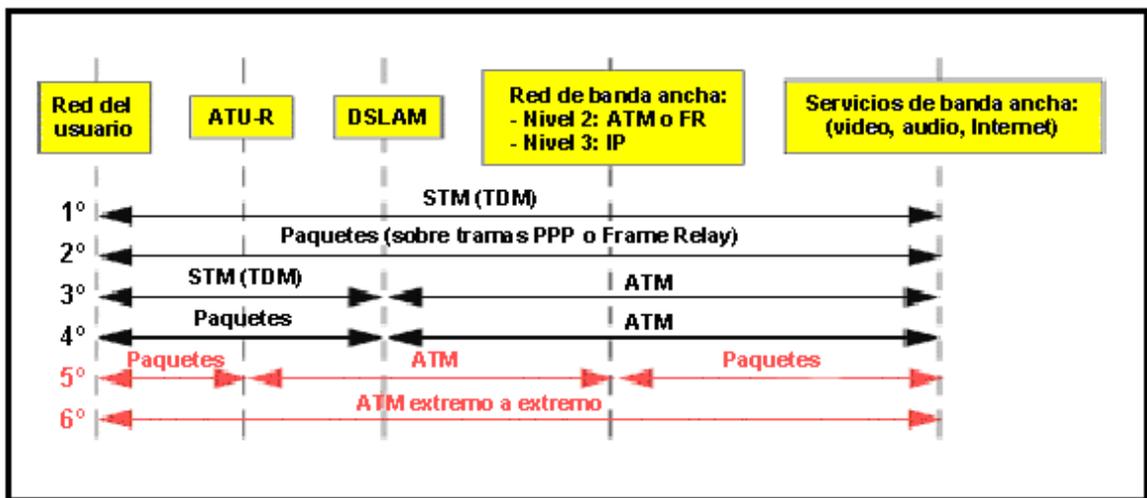


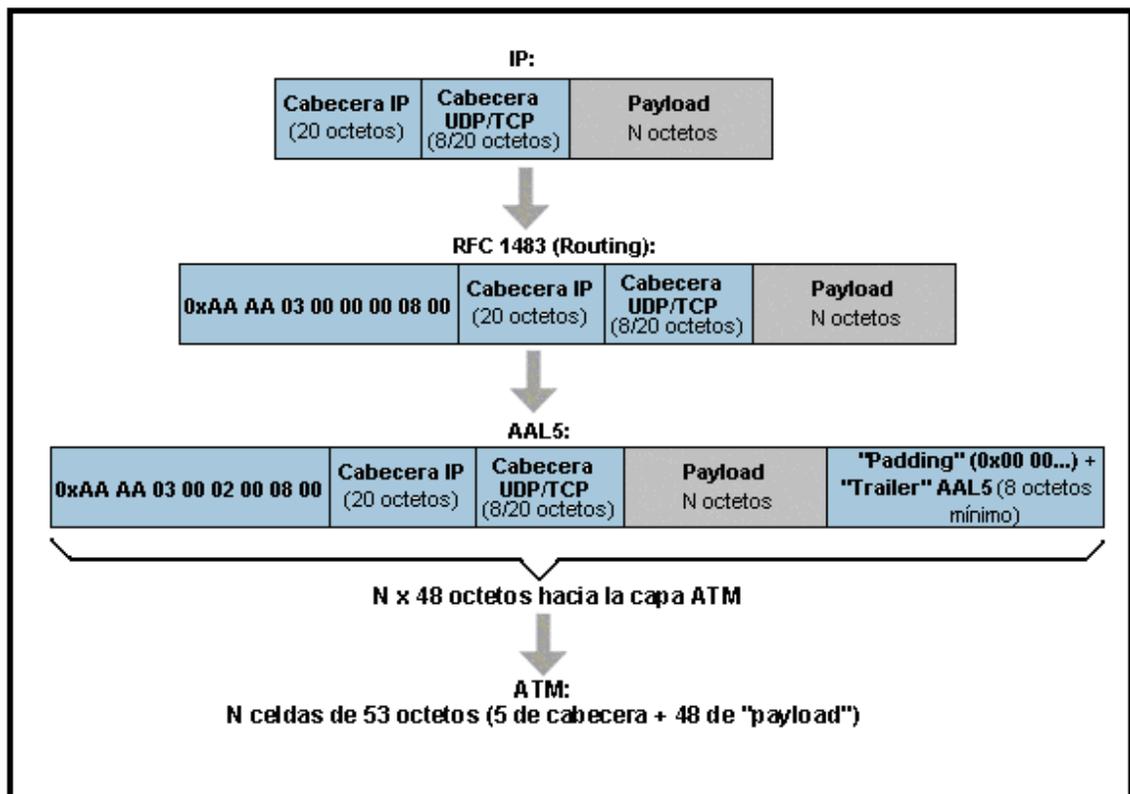
Figura 1.18 Modelos para la prestación de servicios con acceso ADSL

De acuerdo con lo explicado anteriormente, la solución que se ha impuesto ha sido el envío de celdas ATM sobre el enlace ADSL (entre el ATU-R y el ATU-C situado en el DSLAM). Por lo tanto, de los seis modelos que propone el ADSL Forum mostrados, los más comunes son los dos últimos.

No obstante al amplio uso de ATM sobre DSL, algunas empresas como Net to Net Technologies, han empezado a fabricar equipamiento basado en el estándar Ethernet, que son relativamente más baratos en costo y encapsulan a IP directamente sobre Ethernet. Mayormente, los usuarios que requieren muy altas garantías de seguridad y acuerdos de nivel de servicio (SLAs) estrictos, optan por la QoS de ATM y no por la CoS (Clases de Servicio) de IP.

### **Encapsulado de datos**

Teniendo en cuenta que la mayoría de las aplicaciones ejecutadas por el usuario, están basadas en TCP/IP, para el acceso a Internet, se hace necesario establecer un mecanismo de encapsulado del protocolo IP sobre ATM. Existen varias opciones para lograr tal propósito. Una opción aceptable es el encapsulado de IP sobre ATM según el RFC (Request For Comments) 1483 del IETF, con la modalidad de "routing. La información útil para el usuario (payload) contenida en el paquete IP, lleva varias cabeceras. Estas cabeceras, que son necesarias para que la información llegue a su destino, pero que no proporcionan información al usuario, son las que explican que el caudal percibido por el usuario sea inferior a la velocidad a la que la información se transmite realmente.



**Figura 1.19** Encapsulado de IP sobre ATM según la RFC 1483

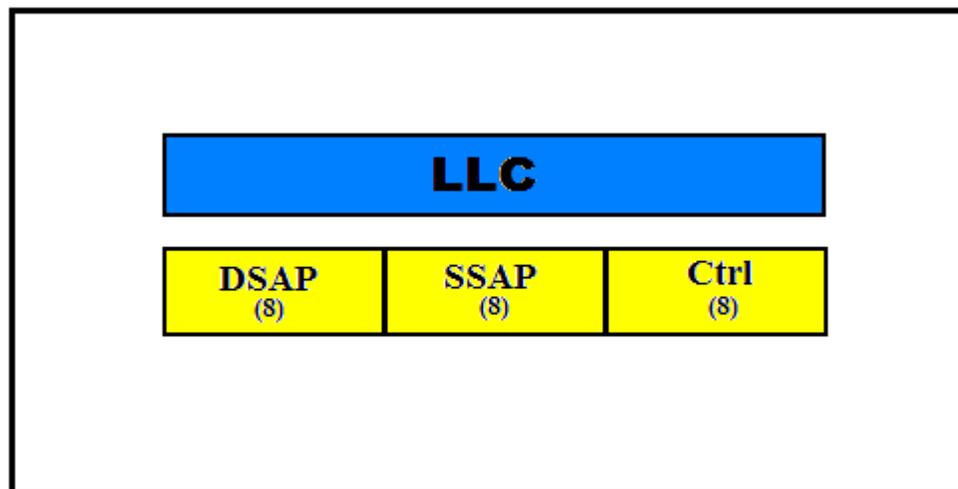
El RFC 1483 describe dos métodos para el transporte de tráfico sin conexión sobre ATM AAL5. PDUs enrutadas, y PDUs puenteadas.

1. Modalidad Routing: Permite multiplexación de múltiples protocolos sobre un único VC ATM. El protocolo encapsulado se identifica precediendo a la PDU de un encabezado IEEE 802.2 LLC. Se conoce como Encapsulado LLC.

2. Modalidad Bridging: Cada protocolo es transportado sobre un VC separado, y ejecuta multiplexación basada en los VC. Se conoce como Multiplexación de VCs. En ella los puntos finales de la conexión AAL son entidades de protocolo de capa 3, por lo que un VC llevará solamente un protocolo.

Ambas PDUs son transportadas en el campo de carga útil de la Subcapa de Convergencia de Partes Comunes (CPCS) de la AAL5.

En el Encapsulado LLC el protocolo de la PDU enrutada se identifica por el encabezado IEEE 802.2 LLC, el cual puede ir seguido de un encabezado IEEE 802.1a SNAP (SubNetwork Attachment Point) como cuando se encapsula IP. El header LLC está constituido de tres campos de un octeto cada uno, como se muestra en la Figura 1.20.



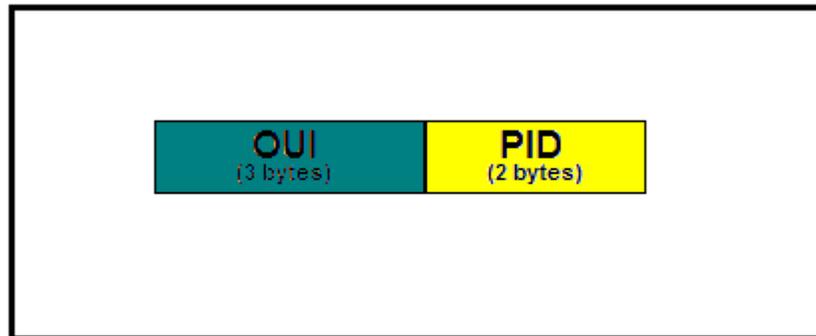
**Figura 1.20** Header LLC

En el encapsulado de PDU enrutado el campo CTRL toma siempre el valor 0x03 especificando una PDU de información.

**DSAP:** Destination Service Access Point

**SSAP:** Source Service Access Point

Cuando se está encapsulando IP, la identificación de éste está en el header SNAP que sigue al LLC. Para ello el LLC toma un valor específico que indica la presencia del SNAP, el valor 0xAA-AA-03. El header SNAP tiene la forma como se muestra en la Figura 1.21.



**Figura 1.21** *Header SNAP*

**OUI** (Organizationally Unique Identifier): Identifica una organización la cual administra el significado de los siguientes dos octetos.

**PID** (Protocol Identifier): Identifica el tipo de protocolo en cuestión que será encapsulado.

## 1.2.2 EVOLUCION A ADSL2 Y A ADSL2+

### 1.2.2.1 NUEVAS CARACTERISTICAS

Estos estándares adoptados y desarrollados por la ITU, el ADSL2 (G.992.3) y ADSL2+ (G.992.5), son tecnologías que permiten alcanzar tasas de transferencia de datos mayores que el ADSL convencional. Además ofrecen nuevas características y funcionalidades, incluyendo soporte para nuevos servicios y aplicaciones. Entre los cambios más notables podemos encontrar adaptabilidad, tasas de transferencias mayores, diagnósticos, modos de espera e incrementos en el alcance.

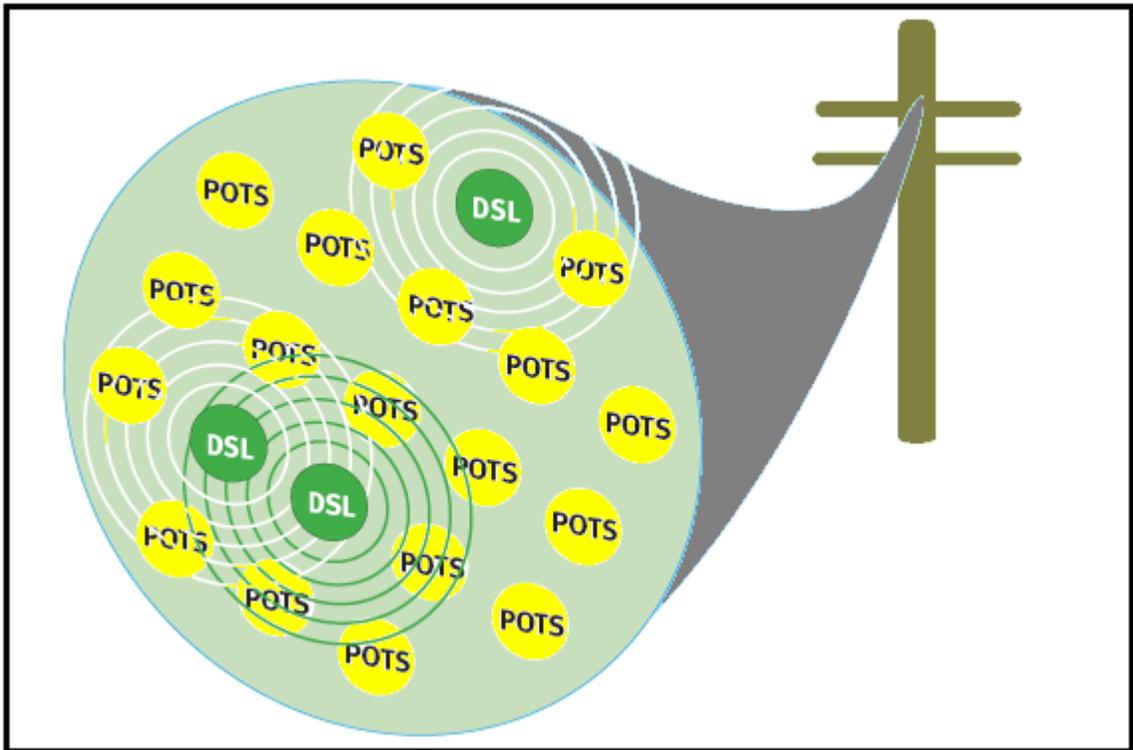
Tipo de DSL	Flujo descendente (Mbps)	Flujo ascendente (Mbps)	Distancia convencional (m)
ADSL	1.5 – 8	1	1.500
ADSL2	11	1.5	2.000
ADSL2+	24	2	1.500

**Tabla 1.5** *Comparativa de familia ADSL con distancias convencionales*

#### 1.2.2.1.1 COMPORTAMIENTO DINAMICO DE ADSL2

En el ADSL convencional uno de los mayores problemas al momento de aumentar la tasa de transferencia era la alta diafonía producida en el tendido telefónico. Así de esta manera los cambios producidos en los niveles de diafonía

en la conexión causaban la interrupción del servicio ADSL sumado también a otras causas como las interferencias AM, cambios de temperatura o presencia de humedad.



**Figura 1.22** Efecto del crosstalk en sistemas ADSL

ADSL2 mejora estos aspectos supervisando la cantidad de distorsión y ruido en el medio, variando su tasa de transferencia al máximo en tiempo real sin perder calidad en lo correspondiente a su transmisión, del mismo modo previniendo de errores a la misma. Esta clase de adaptabilidad se la hace de una forma

transparente de cara al usuario usando mecanismos que permiten cambios de velocidades sin producir errores en la sincronización, en el momento mismo del procesamiento de las tramas de información.

Esta nueva innovación se la conoce como SRA (*Seamless Rate Adaptation*) y permite a los sistemas ADSL2 cambiar su tasa de transferencia de datos de una conexión mientras está operando, sin ninguna interrupción del servicio o presencia de bits erróneos.

SRA está basada en la separación de la capa de modulación y la capa de entramado en los sistemas ADSL2. Esta separación permite a la capa de modulación cambiar los parámetros de la tasa de transferencia de datos sin modificar la capa de entramado, lo que causaría que los módems perdieran la sincronización de trama y resultando en icorregibles bits erróneos o reinicio del sistema. SRA utiliza los procedimientos OLR (*Sophisticated Online Reconfiguration*) de ADSL2 para cambiar la tasa de transferencia de datos de la conexión.

El protocolo usado por SRA trabaja de la siguiente manera:

1. El receptor supervisa la SRN del canal y determina que un cambio en la tasa de transferencia de datos es necesario para compensar los cambios en las condiciones del canal.

2. El receptor envía un mensaje al transmisor para iniciar el cambio en la tasa de transferencia de datos. Este mensaje contiene todos los parámetros de transmisión necesarios para transmitir a la nueva tasa.
3. El transmisor envía una señal de sincronismo que es usada como marca para designar el tiempo exacto en el cual será usada la nueva tasa de transferencia de datos y los parámetros de transmisión.
4. La señal de sincronismo es detectada por el receptor de forma rápida y transparente, el transmisor y el receptor conmutan a la nueva tasa de transferencia.

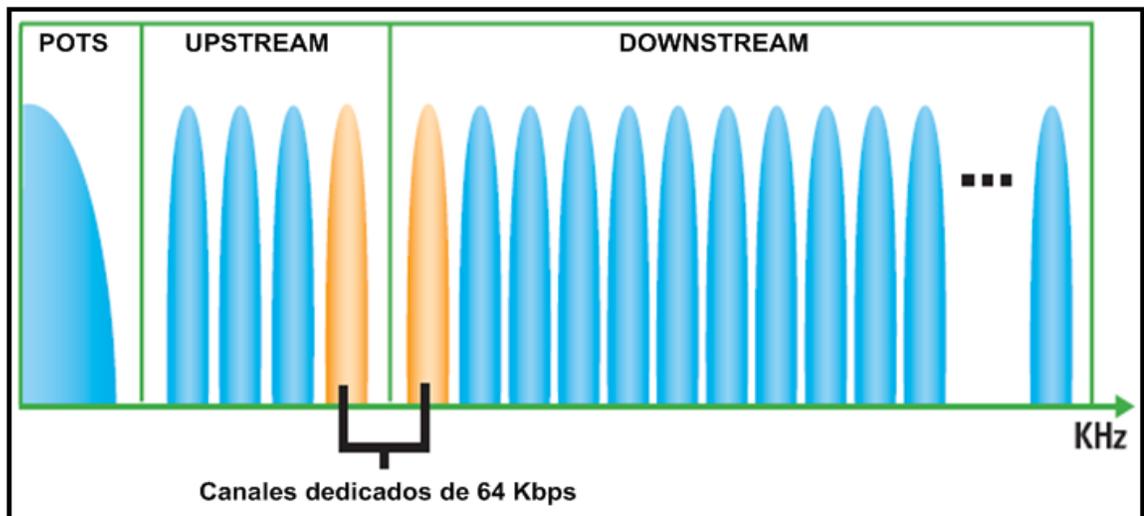
#### **1.2.2.1.2 VOZ CANALIZADA SOBRE ADSL2**

ADSL2 permite separar el ancho de banda en diversos canales con determinadas características para cada enlace y para diferentes aplicaciones. Es decir, por ejemplo, con ADSL2 podemos utilizar distintas señales de voz en distintos canales estableciendo más de una conversación sobre una línea. Este podría ser un servicio adicional ofertado por cualquier operadora ofreciendo una transmisión más flexible, de una mejor calidad y sobretodo de bajo costo.

La capacidad de canalización de ADSL2 provee un soporte al canal de voz sobre DSL conocido como CVoDSL (*Channelized Voice over DSL*), que es un método el cual consiste en transportar líneas derivadas de tráfico de voz TDM

(*Time Division Multiplexing*) sobre anchos de banda DSL pero de una forma completamente transparente.

Lo que hace CVoDSL es reservar canales de 64Kbps de ancho de banda DSL para transmitir la voz directamente en un circuito conmutado PCM; con esto se logra eliminar la necesidad de paquetizar el tráfico de voz sobre una línea telefónica en protocolos de capa superior como ATM o IP ,desde el módem DSL al Terminal remoto u oficina central.



**Figura 1.23** CVoDSL y sus canales de dedicados

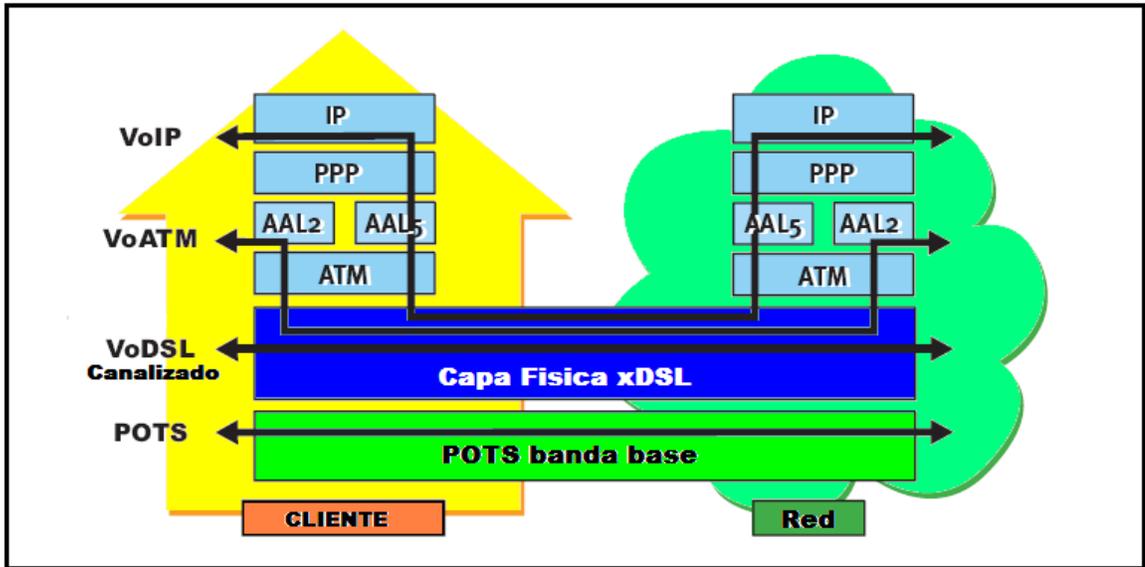


Figura 1.24 CVoDSL vs VoATM y VoIP

### 1.2.2.1.3 AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGIA

Los primeros trancceptores ADSL que salieron al mercado se mantenían funcionando durante las 24 horas del día, incluso cuando no se los está utilizando. Esto puede causar un problema, especialmente en lugares de trabajo donde la disipación de energía es un factor primordial y se debía mantener dentro de ciertos niveles. A su vez representa un gasto innecesario de energía eléctrica, puesto que no se estaría haciendo uso del servicio.

Con el fin de resolver este inconveniente la tecnología ADSL2 permite operar en 3 niveles de energía, los cuales son:

- L0 power mode
- L2 low-power mode
- L3 low-power mode

### **L0 POWER MODE**

ADSL2 trabaja en el nivel L0 power mode cuando se realizan grandes descargas de archivos que requieren que la velocidad de descarga sea maximizada. Durante este período el transceptor funciona a toda su capacidad.

### **L2 LOW-POWER MODE**

Este modo permite un ahorro de energía de los trancectores ubicados en el ATU-C llevando un registro estadístico de la conexión del usuario y el tráfico de Internet.

El nivel L2 low-power mode es una de las principales características innovadoras de los estándares ADSL. Permite a los trancectores entrar y salir de este nivel según la cantidad de tráfico sobre la conexión ADSL. Por ejemplo, mientras el usuario se demora en leer un archivo de texto grande y no está

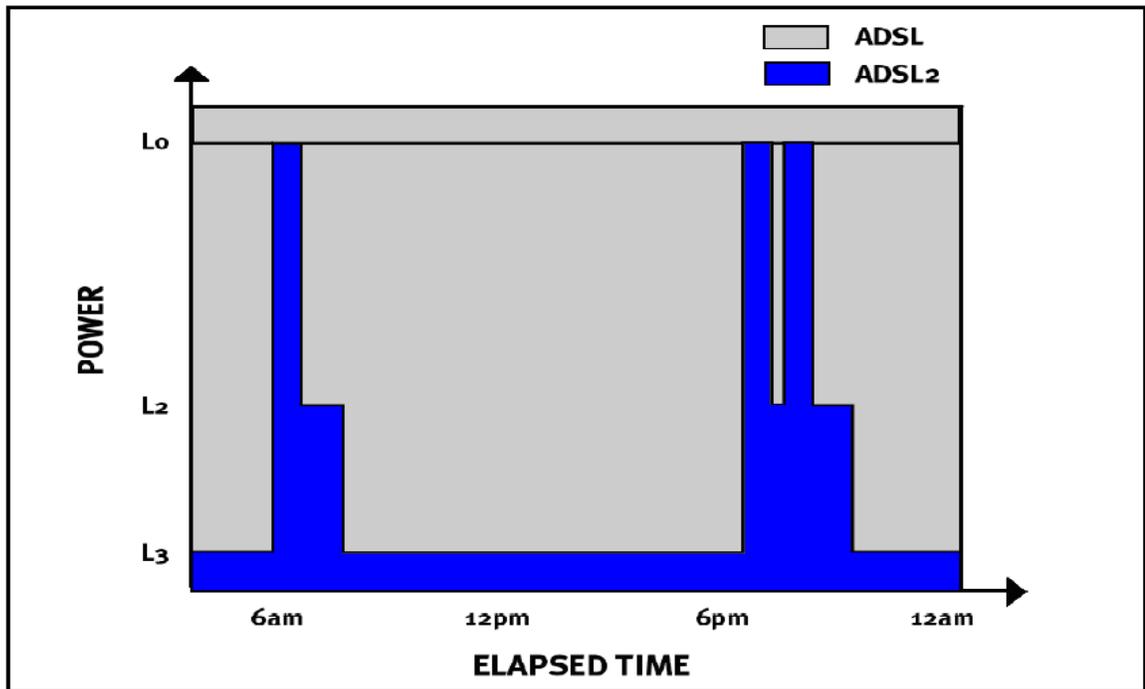
ocupando recursos de la red, el trancceptor entra a L2 y saldrá del mismo una vez que empiece una nueva descarga de archivos o páginas por parte del usuario.

Es importante aclarar que la entrada y salida a este nivel de energía es automática e imperceptible para el cliente, puesto que no se produce interrupción del servicio ni errores en la tasa de bits.

### **L3 LOW-POWER MODE**

Con este modo ADSL2+ cuenta con un ahorro en el consumo de energía tanto del lado del usuario como del proveedor cuando no se realiza uso de la conexión por un período considerable de tiempo.

Durante el nivel L3 low-power mode, los trancceptores entran a un período de descanso llamado “sleep mode”, en el cual el cliente no está en línea (on line) y con esto se evita un consumo innecesario de energía. Los trancceptores requieren de aproximadamente 3 segundos para volver a su estado normal de actividad una vez que se necesite nuevamente del uso de la conexión.



**Figura 1.25** Comparativa de modos de energía entre ADSL Y ADSL2

#### 1.2.2.1.4 MEJORA EN EL ALCANCE

Con el surgimiento de ADSL2 se obtuvieron varios avances en el desempeño operativo de esta clase de tecnología. Se logró mejorar la tasa de transmisión, la susceptibilidad a interferencias, y se llegó a extender un poco más el alcance hacia los usuarios.

Todo esto se produce gracias a la utilización de la codificación QAM la cual proporciona una alta tasa de transferencia en líneas de gran longitud donde la

relación Señal a Ruido (SNR) es baja lo que provoca una degradación de la señal.

Adicionalmente con la ayuda de la codificación Reed-Solomon se obtiene una mayor ganancia de codificación, debido a las mejoras en el entramado provocadas por la flexibilidad de generación de palabras de código Reed-Solomon, lo que a su vez produce un incremento en la tasa de transferencia en líneas de gran longitud.

Todo esto resulta en un considerable incremento en el radio de alcance de 183m. lo que se traduce como un incremento en el área de cobertura del 6% o 6,5Km<sup>2</sup>.

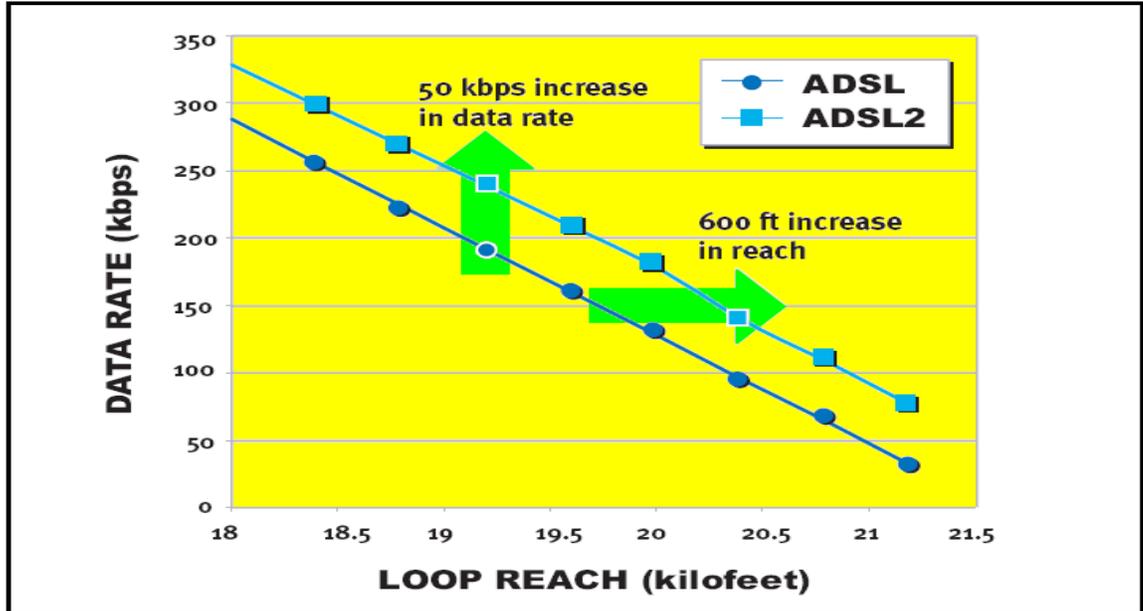


Figura 1.26 Alcances de sistemas ADSL y ADSL2

#### **1.2.2.1.5 MONITOREO Y DIAGNOSTICO DEL ESTADO DEL ENLACE**

Determinar la calidad y el estado del enlace ha sido un obstáculo, sea cual sea el tipo de comunicación, para el despliegue de cualquier tecnología. Para abordar dicho inconveniente, ADSL2 posee herramientas capaces de diagnosticar las condiciones del enlace.

Estas capacidades de diagnóstico se encuentran en ambos extremos de la conexión, lo cual brinda una herramienta muy útil para solucionar problemas durante y después de la instalación del servicio, además de poder realizar el constante monitoreo de la línea, brindando de esta forma un mejoramiento del control de calidad del servicio.

Para poder llevar a cabo esta función, los transceptores ubicados en los extremos del enlace toman constantemente mediciones de diversos parámetros, tales como: nivel de ruido de la línea, atenuación de la señal, relación señal a ruido (SNR), para lo cual utilizan una herramienta especial de muestreo y diagnóstico.

Dichas mediciones, tomadas en tiempo real, son analizadas e interpretadas por programas, para luego ser utilizadas por el proveedor en el monitoreo de la conexión e incluso para determinar si se puede ofrecer un mayor ancho de banda al cliente.

### **1.2.2.2 IMA COMO COMPLEMENTO DE ATM**

Un requerimiento común entre operadoras, es la habilidad de ofrecer diferentes SLAs (*Service Level Agreements*) a clientes diferentes. Las tasas de transferencia de datos para hogares y oficinas pueden ser significativamente incrementadas uniendo múltiples líneas telefónicas. Para permitir esto, el estándar ADSL2 se apoya en la técnica de multiplexación inversa para el estándar ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), IMA (*Inverse Multiplexing For ATM*), desarrollada para arquitecturas ATM tradicionales.

La multiplexación inversa para ATM se presenta como una solución intermedia entre enlaces de alta velocidad como lo son los enlaces E3/T3 y los enlaces E1/T1, puesto que los primeros pueden ser muy costosos y los segundos limitados para cubrir ciertas aplicaciones.

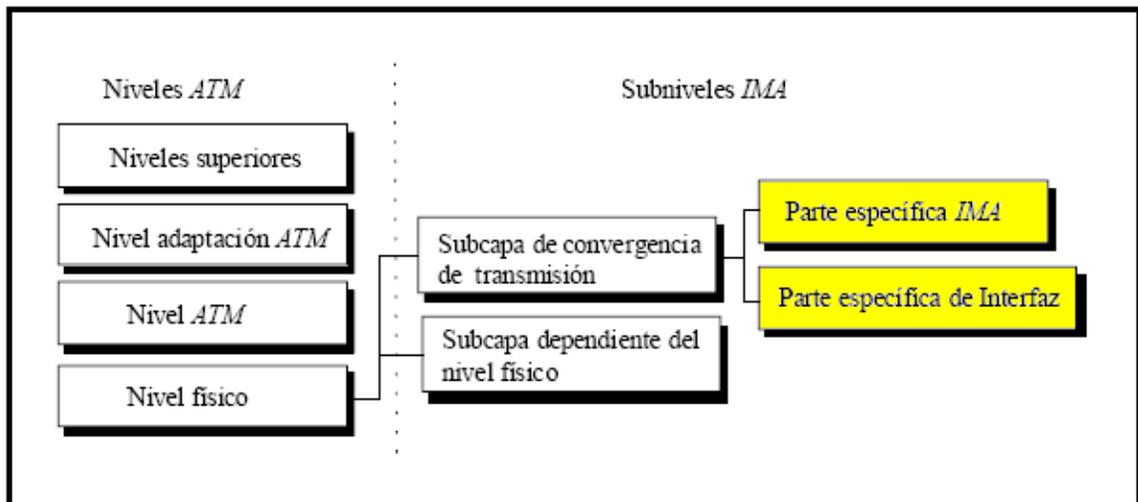
Un multiplexor convencional reúne el tráfico de diferentes fuentes, cada una de estas a una velocidad determinada, en un enlace de mayor velocidad con el objetivo de tener una transmisión eficiente. Mientras que el multiplexor inverso ATM (IMUX) toma el tráfico proveniente de una fuente con una relativa alta velocidad y lo distribuye por varios enlaces de menor capacidad.

A través de IMA, los equipos ADSL2 pueden unir dos o más pares de cobre en un enlace ADSL. El resultado es una mucho mayor flexibilidad en las tasas de transferencia de datos el sentido red-usuario.

El estándar IMA especifica una nueva subcapa que reside entre la capa física ADSL (PHY) y la capa ATM. En el lado del transmisor esta subcapa, llamada "subcapa IMA", toma un único flujo ATM de la capa ATM y lo distribuye entre múltiples ADSL PHYs. En el lado del receptor, la subcapa IMA toma celdas ATM de múltiples ADSL PHYs y reconstruye el flujo ATM original.

La subcapa IMA especifica el entramado, protocolos y funciones de administración que son usadas para llevar a cabo estas operaciones cuando las PHYs tienen bits erróneos, están asincrónicas y tienen diferentes retardos. A fin de trabajar bajo estas condiciones, el estándar IMA también requiere modificaciones a alguna de las funciones comunes de ADSL PHY, tales como el desecho de celdas de estado de reposo y celdas con información errónea en el receptor. ADSL2 incluye un modo de operación IMA para las necesarias modificaciones de la PHY de modo que IMA trabaje en combinación con ADSL.

La subcapa de convergencia de transmisión se divide en la parte específica de IMA y en la parte específica de interfaz. La parte específica de IMA controla la realización de la multiplexación inversa, así como la distribución de celdas ATM, compensación de retardos diferenciales, sincronización y control de los enlaces físicos. Mientras que la parte específica de interfaz controla la función de detección y corrección de errores de las cabeceras de las celdas ATM.



**Figura 1.27** IMA en el modelo de referencia ATM

Para realizar la multiplexación inversa ATM se toman flujos de celdas provenientes de varias fuentes y se los distribuye a través de un grupo de enlaces IMA. Dicha distribución se lleva a cabo por medio de un algoritmo cíclico (Round-Robin), de tal forma que la primera celda entrante se transporta por el primer enlace, la segunda celda por el segundo enlace y así

sucesivamente. En el extremo receptor se realiza la función inversa para reconstruir el flujo de celdas original.

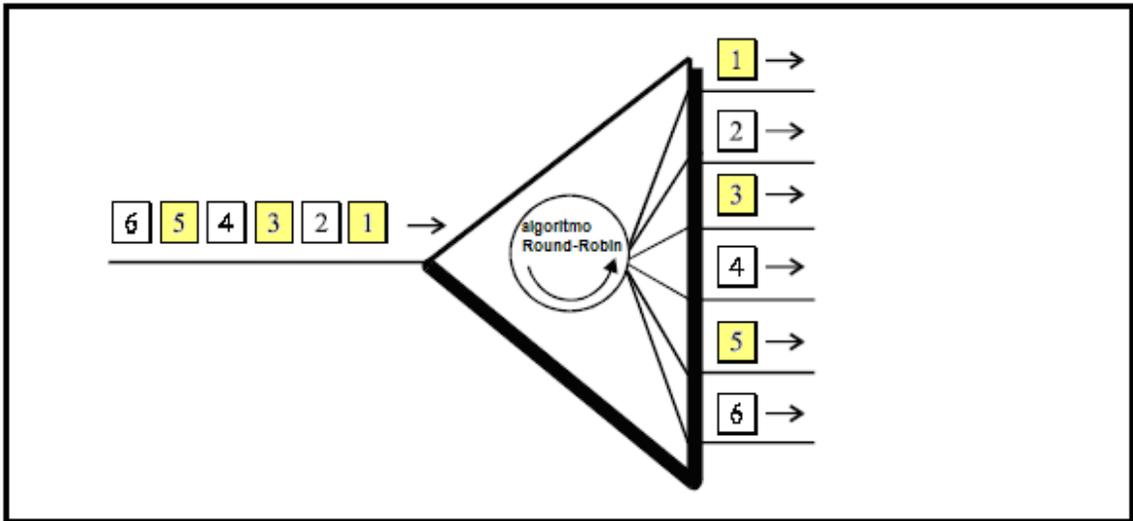


Figura 1.28 Algoritmo Round-Robin para la distribución de celdas

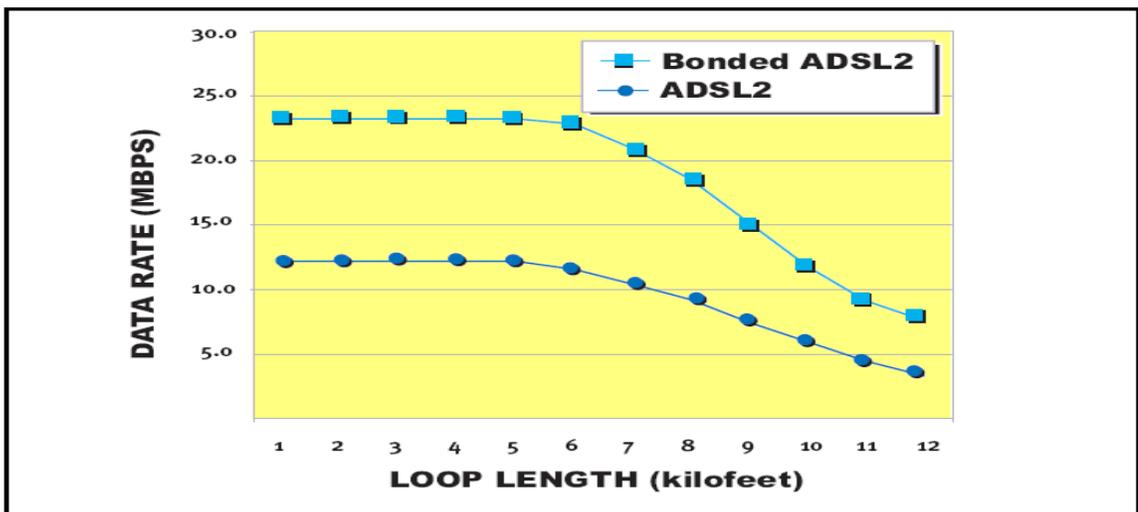


Figura 1.29 Mejoras utilizando IMA

### **1.2.3 MEJORAS CON ADSL2+**

ADSL2 Plus alcanzó consentimiento en la ITU en Enero de 2003, uniéndose a la familia de estándares ADSL2 como G.992.5.

La recomendación ADSL2 Plus dobla el ancho de banda del sentido red-usuario y en consecuencia, incrementa la tasa de transferencia de datos en este mismo sentido en líneas telefónicas de alrededor de 1,5Km.

Mientras los primeros dos miembros de la familia del estándar especifican una banda de frecuencias de hasta 1,1 MHz y 552 kHz respectivamente para el sentido red-usuario, ADSL2 Plus lo hace con hasta 2,2 MHz. El resultado es un incremento significativo en las tasas de transferencia en el sentido red-usuario en líneas telefónicas cortas. La tasa de transferencia de ADSL2 Plus en el sentido usuario-red es de cerca de 1Mbps, dependiendo de las condiciones del lazo.

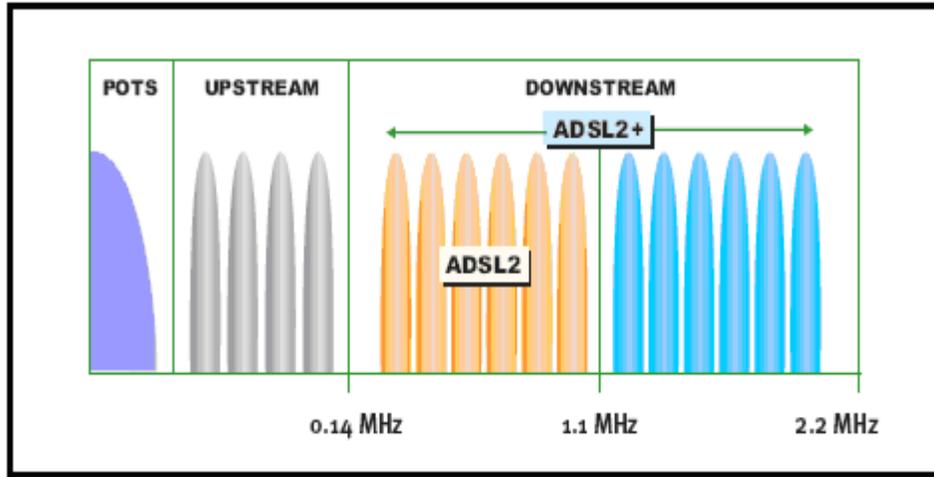


Figura 1.30 ADSL2+ dobla el ancho de banda de ADSL2

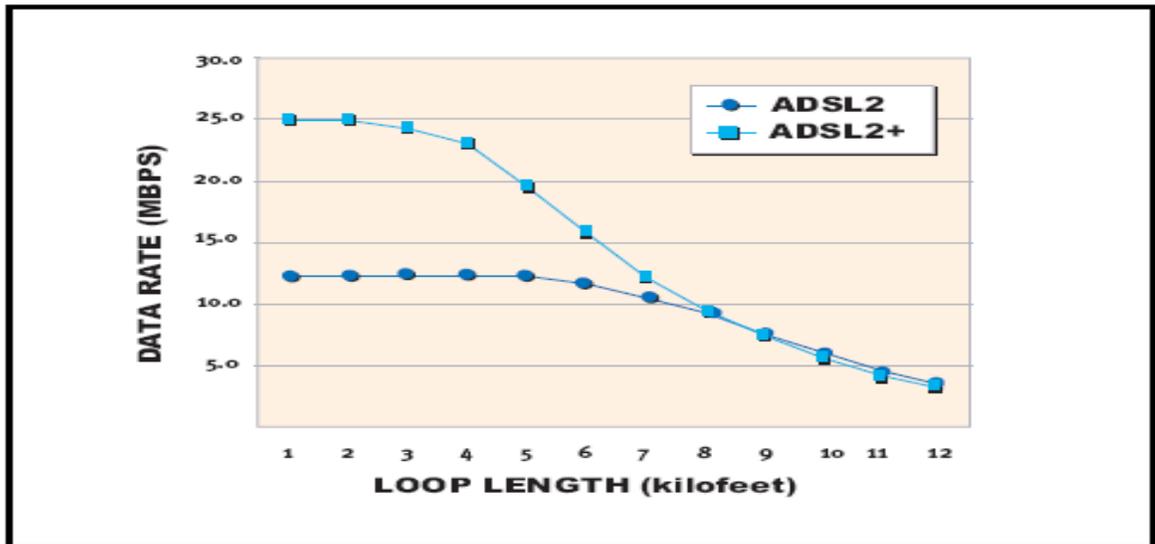
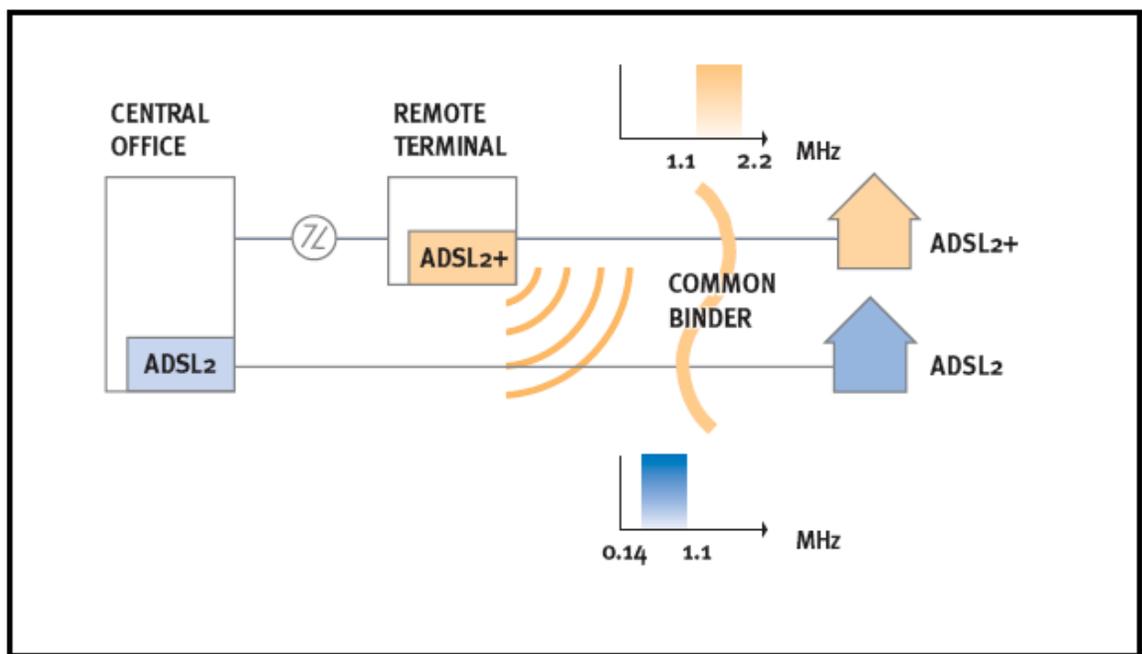


Figura 1.31 Comparativa de la tasa de datos de ADSL y ADSL2+

ADSL2 Plus también puede ser usado para reducir la diafonía. ADSL2 Plus ofrece la capacidad de usar sólo tonos entre 1,1MHz y 2,2MHz enmascarando las frecuencias usadas en sentido red-usuario que estén por debajo de 1,1MHz. Esto puede ser particularmente útil cuando los servicios ADSL de la oficina central y el terminal remoto están presentes en la misma conexión a medida que se acercan a las residencias de los clientes. La diafonía de los servicios ADSL desde el terminal remoto sobre las líneas de la oficina central, puede significativamente variar las tasas de transferencia de datos en la línea desde la oficina central.



**Figura 1.32** Reducción de crosstalk usando ADSL2+

ADSL2 Plus puede corregir este problema usando frecuencias por debajo de 1,1MHz desde la oficina central al terminal remoto, y las frecuencias entre 1,1MHz y 2,2MHz desde el terminal remoto a las cercanías del cliente. Esto eliminará la mayor parte de la diafonía entre los servicios y preserva las tasas de transferencia en la línea de la oficina central. También este estándar ofrece:

- Interoperabilidad mejorada: Adiciones al estado de inicialización mejoran la interoperabilidad y ofrecen un mejor desempeño cuando los transmisores y receptores se conectan equipos ADSL2 de diferentes fabricantes.
- Inicio rápido: ADSL2 ofrece un modo de arranque rápido que reduce el tiempo de inicialización desde más de 10 segundos (como es requerido para ADSL) a menos de 3 segundos.
- Modo Todo-Digital: ADSL2 permite un modo opcional que permite la transmisión de datos ADSL en el ancho de banda de voz, añadiendo 256Kbps de tasa de transferencia en sentido usuario-red. Esta es una opción atractiva para negocios que tienen sus servicios de voz y datos en diferentes líneas telefónicas.
- Servicios basados en paquetes: ADSL2 incluye una capa llamada PTM-TC (*Plesiochronous Transfer Mode – Transmission Convergence*), que permite transportar sobre ADSL2 servicios basados en paquetes de datos (como la *Ethernet*)

## **1.3 ACCESO A INTERNET POR BANDA ANCHA**

### **1.3.1 ¿QUE ES BANDA ANCHA?**

El término “banda ancha” generalmente se refiere a conexiones de Internet que transmiten datos a una velocidad mayor que 200 Kbps, en una comparativa con la velocidad máxima de 56 Kbps que ofrece la conexión tradicional por línea conmutada.

La banda ancha permite el acceso a una gran variedad de comercio electrónico, además de otras actividades tales como la telemedicina, el entretenimiento y la investigación.

Al igual que los servicios públicos representan una parte fundamental para el desarrollo de la sociedades; hoy en día la banda ancha es considerada alrededor del mundo parte vital de la infraestructura de cualquier comunidad impactando tanto en el crecimiento económico como en la calidad de vida de sus integrantes, puesto que llega en un momento de convergencia tecnológica en que las aplicaciones informáticas se están empezando a utilizar en otros dispositivos tales como los teléfonos móviles y en el otro sentido también, las comunicaciones de voz ahora por ordenador.

### 1.3.2 TECNOLOGÍAS DE ACCESO

El estar conectado a Internet con banda ancha tal como su nombre lo dice, supone una conexión que dispone de un gran ancho de banda lo que significa que estamos trabajando a altas velocidades, la misma que es proporcionada por un amplio espectro de tecnologías.

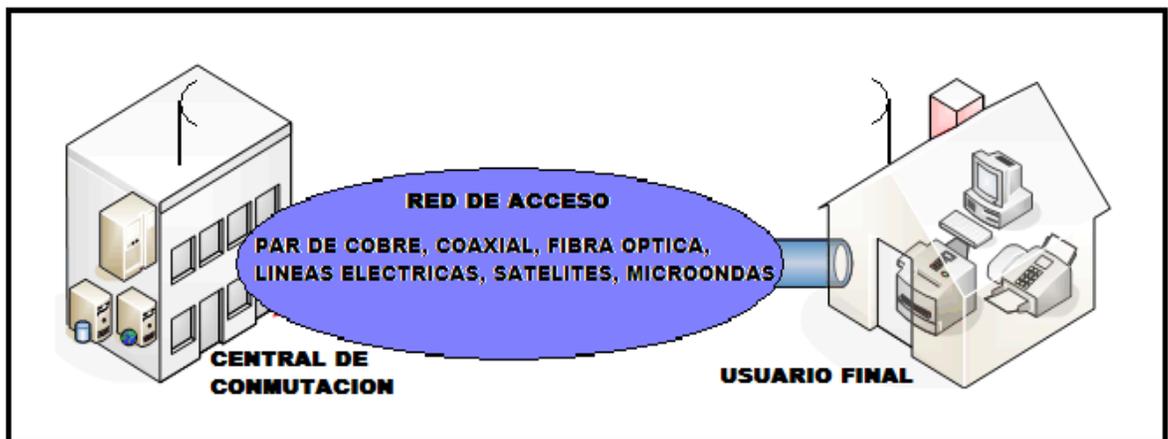


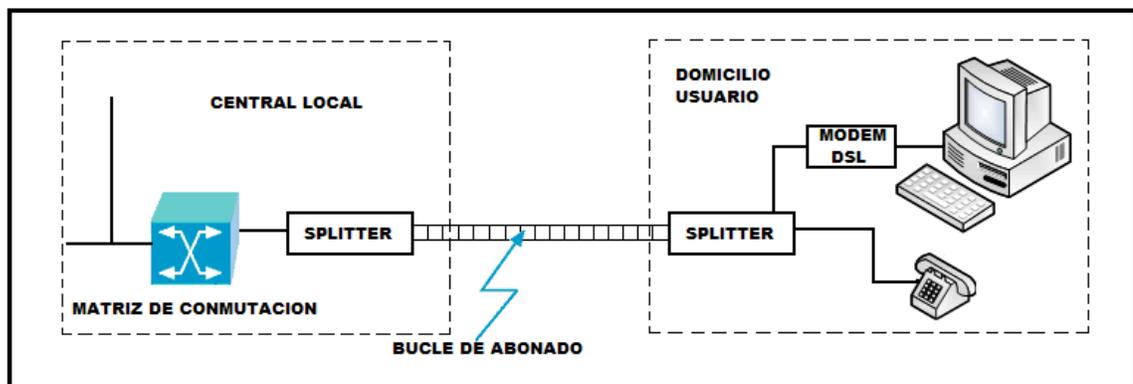
Figura 1.33 *Medios para el acceso a Internet*

#### 1.3.2.1 ACCESO MEDIANTE DSL

DSL son las siglas en inglés de Digital Subscriber Line ó Línea Digital de Abonado. Este término hace referencia a una completa familia de tecnologías de modulación que permite transmitir datos a altas velocidades utilizando el par de hilos de cobre del bucle de abonado de las redes telefónicas.

Aprovechando la ventaja de disponer del par de cobre, muchas empresas de telecomunicaciones comercializan este tipo de servicio ofreciendo al suscriptor algunas ventajas adicionales tales como el uso simultáneo del teléfono y la línea de datos, precios accesibles, conexión permanente y la posibilidad de tener varios ordenadores en una misma línea.

La banda ancha que usa DSL provee velocidades de transmisión que van desde algunos cientos de Kpbs hasta millones de bits por segundo (Mbps).



**Figura 1.34** *Arquitectura básica DSL*

### 1.3.2.2 ACCESO MEDIANTE CABLE MODEM

El servicio de cable módem permite a los operadores de cable proporcionar la banda ancha usando los mismos cables coaxiales que envían las imágenes y sonido al televisor.

La mayoría de los cables módem son dispositivos externos que tienen dos conexiones, una a la salida del cable en la pared y la otra a una computadora. Proveen velocidades de transmisión de 1.5 Mbps o más.

Los suscriptores pueden tener acceso al servicio del cable módem simplemente encendiendo sus computadoras sin marcar a su ISP, y pueden ver la televisión por cable mientras está en uso. Las velocidades de transmisión varían dependiendo del tipo de cable módem, red de cable y carga de tráfico. Las velocidades son comparables con las de DSL.

Al tratarse de una red asimétrica en la cual los caudales de subida y bajada difieren, el módem situado del lado del usuario es diferente del módem situado del otro lado del bucle en la central local.

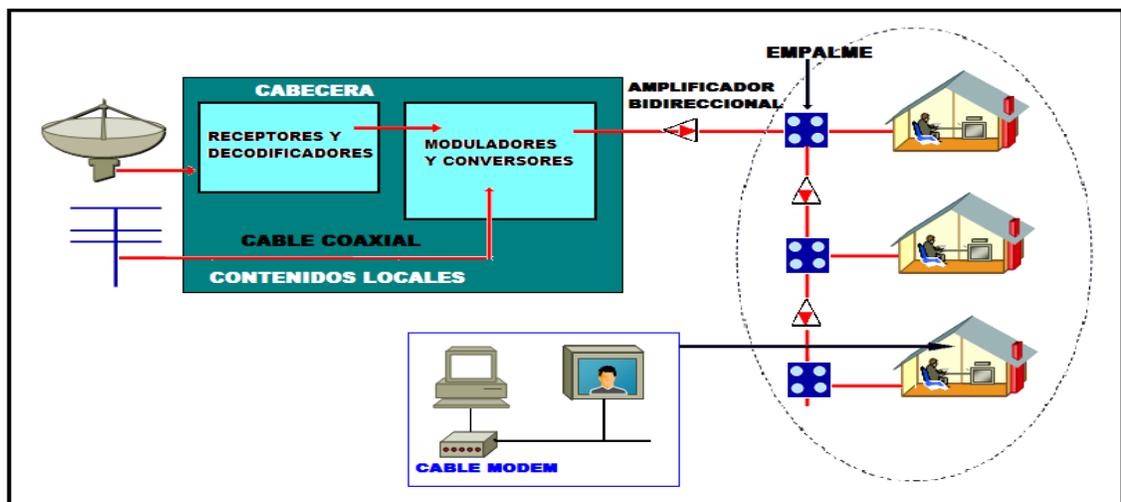


Figura 1.35 Red de Cable Modem

### **1.3.2.3 ACCESO POR SATELITE**

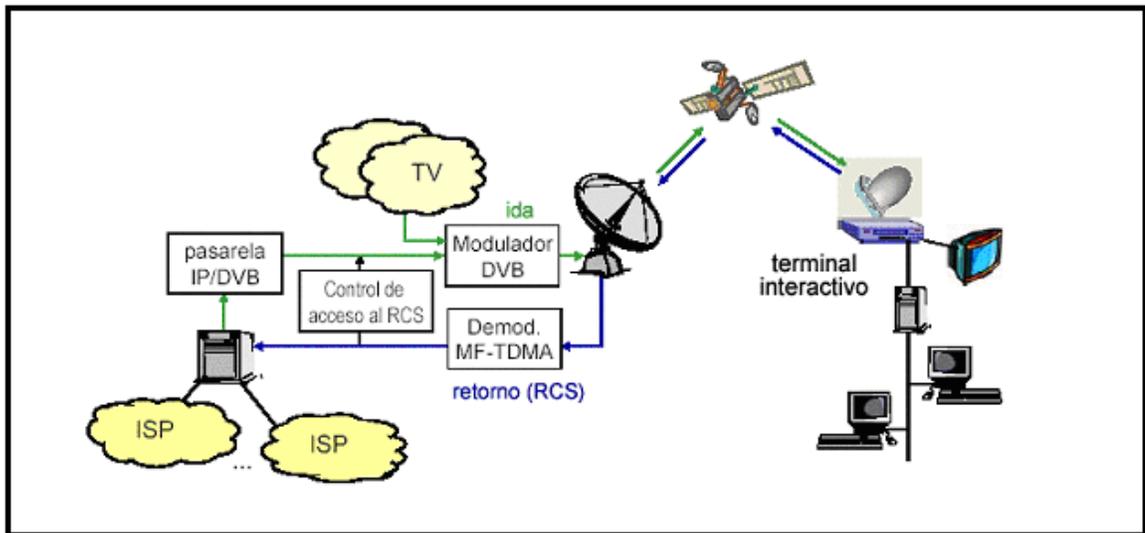
Las comunicaciones vía satélite hoy en día representan uno de los principales medios para la difusión de la información detrás de las comunicaciones clásicas como la televisión y la telefonía. Los satélites han resultado un elemento fundamental en el desarrollo de las comunicaciones puesto que las barreras geográficas ya no son una limitante y la evolución tecnológica de los mismos ha hecho posible el acceso directo de los usuarios en un sentido bi-direccional.

El consorcio DVB (Digital Video Broadcasting Project) creado en 1993, es el encargado de establecer los estándares para TV digital y servicios de datos que definen las comunicaciones vía satélite. Ellos recogieron los diferentes intereses del mercado y desarrolló un sistema completo basado en un método unificado y normalizado.

En los sistemas de TV digital por satélite, parte de su capacidad puede utilizarse sustituyendo flujos de video por flujos de paquetes IP, de forma similar a la combinación de servicios de TV e Internet sobre redes de cable.

La velocidad del flujo de datos descendente o ascendente para la banda ancha por satélite depende de varios factores, incluyendo el proveedor y el paquete de servicio que se compra, la línea visual del consumidor con el satélite y el clima.

Típicamente un consumidor puede esperar bajar datos a una velocidad de cerca de 500 Kbps y subir datos a una velocidad de aproximadamente 80 Kbps.



**Figura 1.36** Diagrama de servicio de Internet mediante comunicación satelital

El obtener la banda ancha por satélite puede ser más costoso y difícil que por DSL o cable módem. El usuario debe tener:

- Una antena parabólica o estación base de dos o tres pies
- Un módem para Internet por satélite; y
- Una línea visual libre al satélite del proveedor



**Figura 1.37** *Equipos necesarios en una red satelital*

#### **1.3.2.4 ACCESO VIA RADIO LMDS**

La tecnología LMDS (Local Multipoint Distribution Service ó Servicio Local de Distribución Multipunto) permite un acceso de banda ancha de hasta 8Mbps mediante el establecimiento de un enlace de radio bi-direccional. Las señales son transmitidas de punto a multipunto, mientras que el canal de retorno del abonado a la estación base es punto a punto. La distribución de señales engloba voz, datos, Internet y video.

Esta tecnología desde su aparición en los años 70, ha evolucionado enormemente utilizando hoy varias bandas (2GHz, 23-25Ghz, 35GHz y 42GHz) ampliando considerablemente la capacidad efectiva disponible para los usuarios.

La estación base puede tener un alcance de hasta 7 Km para un servicio óptimo o hasta 20Km con un menor ancho de banda.

La arquitectura de red LMDS consiste principalmente en cuatro partes:

Centro de operaciones y administración de la Red o Cabecera.

Backbone.

Estación Base.

Equipamiento del Cliente, CPE.

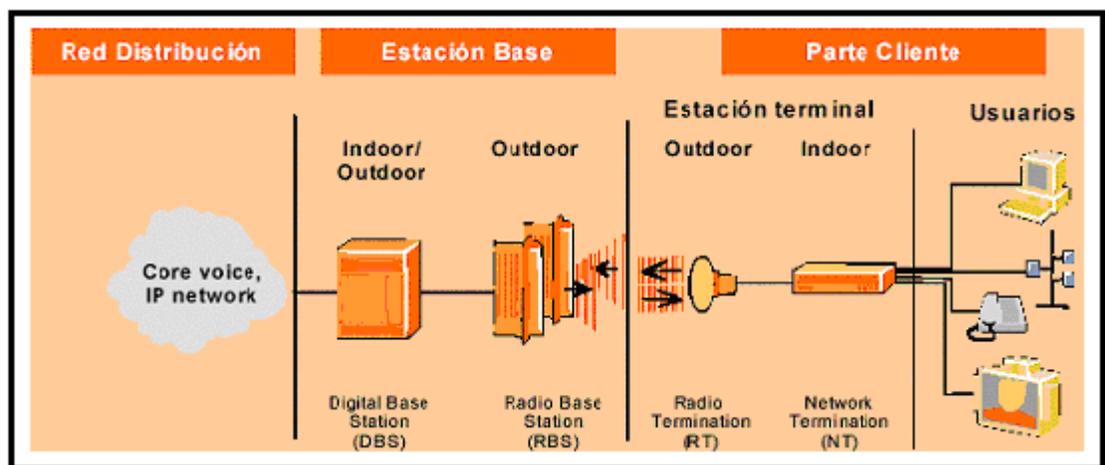
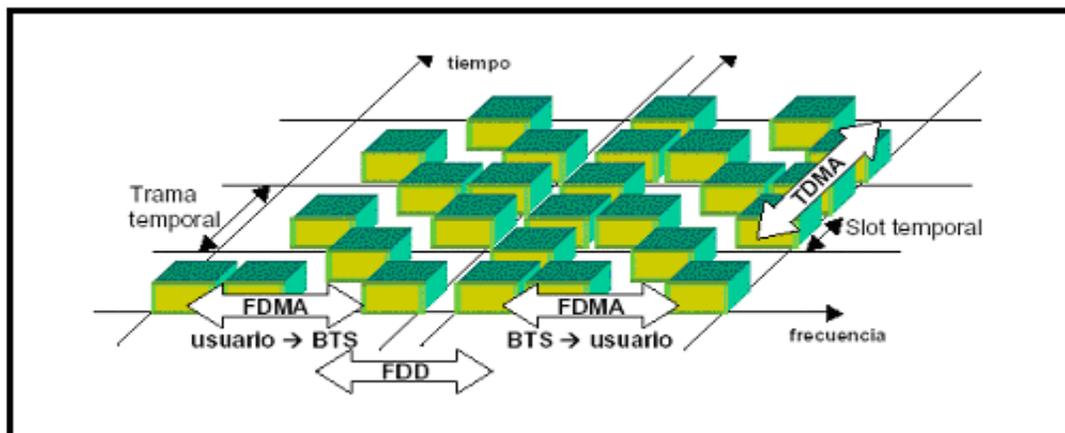


Figura 1.38 Red LMDS

Puesto que el sistema es punto a multipunto, el sistema incorpora un mecanismo de acceso múltiple al enlace ascendente (el compartido por todas las estaciones terminales). El esquema utilizado es TDMA (Time Division Multiple Access). La organización de dicho enlace ascendente viene determinado por la estación base, que lo propaga a todas las estaciones terminales mediante el enlace descendente. Por el contrario, al enlace descendente sólo accede la estación base, por lo que no es necesario ningún mecanismo de acceso múltiple. El enlace descendente se organiza mediante multiplexación por división en el tiempo, agrupando los mensajes dirigidos a terminales con el mismo esquema de transmisión.



**Figura 1.39** Diferenciación de TDMA vs FDMA

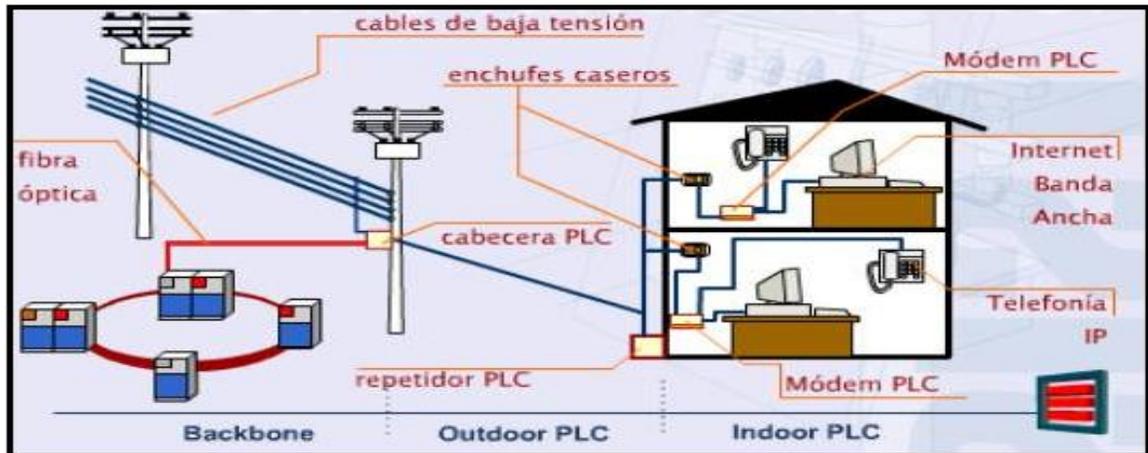
### **1.3.2.5 USO DE TECNOLOGIA PLC**

PLC (Power Line Communications) o comunicaciones por líneas de potencia es una tecnología que aprovecha el cableado eléctrico existente (red eléctrica) como un medio para el intercambio de información.

La señal utilizada para la transmisión de datos por lo general es de 1.6 a 30 MHz, así se evita utilizar las frecuencias ordinarias de la red eléctrica convencional, es decir los 50Hz o los 60Hz dependiendo del país; lo que permite evitar interferencias entre ambas señales.

Las velocidades de transmisión alcanzadas son de 200 Mbps (para media y baja tensión) compartidos entre todos los usuarios del transformador. Para poder acceder a este servicio se necesita de un modem PLC por cada conexión particular. Estos 200 Mbps son alcanzados a nivel de capa física y 130 Mbps en la capa de aplicación utilizando modulación OFDM con 1536 portadoras y TDD o FDD como método de acceso al canal.

La arquitectura de una red PLC consta de dos sistemas formados por tres elementos: Sistema denominado de Outdoor o de Acceso, sistema de Indoor y un repetidor para comunicar ambos sistemas.



**Figura 1.40** *Arquitectura PLC*

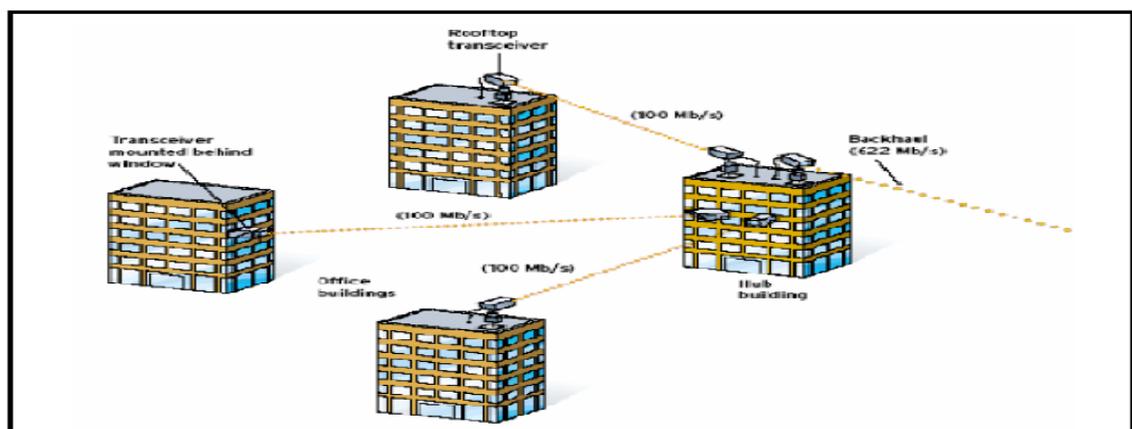
### 1.3.2.6 ACCESO MEDIANTE FSO

Free Space Optics (FSO) es una tecnología de telecomunicaciones que usa la propagación de la luz al aire libre para transmitir datos entre dos puntos. Esta tecnología es útil cuando la conexión física es difícil, por ejemplo en ciudades donde la instalación de fibra óptica es complicada y/o costosa. En sí se basa en una transmisión inalámbrica láser por infrarrojos, punto a punto, diseñada para la interconexión de dos puntos situados en línea de visión directa. Los sistemas operan tomando una señal estándar de datos o telecomunicaciones, convirtiéndola a formato digital y enviándola a través del espacio libre. El

transporte utilizado para la transmisión de esta señal es la luz infrarroja, generada por LED de alta potencia o diodo láser de baja potencia.

Los Sistemas de transmisión óptica en el espacio libre juegan un papel cada vez más importante en la provisión de comunicaciones de banda ancha en los entornos empresariales e inalámbricos del mundo GSM. Con FSO es extremadamente sencillo y rápido proporcionar comunicaciones fiables de banda ancha entre pequeñas distancias.

Esta tecnología está libre de licencias gubernamentales y no precisa permisos especiales, por lo que los diseñadores de redes utilizan FSO como herramienta integral para la conectividad de sus redes, que aporta importantes ventajas en términos de tiempo y costos.



**Figura 1.41** Red FSO

### **1.3.2.7 ACCESO USANDO WIMAX**

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) o Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas es un estándar de transmisión inalámbrica de datos proporcionando accesos en áreas de hasta 50 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps utilizando tecnología portátil LMDS. Las bandas de frecuencias a las cuales trabaja son entre 2 y 11 GHz para lo que son bajas frecuencias y a 66 GHz para muy altas frecuencias.

Integra la familia de estándares IEEE 802.16 y el estándar HyperMAN del organismo de estandarización europeo ETSI. Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias. Está basada en OFDM, y con 256 subportadoras puede cubrir un área de 50 kilómetros permitiendo la conexión sin línea de vista. Soporta los modos FDD y TDD para facilitar su interoperabilidad con otros sistemas celulares o inalámbricos.

WiMAX viaja por frecuencias de radio y prescinde de cables que conecten la estación base con el cliente. Por ello, su costo de implantación es más bajo y constituye una alternativa idónea para proveer Internet a comunidades rurales o suburbanas, que carecen de una infraestructura de cableado, tal y como sucede en muchos países de Latinoamérica.

Un sistema de WiMax tiene dos partes:

Por un lado están las torres WiMax, que dan cobertura de hasta 50 Km cuadrados según el tipo de señal transmitida.

Por otro están los receptores, es decir, las tarjetas que conectamos a nuestro PC, portátil, PDA y demás para tener acceso.

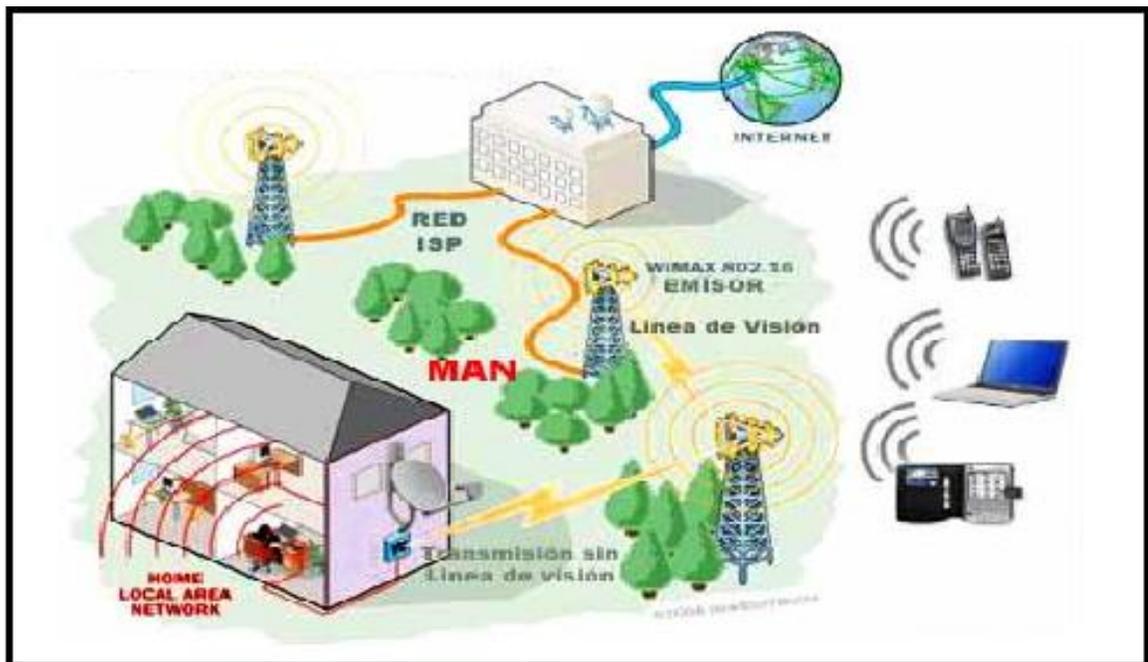


Figura 1.42 Red Wimax y servicios

### **1.3.3 SITUACION DE LOS ACTUALES SERVICIOS DE BANDA ANCHA EN EL MEDIO**

Los requerimientos de banda ancha en el Ecuador han ido aumentando a medida que los cambios y necesidades de las nuevas aplicaciones desarrolladas por las nuevas tecnologías han ido avanzando en este mundo globalizado; sin embargo los altos costos del uso de la banda ancha en el país se han vuelto una gran limitante. Aun así, en nuestro medio encontramos algunas empresas que ofrecen el servicio haciendo uso portador de distintas tecnologías.

Una de las principales limitantes del acceso a Internet en nuestro país es la carencia de salidas internacionales a la misma. En el 2004 la anchura de banda requerida fue de 0.5 Gbps y para el 2006 se superaron los 2Gbps, saturando de esta manera la única salida que se tiene a través del Cable Panamericano.

Se estima que en Ecuador existen más de 10.697 puntos de acceso hasta finales del 2006 (fuente: CEPAL) y la penetración de Internet fue del 5.2% (fuente: Internetworldstats), además se estima se alcance para el 2007 el 0,8 %. De esta manera Ecuador se situaría aun en el puesto 11 dentro de la región en lo que respecta a penetración. En una publicación hecha en Noviembre de 2006, el CONATEL según estudios llegó a la conclusión que la penetración de

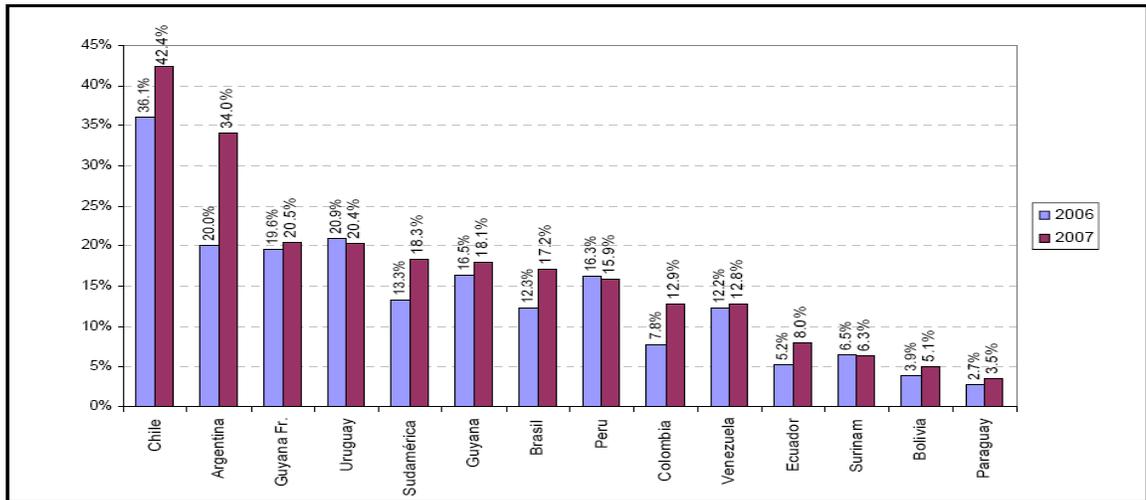
Internet en el país fue del 10,13 % y su cálculo se basó en las siguientes hipótesis:

TIPO DE CUENTAS	NUMERO DE CUENTAS	USUARIOS POR CUENTA	NUMERO DE USUARIOS	% DE USUARIOS
DIAL UP	105,372	4	421,488	3.15
<b><u>DEDICADOS</u></b>	<b>45,589</b>	<b>15</b>	<b>683,835</b>	<b>5.11</b>
PUNTOS PUBLICOS	10,000	25	250,000	1.87
TOTAL	160,961		1,355,323	10.13%

**Tabla 1.6** *Penetración de Internet en Ecuador según CONATEL año 2006*

El cálculo del número de usuarios de Internet encierra un nivel básico de abstracción que obliga a entender a que nos referimos cuando hablamos de usuarios que se conectan mediante diferentes medios para tener acceso a los servicios de Internet. En principio nos referiremos a todas las personas que dentro del territorio del Ecuador haciendo uso de cualquier forma de acceso tienen posibilidades de conectarse a Internet. Para acotar estas formas de acceso, tendremos en cuenta tres tipos de conexión:

1. Acceso mediante cuenta conmutada o dial-up.
2. Acceso mediante cuenta dedicada o de “banda ancha”.
3. Acceso mediante puntos públicos (cybercafés, telecentros, locutorios, etc.).



**Figura 1.43** Penetración de Internet en países de Sudamérica

Sin embargo, en un estudio más conservador de la Superintendencia de Telecomunicaciones y actualizado a Diciembre de 2006, se llegaron a las conclusiones mostradas en la Tabla 1.7 en lo que respecta a usuarios de banda ancha:

TIPO DE CUENTAS	NUMERO DE CUENTAS	USUARIOS POR CUENTA	NUMERO DE USUARIOS	% DE USUARIOS
DIAL UP	141,814	4	567,256	4.37
<b><u>DEDICADOS</u></b>	<b>65,463</b>	<b>3,9</b>	<b>256,227</b>	<b>1.97</b>
PUNTOS PUBLICOS	-	-	-	-
TOTAL	207,277		823,483	6.34 %

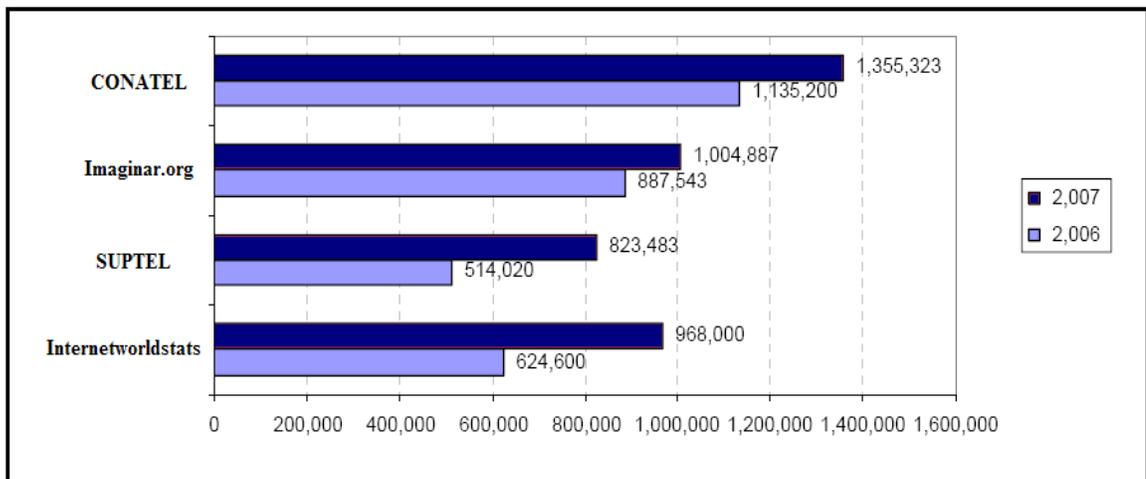
**Tabla 1.7** Penetración de Internet en Ecuador según la SUPTTEL año 2006

En este estudio realizado por la Superintendencia de Telecomunicaciones para el cálculo del factor para usuarios de cuenta dedicadas o de banda ancha se realizó una ponderación de la información provista por los ISPs. De esta forma se obtuvo un resultado más real y efectivo.

PROVEEDOR	NUMERO DE CUENTAS	NUMERO DE USUARIOS	USUARIOS POR CUENTA	% DE USUARIOS DEL TOTAL
Suratel	32,631	97,666	2.99	38.12 %
Andinatel S.A.	15,673	64,288	4.10	25.09 %
Lutrol S.A	2,688	7,618	2.83	2.97 %
Telecsa S.A	2,590	2,590	1.00	1.01 %
Ecuador telecom S.A	1,811	6,960	3.84	2.72 %
Puntonet S.A.	1,714	9,165	5.35	3.58 %
Telconet	1,470	18,782	12.78	7.33 %
.....	...	...	...	...
<b>Total</b>			6.54	

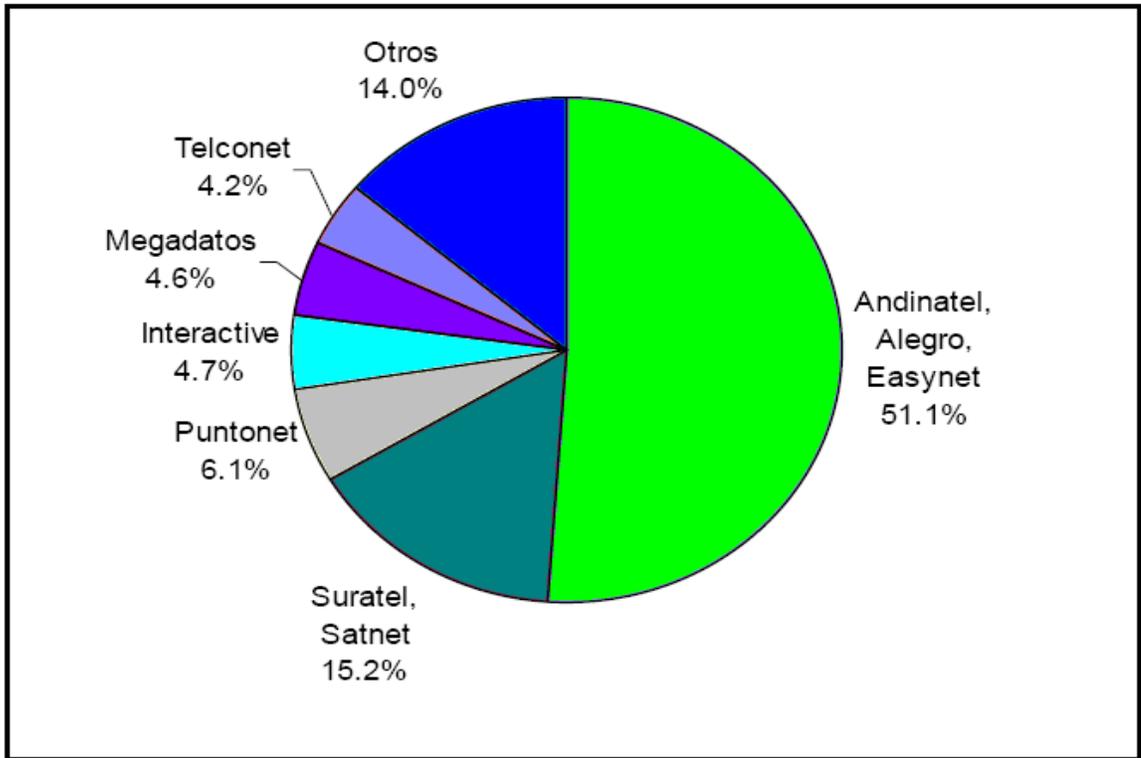
**Tabla 1.8** Penetración de banda ancha según proveedores

En realidad en nuestro país se manejan varias fuentes y distintas metodologías para el cálculo de usuarios. A continuación se muestran las principales fuentes:



**Figura 1.44** *Número de usuarios de Internet en Ecuador*

En lo que respecta a proveedores de Internet hasta Diciembre de 2006 se encontraban registrados 77 ISPs, es decir personas naturales o jurídicas que cuentan con los permisos requeridos para la prestación de servicios agregados. Esta información fue tomada de la Superintendencia de Telecomunicaciones, en la cual puede denotarse que un poco más del 50 % del total de usuarios han adquirido servicios a empresas estatales de telecomunicaciones. De los ISPs registrados claramente apenas 9 controlan el 85% del mercado. Otro aspecto a tomar en consideración es que de los 77 ISPs, tan solo 36 están presentes en la ciudad de Guayaquil.



**Figura 1.45** Participación de diferentes proveedores según número de usuarios

En lo que respecta a cuentas con servicio de banda ancha tenemos que acotar que SURATEL maneja un alto porcentaje como proveedor del servicio en la ciudad de Guayaquil.

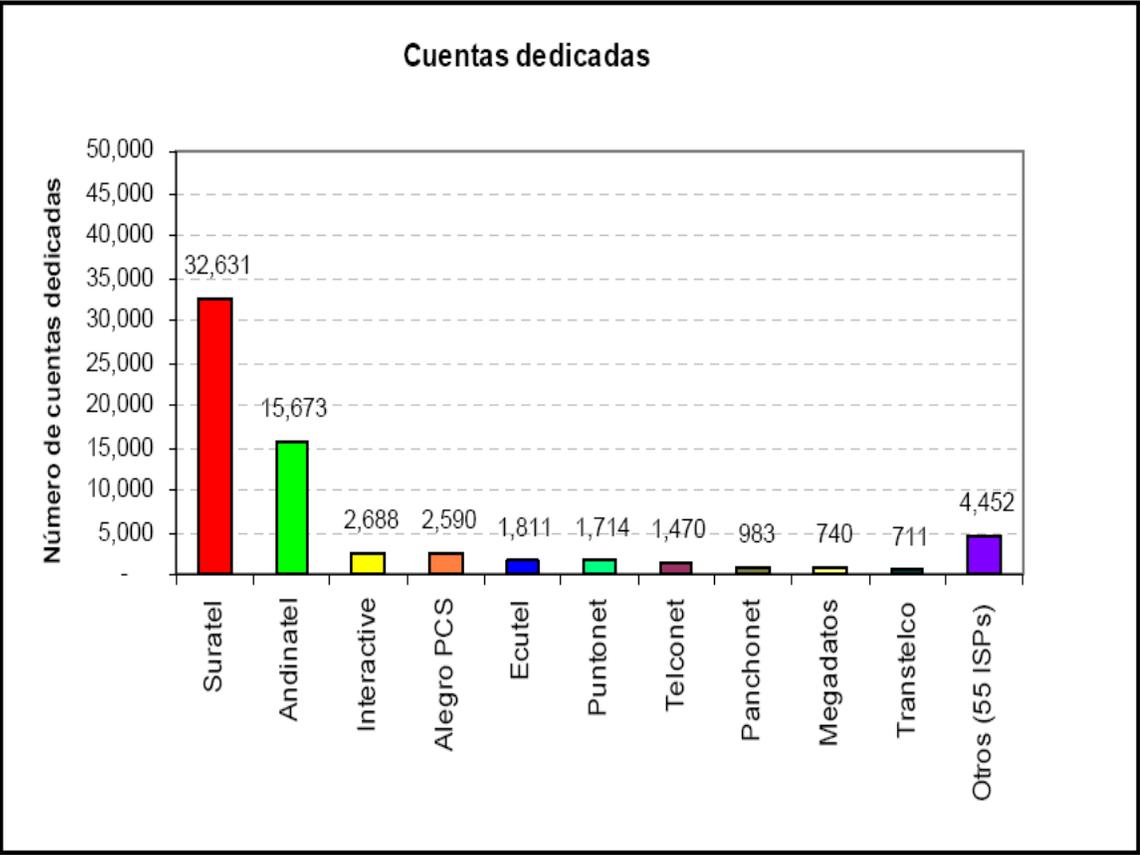


Figura 1.46 Número de cuentas dedicadas por proveedor

# **CAPITULO 2**

## **2 SITUACION ACTUAL DE LA RED TELEFONICA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

### **2.1 DESCRIPCION DE LA RED TELEFONICA DE GUAYAQUIL**

#### **2.1.1 DISPOSICION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS**

En la actualidad las distintas centrales de la red telefónica de Guayaquil pertenecientes a Pacifictel S.A. conforman una red SDH (Synchronous Digital Hierarchy ó Jerarquía Digital Sincrónica), que está compuesta por cinco anillos que cubren la ciudad, estos anillos son denominados: Central, Norte, Sur, Este y Oeste.

Cabe mencionar que hoy en día las redes SDH son consideradas junto a SONET (su equivalente norteamericano) tecnologías dominantes en la capa física de transporte de las redes actuales de fibra óptica. Esta jerarquía está basada en la existencia de una referencia temporal común (reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente a través de fibra óptica.

La antigua red telefónica de Guayaquil era considerada como una red compleja, basada su mayor parte en tecnología PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy o Jerarquía Digital Plesiócrona), cuya topología era una combinación de malla y estrella. De ahí la importancia de contar actualmente con una topología conformada por anillos bien dispuestos, uno central conectado al resto en las direcciones norte, sur, este y oeste. Esto fue implementado porque si un enlace se llegase a perder o existiera un corte de fibra, habría un camino de tráfico por otro camino alternativo. Así los operadores pueden minimizar el número de enlaces y fibra óptica desplegada en la red.

De estos 5 anillos que conforman la red SDH (ANEXO 3), se pueden diferenciar dos características presentes en los mismos debido a sus funciones prestadas; estas funciones son de recolectar tráfico e interconectar tráfico. Los anillos que realizan funciones de recolectar tráfico para ser llevado a nodos dentro o fuera del mismo con el objeto de llegar a la central destino son el Norte, Sur, Este y Oeste, dejando al anillo Central como el dedicado a la función de interconectar y administrar mediante gestión las distintas centrales que conforman los anillos nombrados anteriormente.

Estos anillos están conformados por varias centrales y nodos con los cuales adquieren su configuración característica, los mismos que se detallan a continuación:

**Anillo Central:** Este anillo lo conforman las centrales Norte, Bellavista, Centro, Urdesa y Kennedy Norte.

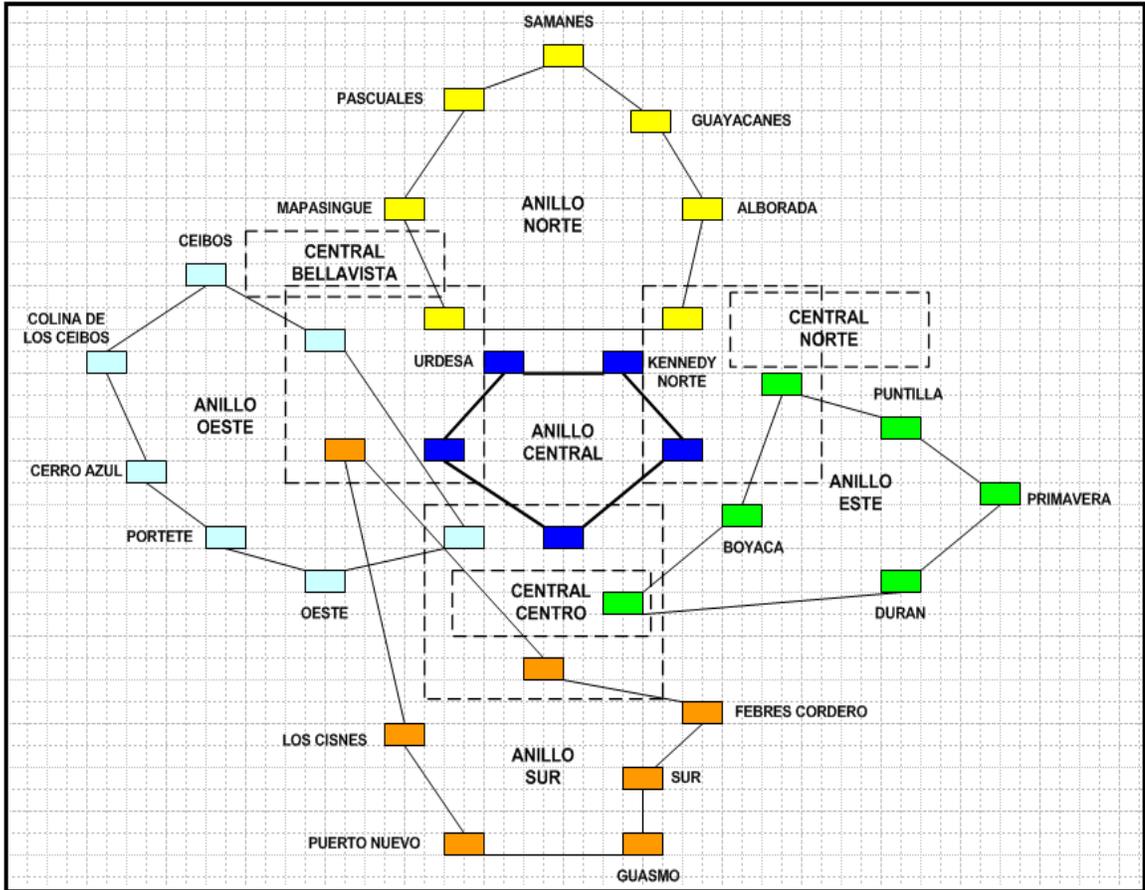
**Anillo Norte:** Está conformado por las centrales Norte, Alborada, Guayacanes, Samanes, Pascuales, Mapasingue y Bellavista.

**Anillo Sur:** Este anillo está conformado por las centrales Centro, Febres Cordero, Sur, Guasmo, Puerto Nuevo, Los Cisnes y Bellavista.

**Anillo Este:** Está conformado por las centrales Norte, Puntilla, Primavera, Durán y Centro.

**Anillo Oeste:** Conformado por las centrales Bellavista, Ceibos, Colinas de los Ceibos, Cerro Azul, Portete, Oeste y Centro.

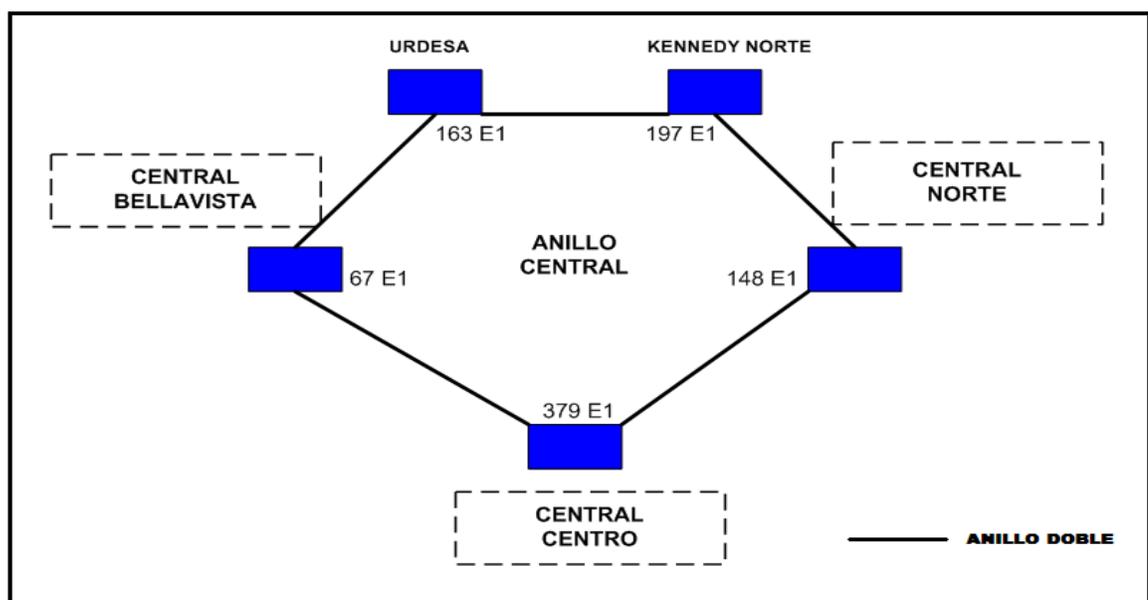
La configuración y conformación de estos anillos se pueden apreciar en la Figura 2.1, los mismos que adquieren o toman su nombre debido a su ubicación geográfica dentro de los límites de la ciudad de Guayaquil.



**Figura 2.1** Red SDH de Pacifictel

De éstas centrales se pueden diferenciar 3 centrales, la central Centro, Norte y Bellavista que cumplen funciones de Tandem. La central Centro se caracteriza por recibir todo el tráfico Nacional e Internacional y además cuenta con un enlace remoto hacia la Estación Terrena de Guayaquil.

Una característica a tomar en cuenta de los 5 anillos descritos anteriormente, es que el anillo central está conformado por un doble anillo de fibra. Sus nodos de red que lo conforman, cada uno de ellos maneja velocidades distintas, las mismas que se pueden apreciar en la Figura 2.2.

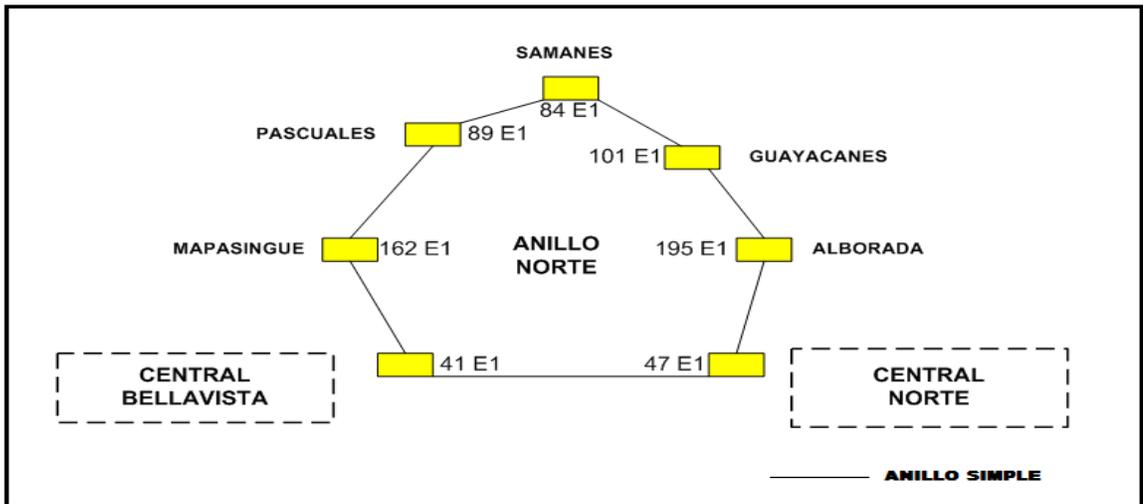


**Figura 2.2** *Velocidades anillo Central*

Los circuitos E1 son bastante comunes en la mayoría de las centrales telefónicas y se usan para conectar grandes y medianas empresas con centrales remotas, o para conexión entre centrales.

El formato de la señal E1 lleva datos en una tasa de 2,048 millones de bits por segundo y puede llevar 32 canales de 64 Kbps por cada uno.

A continuación se presentan en las figuras las velocidades manejadas por las distintas centrales o nodos de acceso que conforman los anillos Norte, Sur, Este y Oeste.



**Figura 2.3** *Velocidades anillo Norte*

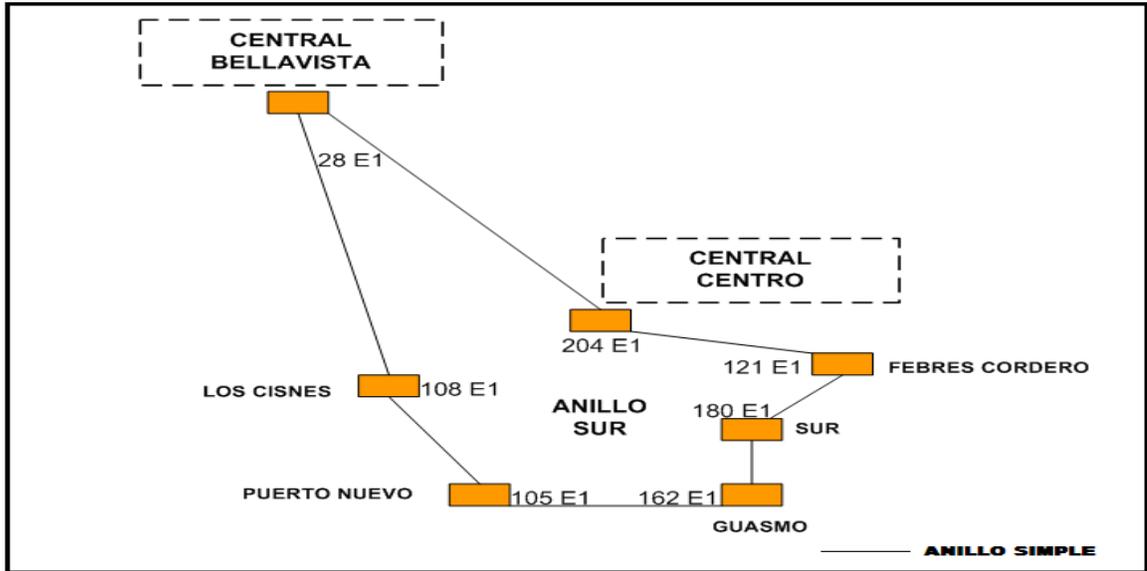


Figura 2.4 Velocidades anillo Sur

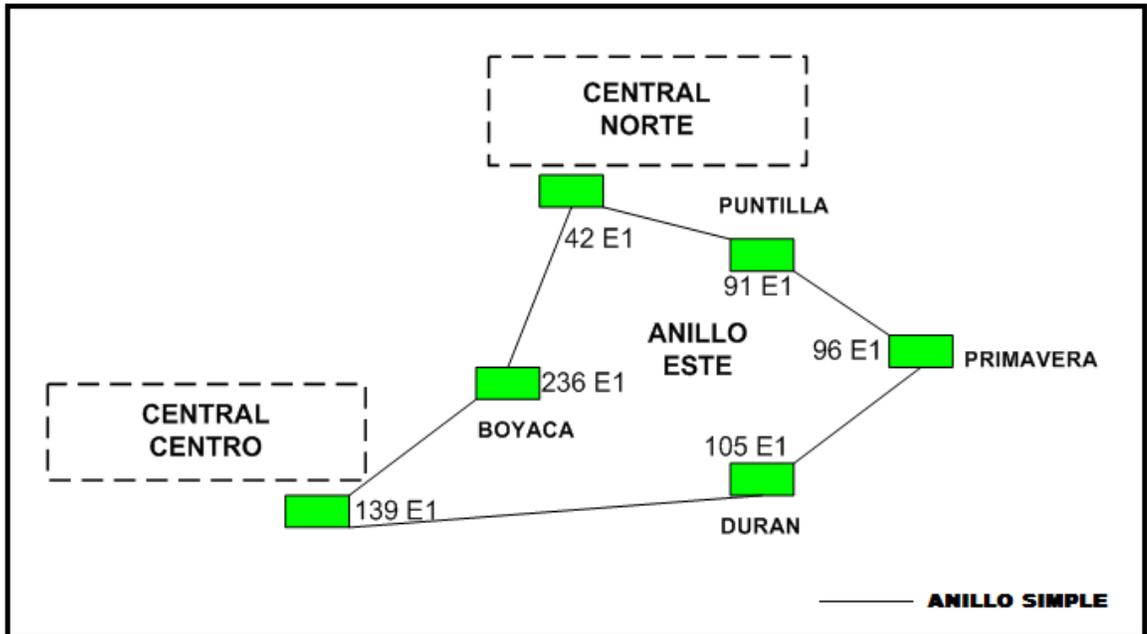
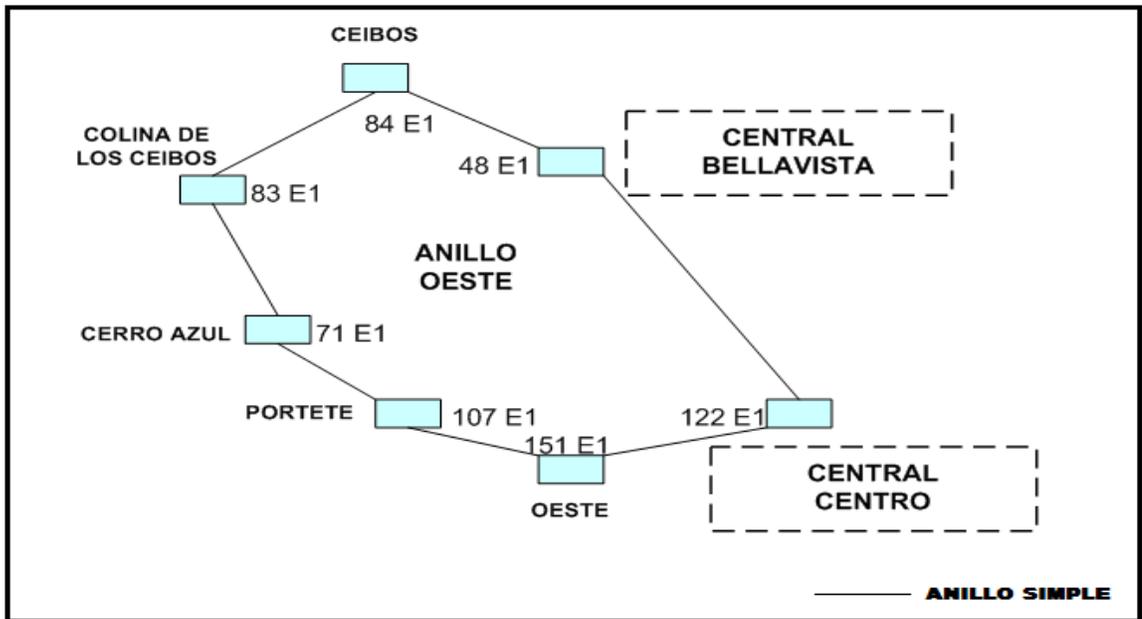


Figura 2.5 Velocidades anillo Este



**Figura 2.6** *Velocidades anillo Oeste*

Dentro de una red telefónica se mencionan algunos términos propios para describir la red en sí. A continuación se han considerado algunas definiciones necesarias para una mejor comprensión:

**Central local:** Es aquella en la cual se encuentran conectados los distintos abonados.

**Línea de abonado:** Circuito que permite la comunicación entre los abonados y las centrales locales.

**Central Tandem:** Central utilizada para conectar centrales locales dentro de una red telefónica metropolitana.

**Troncal:** Circuito que conecta las centrales locales de una red local.

**Distribuidores Principales:** Órgano de conexión en donde convergen los cables que contienen los pares de las líneas de abonados y el multiplaje de las centrales.

**Punto de distribución:** Órgano de conexión pasivo entre la red primaria y la red secundaria también llamado “armario”.

**Red primaria:** Circuitos que unen los bloques del distribuidor general con los bloques primarios de los armarios.

**Red Secundaria:** Circuitos que enlazan los bloques secundarios de los armarios con los puntos de dispersión ó caja.

**Punto de dispersión:** Último punto de la red local de cables a partir de los cuales se distribuyen los pares que van a los domicilios de los abonados.

**Zona de servicio directo:** zona en que los pares de abonado están conectados directamente a la central sin pasar por un punto de distribución.

Básicamente la red de telefonía de Pacifictel está conformada por tres grandes módulos:

- **Módulo de Acceso**
- **Módulo de Conmutación**
- **Módulo Troncal**

El **Módulo de Acceso** está integrado por segmentos de red en cable de cobre o de fibra óptica:

- Segmento de Red Primaria
- Segmento de Red Secundaria
- Segmento de Dispersión

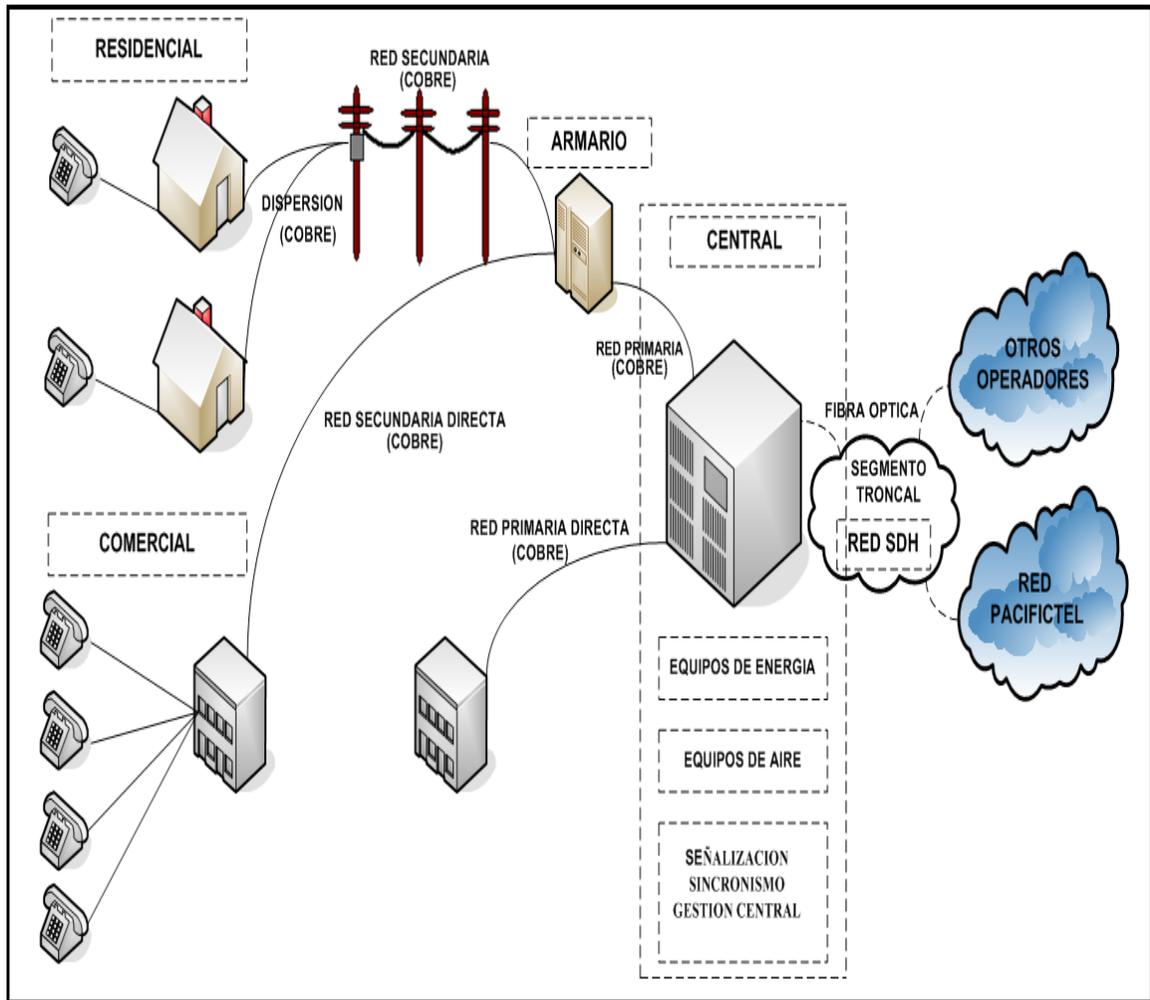
El **Módulo de Conmutación** está integrado por una sola central telefónica de conmutación o por más de una. La configuración mínima de red permite la interconexión con las demás redes telefónicas adyacentes y/o complementarias.

Este módulo está integrado por:

- Etapa de abonado
- Matriz de Conmutación
- Etapa Troncal
- Procesamiento y control
- Señalización
- Sincronismo
- Gestión

Al **Módulo Troncal** pertenecen todos los equipos e infraestructura necesarios para la conexión entre las diferentes centrales telefónicas de conmutación, cuando hay más de una central en la red, y para la interconexión de la red con

las demás redes telefónicas adyacentes y/o complementarias, mediante fibra óptica con tecnología SDH.



**Figura2.7** Diagrama esquemático de la red telefónica de Pacifictel



**Figura2.8** *Caja de dispersión (Red Secundaria)*

### **2.1.2 DISTRIBUCION DEL TENDIDO DE COBRE**

La distribución del tendido del cableado de cobre en los distintos sectores de la ciudad últimamente se la ha venido llevando a cabo bajo rigurosas medidas de seguridad y normas previendo que su parte física se vea afectada por distintas situaciones. Su instalación se la lleva bajo permisos otorgados por la Municipalidad para su tendido por ductos de alcantarillado.

Por regla general, una línea telefónica de abonado está constituida por un circuito de dos hilos, al que se denomina normalmente “par”, entre el Distribuidor General de la central local y el aparato de abonado. En su forma más simple, una red local puede estar constituida por líneas de hilos desnudos o por pares

de conductores aislados que van desde el Distribuidor General hasta el aparato de abonado. Sin embargo, resulta más cómodo y económico, agrupar los pares en un cable que termine en un punto de divergencia de pares.

Para líneas de hilos desnudos no se proveen pares de reserva pero sí en las redes de líneas de abonado por cable aéreo o cable subterráneo. Estos pares de reserva se pueden terminar en los dos extremos, de modo que no sea necesario proceder a nuevas instalaciones en esta parte de la red cuando haya que conectar nuevas líneas de abonado.

Como la constitución de estas líneas inmoviliza un capital considerable, es esencial dar a las redes de abonado una flexibilidad que permita adaptarse a situaciones imprevistas como por ejemplo poder utilizar, en caso necesario ciertas líneas provenientes de una central en diversos puntos de distribución.

Como lo dicho anteriormente, la red de abonados la conforman los circuitos de cables que se conectan al distribuidor principal y los que se prolongan hasta la caja terminal. En la red de abonados se distingue dos tipos de red, una rígida y una red flexible.

La red rígida está constituida por los circuitos del multipar que se conectan en el distribuidor principal y se prolonga físicamente de una sección de cable a otra sección, subdividiéndose la ruta mediante empalmes hasta conectar los circuitos en cajas terminales o puntos de distribución.

Por otro lado la red flexible está conformada por dos secciones que son la primaria y secundaria. La sección primaria comprende los circuitos de cable que se conectan en el distribuidor principal y se prolongan mediante empalmes hasta los blocks de conexión primaria en el armario. En cambio la sección secundaria está conformada por los circuitos del cable que se conectan en los blocks de conexión secundaria del armario y se prolongan físicamente hasta las cajas terminales.

### **2.1.3 DETALLE DE LOS EQUIPOS EN LAS CENTRALES**

Para el desarrollo de este subcapítulo se tomaron en cuenta las centrales pertenecientes al anillo Norte, a las mismas que se tuvo acceso y se eligieron de preferencia debido a la ubicación estratégica de pertenecer a sectores donde existe un mayor poder económico en el aspecto social y de desarrollo; el mismo que representa el mercado al cual hemos apuntado, para nuestro estudio y diseño de nuestra red ADSL2+.

Hemos tomado la central Norte como nuestro punto de partida, la cual dispone de equipos Alcatel y Huawei que se muestran a continuación en la Figura 2.9.

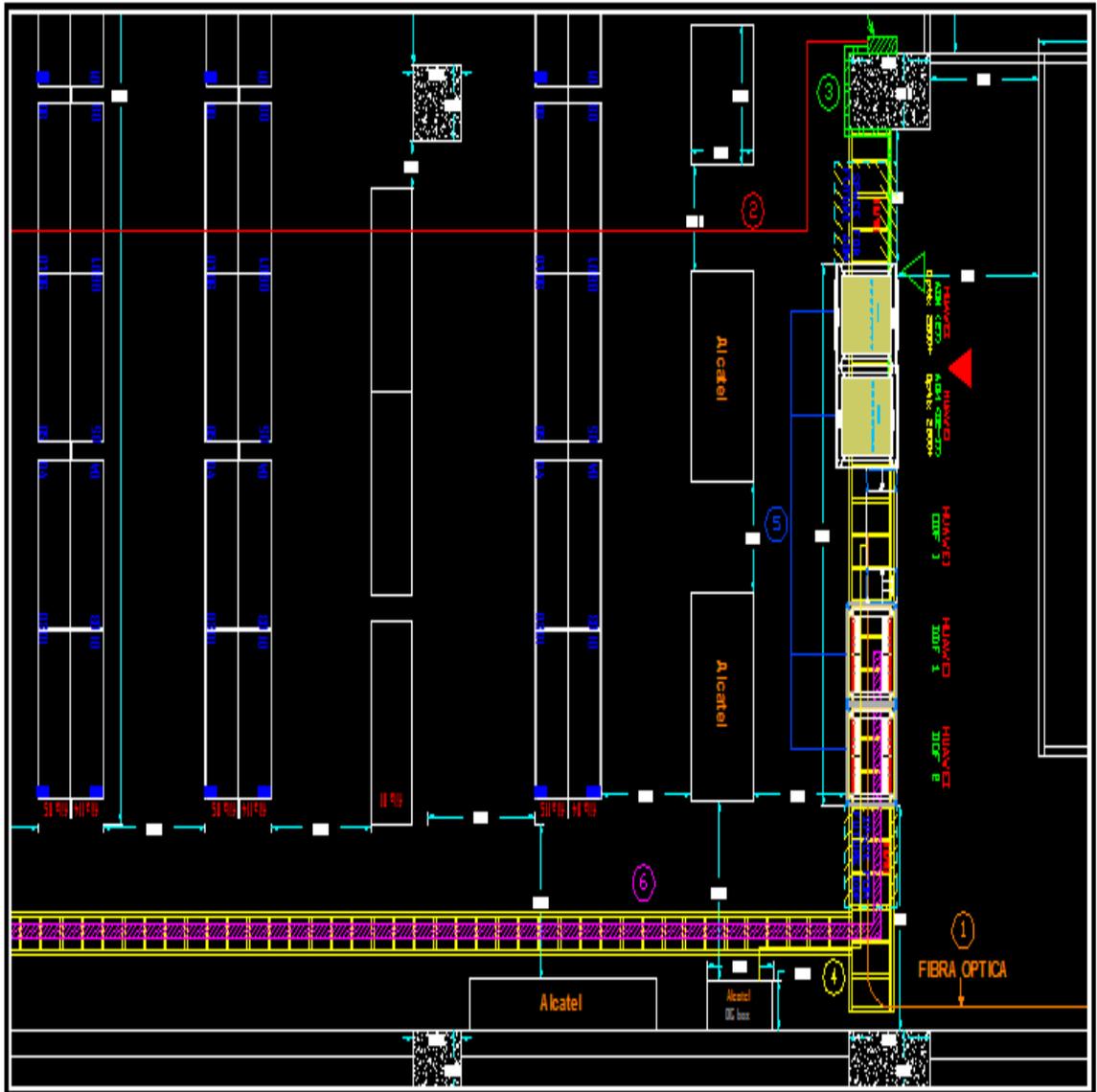
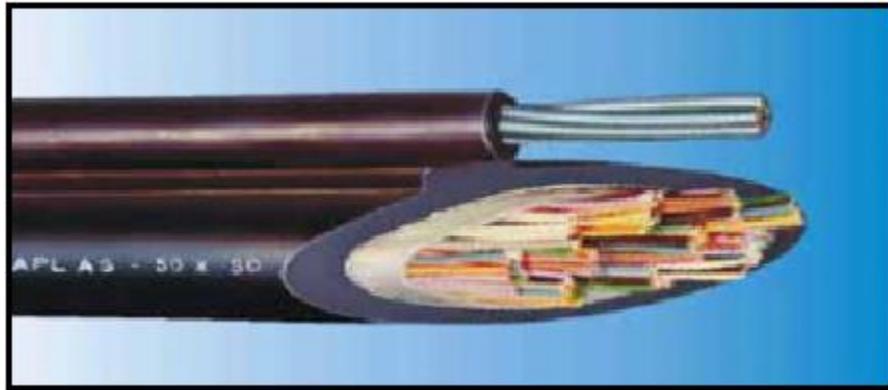


Figura 2.9 Disposición de Equipos en la Central Norte

## 2.2 EVALUACION DEL ESTADO DE LAS REDES

Las líneas telefónicas están constituidas por hilos conductores (de cobre y con aislamiento) que se agrupan en pares, para formar un circuito. El número de estos pares son los que determinan la capacidad de los cables telefónicos.



**Figura2.10** *Cable multipar auto-soportado*

Los cables parten de cada oficina central en forma aérea y subterránea y se extienden hacia los equipos del abonado. Los cables que reparten el servicio telefónico se denominan cables de abonado. Los cables que están en las centrales se denominan troncales o enlaces.

Algunas de las peculiaridades del sistema telefónico es que tiene limitaciones y posibilidades. La impedancia de línea hace que la longitud de la línea se limite a una longitud máxima que en algunos casos podría ser de hasta 4 kilómetros desde la central telefónica, siendo esta una longitud extrema, otros factores a

tener en cuenta son la inductancia y la capacidad de la red. El cable muy largo sobre todo si el aislante no es de suficiente calidad, puede presentar capacidades parásitas, que supondrán problemas para las señales de baja frecuencia, y la inductancia parásita puede ser un problema para las señales de alta frecuencia.

Si nos encontramos con casos en los que las líneas están dañadas, por ejemplo el cable con la cubierta dañada, cable excesivamente aplastado, montajes inadecuados con insuficiente aislamiento a tierra, tendremos casos como teléfonos que no suenan ante una llamada, teléfonos que no envían los pulsos de marcados al estar los demás colgados, y otros fenómenos extraños.

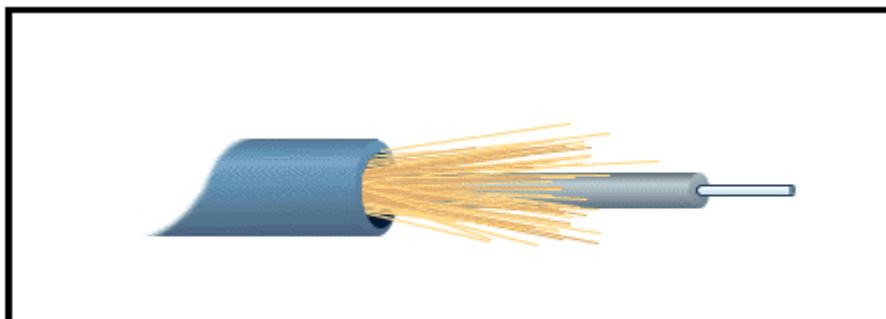
No. DE PARES NOMINALES	No. DE PARES RESERVA	DIÁMETRO CONDUCTOR (mm)	ESPESOR AISLAMIENTO (mm)	ESPESOR CHAQUETA (mm)	DIMENSIONES EXTERIORES (mm)	FORMACIÓN DEL MENSAJERO		PESO TOTAL APROX (kg/km)	TRAMO ESTÁNDAR (m)
						No. HILOS	DIÁMETRO (mm)		
10	-	0.40	0.15	1.40	8.03 x 18.67	7	1.57	221	1500
20	-	0.40	0.15	1.40	9.71 x 20.35	7	1.57	261	1500
30	-	0.40	0.15	1.40	11.00 x 21.64	7	1.57	298	1500
40	-	0.40	0.15	1.40	12.08 x 22.72	7	1.57	334	1500
50	-	0.40	0.15	1.40	13.04 x 23.68	7	1.57	368	1500
70	-	0.40	0.15	1.40	14.70 x 25.34	7	1.57	435	1500
100	1	0.40	0.15	1.40	16.86 x 27.50	7	1.57	536	1000
150	2	0.40	0.15	1.60	20.19 x 32.15	7	2.03	789	1000
200	2	0.40	0.15	1.60	22.61 x 34.57	7	2.03	946	1000
300	3	0.40	0.15	1.60	26.70 x 38.66	7	2.03	1256	750
10	-	0.50	0.17	1.40	8.88 x 19.52	7	1.57	242	1500
20	-	0.50	0.17	1.40	10.90 x 21.54	7	1.57	298	1500
30	-	0.50	0.17	1.40	12.46 x 23.10	7	1.57	352	1500
40	-	0.50	0.17	1.40	13.77 x 24.41	7	1.57	403	1500
50	-	0.50	0.17	1.40	14.93 x 25.57	7	1.57	453	1500
70	-	0.50	0.17	1.40	16.93 x 27.57	7	1.57	552	1500
100	1	0.50	0.17	1.40	19.54 x 31.50	7	2.03	780	1000
150	2	0.50	0.17	1.60	23.48 x 35.44	7	2.03	1033	1000
200	2	0.50	0.17	1.60	26.39 x 38.35	7	2.03	1266	1000
300	3	0.50	0.17	1.60	31.34 x 43.30	7	2.03	1728	750

**Figura2.11** Normas de fabricación para cables de exteriores

## **CABLE DE FIBRA OPTICA**

El cable de fibra óptica consiste en un centro de cristal rodeado de varias capas de material protector. Lo que se transmite no son señales eléctricas sino luz con lo que se elimina la problemática de las interferencias. Esto lo hace ideal para entornos en los que haya gran cantidad de interferencias eléctricas. También se utiliza mucho en la conexión de redes entre edificios debido a su inmunidad a la humedad y a la exposición solar.

Con un cable de fibra óptica se pueden transmitir señales a distancias mucho mayores que con cables coaxiales o de par trenzado. Además, la cantidad de información capaz de transmitir es mayor por lo que es ideal para redes a través de las cuales se desee llevar a cabo videoconferencia o servicios interactivos. El costo es similar al cable coaxial o al cable UTP pero las dificultades de instalación y modificación son mayores. En algunas ocasiones escucharemos 10BaseF como referencia a este tipo de cableado. En realidad estas siglas hablan de una red Ethernet con cableado de fibra óptica.



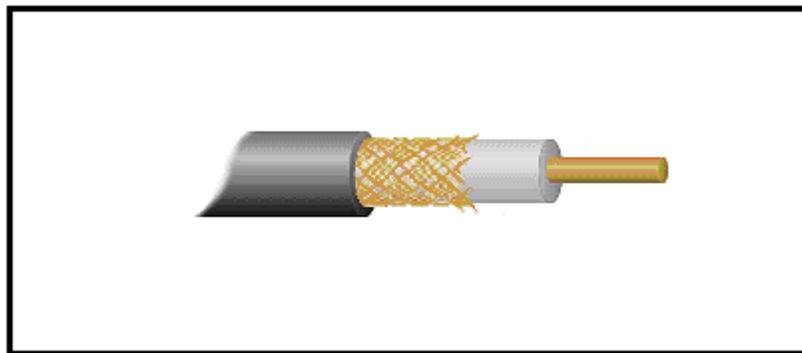
**Figura2.12** *Cable de fibra óptica*

Características:

- El aislante exterior está hecho de teflón o PVC.
- Fibras Kevlar ayudan a dar fuerza al cable y hacer más difícil su ruptura.
- Se utiliza un recubrimiento de plástico para albergar a la fibra central.
- El centro del cable está hecho de cristal o de fibras plásticas.

### **CABLE COAXIAL**

El cable coaxial contiene un conductor de cobre en su interior. Este va envuelto en un aislante para separarlo de un apantallado metálico con forma de rejilla que aísla el cable de posibles interferencias externas.



**Figura2.13** *Cable Coaxial*

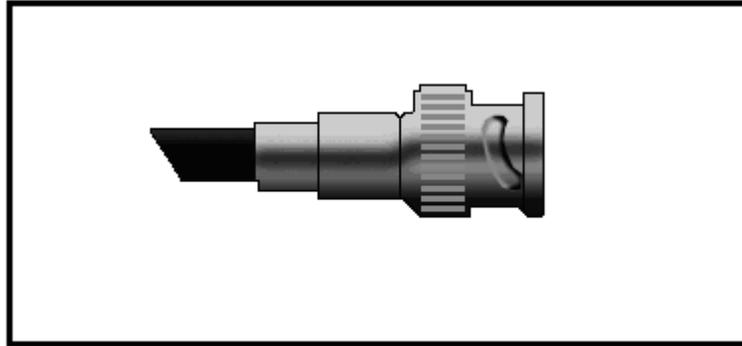
Aunque la instalación del cable coaxial es más complicada que la del UTP, este tiene un alto grado de resistencia a las interferencias. Por otra parte también es

posible conectar distancias mayores que con los cables de par trenzado. Existen dos tipos de cable coaxial, el fino y el grueso conocidos como thin coaxial y thick coaxial respectivamente.

Al cable coaxial fino se lo conoce como thinnet o 10Base2. Se lo usa para una red Ethernet donde el 2 significa que el mayor segmento posible es de 200 metros, pero en la práctica se lo reduce a 185 m. El cable coaxial es muy popular en las redes con topología de BUS.

El cable coaxial grueso thicknet o 10Base5, donde el 5 significa que el mayor segmento posible es de 500 metros. Este cable coaxial es muy popular en las redes con topología de BUS. El cable coaxial grueso tiene una capa plástica adicional que protege de la humedad al conductor de cobre. Esto hace de este tipo de cable una gran opción para redes de BUS extensas, aunque hay que tener en cuenta que este cable es difícil de doblar.

El conector más usado es el BNC. BNC son las siglas de Bayone-Neill-Concelman. Los conectores BNC pueden ser de tres tipos: normal, terminadores y conectores en T.



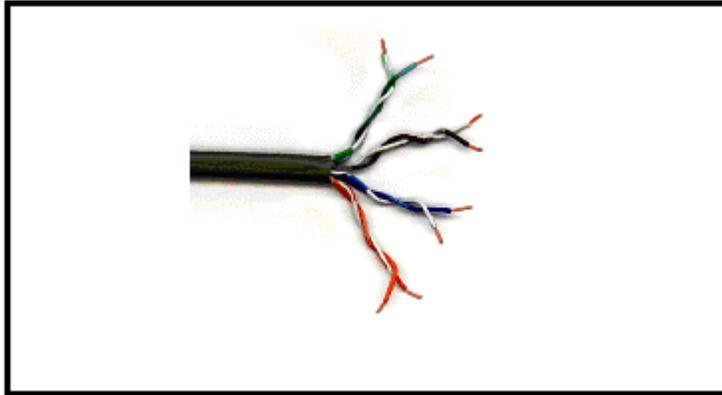
**Figura 2.14** *Conector para cable coaxial*

<b>Especificación</b>	<b>Tipo de Cable</b>	<b>Longitud Máxima</b>
<b>10BaseT</b>	U T P	100 meters
<b>10Base2</b>	Thin Coaxial	185 meters
<b>10Base5</b>	Thick Coaxial	500 meters
<b>10BaseF</b>	Fibra Optica	2000 meters

**Tabla 2.1** *Tipo de cable empleado*

### **CABLE DE PAR TRENZADO SIN APANTALLAR (UTP)**

Este tipo de cable es el más utilizado. Suele ser la mejor opción para las pequeñas y medianas empresas.



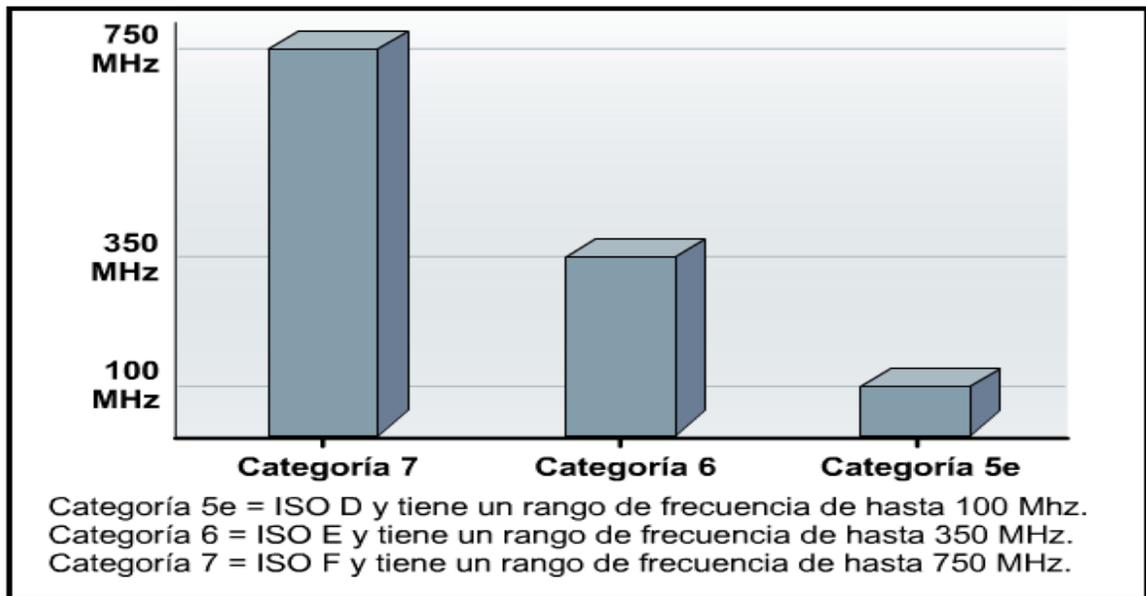
**Figura2.15** *Cable UTP*

La cantidad de datos que transmite y la calidad del cable varia dependiendo de la categoría del cable. El tipo de conector que este utiliza es el RJ-45. Se trata de un conector de plástico similar al conector del cable telefónico.



**Figura2.16** *Conector RJ-45*

Una de las desventajas del cable UTP es que es susceptible a las interferencias eléctricas. Para entornos con este problema existe un tipo de cable llamado STP que lleva apantallamiento, esto es, protección contra interferencias eléctricas.



**Figura2.17** Sistema de categorías

### 2.2.1 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA EVALUACION DE LA RED

Tanto al realizar una instalación nueva como al buscar averías necesitamos instrumentos de medida y prueba. Para infraestructuras de cobre y fibra óptica existen herramientas para la comprobación, cualificación y certificación de sistemas de cableado. Cada una de las herramientas combina velocidad,

precisión y facilidad de uso a fin de garantizar una rápida solución de problemas y óptimo rendimiento de la red.



**Figura2.18** Equipos Fluke para comprobación del estado de las redes

## **CERTIFICADOR DE COBRE**

El DTX CableAnalyzer certifica el cableado en 12 segundos de acuerdo con los requisitos de rendimiento de los estándares TIA/ISO (como Cat 5e/6, Clase E/D/F). El nivel IV de precisión y 900 MHz le permite certificar cableado para las aplicaciones de red emergentes y futuras, como 10 Gigabit Ethernet. La herramienta de diagnóstico avanzado para la solución de problemas mide la distancia hasta la ubicación del fallo de rendimiento (NEXT, RL), identifica soluciones y muestra gráficamente el comportamiento de la diafonía y la impedancia. Los módulos de fibra integrados, la duración de 12 horas de la batería y la rápida configuración y generación de informes facilitan el trabajo y ahorran tiempo.



**Figura2.19** *Certificador Fluke DTX-1800*

## **MODULOS DE FIBRA DTX**

Los módulos de fibra DTX permiten la certificación de fibra y localización de fallos en tiempo récord al DTX. Tienen la opción de certificar fibra multimodo y monomodo según los estándares TIA/ISO. Comprueban la atenuación (pérdidas), la longitud y la polaridad con rapidez y sencillez gracias al botón de comprobación automática Autotest. Es una de las herramientas de comprobación de fibra más rápida que hay en el mercado.



**Figura2.20** Módulos de fibra DTX

## **CERTIFICADOR DE FIBRA**

OptiFiber es la primera plataforma integrada para el análisis de problemas y certificación de fibra en redes LAN. Se trata de un potente avance tecnológico en cuanto a visibilidad y documentación de las redes, en una herramienta de campo rápida y resistente. Ofrece una zona muerta de tan sólo 1 metro para localizar eventos con precisión, ChannelMap™, un innovador diagrama de enlace, análisis OTDR automático (Un OTDR es un reflectómetro óptico en el dominio tiempo. Es un instrumento de medición que envía pulsos de luz, para luego medir el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la fibra óptica), comprobación OTDR automática de la calidad del puerto; certificación de pérdidas/longitud con tan solo pulsar un botón, FiberInspector™ Pro, visualización mediante vídeo de los extremos de la fibra, y total

compatibilidad con LinkWare (software para gestión de pruebas de cable). Este instrumento ayuda a solucionar rápida y fácilmente los problemas en los enlaces, así como certificar y documentar fibra conforme a los niveles 1 y 2 de TIA TSB140.



**Figura2.21** *OptiFiber certificador OTDR*

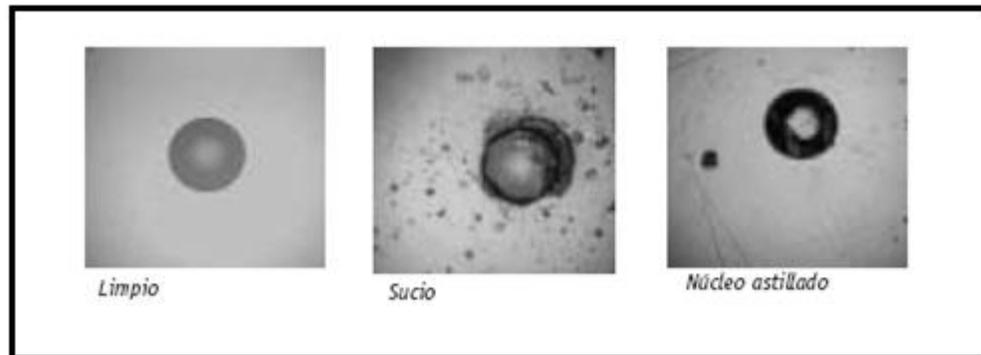
## **COMPROBADOR DE FIBRA**

FiberInspector Pro es un microscopio con video portátil que ofrece una visión superior para la inspección de la fibra. Funciona 10 veces más rápido que los visores tradicionales, lo que permite ahorrar tiempo durante la inspección de terminaciones de fibra óptica instaladas en dispositivos de hardware y paneles

de conexión. Basta con insertar la sonda de video de doble aumento e inspeccionar los conectores de fibra instalados a través de los adaptadores, sin necesidad de acceder a la parte posterior de los paneles de conexión. El sistema óptico de gran aumento, junto con la pantalla grande y brillante, proporciona imágenes muy claras de contaminación microscópica y daños en la parte frontal a fin de garantizar una instalación sin problemas.



**Figura2.22** FT600 con sonda de video dual de 250/400 aumentos



**Figura2.23** *Contaminación en la Fibra*

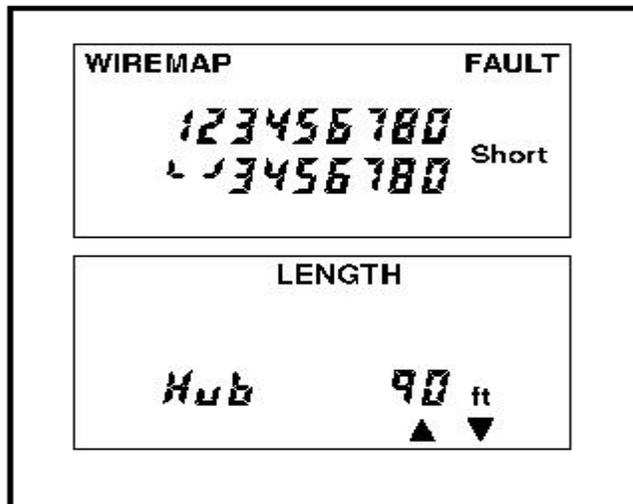
### **MICROSCANNER**

Con este instrumento podemos ver si los cables están correctamente conectados (en este caso aparecerán las dos filas de ocho números completas y en negro), si algún par está en cortocircuito (el par correspondiente aparecerá con dos marcas en lugar de números y veremos la palabra short) o está abierto (el par correspondiente no aparecerá y aparecerá la palabra open), si los cables están correctamente en su orden pero se han intercambiado cables entre dos pares (aparecerán todos los números pero los correspondientes a los pares separados aparecerán en gris y se verá la palabra split).



**Figura2.24** *Microscanner Fluke*

Este medidor tiene otro modo donde puede indicarnos la longitud del cable, indicando además si esta conectado a algún elemento activo.



**Figura2.25** *Display del Microscanner Pro*

En el caso de un cable con errores, la opción de medición de longitud nos será de gran ayuda, por ejemplo si nos encontramos que un par está abierto y la longitud de ese par (podemos medir las longitudes de los pares de modo independiente seleccionándolos) es menor que la del resto tendremos una rotura en un punto del cable.

### **COMPROBADOR DE CONTINUIDAD**

Estos equipos solo nos permiten comprobar la continuidad de las conexiones y la correspondencia de los pares en los dos extremos, y usando el terminador podemos detectar cortocircuitos en pares, no nos pueden informar de pares cruzados, ni de la longitud del par, ni dispone de otras utilidades, de las que disponen los comprobadores. Sin embargo tienen la ventaja de un precio muy económico, permitiendo realizar las pruebas básicas, rápidamente. Su funcionamiento es sencillo conectamos los extremos de los cables a probar en el comprobador, o si los extremos están extendidos, usamos el terminador, y con los leds nos indicará el estado de cada hilo de nuestro cable.



**Figura2.26** *Tester de continuidad*

## **CUALIFICADOR DE COBRE**

Los cualificadores incluyen las funciones de los verificadores además de otras prestaciones. Los cualificadores tienen la posibilidad de determinar si un enlace de cableado es compatible con los requisitos de ancho de banda de una red (como 100BASE-TX, VoIP o Gigabit Ethernet). CableIQ es la primera herramienta de comprobación de ancho de banda diseñada para los técnicos de redes que tienen que solucionar incidencias en la conectividad y comprobar el ancho de banda del cableado. Detecta la configuración dúplex y de velocidad de los switches y ordenadores conectados. El mapa de cableado inteligente muestra gráficamente la distancia hasta los fallos. Este equipo ligero, robusto y fiable permite comprobar el cableado de cobre.



**Figura2.27** *Cualificador de cobre*

### 2.2.2 CAPACIDAD DE LA RED (ABONADOS)

Dentro de todo sistema telefónico y en sí en toda red de comunicaciones, es necesario un estudio que muestre de forma precisa los mecanismos que se utilizarán a futuro para preveer y dar soluciones a un crecimiento de la red operada.

En sí las capacidades de usuarios de una red dependen tanto del soporte lógico como físico de los equipos que hacen posible la comunicación. Sin entrar en detalles en estos aspectos, explicaremos de forma resumida el número de abonados que maneja la red actualmente y breves detalles de los números que se van a exponer. Es así que tomando como fuente la página del CONATEL, encontramos estadísticas de los abonados de telefonía fija pertenecientes a Pacifictel, donde se detallan datos actualizados que se presentan en la tabla 2.2

<b>Años</b>	<b>Pacifictel</b>
Año 2001	588.631
Año 2002	589.411
Año 2003	624.679
Año 2004	640.617
Año 2005	675.332
Año 2006	695.246
Ene 2007	697.644
Feb 2007	700.069
Mar 2007	679.565
Abr 2007	688.444
May 2007	688.806

**Tabla 2.2** *Abonados telefonía fija Pacifictel*

Pacifictel anualmente presenta planes de expansión que son llevados a cabo debido al crecimiento de su red de abonados y que es presentada al CONATEL, en la figura 2.28 podemos apreciar dichos valores de las instalaciones propuestas y ejecutadas.

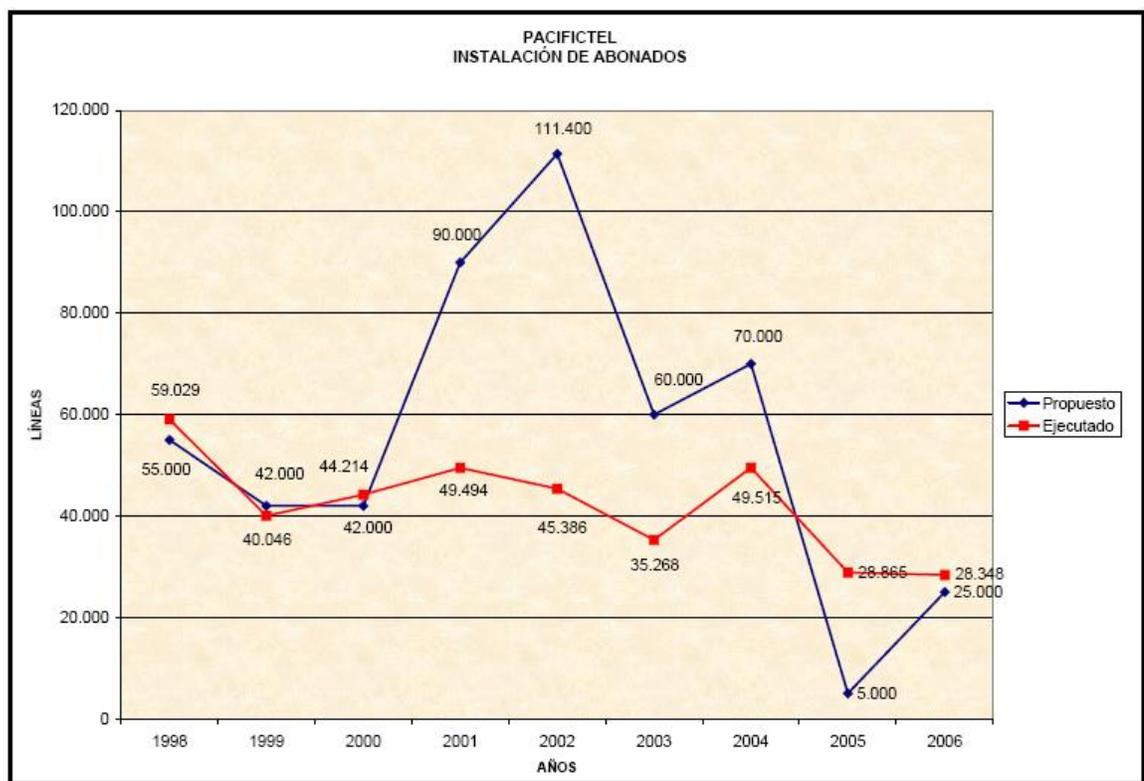


Figura2.28 Instalación de abonados Pacifictel

## **2.3 ANALISIS Y DIAGNOSTICOS**

Con el fin de evaluar si existen las condiciones apropiadas para el desarrollo del presente proyecto se realizó una visita técnica a varias de las centrales de Pacifictel S.A. del norte de la ciudad, en donde se analizó y constató la situación actual de las mismas.

### **2.3.1 ESTADO DE LAS CENTRALES (INFRAESTRUCTURA)**

Las instalaciones de las centrales telefónicas disponen de espacio destinado para equipos de conmutación, transmisión y potencia; necesarios para poder operar y brindar el servicio a la comunidad.

Los edificios pese a tener algún tiempo de haber sido construidos no presentan mayores defectos en su estructura física, tanto interna como externa. Además, los pisos falsos por donde recorre parte del cableado se encuentran en buen estado, así como las instalaciones eléctricas principales y de respaldo.

El área ocupada por las distintas centrales tiene el suficiente espacio disponible como para una futura ampliación o construcción de cuartos de telecomunicaciones.

A continuación presentamos en las siguientes figuras varias centrales de la red de telefonía del Norte y su infraestructura.



**Figura 2.29** *Central Kennedy Norte*



**Figura 2.30** *Central Guayacanes*



**Figura 2.31** *Central Norte - Alborada*

### **2.3.2 ESTADO DEL CABLEADO**

La centrales telefónicas del sector Norte se encuentran situadas de tal forma que su radio de cobertura es de aproximadamente 4 Km, lo cual está bajo las condiciones aceptables de distancia en las que el servicio de ADSL2+ es óptimo y no se vería afectado por los niveles de atenuación de la señal.

Cada par de cobre dentro de cada central telefónica se encuentra debidamente identificado, en caso de ser necesario un mantenimiento o simplemente se requiera proveer de una nueva línea telefónica al cliente.

La calidad de la señal puede ser deteriorada por la presencia de bobinas de carga, derivaciones y por la diafonía.

Debido a la existencia de bobinas de carga y de derivaciones se deben realizar pruebas de lazo para determinar el nivel de influencia que puedan tener sobre la señal. Cabe resaltar que la diafonía inherente al medio de transmisión puede ser reducida con ADSL2+ debido a la adaptación en tiempo real de la tasa de transmisión (SRA).

En la red de distribución se utiliza cable EKXX de 0.5 mm de diámetro, con gel y protección de acero contra la humedad y la presencia de roedores.

Mientras que en la red de dispersión se utiliza cable AWG 24; ambas normas de cable son suficientes para poder brindar el servicio de ADSL2+.

Es importante mencionar que el servicio se puede ver afectado principalmente en la parte correspondiente a la red de dispersión, puesto que esta se encuentra a la intemperie y se pueden provocar daños como: defectos en el aislamiento, cruces de cables, circuitos abiertos, cortocircuitos e inducidos, lo que provocaría una degradación de la señal o en su defecto la interrupción del servicio.

Para esto se deben realizar mantenimientos periódicos y preventivos de la planta externa y de los elementos del plantel telefónico, como son pruebas de continuidad de conductores y de resistencia del aislamiento y estado de los postes.

La parte correspondiente a fibra óptica presenta inconvenientes menores siempre y cuando se haya realizado un correcto empalme de la misma.

### **2.3.3 ESTADO DE LOS EQUIPOS**

El procesamiento de las llamadas telefónicas se realiza por medio de 2 equipos principales que son:

- Central Digital Alcatel 1000E1
- Equipo de fibra óptica marca Huawei



**Figura 2.32** *Central Alcatel 1000 E1*

La central telefónica digital provee funcionalidad de conmutación y disminuye la congestión de tráfico. A su vez puede realizar funciones de central de abonados, de tránsito y de interconexión con telefonía móvil celular.

Las normas de transmisión de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) introdujeron varias mejoras en la operación de las redes de transmisión, en comparación con la más antigua Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).

Una de estas mejoras era la provisión de canales para la gestión de la red dentro de la estructura de la trama SDH. A las tramas PDH les falta el espacio

para tales canales y, por consiguiente, ofrece pocas o ninguna facilidad para la gestión de la red.

La central Alcatel se encarga de la gestión y administración de todas las líneas telefónicas.

La conexión a la red SDH se logra a través del equipo de fibra óptica Huawei Optix OSN 1500, el cual realiza la multiplexación de distintas señales con diferentes longitudes de onda gracias a la tecnología WDM (Wavelength Division Multiplexing).



**Figura 2.33** Multiplexor de fibra óptica Optix OSN 1500

Este multiplexor de fibra está diseñado para redes SDH de última generación, además es compatible con las redes PDH y posee una tarjeta Ethernet para su configuración.

Entre las ventajas del uso de este equipo tenemos:

- Transmisión de larga distancia
- Alta capacidad
- Utilización de fibra existente
- Alta disponibilidad
- Fácil actualización

El Optix OSN 1500 permite la transmisión de voz y datos a alta velocidad pues soporta transporte STM1, IMA, E1, ATM.

Estos equipos permiten la instalación del servicio de ADSL2+ sin presentar mayores inconvenientes.

#### **2.3.4 ESCALABILIDAD DE LA RED**

La red telefónica de Pacifictel presenta una topología que la conforman anillos distribuidos en la ciudad de acuerdo a su ubicación geográfica, esta es la llamada red SDH Pacifictel; permitiéndole gestionar la red de forma transparente, brindando beneficios en cuanto a manejo de tráfico e interconexión, y ventajas como la de proveer líneas telefónicas a usuarios que lo necesiten aunque no estén conectados directamente a la central que le corresponde por situación geográfica.

Para proveer de servicios ADSL es necesario que la distancia desde el abonado a la central no se exceda una distancia promedio de los 5Km. De esta manera se presenta el problema de exceder esta distancia, para lo cual se debería estar conectado preferentemente a la central e ISP más cercano posible. El problema actual radica en la falta de capacidad en algunos sectores en donde los armarios manejan entre 250 y 300 usuarios, limitándose a ofrecer el servicio ADSL a usuarios que dispongan de una línea telefónica, dejando en estudio a aquellos que deseen el servicio sin poseer una línea.



**Figura2.34** *Armario perteneciente a Pacifictel*

# CAPITULO 3

## 3 DISEÑO DE UNA RED ADSL2+ PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

### 3.1 DESCRIPCION DE LA RED ADSL2+

#### 3.1.1 INFRAESTRUCTURA Y UBICACIÓN DE LA RED

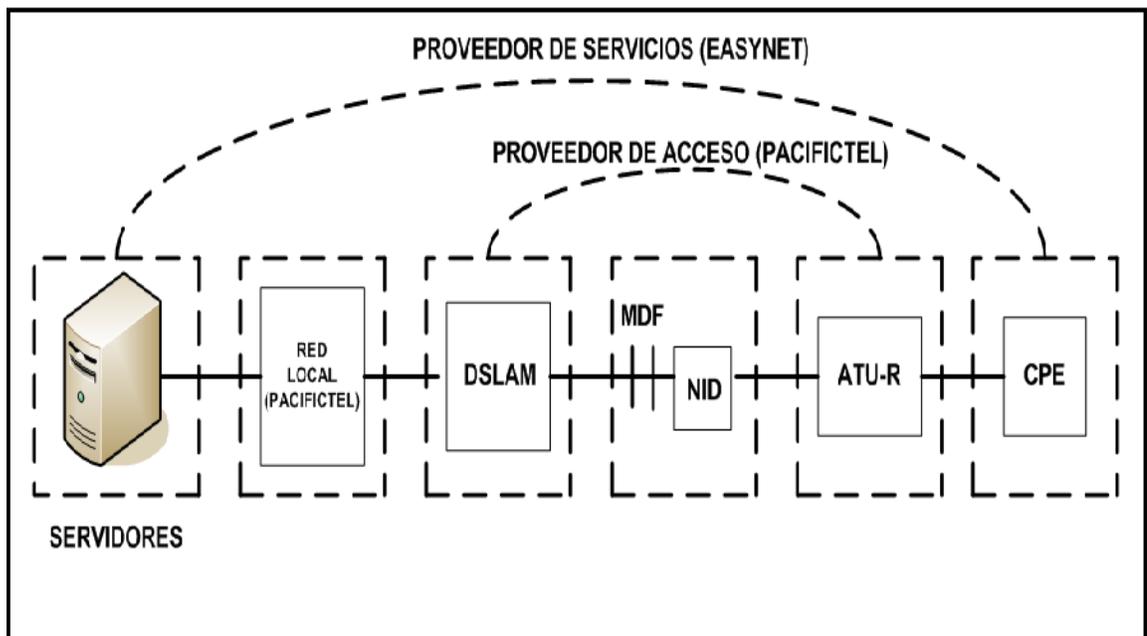
Para el diseño de la red ADSL2+ se han tomado en cuenta algunas consideraciones que van desde la parte técnica hasta la localización propia de la red. Antes de realizar la descripción de la red se ponen en consideración algunos términos empleados o terminologías usadas en la descripción, para poder tener un buen entendimiento del diseño.

**Servicio:** Es la aplicación que se ejecuta de un extremo a otro sobre una conexión a través de una tecnología de acceso, para nuestro caso el uso de tecnología ADSL. El proveedor de servicios puede entregar acceso a Internet, TV digital o Telefonía.

**Acceso:** Es la conexión digital desde el Terminal del cliente, que puede ser un PC, módem, router, switch, etc, hasta el equipo DSLAM ubicado en la oficina central.

**Red Local:** Es la red digital que conecta el DSLAM a un equipo del proveedor de servicios que puede ser un router o un servidor.

**Loop:** Par de cables metálicos que va desde el cliente al DSLAM.



**Figura 3.1** Modelo referencial de la futura red ADSL2+

El proveedor de servicios es aquel que entrega el servicio final ADSL2+ al cliente y es responsable del servicio completo, y de los aspectos que son independientes de la red entre el cliente y el servidor. Además provee el CPE o software (PPP, navegadores, correo, otro) que permiten entregar el servicio. Este tipo de política es aplicado a nuestro medio, puesto que por lo general la empresa facilita el equipo al cliente. Para nuestro caso Easynet, empresa filial de Pacifictel, será la encargada de entregar y ofertar el servicio a menos que se construya un nuevo proveedor, que debido a las regulaciones y del hecho de ser Pacifictel empresa del Estado, se necesitaría ser filial de dicha empresa estatal para poder hacer uso de la red telefónica pública. Esto ante la carencia de leyes que se fundamenten en la desagregación de redes.

Por otro lado el proveedor de acceso, de red y loop (bucle), en nuestro caso Pacifictel S.A., es el responsable del rendimiento y reparación del equipo de transmisión de acceso, además es responsable también del mantenimiento de la red y de proveer el loop desde el cliente hasta el equipo de acceso a la red (DSLAM).

Debido a la presencia esencial de las dos partes proveedoras, deberá existir una total concordancia en todo aspecto que se necesite para la instalación del servicio, tanto el apoyo logístico de personal de planta externa, como del personal técnico especializado en este tipo de tecnología para que el cliente

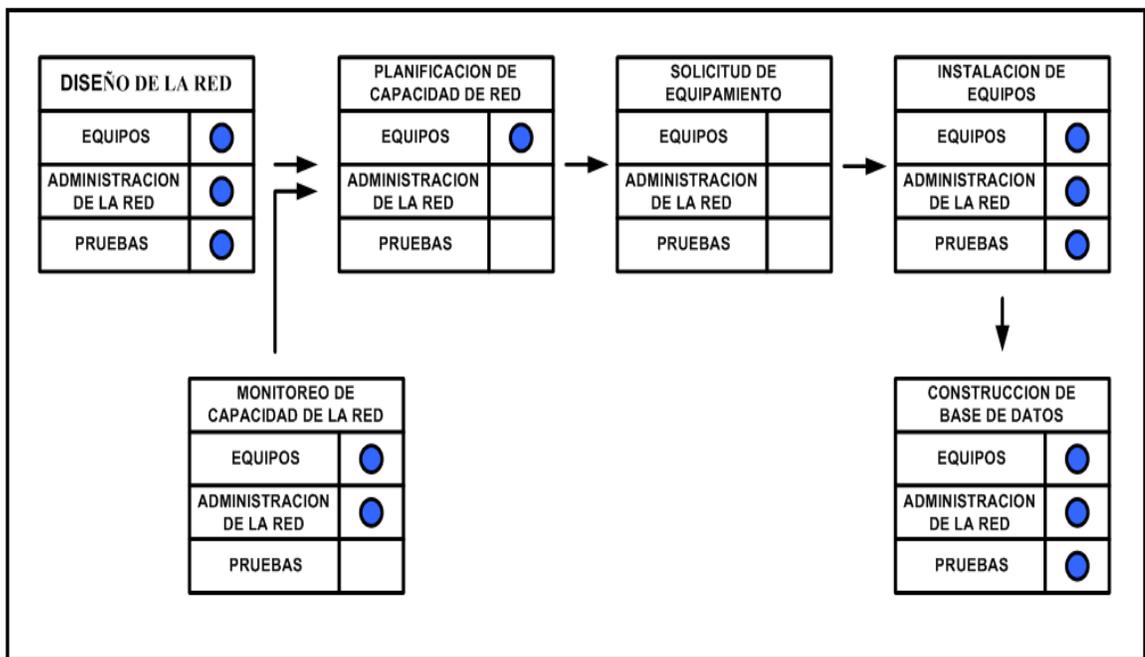
reciba un producto de calidad. Tanto el proveedor de servicios como el de acceso pueden funcionar dentro de una misma infraestructura como es nuestro caso, es decir, tener los equipos del proveedor de banda ancha en la misma central telefónica.

La planificación y construcción de la red determina donde y cuando se debe instalar el equipamiento. Además considera la distribución geográfica de los potenciales clientes, considerada la demanda esperada, así como el equipamiento.

Luego de la etapa de planificación viene la etapa de construcción, la cual consiste en la instalación y prueba de equipos, lo que permite estar preparados para la entrega del servicio ADSL2+ cuando la red entre en operación. Esto quiere decir que deberán estar listos los multiplexores ADSL que tengan capacidad de autotesteo automático y un módulo administrador de elementos de red, que permita la construcción de una base de datos y pruebas de equipos.

Pero todos estos equipos tendrán que ser instalados en una base física o cuarto de telecomunicaciones, que por lo general se encontrará en las inmediaciones de una central telefónica, con el único objeto de minimizar costos; pues representaría un gasto innecesario disponer los equipos de acceso y servidores en lugares alejados.

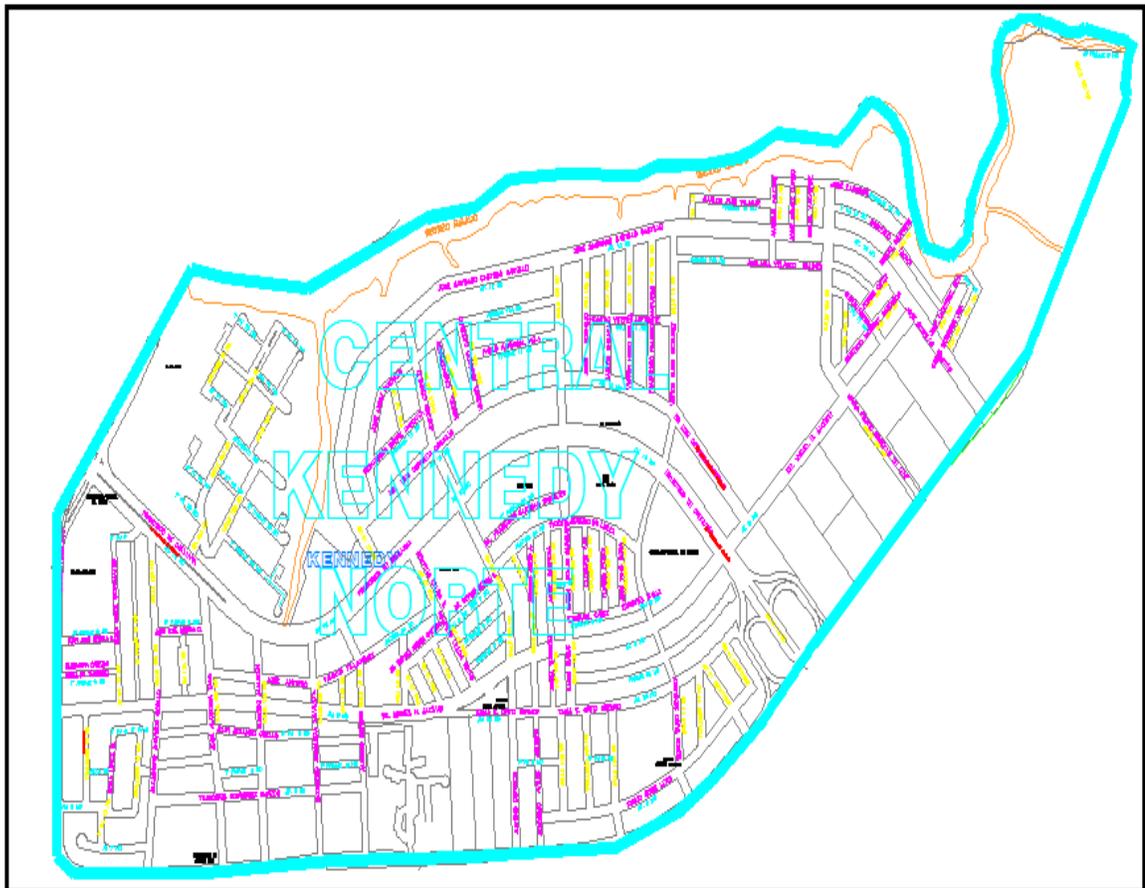
Para el caso de la red ADSL2+ se la diseñó basada en función de las capacidades del equipamiento y distribución de clientes. En esta etapa se deberá realizar una auditoría para determinar la factibilidad de ofrecer servicios ADSL2+ a determinados clientes.



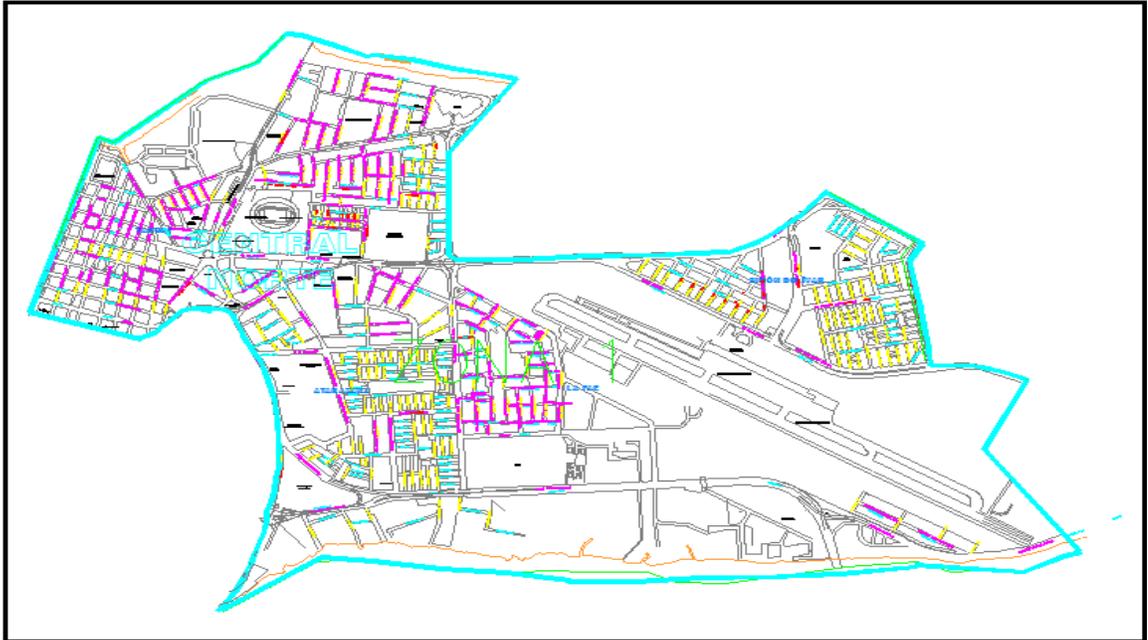
**Figura 3.2** Norma de planificación y construcción de la red ADSL2+

Tomando en consideración aspectos de factibilidad y estudios económicos en cuanto a poder adquisitivo de los habitantes de varios sectores de la ciudad de Guayaquil, se tomó la determinación que la infraestructura del proveedor y futura base de los equipos deberán ser dispuestos en alguna central de la parte

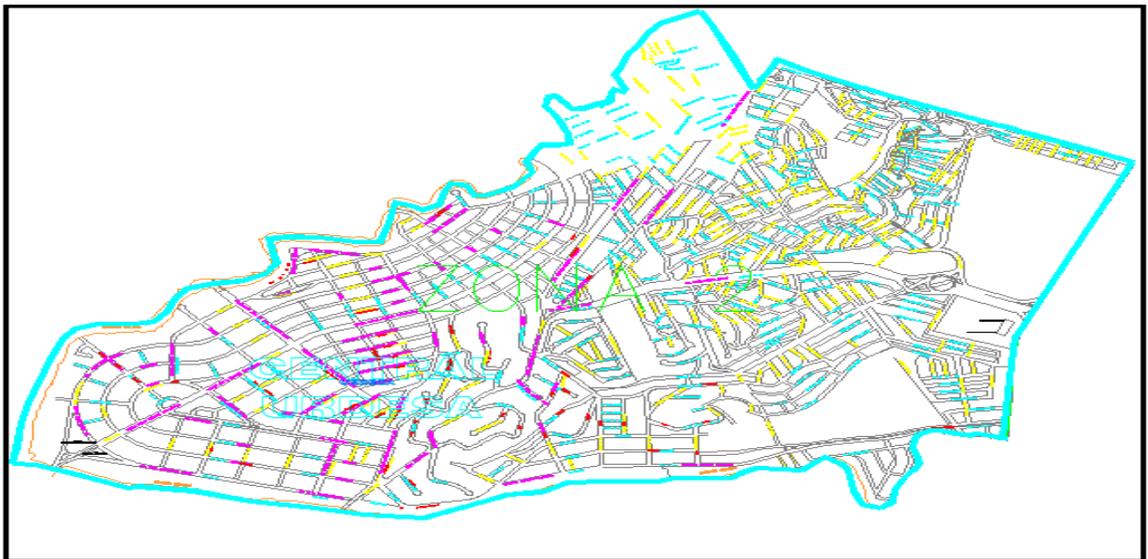
Norte de la ciudad. De esta forma ponemos en consideración que las centrales del norte de Guayaquil y que conforman el anillo Norte SDH de Pacifictel se encuentran en perfectas condiciones de ser tomadas en cuenta para ser el centro de operaciones de un proveedor de servicios de banda ancha. Sin descartar otras centrales del norte que forman parte de otros anillos SDH.



**Figura 3.3** *Planimetría de central Kennedy Norte*



**Figura 3.4** *Planimetría de central Norte*



**Figura 3.5** *Planimetría de central Urdesa*

### 3.1.2 DISPOSICION DE EQUIPOS EN LA CENTRAL

Los equipos del proveedor de servicios deberán estar ubicados dentro de las inmediaciones de la central telefónica, esto no necesariamente debe ser así, sin embargo considerando que en las centrales se disponen de los equipos de acceso, es aconsejable tenerlos cerca de dichos equipos. Para esto se deberá construir un área segura para los servidores y demás elementos de la red ADSL, tomando en cuenta seguridades y normas generales utilizadas en empresas de comunicaciones. De igual manera los equipos tendrán su alimentación de energía de forma independiente, para que tengan un mejor desempeño y sobre todo aislados del resto de equipos, mejorando de igual manera su administración.

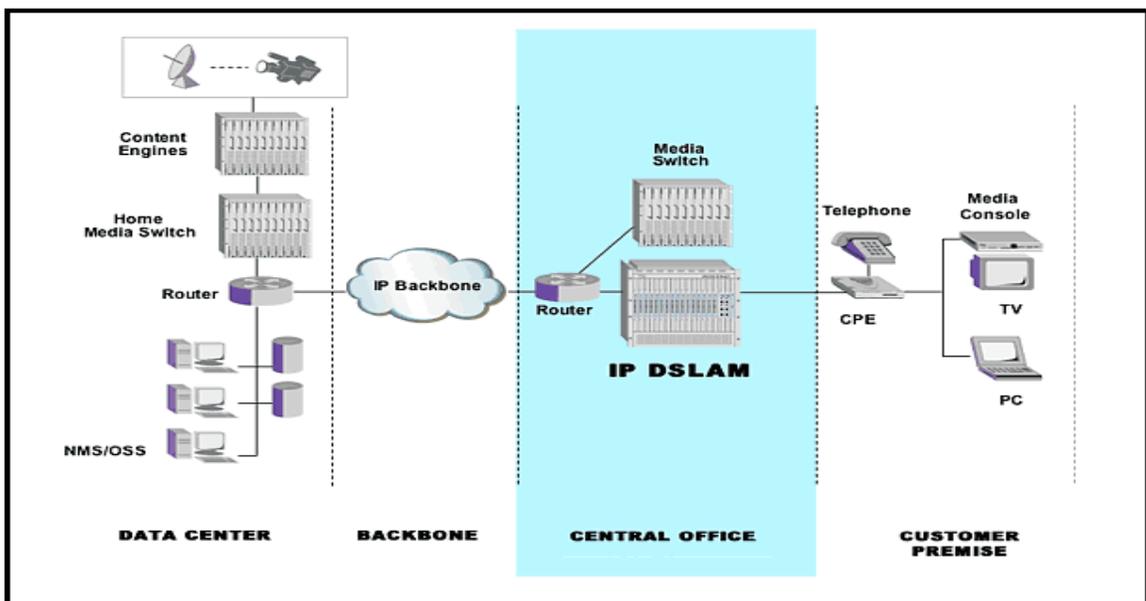


Figura 3.6 Equipos de una Red ADSL

### **3.1.3 DISTRIBUCION DE LA PLANTA EXTERNA**

Cada central telefónica perteneciente a Pacifictel S.A maneja y posee su propia planimetría de su planta externa, esto es un mapeo de sus redes o pares de cobre (líneas de transmisión) que van desde la central propiamente dicho hasta la caja Terminal del abonado. El departamento de planta externa es el encargado de la gestión, administración y control de todo el tendido de redes externas, incluyendo las distintas extensiones interiores, hasta llegar al usuario final. La planta externa está conformada por cables, postes, gabinetes, cámaras subterráneas, equipos y productos que le permiten ir conectando y enlazando la red hasta llegar a cada punto donde es requerido.

La cobertura de una central está determinada por la trayectoria del tendido del cableado de planta externa, en donde se recomienda no exceder los 4800 mts para servicios de voz con cable AWG 26, esto debido a la atenuación que sufre la señal telefónica por cobre en función de la distancia y de su diámetro.

En una pequeña auditoría realizada en varias de las centrales del sector norte se determinó que se cumplen las normas y requerimientos necesarios para la prestación de servicios utilizando tecnología ADSL.

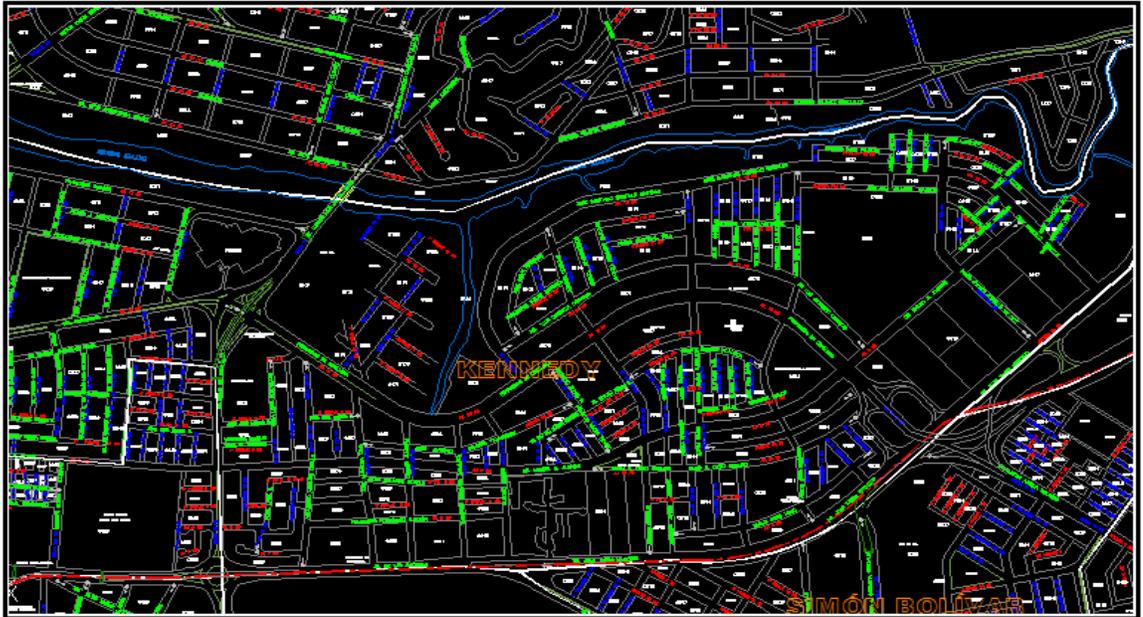


Figura 3.7 Planta Externa Central Kennedy Norte

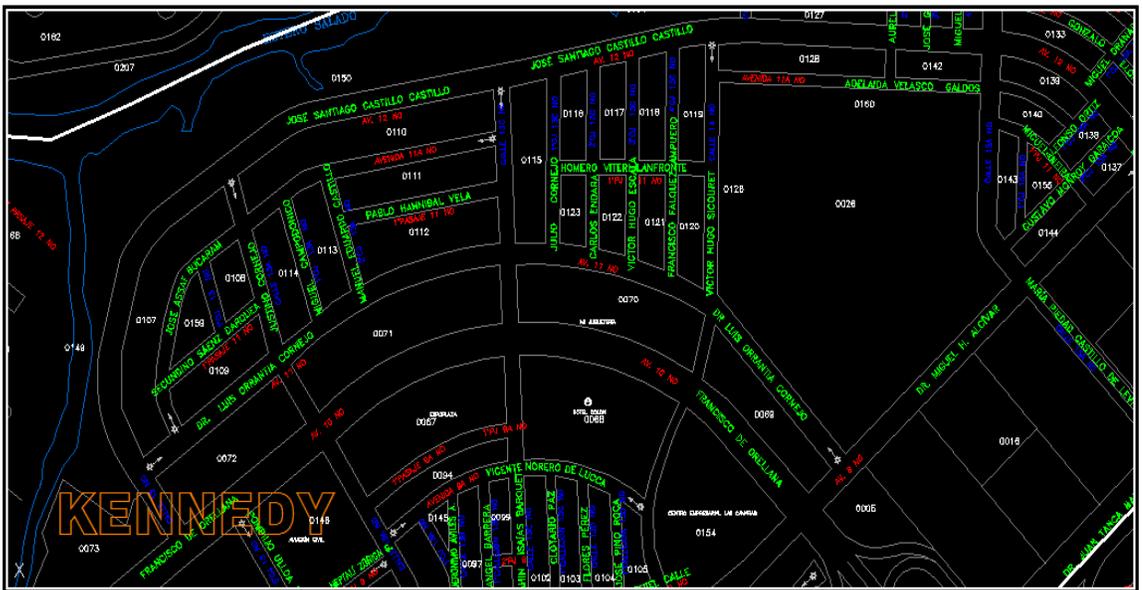


Figura 3.8 Planta Externa Central Kennedy Norte (Francisco de Orellana)

## **3.2 EQUIPOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO**

### **3.2.1 EQUIPOS DEL LADO DEL USUARIO**

Los equipos que se tendrán del lado del usuario para la prestación del servicio ADSL2+ son básicamente el equipo terminal de usuario ATU-R y el correspondiente splitter (filtro), que será el encargado de separar las señales de alta y baja frecuencia, es decir disponer tanto del servicio ADSL como del servicio telefónico. Puede darse el caso de tener ambos elementos integrados en un solo equipo.

Dentro de las consideraciones que se tomaron para elegir los equipos de la red, se enfocó en la versatilidad, funcionalidad y costos de los mismos, así como la compatibilidad y confiabilidad. Es así que se optó por tomar las siguientes marcas y modelos de equipos mencionados a continuación:

#### **SmartAX MT882**

El módem SmartAX MT882 de Huawei cumple con los nuevos estándares de ADSL2+ para proporcionar anchos de banda asimétricos de hasta 24Mbps de bajada y 1,2Mbps de subida.



**Figura 3.9** *SmartAX MT882*

### **CARACTERÍSTICAS**

- Ancho de banda máximo:

Bajada: 24Mbps

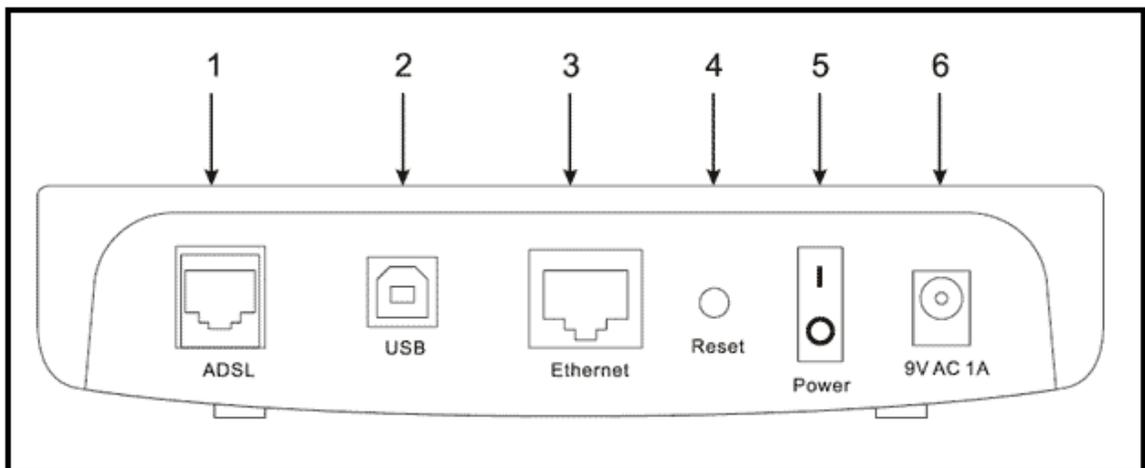
Subida: 1,2Mbps

- Distancia máxima del bucle: 6,5Km
- Funciones de diagnóstico de la línea
- LEDs de estado del dispositivo
- Plug-and-Play
- Servidor DHCP, NAT, Filtro IP, Firewall y bloqueo de protocolos
- Web de configuración de fácil manejo protegida por contraseña que permite actualización de firmware
- Administración remota por Telnet

- Soporta SNMP v1/v2
- Tamaño: 135mm x 110mm x 28mm
- Peso: 180g

### INTERFACES y BOTONES

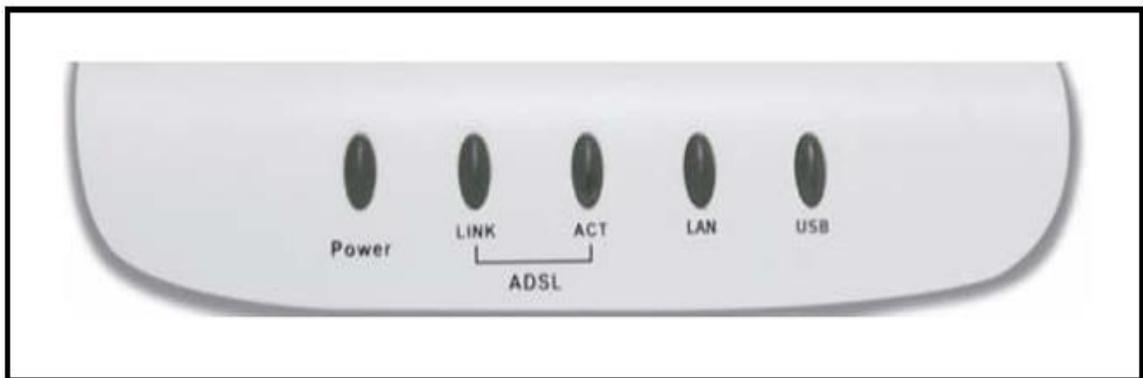
1. Clavija RJ-11 para la conexión ADSL
2. Puerto USB para la conexión directa al PC
3. Puerto RJ-45 Ethernet 10/100 Base-T para conexión al PC o la LAN
4. Botón de Reset
5. Interruptor de encendido
6. Entrada de AC a 9V y 1A



**Figura 3.10** Descripción de puertos de SmartAX MT882

## LEDs

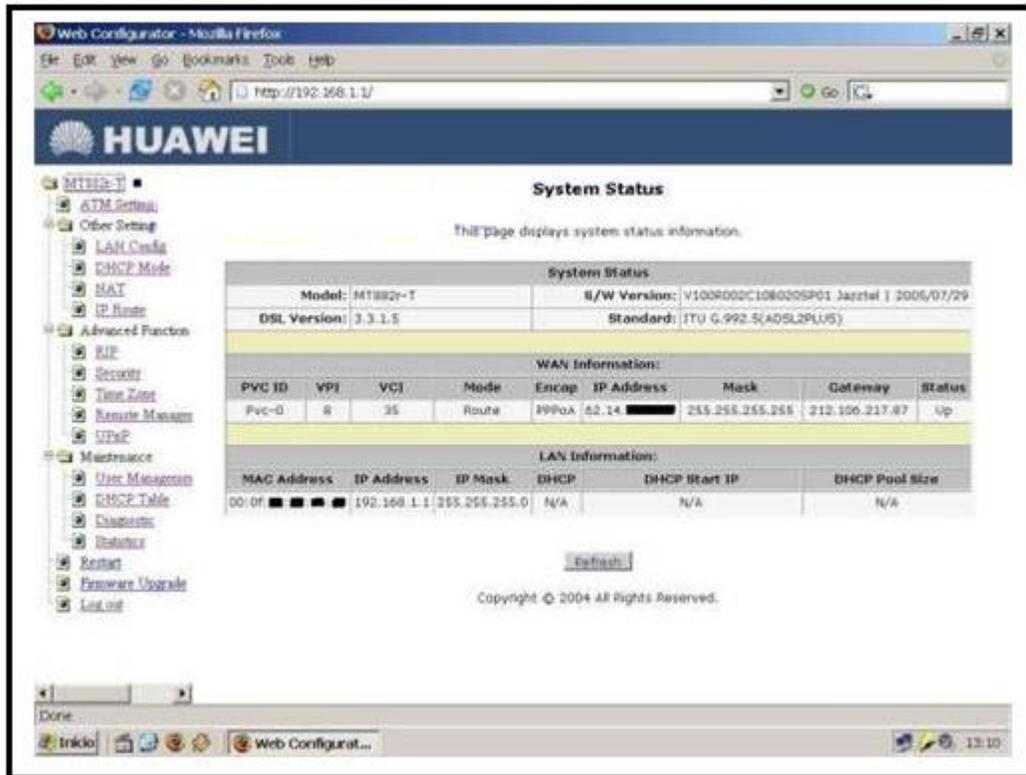
- POWER - LED verde que se ilumina al encender el router.
- LINK - LED verde intermitente cuando se está conectando. Una vez la conexión ha sido establecida, se queda encendida.
- ACT - Parpadea cuando hay tráfico sobre ADSL.
- LAN - LED verde y naranja que indica conexión Ethernet activa. El parpadeo de la luz verde indica que la velocidad es 10Mbps, mientras que la naranja indica una velocidad de 100Mbps.
- USB - LED verde que indica conexión USB y parpadea al haber tráfico.



**Figura 3.11** *Leds vista frontal del SmartAX MT882*

La configuración de este equipo Terminal empieza con el acceso al equipo vía web, para el ejemplo mostrado en la Figura 3.12, digitando <http://192.168.1.1>. Luego una vez que se tiene acceso al equipo, el mismo nos pedirá el login y

contraseña los mismos que serán *admin* y *admin* para ambos, siempre y cuando no hayan sido modificados previamente.



**Figura 3.12** Acceso al equipo Huawei

Una vez dentro de la configuración del equipo, nos dirigimos al menú de la derecha y escogemos la opción ATM Setting, en donde nos aparecerá el estado del sistema. Luego en la parte de información WAN (WAN information), modificamos los distintos parámetros de acuerdo a los mismos que son

manejados por el proveedor del servicio, tales como el identificador de ruta virtual (VPI) y el identificador de canal virtual (VCI); así como el encapsulado.

En el apartado IP address podemos configurar el equipo dando clic en enable para habilitar la ruta por defecto, configurando la dirección IP, máscara de subred, y gateway asignados por el proveedor. Por último para aplicar los cambios pulsamos en Apply.

<b>PVC</b>	0
<b>VPI</b>	8
<b>VCI</b>	32
<b>Active</b>	Yes
<b>Mode</b>	Routing
<b>Encapsulation</b>	RFC2684(IPoA)
<b>Multiplex</b>	LLC
<b>IP Address</b>	
<b>Default Route:</b>	<input checked="" type="radio"/> Enable <input type="radio"/> Disable
<b>IP Address</b>	0.0.0.0
<b>Subnet Mask</b>	0.0.0.0
<b>Gateway</b>	0.0.0.0
<input type="button" value="Apply"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="button" value="Reset"/>	

**Figura 3.13** Configuración ATM del SmartAX MT882

Una vez configurado el equipo tenemos que asegurarnos que las propiedades del TCP/IP de nuestro PC están configuradas correctamente, con las IPs correspondientes. Para ello nos dirigimos a panel de control, luego a conexiones de red, da ahí a propiedades de conexión de área local y propiedades del TCP IP y comprobamos que la IP, máscara, puerta de enlace y DNS están digitadas correctamente.

### **ADSL X3 modelo 5660**

El Gateway ADSL X3, Modelo 5660 de Zoom es un módem ADSL 2/2+ de tasa completa y un poderoso gateway/router, todo en un solo producto muy económico. El Modelo 5660 entrega velocidad de datos hasta de 24 Mbps sobre cableado telefónico existente y es adecuado para usar tanto en casa como en pequeñas oficinas. El Modelo 5660 es compatible con los protocolos ADSL más antiguos como también con los nuevos estándares ADSL 2/2+ para mayores velocidades de datos y distancias extendidas a las cuales se pueden entregar tasas altas de velocidad.

Las características de seguridad incluyen Traslado de Dirección de Red (NAT), e Inspección de Paquetes "Stateful" (SPI).



**Figura 3.14** *Vista frontal del ADSL X3*

### **CARACTERÍSTICAS**

Cumplimiento con los estándares ADSL:

- Estándares de Tasa completa ANSI T1.413 Issue 2, ITU G.dmt (G.992.1)
- Especificación G.lite (G.992.2) sin Splitters
- Anexo A
- Cumplimiento con los estándares ADSL 2:
  - G.dmt.bis (ITU G.992.3)
  - ADSL Anexo L (DSL de Alcance Extendido)
- Cumplimiento con los estándares ADSL 2+:
  - G.992.5

- Modulación y demodulación DMT
- Módem adaptable de tasa completa
- Tasa descendente máxima de 24 Mbps
- Tasa ascendente máxima de 1024 Kpbs
- Soporte para implementación ADSL sin Splitters
- Inter-operable con todos los principales fabricantes de DSLAM

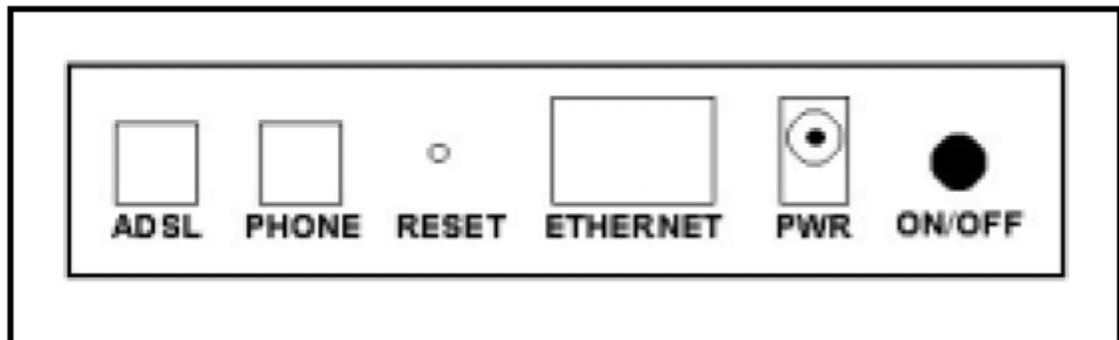
Soporte en modo WAN: PPP sobre ATM (RFC 2364) y PPP sobre Ethernet (RFC 2516)

- Soporte en modo LAN: IP bridged/routed sobre ATM (RFC 1483) e IP Clásico sobre ATM (RFC 1577)
- ATM Forum UNI 3.1/4.0 PVC
- Hasta ocho circuitos virtuales
- Segmentación y reensamble ATM
- ATM AAL5 (capa de adaptación tipo 5)
- OAM F4/F5

En la siguiente tabla se describen los elementos del panel posterior del equipo Zoom:

Puerto	Descripción
ADSL	Permite conectar el módem al conector ADSI telefónico
PHONE	Permite conectar el teléfono al módem
RESET	Botón para reestablecer el módem a su configuración predeterminada
ETHERNET	Permite conectar la unidad a un punto de acceso, concentrador de red.
PWR	Permite conectar la unidad al adaptador de corriente
ON/OFF	Botón de encendido ó apagado

**Tabla 3.1** Descripción de puertos del ADSL X3



**Figura 3.15** Puertos del ADSL X3

## **CONFIGURACION DEL EQUIPO**

Primero entramos al equipo vía web digitando en la barra de direcciones `http://10.0.0.2`. Luego cuando solicite el equipo el nombre del user y la contraseña digitamos *admin* y *zoomadsl* respectivamente, para efectos de ingresar a la configuración del equipo. De ahí el gestor de configuración Zoom nos mostrará la página de configuración básica. Aquí encontraremos dos maneras de configurar según el modo que se escoja, si disponemos de una IP estática, daremos un clic en configuración manual, y la otra opción es la configuración automática.

Si escogemos la configuración manual debemos tener del proveedor del servicio valores adecuados para el VPI, VCI y el encapsulado, así como disponer de la dirección IP estática. En caso de escoger la otra opción de configuración entraremos a un modo de auto-detección donde el equipo se encargará de obtener los valores para los parámetros detallados anteriormente.

Dado que la mayoría de los proveedores de servicios de Internet utilizan DHCP, el módem X3 está configurado de forma predeterminada para usarlo con direcciones IP dinámicas.

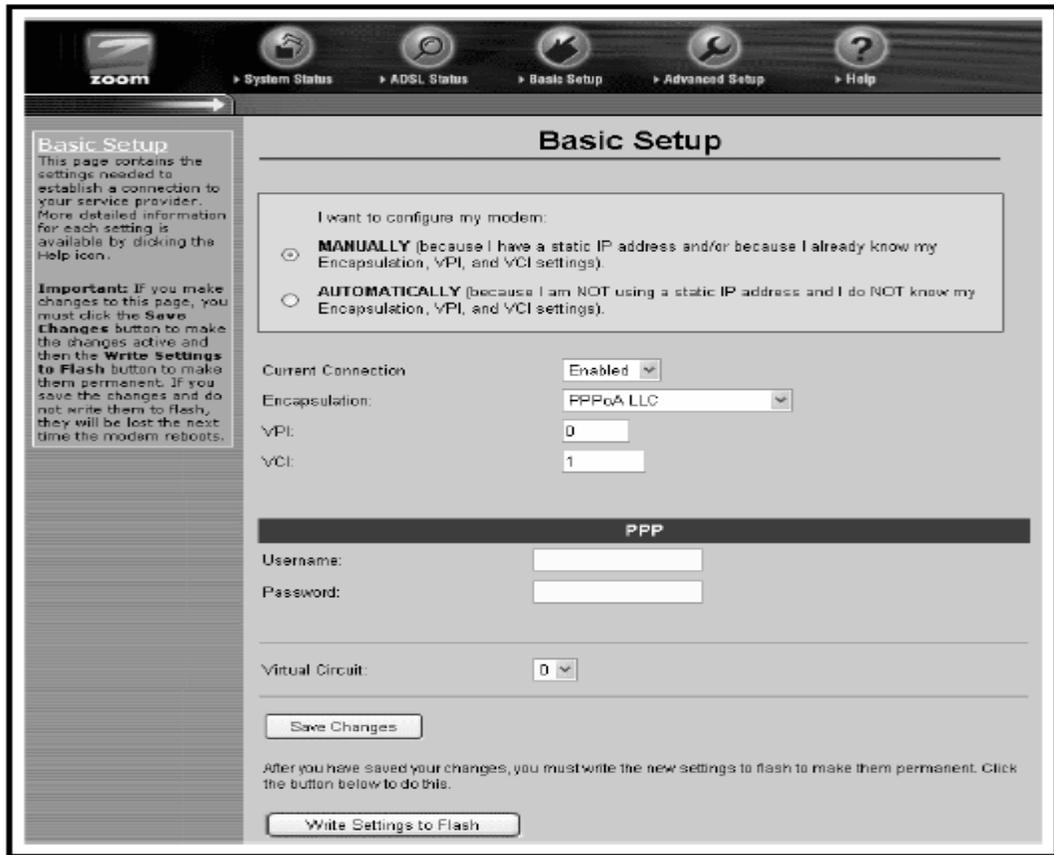


Figura 3.16 Gráfica de configuración básica del ADSL X3

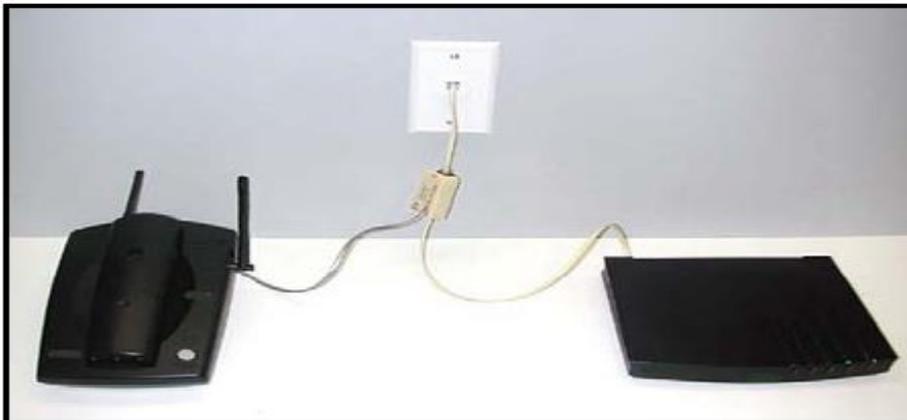
Para conocer el estado de la conexión ADSL hacemos clic en *ADSL Status*, ubicado en la parte superior del Gestor de configuración de Zoom. La página *ADSL Status* proporciona información acerca de la conexión como por ejemplo comprobar si la conexión esta activa, si el módem está conectado, velocidades de carga y descarga, y otros parámetros ADSL relacionados como el margen SNR y la atenuación.

### **SPLITTER Z-330TJA**

Este pequeño filtro de marca Excelsus, bajo norma ANSI T1-421, facilita y mejora el funcionamiento de entrega del servicio DSL y del servicio telefónico. Este modelo de splitter filtra señales de teléfonos, máquinas contestadoras, fax, módems a tasas de 56 Kbps o menores, etc.



**Figura 3.17 Splitter Excelsus serie Z-330TJA**



**Figura 3.18 Modo de conexión de splitter Excelsus**

## **CARACTERISTICAS**

Aisla impedancias de sistemas telefónicos y sistemas Xdsl.

Proporciona un jack DSL/HPN (Home Phoneline Network) para el fácil acceso a banda ancha.

Atenúa señales DSL a equipos telefónicos para prevenir la conversión de señales en la banda de voz.

Atenúa señales de radio producidas por el desbalance de las líneas de teléfono, ya que las líneas actúan como antenas afectando al receptor DSL.

Minimiza la interferencia en la banda de voz – transmisión, señalización y supervisión.

Compatible con la mayoría de estándares xDSL incluyendo ADSL Full Rate (ITU-T G.992.1), ADSL G.Lite (ITU-T G.992.2), ADSL2 (ITU-T G.992.3 and .4), ADSL2+ (ITU-T G.992.5 in analog mode), ADSL2++, VDSL (ITU-T G.993.1), VDSL2.

### **3.2.2 EQUIPOS DEL LADO DE LA CENTRAL TELEFONICA**

Los equipos que tendremos del lado de la central telefónica son el DSLAM, el correspondiente splitter, un agregador y el resto de equipos que corresponden a aquellos situados en el ISP, tales como los servidores de los distintos servicios. A continuación detallaremos los equipos utilizados propiamente para ofrecer el servicio ADSL2+, separando de este modo a aquellos equipos que pertenecen a la central telefónica y que actualmente cumplen sus funciones de POTS.

#### **SmartAX MA5100**

El SmartAX MA5100 es un multiplexor modular Huawei que permite el acceso a servicios DSL, el cual maneja conexiones IP y ATM para ofrecer soporte a una diversidad de redes.



**Figura 3.19** *DSLAM SmartAX MA5100*

Dentro de sus características principales podemos describir las siguientes:

### **Diversidad de interfaces**

- Interfaces para los siguientes servicios: ADSL sobre POTS, ADSL sobre ISDN (UR2), VDSL, G.SHDSL, ADSL2+ sobre POTS, ADSL2+ sobre ISDN (UR2).
- Interfaces ATM: Interfaces STM-4/OC-12, STM-1/OC-3, interfaz eléctrica E3, interfaz para multiplexación inversa sobre ATM (IMA).
- Interfaces IP para ofrecer acceso a largas distancias: interfaces óptica y eléctrica FE/GE.
- Infraestructura en cascada múltiple local o remota.

### **Carrier-class confiable (portadora)**

- Posee tablero frontal que permite un mejor mantenimiento y cambio.
- Redundancia del panel principal de control.
- Diseño redundante (N+1) para la fuente de alimentación con monitoreo en tiempo real y funciones de alarmas.
- La plataforma de transporte soporta múltiples sistemas operativos como Sun Solaris y HP-UNIX, además sistemas de bases de datos como Sybase y Oracle.

### **Flexibilidad de Red**

Cascada remota para ATM STM-1/E3/IMA/ATM E1.

Multi-topología: estrella, tres multiniveles de cascada.

Rápida construcción por la existencia de recursos de transmisión.

Fácil transferencia de redes ATM a redes IP.

### **QoS garantizada (calidad de servicio)**

Asigna diferentes niveles de prioridad a diferentes tipos de servicios, y maneja control de flujo y tráfico.

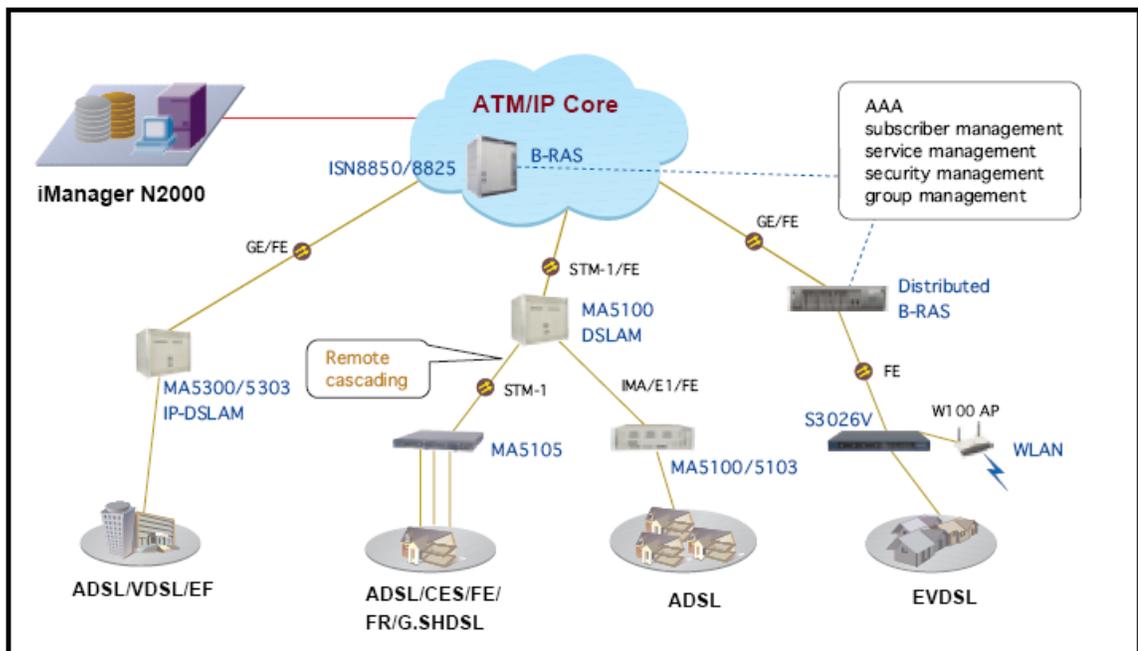
Soporta Committed Access Rate (CAR) y asigna ancho de banda basado en la norma 802.1q para ofrecer QoS a servicios IP.

### **Servicios multicast**

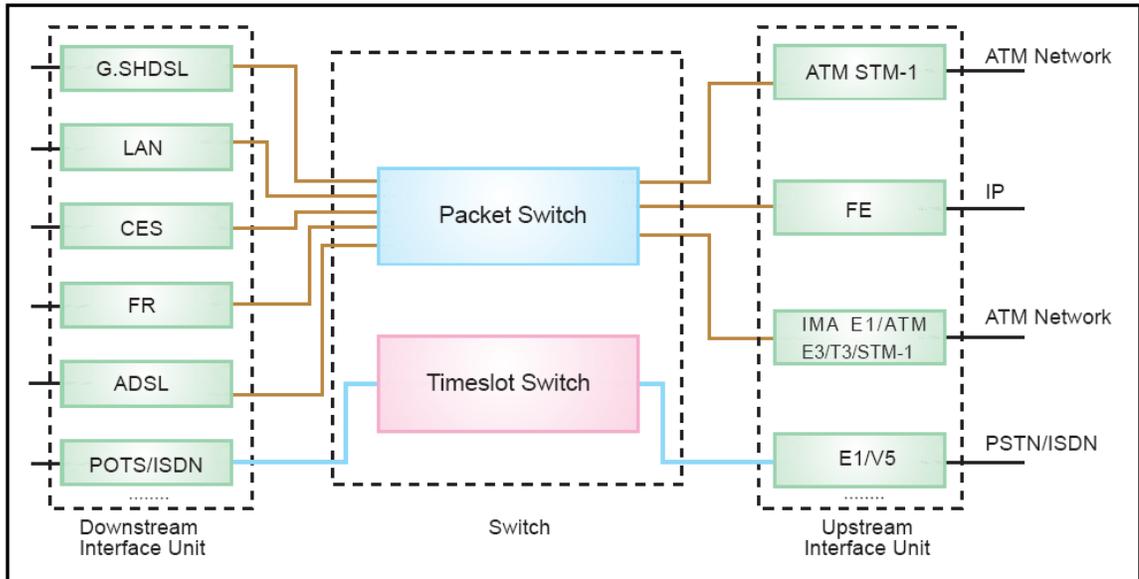
- Posee funciones IGMP (Internet Group Management Protocol) e IGMP Proxy.
- Multicast controlable.

## Manejo unificado y centralizado

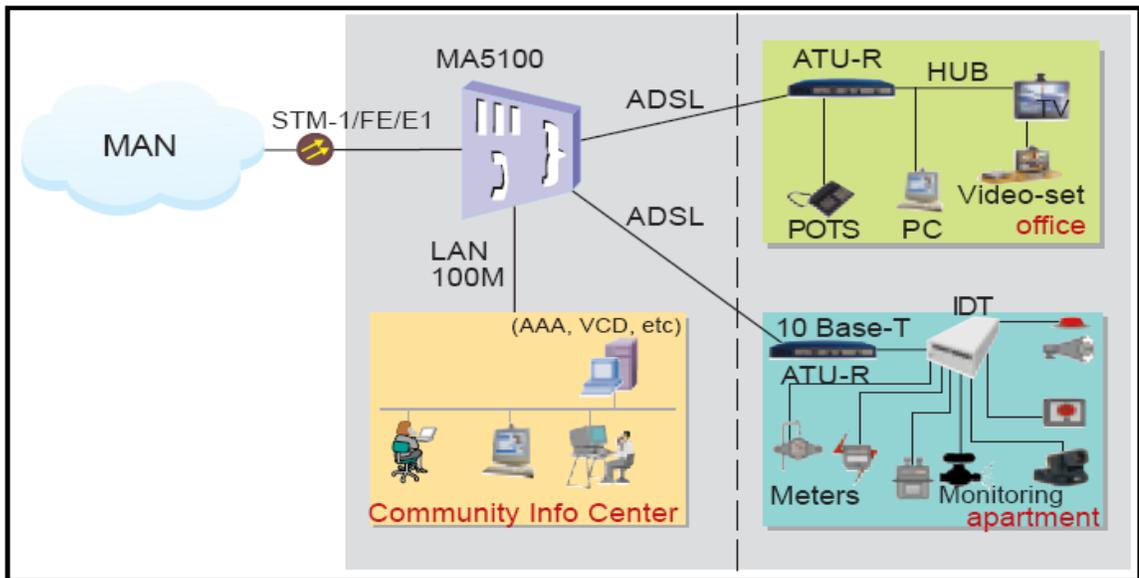
- Excelente arquitectura C/S (cliente/servidor).
- Alto rendimiento y escalabilidad.
- Alta confiabilidad y servidor dual redundante.
- Alta seguridad basada en autorización y dominio del usuario.



**Figura 3.20** Operabilidad del SmartAX series y topologías



**Figura 3.21** Estructura interna del MA5100



**Figura 3.22** Soluciones ofrecidas por el MA5100

### **3.2.3 DESCRIPCION FUNCIONAL DE LOS EQUIPOS**

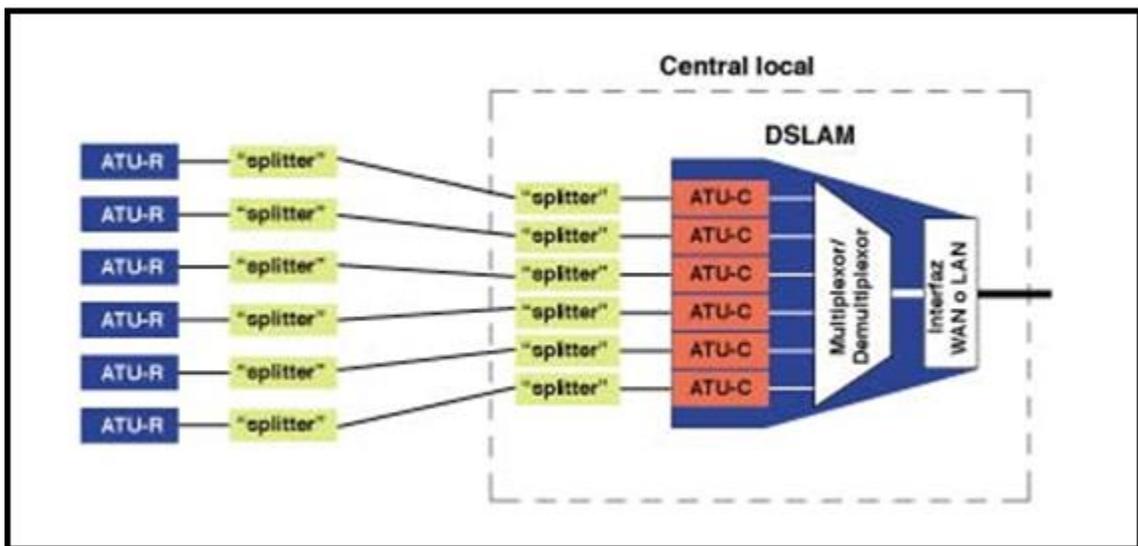
- **MODEMS ADSL**

La tecnología ADSL no es más que una tecnología de modulación, esto significa que un módem ADSL convierte las señales digitales de datos que salen del computador en señales analógicas (modulación) que se transmiten por la línea telefónica, de la misma manera realiza el proceso inverso conocido como demodulación.

Este proceso de modulación y demodulación se lleva a cabo tanto en el lado del usuario como del lado de la central; sin embargo debido a la comunicación asimétrica del ADSL2+, ambos modems tienen características diferentes. Por ejemplo uno transmite a 1 Mbps y recibe a 24 Mbps, mientras que el otro transmite a 24 Mbps y recibe a 1 Mbps. Es así, que el módem situado del lado del usuario recibe el nombre de ATU-R (Unidad Terminal ADSL Remota), mientras que el módem del lado de la central se lo conoce como ATU-C (Unidad Terminal ADSL de la Central).

El módem ADSL se utiliza para conectar a Internet u otro servicio a un sólo computador y toda la información pasará a través del mismo. A esta característica de servir a un computador, se le conoce como modo de trabajo monopuesto. El módem ADSL se conecta a este único computador mediante un puerto USB, Ethernet, PCI, esto según el fabricante.

Como antes fue explicado, necesitamos una pareja de modems, uno del lado del usuario y otro en la central local donde llega el bucle del usuario. Esto antiguamente complicaba el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales. Para dar solución a este problema surgió el Dslam (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), el cual es un chasis que agrupa un gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN.



**Figura 3.23** *Modems de una red ADSL2+*

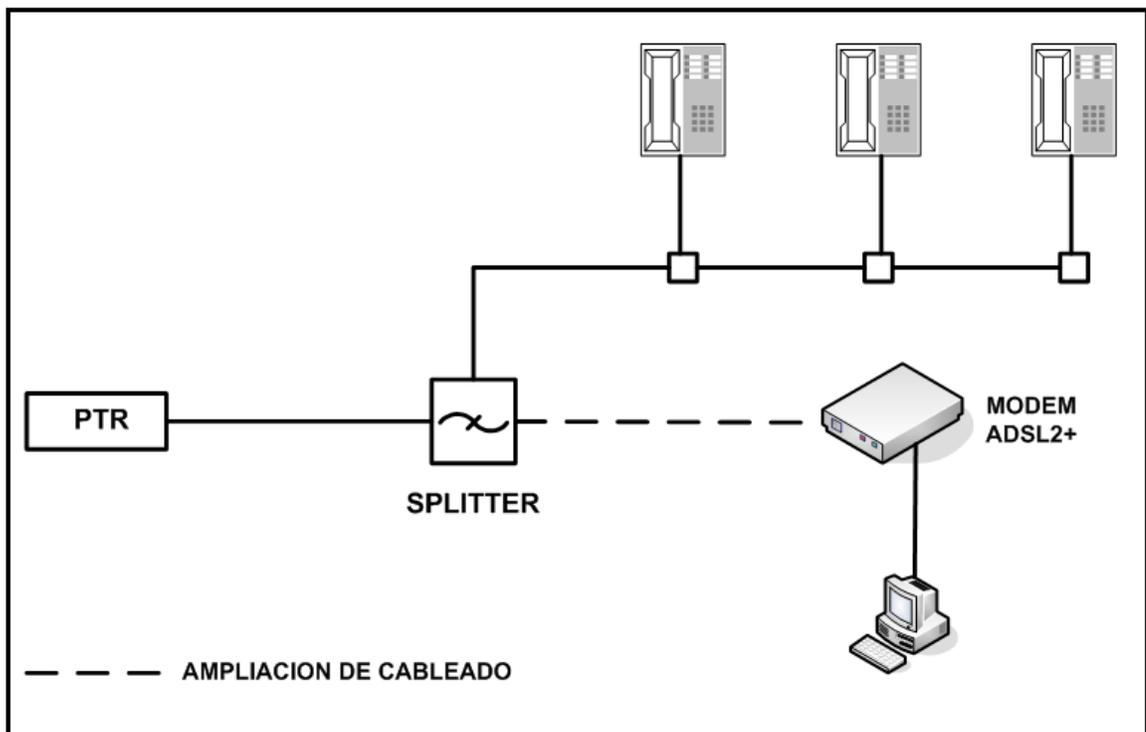
- **SPLITTERS Y MICROFILTROS**

Para el uso simultáneo del servicio telefónico y la conexión de datos ADSL2+, es necesario colocar un dispositivo que permite discriminar las frecuencias de banda vocal y ADSL, este dispositivo actúa como separador de ambos servicios para evitar la interferencia del uno con el otro. Comúnmente son conocidos como filtros separadores, los mismos que deben colocarse necesariamente en los dos extremos de la línea telefónica, uno en el lado de la central y el otro en el domicilio del usuario.

El filtro que es colocado en el lado de la central, es inevitable y lo realizará la compañía telefónica, sin embargo el filtro que es colocado del lado del usuario (vivienda) admite o presenta las dos alternativas siguientes:

- Colocar el filtro a la entrada de la instalación existente (instalación con *splitter*).
- Colocar un filtro en cada uno de los teléfonos conectados (instalación con *microfiltros*).

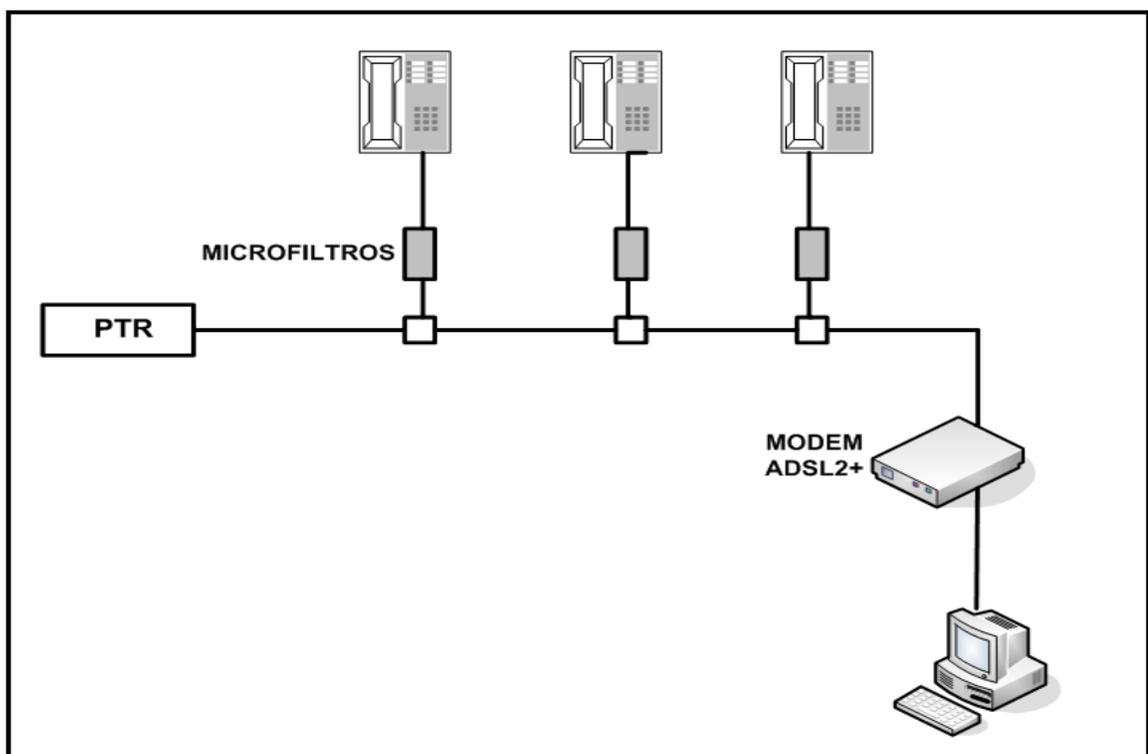
En una instalación con splitter, éste se coloca después del PTR (Punto de terminación de Red), normalmente en la entrada de la vivienda. La instalación telefónica existente no se modifica, sin embargo debe realizarse una ampliación del cableado, desde el splitter hasta donde esté situado el computador. Ésta prolongación debe realizarse a una distancia máxima de 25 metros del splitter.



**Figura 3.24** Esquema de red ADSL utilizando splitter en el lado del usuario

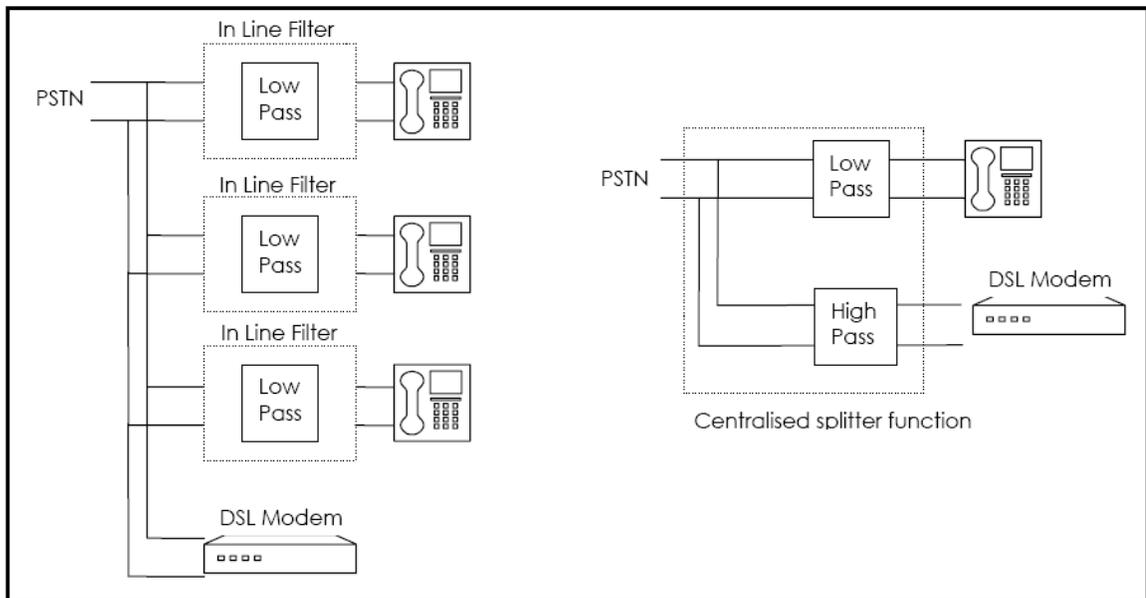
Los microfiltros realizan la función contraria al splitter, filtrando los datos en las conexiones telefónicas, siendo igual de efectivos. Estos pequeños dispositivos se colocan entre la roseta y el teléfono como podemos apreciar en la Figura 3.25.

El número máximo de microfiltros está limitado a 3 unidades, por lo que sólo podremos tener tres aparatos telefónicos instalados en el domicilio simultáneamente, sin perjuicio de que existan más rosetas sin utilizar.

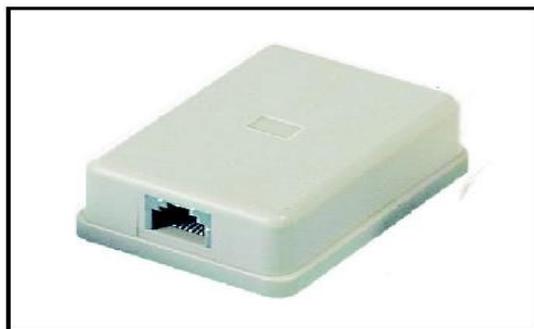


**Figura 3.25** Esquema de red ADSL utilizando microfiltros en el lado del usuario

La instalación con splitter es más fiable y con menos posibilidad de ruidos que la instalación con microfiltros, principalmente porque un mal contacto en las rosetas de los teléfonos no afecta a la conexión del ordenador.



**Figura 3.26** Diferencias de conexiones utilizando filtros y splitters



**Figura 3.27** Roseta telefónica

- **DSLAM**

El equipo principal que tenemos del lado de la central tiene nombre propio y es conocido como DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer ó Multiplexor digital de acceso a la línea de abonado). El DSLAM en pocas palabras puede definirse como un multiplexor que proporciona a los abonados acceso a los servicios DSL sobre cable de par trenzado de cobre.

Como anteriormente se explicó, el servicio ADSL necesita de un par de modems para la entrega del mismo, uno del lado de la central y otro en el lado del usuario; sin embargo el despliegue de modems del lado de la central complicaba la instalación y crecimiento del servicio DSL en sus principios. Es así como nació la idea de integrar varias unidades terminales en un solo equipo, que es conocido hoy en día como DSLAM, el cual agrupa varias tarjetas ATU-C en un chasis y además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN. El núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM, de este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de control de parámetros.

Muchos traen incorporados los filtros necesarios para separar la señal de voz del tráfico de datos y enrutar el servicio entre el usuario final y el ISP. Su interfaz de salida suele ser ATM aunque también algunos poseen salida Ethernet.

Una característica a resaltar del DSLAM es la capacidad de ofrecer diferentes calidades de servicio mediante perfiles para cada circuito virtual, además de

gestionar el tráfico en todo momento, establece controles sobre el ancho de banda utilizado. De esta manera se pueden asignar distintos tipos de tasa de transferencia a cada circuito virtual.

### **3.3 SERVIDORES ADSL**

Se denomina servidores ADSL a los equipos y programas que sirven para provisión, control y administración del servicio de Internet facilitado a través de dicha tecnología.

Para poder brindar un servicio eficiente es necesario disponer de servidores que puedan cumplir a cabalidad los requerimientos del usuario, tales como disponibilidad, conectividad, intercambio de correo, seguridad y tarificación.

Por tal razón una red de esta naturaleza debe contar con servidores de correo, servidores web, servidores DNS, servidores Proxy, y un sistema de gestión y autenticación de usuarios.

#### **3.3.1 CARACTERISTICAS DE LOS SERVIDORES ADSL**

##### **Servidor de correo**

El servidor de correo es una aplicación que permite el envío de mensajes entre usuarios de la red, independientemente de la red que se utilice. Para cumplir con esta función se definen los siguientes protocolos a continuación:

**SMTP:** Se utiliza para que dos servidores de correo puedan intercambiar mensajes

**POP:** Se utiliza para que el usuario tenga acceso a los mensajes guardados en el servidor.

**IMAP:** Es un protocolo similar al POP pero con diferentes funcionalidades.

Básicamente un servidor de correo consta de dos servidores, un servidor SMTP que es el encargado de enviar y recibir mensajes, y un servidor POP/IMAP que permite al usuario acceder a sus mensajes.

### **Servidor Web**

El servidor web es un programa que responde a las peticiones del usuario que navega en Internet, para lo cual implementa el protocolo HTTP, el cual está diseñado para la transferencia de hipertextos de páginas web, también conocidas como páginas HTML.

Cuando un usuario navega en la red y teclea determinada dirección electrónica, realiza una petición HTTP, el servidor le responde enviándole el código HTML correspondiente, en el cual se incluye textos complejos con enlaces, figuras, botones, animaciones y demás elementos que conforman una página web. De esta forma el usuario se encarga de interpretar el código y mostrar las fuentes, colores y disposición de textos y objetos de la página.

## **Servidor Proxy**

Cuando se menciona el término proxy, se refiere generalmente a un dispositivo o programa que realiza una acción en representación de otro, es decir un intermediario.

El objetivo de un servidor proxy es permitir el acceso a Internet a todos los equipos de una organización cuando solo se dispone de una única dirección IP, para lo cual intercepta las conexiones de red que un cliente hace a un servidor destino, lo que brinda un mejor rendimiento y control, mayor velocidad, seguridad y anonimato puesto que el servidor proxy se encarga permitir o prohibir las peticiones de conexión que se realicen dentro de la red.

## **Servidor DNS**

El Domain Name System (DNS) es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes como Internet. Un servidor DNS permite la asignación de dominios a direcciones IP y la localización de los servidores de correo electrónico de cada dominio.

De esta forma es más sencillo el acceso a los diferentes sitios de la red, puesto que resulta mucho más práctico escribir un nombre de dominio específico que su dirección IP correspondiente. El uso de este servidor es transparente para los usuarios cuando éste está bien configurado.

### **Servidor de Autenticación RADIUS**

RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server) es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP.

Cuando se realiza la conexión con un ISP mediante módem, DSL, cablemódem, Ethernet o Wi-Fi, se envía una información que generalmente es un nombre de usuario y una contraseña. Esta información se transfiere a un dispositivo NAS (Servidor de Acceso a la Red) sobre el protocolo PPP, quien redirige la petición a un servidor RADIUS sobre el protocolo RADIUS. El servidor RADIUS comprueba que la información es correcta utilizando esquemas de autenticación como PAP, CHAP o EAP. Si es aceptado, el servidor autorizará el acceso al sistema del ISP y le asigna los recursos de red como una dirección IP, y otros parámetros como L2TP, etc.

### **3.3.2 TIPOS Y FUNCIONES PRESTADAS POR LOS SERVIDORES**

Para el diseño de la red ADSL2+ se escogieron los siguientes productos que debido a sus características, funcionalidades, costos y soporte técnico representan una buena opción para poder brindar eficientemente el servicio de Internet de Banda Ancha y todas las implicaciones que conlleva un proyecto de esta clase.

## **Servidor de correo Send Mail**

Es un servidor de correo económico que provee al usuario de múltiples funciones que garantizan un intercambio de mensajes seguro, es el responsable de la mayoría de envíos de correo a través de Internet en el mundo. Permite a su vez llevar un modelo de servicio centralizado, lo cual representa centrar recursos en una sola máquina que se mantendrá siempre operativa (con su correspondiente respaldo actualizado) lo que a su vez significa alta disponibilidad de servicio.

Entre las cualidades de mayor relevancia se pueden anotar:

- Archivo de mensajes
- Filtro de correo basura
- Control de contenido

Es una aplicación de correo para sistemas operativos basados en Linux, provee servicio de mensajes bajo protocolos SMTP, POP3, IMAP. Al ser basado en el sistema operativo Linux se posee de una mayor robustez y confiabilidad debido a la presencia de una comunidad en línea que pueda ofrecer soluciones a problemas del día a día.

Para su instalación basta con disponer de un de un sistema Linux RedHat en las versiones 7.X, 8.0, o 9.0.

## **APACHE HTTP SERVER**

El servidor HTTP Apache es un software libre, es decir, utiliza código abierto disponible para plataformas Unix, Windows, Macintosh.

A pesar de no contar con una interfaz gráfica que ayude en la configuración, APACHE dispone de mensajes de error configurables, bases de datos de autenticación y negociado de contenido, que lo convierten en uno de los servidores de mayor aceptación a nivel mundial.

Entre las ventajas que posee el servidor APACHE se mencionan:

- Trabaja sobre múltiples plataformas
- Incluye módulos que se cargan de forma dinámica
- Soporta CGI, Perl, PHP
- Soporte para Bases de datos
- Soporte SSL para transacciones seguras
- Soporta HTTP 1.1
- Código Abierto
- Rápido

## **Servidor DNS Bind9**

Bind9 es una aplicación de servidor DNS incluida en el paquete del sistema operativo Debian basado en Linux.

Entre las principales características se puede mencionar que brinda seguridad a nivel de direccionamiento, respuesta a solicitudes de IPv4 e IPv6, actualizaciones de protocolos DNS (IXFR, DDNS, EDNS0), y soporta sistemas de multiprocesador.

## **Servidor Proxy Squid**

Squid es un servidor intermediario de alto desempeño que se ha desarrollado fuertemente en los últimos años y es ampliamente usado en sistemas operativos basados en Linux y Unix. Es confiable, robusto y versátil pues se distribuye bajo licencia libre.

Además de servir como intermediario puede funcionar como caché de contenidos de red de protocolos HTTP, FTP, GOPHER y WAIS, intermediario de SSL, caché de consultas DNS y control de acceso por dirección IP o usuario.

## **ARADIAL RADIUS Server**

El servidor de autenticación Aradial representa una solución idónea para el control de facturación de cuentas de Internet, pues posee la capacidad de monitorear las conexiones realizadas por el usuario, comprobando además de esta forma el buen funcionamiento de la red.

Está diseñado en lenguaje C++ y puede trabajar en sistemas multiprocesador, indistintamente del sistema operativo pues soporta Windows, Linux o Unix. Posee además un bajo tiempo de respuesta, aproximadamente de 5 a 50 ms, lo que permite atender hasta 250 autorizaciones por segundo. Funciona con base de datos basados en SQL u Oracle.

Entre las varias ventajas del uso de Aradial se encuentran su fácil instalación y operación a través de interfases tipo web, lo que permite un mejor desarrollo y control de la red.

### **3.4 INTERCONEXIONES**

En la actualidad se están expandiendo las comunicaciones a través del tendido de largos cables submarinos de fibra óptica. Con este tipo de sistema se pretende sustituir parte de las comunicaciones satelitales y reducir el tráfico que estas tienen.

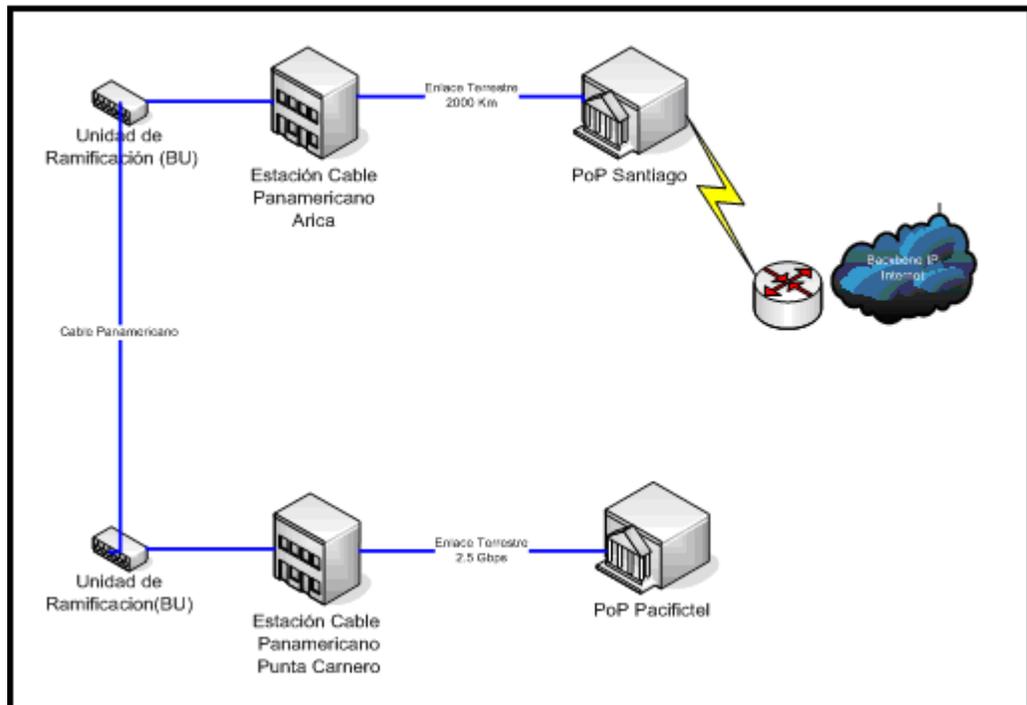
Debido al ancho de banda que nos provee la fibra, se proporcionará mayor capacidad para la transmisión de datos, videoconferencias, llamadas telefónicas, etc., además que su costo se verá reducido significativamente.

#### **3.4.1 ACCESO AL CABLE PANAMERICANO**

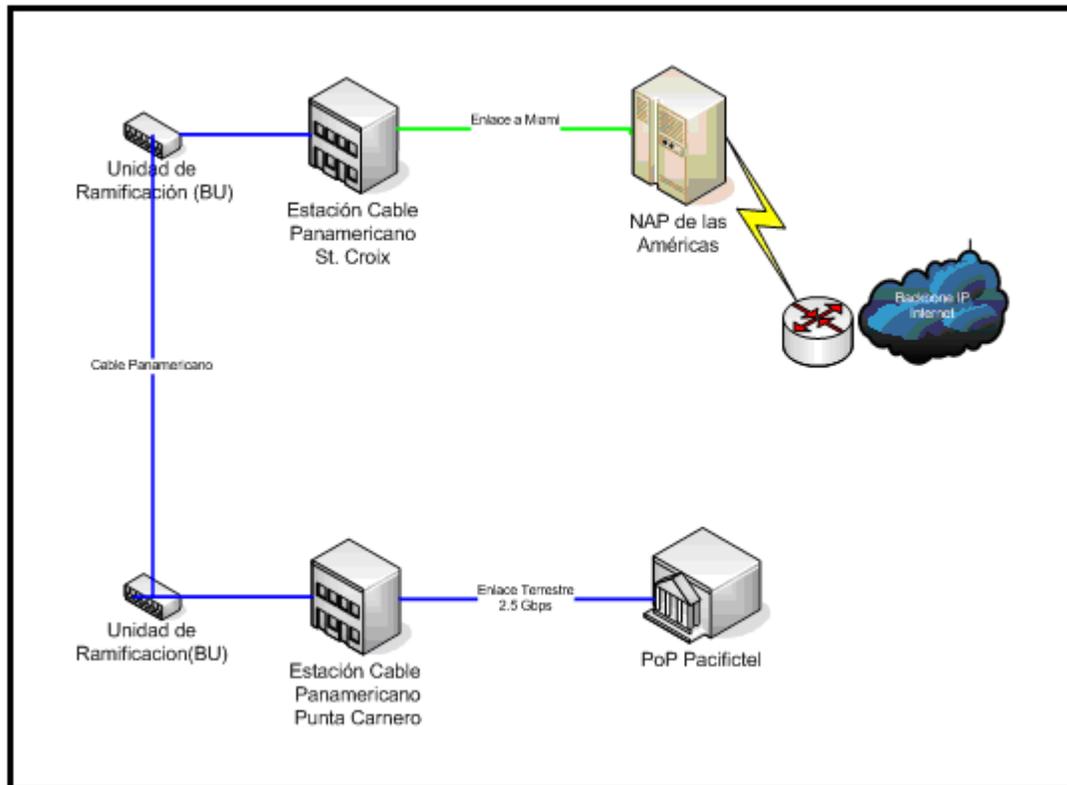
Al principio se pensó en contratar un enlace dedicado hacia Internet directamente con un proveedor o ISP en los Estados Unidos. Pero debido a los altos costos que requiere este servicio, para este proyecto el enlace dedicado a Internet será a través de Pacifictel. Se contratará la capacidad de  $n \text{ E1's}$  para el acceso a Internet, donde el factor  $n$  irá creciendo dependiendo de la posterior demanda.

Hay dos opciones para contratación de servicio de tránsito de Internet. La primera es una conexión desde la Central de Tránsito Internacional Guayaquil (PoP point of presence) hasta Chile, mediante la reservación de un circuito  $n \times$

E1 a través del cable Panamericano. Segundo, conexión desde la Central de Tránsito Internacional Guayaquil hasta el NAP de las Américas, mediante la reservación de un circuito n x E1.



**Figura 3.28** *Conexión CTI Guayaquil – Puerto IP Chile*



**Figura 3.29** *Conexión CTI Guayaquil – NAP Américas*

### 3.4.1.1 FUNCION QUE DESEMPEÑA EL CABLE PANAMERICANO

El Proyecto del Cable Submarino “Panamericano” que empezó a operar en Noviembre de 1998, consistió en el tendido de un cable submarino de fibra óptica que conecta a: Arica en Chile, Lurín en Perú, Punta Carnero en Ecuador, Colón y Ciudad de Panamá en Panamá, Barranquilla en Colombia, Punto Fijo en Venezuela, Baby Beach en Aruba, St.Croix y St.Thomas en las Islas Vírgenes en Estados Unidos.



**Figura 3.30** *Cable Submarino Panamericano*

#### **3.4.1.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS**

La longitud del cable es de aproximadamente 7.500 kilómetros y utiliza la tecnología SDH (Jerarquía Digital Síncrona), tiene una capacidad de 2.5 Gbps y una vida útil de 25 años. Las empresas iniciadoras de este Cable Submarino fueron Telefónica Internacional, Telefónica del Perú, CTC Mundo, MCI, AT&T, Telintar, CANTV, ENTEL Chile, Telecom Colombia, Telecom Italia, Sprint, Setar, ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A. de Ecuador, que son las dos empresas ecuatorianas propietarias de la mayor capacidad de este cable, manejan 10 STM-1, desde y hacia Ecuador. El Backhaul (retorno de red), desde Guayaquil,

para llegar a la cabecera del cable es suministrado por las empresas PACIFICTEL S.A. y TELCONET S.A.

### **SDH (Jerarquía Digital Sincronía)**

SDH y el equivalente norteamericano SONET son las tecnologías dominantes en la capa física de transporte de las actuales redes de fibra óptica de banda ancha. Básicamente se dedican al transporte y gestión de una gran cantidad de tipos de tráfico sobre la infraestructura física. Permite el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos. Su papel es gestionar el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detectar fallos y recuperar de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

Los sistemas de transmisión síncronos han sido desarrollados de modo que los operadores puedan crear redes flexibles y resistentes. Con un simple multiplexor se pueden aumentar o reducir canales.



**Figura 3.31** Multiplexor SDH Huawei Optix OSN 2500

Las recomendaciones de la ITU-T G.707, G.708, y G.709 definen la Jerarquía Digital Síncrona. En Norte América, ANSI publicó su estándar SONET, el cual es conocido a lo largo del resto del mundo como estándar SDH.

Las recomendaciones de la UIT-T definen un número de tasas básicas de transmisión que se pueden emplear en SDH. La primera de estas tasas es 155.52 Mbps, normalmente referidas como un STM-1 (donde STM significa Módulo de Transporte Síncrono). Mayores tasas de transmisión como el STM-4, el STM-16, y el STM-64 (622.08 Mbps, 2488.32 Mbps y 9953.28 Mbps respectivamente) están también definidas.

## Canales

SONET	SDH	Mbps
STS-1		51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-9	STM-3	466.56
STS-12	STM-4	622.08
STS-18	STM-6	933.12
STS-24	STM-8	1244.16
STS-36	STM-12	1866.24
STS-48	STM-16	2488.32

Todos los canales son múltiplos del STS-1

STS: Synchronous Transport Signal = OC: Optical Carrier  
STM: Synchronous Transport Mode

Figura 3.32 Tasas SDH

### 3.4.1.3 DESCRIPCION DEL ENLACE HACIA EL CABLE PANAMERICANO

En el Ecuador la Estación Terminal del Cable Submarino de Fibra Óptica "Panamericano", esta ubicado en la central telefónica "Salinas II" de la empresa PACIFICTEL S.A., en la ciudad de Salinas.

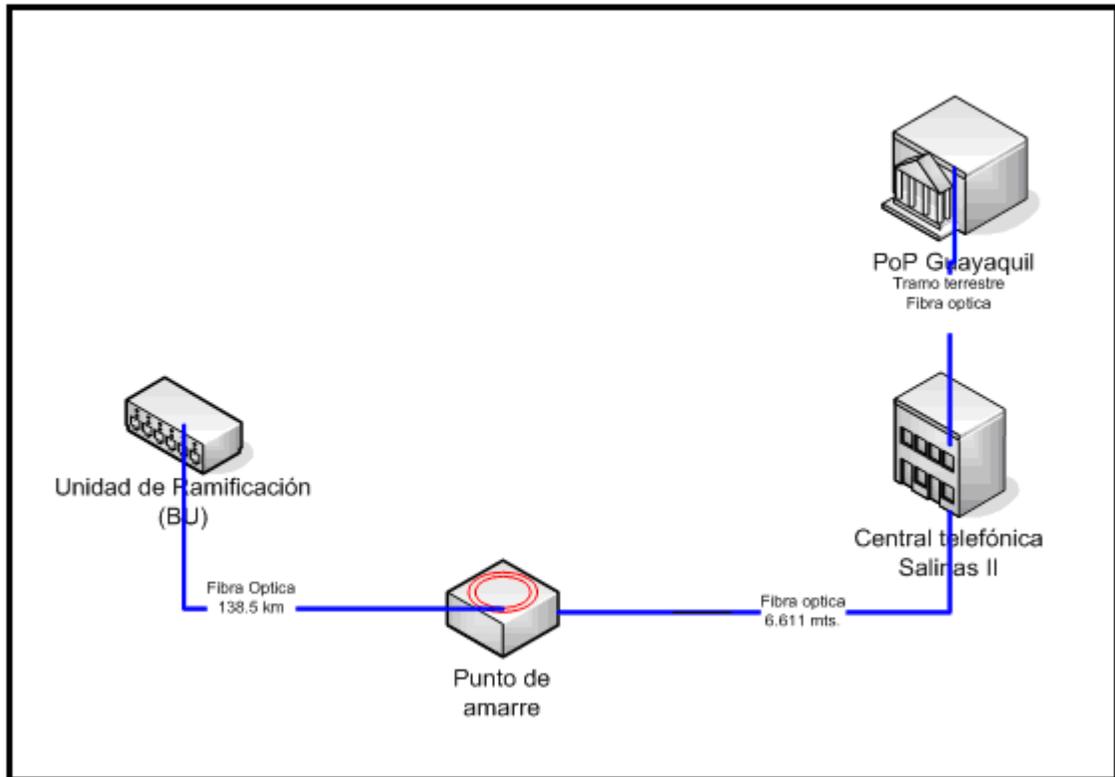
El sitio donde está ubicada la cámara de hormigón donde se empalma el Cable Submarino "Panamericano" con el tramo terrestre de fibra óptica, es en Punta Carnero, en Puerto Aguaje. En la actualidad la capacidad de salida internacional

a través del Cable Submarino "Panamericano" se encuentra saturado y su crecimiento es bastante dificultoso, por el tipo de tecnología que maneja.

El cable Panamericano ofrece una capacidad de 40E1 en la cabeza de cable instalada en Punta Carnero. Actualmente el Cable Submarino Panamericano esta saturado por lo que requiere redes de retorno desde Ecuador hacia los países fronterizos.

El 92% de la fibra óptica que utiliza el Ecuador para conectarse con el mundo, a través de Internet y llamadas al exterior, es provisto por países vecinos, lo que encarece en un 40% el precio del servicio.

La capacidad utilizada por el Ecuador para las telecomunicaciones internacionales en 2005 fue de 2,0 gigabytes por segundo (Gbps). Un estudio de la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (Senatel) proyectó que para el 2010 esta capacidad aumentaría quince veces hasta los 34 Gbps, pero podría alcanzar incluso los 66 Gbps, en caso de que el país cuente con una nueva salida submarina para los operadores de Internet.



**Figura 3.33** Esquema de interconexión de la sección Ecuador

### 3.4.2 UTILIZACION DE LA ESTACION TERRENA

La división de comunicaciones satelitales de PACIFICTEL S.A. es responsable del mantenimiento y operación de las estaciones terrenas de Guayaquil y Galápagos.

Debido al incremento en la demanda de las llamadas internacionales, en aquel entonces IETEL consideró necesario la planificación y ejecución de una Estación Terrena en Guayaquil, situada en Chongón a la altura del km. 22 vía a

la costa. Ésta estación permite comunicación con la Estación Terrena de Roaring Creek, Pennsylvania, a través del satélite 325.5° situado sobre el océano Atlántico, transmitiendo todas las llamadas desde y hacia Estados Unidos. El equipo que se encarga de realizar esta interconexión es el DCME (Digital Circuit Multiplication Equipment), con las características establecidas por INTELSAT. El rango de operación de la estación terrena se encuentra entre los 4Ghz a 6 Ghz.

Debido a los altos costos de los enlaces satelitales actualmente la Estación Terrena Guayaquil se encuentra operando sólo con servicio de telefonía nacional e internacional. La comunicación internacional se la realiza con Estados Unidos, el enlace que había con Chile no se encuentra en servicio debido a que la portadora migró al Cable Submarino Panamericano.

#### **3.4.2.1 CONEXIÓN A LA ESTACION TERRENA DE GUAYAQUIL**

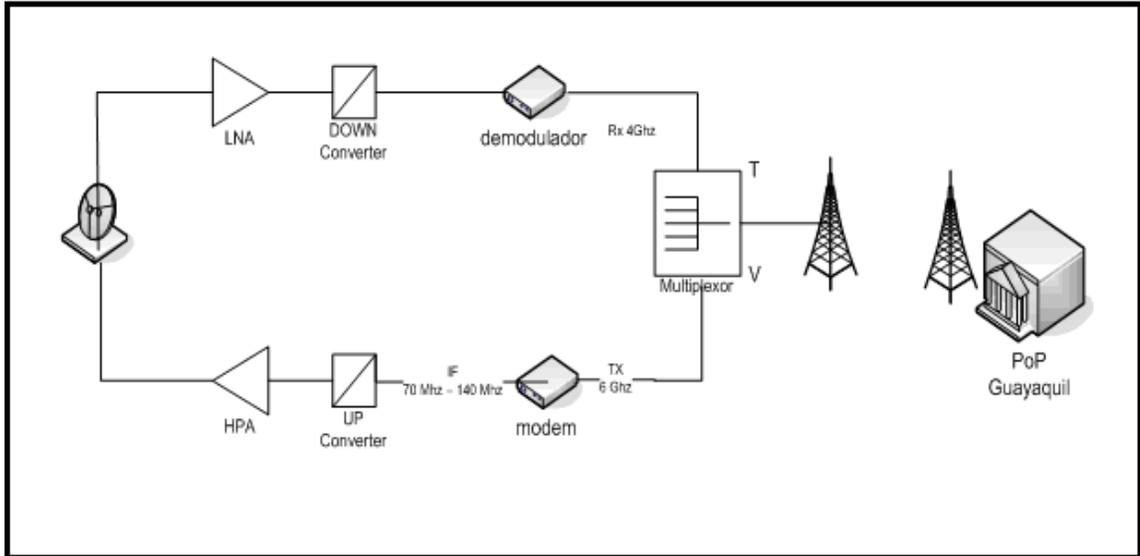
En Noviembre de 1991, INTELSAT por medio del Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL-R2) ahora PACIFICTEL S.A., asignó el satélite para servicios de telecomunicaciones ubicado en la posición orbital 325.5°E para la Estación Terrena de Guayaquil. Posteriormente con la adquisición del servicio doméstico DOMSAT, INTELSAT asignó el satélite con orbita 310°E para este servicio.

En su configuración básica, la estación terrena consta de dos etapas:

- Etapa de transmisión
- Etapa de Recepción

En la etapa de transmisión, el proceso de llamada internacional empieza en la central de tránsito internacional (CTI). Desde este punto mediante radio-enlace se conecta a la Estación Terrena Guayaquil. Esta señal es de tipo IF (70Mhz a 140Mhz), es multiplexada y enviada a un modulador (módem), el cual se encarga de prepararla para poder ser transmitida. Luego pasa a un up/convertir el cual se encarga de convertir la señal a RF (6Ghz) para que pueda estar en el rango permisible de transmisión. Finalmente es llevada al módulo HPA el cual se encarga de elevar la potencia de la señal para poder ser transmitida al satélite.

Una vez transmitida la señal del satélite a la antena de la Estación Terrena, pasa por el módulo Low Noise Amplifier (LNA) el cual se encarga de eliminar todas las señales no deseadas que se mezclaron con la señal original, una RF (4ghz). Luego pasa al módulo down/convertir el cual se encarga de convertir esta señal a IF, posteriormente pasa por el demodulador para ser demultiplexada para finalmente llegar a su destino.



**Figura 3.34** Diagrama funcional de la Estación Terrena de Guayaquil

### 3.4.3 OTROS ACCESOS POSIBLES

- **SALIDA HACIA EL NORTE POR COLOMBIA**

Esta ruta lleva a las cabeceras de cable que aterrizan en Colombia, para luego llegar a los cables Maya o Arcos. Hay dos alternativas de retorno para llegar con fibra óptica a la frontera con Colombia:

Desde Quito a Tulcán:

- Red de Transnexa
- Red de Andinatel

Desde Guayaquil a Quito:

- Red de Transelectric
- Red de Andinatel
- Red de Porta

Desde Cuenca a Quito:

- Red de Andinatel



Figura 3.35 Redes de fibra óptica en el Ecuador

El operador colombiano Internexa es el operador encargado de la red de retorno desde la frontera colombo – ecuatoriana hasta las costas del caribe colombiano. La red de fibra óptica completamente anillada, es transportada por torres de transmisión eléctrica con una longitud de unos 4.000 Km. El anillo óptico tiene conexión con las cabezas de los cables: Maya, en la localidad de Tolú y Arcos, en la ciudad de Cartagena.

Es importante destacar que esta red de retorno hasta el caribe colombiano, también la podría proveer Telecom en Colombia, pero la falta de una trayectoria óptica desde la ciudad de Pasto en Colombia hasta Tulcán en Ecuador, no ha permitido que Telecom realice una interconexión de alta capacidad con los cables Maya y Arcos. Sólo se han realizado interconexiones utilizando enlaces de microondas, los cuales no pueden satisfacer las altas capacidades realmente requeridas por el backbone de Internet.

El Cable Arcos está conformado por un anillo de 8.600 Km que consiste de dos segmentos de cable, usando las tecnologías de punta Dense Wavelength Division Multiplexing ("DWDM") y Synchronous Digital Hierarchy ("SDH"). El sistema actualmente opera a 15Gbps, con la posibilidad de incrementar su capacidad a 960 Gbps. El tráfico de datos experimenta una latencia en su recorrido menor de 50 ms, operando en circunstancias normales.

El Arcos 1 atraviesa Las Bahamas, Aruba, Belice, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, Honduras, México, Nicaragua, Puerto Rico, República Dominicana, Turcos & Caicos, Venezuela, y Panamá. Las compañías promotoras del proyecto fueron: AAC&R, Alestra, Antelecom, AT&T, Avantel, Batelco, Belize Telecom, Cable Onda, Cantv, Codetel, Comtech GTE, Impsat, Lambda, MCI, Nicatel, Orbinet, INC Tricom USA, Ultracom, C&W.



**Figura 3.36** Cable Arcos

El Cable submarino Maya 1 enlaza la Cuenca Marítima Occidental con Estados Unidos (Florida) , México (Cancún), Honduras (Puerto Cortés), Isla Caimán (Gran Caimán), Costa Rica (Puerto Limón), Panamá (Colón) y Colombia (Tolú). El Maya usa la técnica de DWDM, su capacidad final es de cerca de 25.000 E1s. Actualmente usa 5000 E1s, y está en proceso de ampliación a 8000 E1s, más. Tiene interconexiones con otros cables submarinos, incluyendo Américas I, Columbus II, Panamericano, Américas II y Columbus III.



**Figura 3.37** *Cable Maya 1*

- **SALIDA HACIA EL SUR POR PERU**

Esta ruta que interconecta con las cabeceras de los cables Global Crossing y Emergia, que llegan al Perú en Lurín. Hay varias alternativas de red para llegar con fibra óptica a la frontera con ese país, donde se le entrega el tráfico a Telefónica del Perú. Las alternativas de Backhaul son:

Desde Quito a Guayaquil:

- Red de Andinatel
- Red de Transelectric
- Red de Porta

Desde Cuenca a Guayaquil:

- Red de Transelectric

Desde Guayaquil a la frontera con Perú:

- Red de Telconet.
- Red de Transelectric

El Global Crossing tiene un alcance de más de 160.000 kilómetros de ruta que comunica a más de 200 ciudades en todo el mundo, basado en el concepto de conectar ciudades y no cabezas de playa como los cables tradicionales, logrando esto con aliados que proveen el retorno de red en los diferentes países de Europa, Asia, América del Norte y del Sur. Utiliza plataformas como DWDM, SONET/SDH, ATM o IP. Global Crossing pasa frente a las costas ecuatorianas.



**Figura 3.38** Cable Global Crossing en Sur América

El Emergia, ahora conocido como SAM-1, tiene una longitud total de 25.000 Km. de los cuales 22.000 son de cable submarino y el resto para cruces terrestres de Chile, Argentina, Guatemala, y redes de backhaul. Tiene una capacidad actual de 80 Gbps, con capacidad máxima de diseño de 1.92 Trbps.

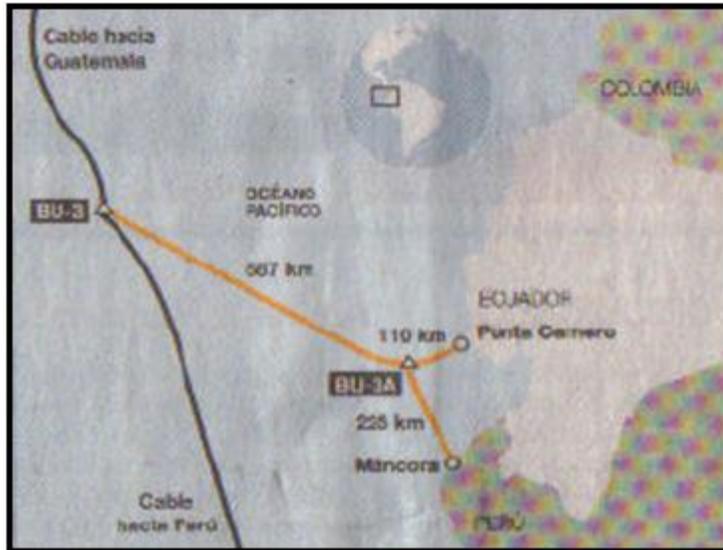


A manera de comparación, un STM-1 en la cabeza del cable Arcos tiene un precio promedio de US\$35.000 al mes; el cual se encuentra por debajo de los precios actuales en Quito, debido principalmente a los precios de la extensa red de retorno. Si la capacidad estuviese disponible en costas ecuatorianas, los precios de retorno de red estarían alrededor de US\$ 20.000 a US\$ 30.000, mensuales. Entonces el precio final de un STM-1 oscilaría entre US \$55.000 y US\$65.000. Precios que permitirían hacer un descuento a los usuarios finales.

### **CONEXIÓN AL SAm-1**

Actualmente, las conexiones para acceder a las redes de Internet se realizan vía terrestre con operadores de Colombia y Perú para luego unirse al cable panamericano, pero ya se encuentran saturadas.

La compañía telefónica Internacional Wholesales Services (TIWS) del grupo telefónica, obtuvo un permiso del Conatel por 20 años para montar la infraestructura de cable de fibra óptica submarina de 797 km de longitud que enlazara al país con el sistema Sudamérica 1 (SAm-1). Para montar la infraestructura se invertirá US \$35 millones y se prevé que este lista para Noviembre de 2007.



**Figura 3.40** Descripción del enlace al SAm-1

### **3.5 ADMINISTRACION DE LA RED ADSL**

Una vez realizada la instalación de los equipos en la central, luego de haber hecho pruebas de funcionalidad y operatividad, se procede con el provisionamiento del servicio al usuario que así lo requiera.

Para poder brindar Internet de Banda Ancha, con todas las implicaciones que tiene un servicio de esta categoría, se necesita del uso de servidores que permitan un funcionamiento correcto de la red.

#### **3.5.1 DESCRIPCION DEL MANEJO A TRAVES DE SERVIDORES**

A través de los diferentes servidores detallados anteriormente, se ofrece al usuario una conectividad segura y de alta disponibilidad. Una de las características de ADSL2+ es su alta velocidad de transmisión, la cual no se ve afectada debido al uso de los distintos servidores, pues estos aseguran una conexión rápida mediante el acceso en cuestión de milisegundos a la base de datos y su posterior aprobación de conexión.

Una ventaja del uso del software RADIUS es que permite llevar un registro estadístico de las conexiones del cliente, lo cual representa una poderosa herramienta para comprobar fallas de la red reportadas por el usuario, además de que también se podría utilizar para analizar la facturación justa del servicio.

### **3.5.2 SERVICIO TECNICO**

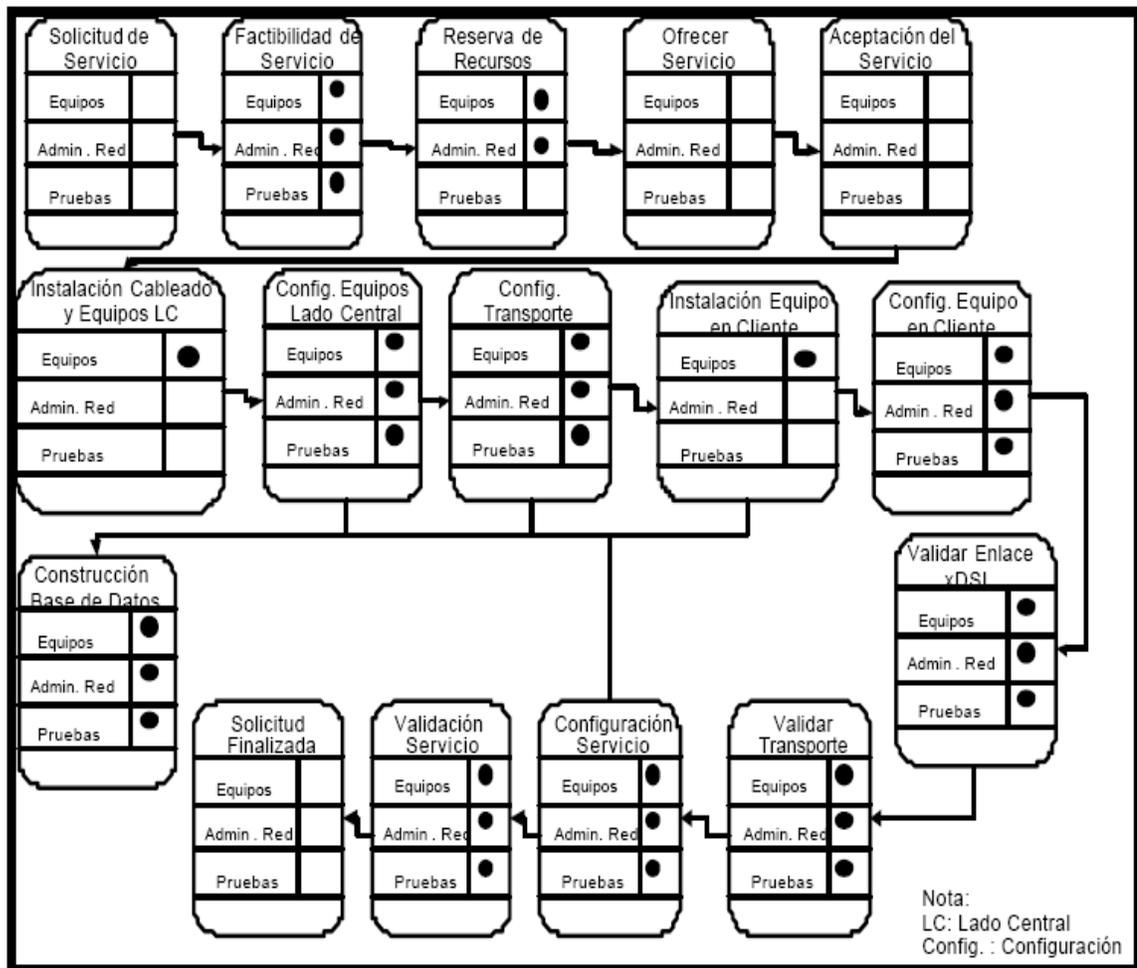
Se entiende por servicio técnico al proceso de instalación de equipamiento que permita entregar el servicio al usuario final. El cual se realiza según las siguientes etapas:

- Petición del servicio por parte del cliente
- Factibilidad del servicio, para lo cual se reservan recursos y equipos para poder ofrecerlo.
- Instalación, configuración y validación de contrato de nuevo cliente.
- Registro en la base de datos.

Cada una de estas etapas involucra pruebas de funcionalidad, administración de la red y equipamiento que puede necesitar de la atención de los distintos departamentos técnicos creados para brindar el servicio.

Una vez instalado el servicio se deberá también poder asistir al cliente en caso de alguna falla en la red, para lo cual se necesitará de la administración de las diferentes tecnologías involucradas en el servicio ADSL2+.

El servicio técnico se encargará de reestablecer el servicio en caso de alguna falla, de diagnosticar posibles fallas en puntos determinados de la red y a su vez de identificar el origen del problema que puede ser tanto de telefonía como de la tecnología ADSL2+.

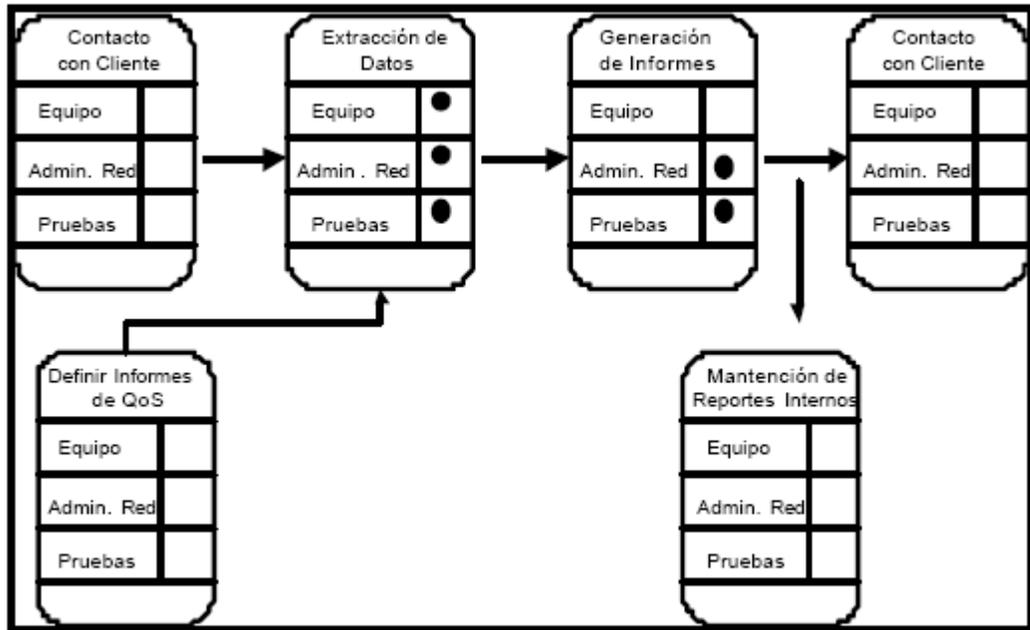


**Figura 3.41** Esquema general de provisionamiento del servicio ADSL2+

### 3.5.3 MONITOREO DE LA RED ADSL

Consiste en determinar el rendimiento de los distintos parámetros de conexión que permitan generar informes a los clientes como a los administradores de la red. Para realizar un monitoreo de forma organizada, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- **Contacto con cliente:** Se solicita orden de servicio.
- **Extracción de datos:** Rendimiento de los circuitos y del enlace, alarmas producidas cuando se sobrepasan niveles.
- **Generación de informes:** Recopila información y genera reportes tanto para el cliente como para el sistema de administración.
- **Definición de QoS:** Tasa de fallas, rendimiento de conexiones, frecuencias de las distintas fallas, tiempo de provision de equipos.
- **Mantenimiento de reportes internos:** Se envían a roles en caso que afecten facturación del servicio.
- **Contacto con cliente:** Información de novedades en el servicio.



**Figura 3.42** Esquema del monitero del servicio ADSL2+

De esta forma se puede ofrecer una respuesta rápida y eficaz en caso de alguna queja del servicio por parte del cliente.

La red ADSL2+ a través de sus distintos equipos y programas permite llevar un análisis en tiempo real del estado de los parámetros de la conexión, lo cual es una poderosa herramienta para diagnosticar problemas de intermitencia, atenuación o corte de señal.

## **3.6 APLICACIONES**

### **3.6.1 VOZ**

Los servicios de voz a través de las redes de datos se han presentado últimamente como una alternativa a la telefonía convencional. Su costo inferior para los usuarios los está popularizando en los mercados. La telefonía por redes de datos, tales como las redes de protocolo Internet (IP), es más barata por varios motivos. En primer lugar, la telefonía por conexiones de banda ancha, evitan la facturación por minuto de la red telefónica pública conmutada tradicional. En segundo lugar, se puede efectuar una llamada de larga distancia o internacional a través de una llamada local a un proveedor de servicio de Internet sin pasar por el operador.

#### **Voz sobre IP**

Básicamente, Voz sobre IP es un método para tomar señales de audio analógicas (tales como la voz humana), convertirlas en datos digitales, y transmitirlos a través de Internet, sin ningún costo.



**Figura 3.43** Esquema de Voz IP

## **Tipos de VoIP**

### **ATA**

Esta es la manera más fácil de utilizar el VoIP, es simplemente un adaptador con dos conectores, uno que se conecta a un teléfono normal, y el otro que se conecta al enlace a Internet. Sus siglas quieren decir "Adaptador de Teléfono Análogo". Básicamente, se encarga de transformar la voz analógica de un

teléfono normal a paquetes digitales que pueden ser enviados a través de Internet, y viceversa. Usualmente no requieren una computadora, ya que el sistema es autosuficiente.



**Figura 3.44** *Adaptador de teléfono análogo Linksys*

### **Teléfonos IP**

Estos teléfonos se parecen a cualquier teléfono normal, a primera vista, con botones, receptor, etc. Sin embargo, en vez de tener los conectores estándar de RJ-11 los teléfonos IP tienen un conector RJ-45 ethernet, y algunos no tienen conector, ya que son para conectarse via red inalámbrica o WiFi como se le conoce normalmente. Estos teléfonos IP se conectan directamente al router o

cable módem que proporciona el servicio de internet, y también son autosuficientes.



**Figura 3.45** *Teléfonos IP Cisco Systems*

Computador a computador es una de las maneras más utilizadas de VoIP. No importa el tipo de llamada, si es a una computadora en la misma casa, en la misma ciudad, o en otro continente, es gratis la comunicación para ambas personas. Lo único que se necesita son un micrófono, bocinas, una tarjeta de sonido, y una conexión de internet, mientras más rápida mejor.

Los programas más comunes y fáciles de utilizar son Skype y Google Talk, aunque MSN Messenger y Yahoo también incluyen esta funcionalidad básica.



**Figura 3.46** *Programas para comunicación por voz IP*

### **3.6.2 DATOS**

Con ADSL2+ tenemos una mejora significativa en la velocidad de transferencia de los datos gracias a que tiene una mayor eficiencia de modulación/codificación. Esto, a su vez permite a las empresas brindar servicios que requieran una alta velocidad de transmisión. Este es el caso de aplicaciones como la televisión, radio, juegos multimedia, videoconferencias, televigilancia, visitas virtuales, tele reunión, etc. En todos estos casos de banda ancha se obtiene una gran ventaja porque permite recibir imágenes y sonidos con una calidad superior y en un menor tiempo. Éste es el caso de aplicaciones como la retransmisión del video de las vacaciones familiares, conectar dos personas mediante videoconferencia, retransmitir un evento en tiempo real, vigilar la casa o compartir imágenes. También puede haber casos en los que se requiera un intercambio de grandes volúmenes de información como es el caso

de aplicaciones como disco duros virtuales, teleasistencia, trabajo en grupo, teletrabajo, etc.

### **3.6.3 VIDEO**

Dada la gran popularidad del vídeo, muchos usuarios de Internet consideran que estas aplicaciones son el principal motivo de la existencia de las tecnologías de banda ancha. Aunque el volumen y la calidad del vídeo en tiempo real se verán mejorados significativamente. Los usuarios de Internet ya pueden recibir noticieros en directo y programas pregrabados.

Una videoconferencia es una comunicación entre dos o más participantes, donde se utiliza tanto la transmisión de imágenes, como la de sonido. Con ADSL2+ se conseguirán calidades de video, de sonido e imágenes bastante mejoradas.



**Figura 3.47** *Videoconferencia*

La videoconferencia proporciona importantes beneficios como el trabajo entre personas geográficamente distantes y una mayor integración entre grupos de trabajo. Uno de los aspectos más importantes en una videoconferencia es el enlace de comunicación. Esto debido a que la realización de una videoconferencia demanda un ancho de banda considerable. Entre mayor sea el ancho de banda la calidad de la videoconferencia aumenta.

Los estándares permiten conexiones entre diversas marcas de fabricantes de equipos de videoconferencia, siempre y cuando cumplan con las normas internacionales propuestas por la ITU. A continuación se mencionan los dos estándares con los que se hacen enlaces.

El estándar H.320 describe normas para la videoconferencia punto a punto y multipunto en las Redes Digitales de Servicios Integrados ISDN. Este estándar gobierna los conceptos básicos para el intercambio de audio y video en el proceso de comunicación.

El estándar H.323 basado en el protocolo de Internet IP, define la forma cómo los puntos de la red transmiten y reciben llamadas, compartiendo las capacidades de transmisión de audio, video y datos.

En la modalidad punto a punto se establece una conexión en la que participan dos sitios. Su gestión se realiza mediante la negociación bilateral entre los dos sitios, marcando a una IP o a un número ISDN. Pueden llevarse a cabo los siguientes tipos de sesión:

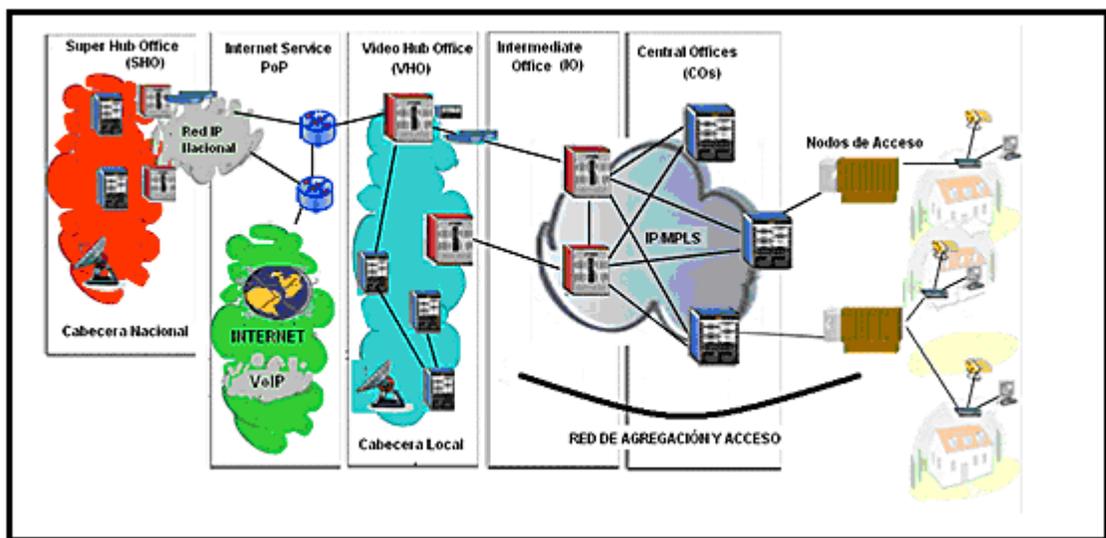
En la modalidad multipunto en cambio es posible establecer una conexión en la que participen más de dos sitios, cada Terminal recibe así permanentemente las imágenes de las otras salas y las visualiza simultáneamente en pantallas separadas o en una sola pantalla utilizando la técnica de división de pantalla.

<b>Protocolos de audio</b>	<b>Protocolos de video</b>
<b>G.711</b>	<b>H.261</b>
<b>G.722</b>	<b>H.263</b>
<b>G.728</b>	<b>H.263+</b>
<b>G.729</b>	<b>H.263++</b>
	<b>H.264</b>

**Tabla 3.2** *Protocolos utilizados*

#### **3.6.4 TRIPLE PLAY**

El concepto de TRIPLE PLAY viene de la combinación de servicios y contenidos audiovisuales como voz, banda ancha y televisión. Se está convirtiendo en la solución para los proveedores de servicios de banda ancha que necesitan hacer crecer su mercado, ofreciendo servicios más completos. El servicio telefónico se basa en tecnología de voz sobre IP y el de televisión, en televisión IP.



**Figura 3.48** Diagrama TRIPLE PLAY en ADSL2+

Comenzando por la parte izquierda del diagrama mostrado en la figura 3.48, la Super Hub Office (SHO) es la cabecera donde los contenidos televisivos de emisoras nacionales e internacionales se capturan y se empaquetan en IP para distribuirlos por la red. De la misma forma, pero a nivel regional, las Video Hub Offices (VHO) capturan la emisión de las televisiones locales, y también se encargan de atender las peticiones de vídeos por parte de los usuarios. Es

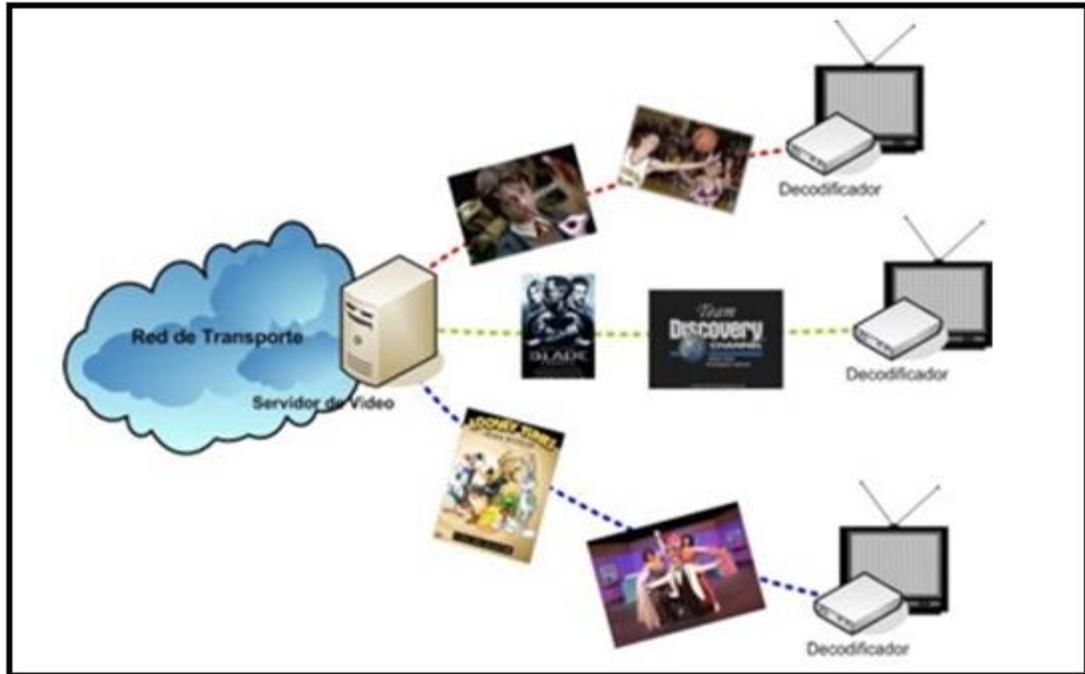
fundamental que tanto la SHO como las VHOs garanticen la calidad del servicio. Los paquetes IP atraviesan nodos intermedios o Intermediate Offices (IOs) y llegan hasta las Central Offices (COs), desde donde se distribuyen a los nodos DSL y finalmente a los hogares. El conjunto de IOs, COs y nodos DSL constituye la red de acceso y agregación de tráfico. Una vez en casa del abonado, una Pasarela Remota o Residential Gateway (RG) realiza las funciones de interfaz hacia los diferentes terminales: conectados a TVs, PC, teléfonos, etc.

### **Televisión IP**

La industria de la televisión enfrenta un interesante reto con la transmisión de Televisión por IP, mejor conocida como IPTV. Esta tecnología transformara la televisión actual en una experiencia totalmente personalizada, por supuesto sobre conexiones mucho más rápidas que las existentes y con un ancho de banda reservado para garantizar la calidad del servicio y entregar una mejor experiencia de entretenimiento.

El cambio consiste en que los canales de televisión ya no transmitirán la misma programación para todos los usuarios. De esta manera, el proveedor de televisión no transmitirá continuamente su programación esperando que algún

usuario se conecte al sistema. Con IPTV el contenido únicamente llegará al usuario cuando éste lo solicite.



**Figura 3.49** Esquema de distribución de programación con IPTV

El usuario necesita un equipo receptor para conectar a su televisor o computador personal y una suscripción mensual para acceder al servicio. Con el equipo receptor se verá en la pantalla una guía de programación básica similar a la de un servicio de televisión por cable. Cada programa especial tiene un costo extra y para acceder a él habrá que descargar el contenido, hecho que puede durar desde minutos hasta horas dependiendo del ancho de banda de la conexión de acceso (DSL o por cable), factor que mejorará con ADSL2+.

Algunas cajas receptoras cuentan con la funcionalidad de almacenamiento de varias horas de programación para observarla tantas veces como se quiera.



Figura 3.50 Ejemplo de guía de video bajo demanda

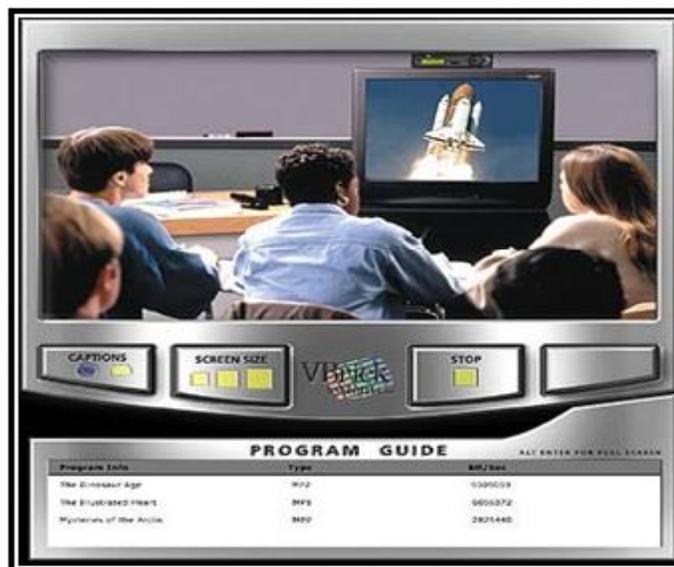


Figura 3.51 Ejemplo de guía de programación IPTV

<b>Servicio</b>	<b>Ancho de banda (down)</b>	<b>Ancho de banda (up)</b>
Broadcast TV (MPEG-2)	2 a 6 Mbps	64 Kbps
HDTV (MPEG-4)	6 a 12 Mbps	64 Kbps
PPV o NVoD	2 a 6 Mbps	64 Kbps
VoD	2 a 6 Mbps	64 Kbps
PiP (MPEG-2)	Hasta 12 Mbps	64 Kbps
PVR	2 a 6 Mbps	64 Kbps
TV interactiva	Hasta 3 Mbps	64 Kbps
Internet de alta velocidad	3 a 10 Mbps	384 Kbps a 1,5 Mbps
Video conferencia	300 a 750 Kbps	384 Kbps a 1,5 Mbps
Voz/ video telefonía	64 a 750 Kbps	4 Kbps

**Tabla 3.3** *Requisitos para el servicio a ofrecer*

Broadcast TV: Televisión convencional

HDTV: Televisión de alta definición

PPV o NVoD: Pago por visión o “Near” video bajo demanda

PiP: Picture in Picture: Nos permite ver varios canales de televisión a la vez en un mismo dispositivo

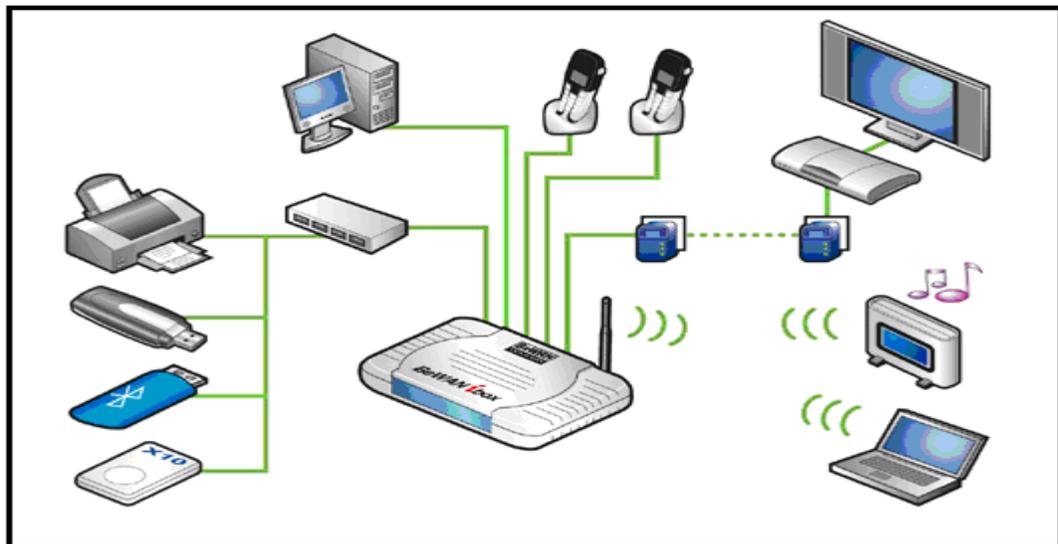
PVR: Personal Video Recorder

A parte de la tecnología necesaria, no se deben olvidar los equipos necesarios para el cliente. Un router para el cliente sería el ‘BeWan ibox’, que es un router algo más evolucionado, y tiene capacidad para servicios “4-Play”. Éste incluye

capacidad para conexión a Internet por ADSL/2/2+, Telefonía IP y tradicional, VoIP, Wi-Fi, TV por ADSL, VoD, y servicios domóticos.



**Figura 3.52** *Modem BeWan iBox*



**Figura 3.53** *Esquema de una red con BeWan iBox*

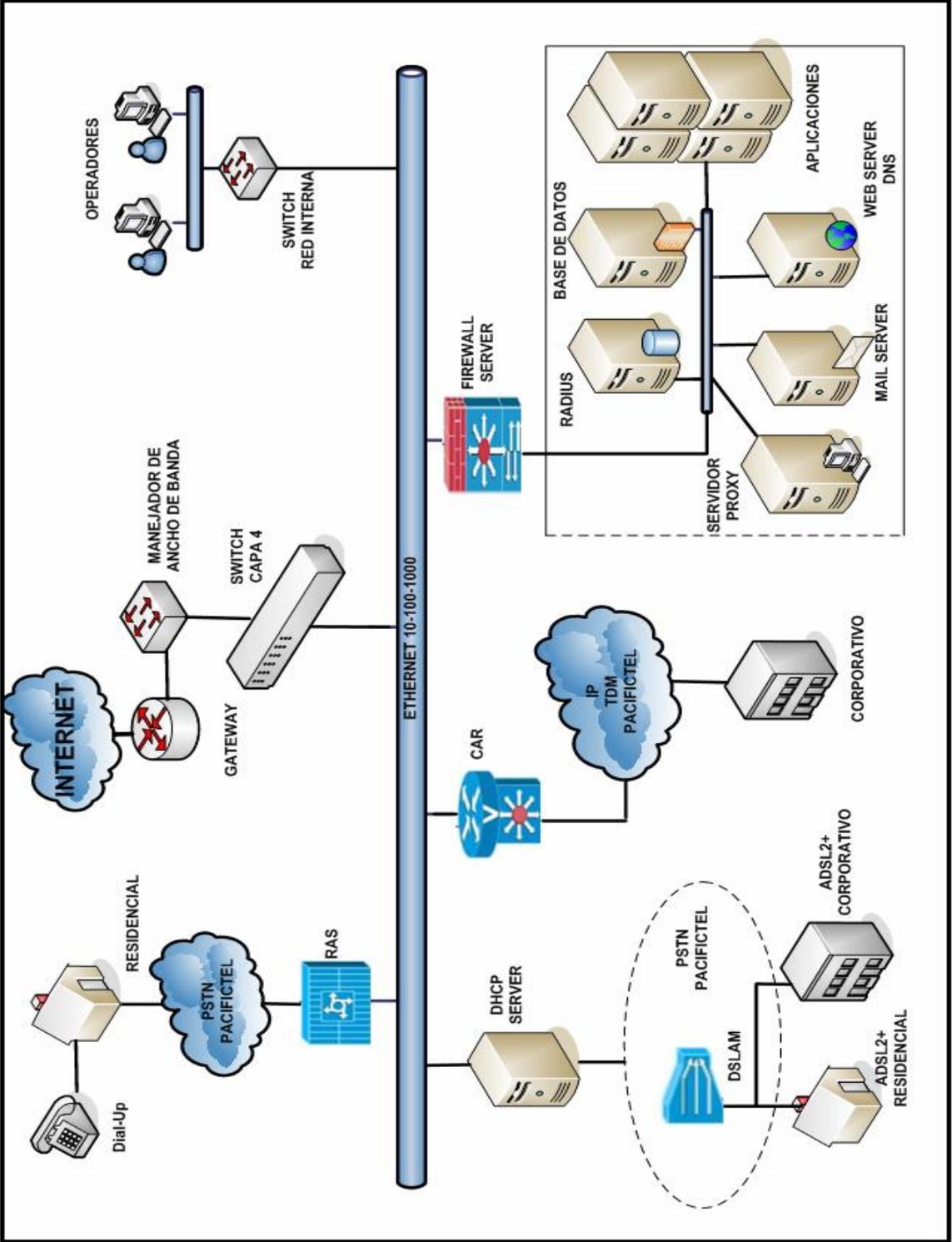
### **3.7 PROYECCION A FUTURO DE LA RED ADSL2+**

La utilización de diferentes tecnologías para el acceso de banda ancha hoy en día supone una clara realidad de las necesidades que cada vez y a pasos acelerados aparecen frente a nuestros ojos. Las nuevas aplicaciones nos muestran la necesidad de mayores capacidades y velocidades, factor que ha originado el estudio por parte de empresas proveedoras de Internet de nuevas opciones confiables y accesibles de ofrecer el servicio, siendo ADSL2+ una de las alternativas más atractivas por su costo y calidad, tanto para el usuario residencial como corporativo. Al ser un medio de acceso de banda ancha, nos permite ofrecer una gama de servicios que pueden ir desde lo más simple como una conexión rápida hacia Internet hasta el uso del servicio de televisión de alta definición.

Al disponer de una red ADSL2+ ofreciendo servicios de banda ancha disponemos de una inmejorable alternativa para cualquier empresa privada o de gobierno, en donde se pueden efectuar una infinidad de proyectos con visión social, tal el caso de ofrecer servicios de banda ancha a escuelas o centros educativos, y que decir del mundo de los negocios en donde las videoconferencias y la interactividad se convertirán en una necesidad en el trabajo.

### **3.8 ESQUEMA FINAL DE LA RED ADSL2+**

El esquema final de nuestra red ADSL2+ se puede apreciar en la siguiente página, y nos detalla la conformación de la misma. La red interna es una red Ethernet que trabaja a 10, 100 y 1000 Mbps, provista por un switch capa 4 en donde se conecta un manejador de ancho de banda y un router gateway que permite enrutar y llevar el tráfico hacia y desde Internet. También se ha provisto de un servidor firewall el cual impedirá todo tipo de amenazas y ataques de intrusos externos e internos. Todos los servidores de aplicaciones y servicios también serán conectados a un equipo firewall. Un servidor DHCP se encargará de otorgar direcciones dinámicas a los equipos instalados del lado del usuario. El servidor AAA Radius se encargará de autenticar y autorizar los usuarios de la red, y así se admitirá su acceso a los distintos servicios ofrecidos. Las distintas funciones que prestan los servidores se han obviado, debido a que fueron explicadas anteriormente, así como las interconexiones de la red ADSL2+ con la red telefónica propiamente dicho y los equipos del lado del usuario como el módem ADSL2+ y su splitter. También se cuenta con un switch para la red interna de operadores, en donde se realizarán los correspondientes monitoreos a los usuarios de la red, y el debido servicio de back office.



# **CAPITULO 4**

## **4 ANALISIS ECONOMICO DEL DESARROLLO DEL PROYECTO**

En este capítulo se analizará en términos monetarios, los costos en los que se debe incurrir para proveer del servicio de Internet de banda ancha utilizando ADSL2+. Además se demostrará que la realización de este proyecto es factible.

### **4.1 BALANCE GENERAL DE COSTO BENEFICIO**

Dentro de los cuadros anexos se presenta el desglose del total de ingresos y egresos incurridos para la puesta en marcha, operación y desarrollo del proyecto.

Para calcular los ingresos se tomó en consideración el precio de los diferentes planes a ofrecer por la empresa y la cantidad estimada de clientes por plan.

Además se ha considerado un crecimiento del 10% anual en el número de usuarios, por lo que aumentaría la capacidad a utilizar y se tendría que invertir en nuevos equipos. Se incluye dentro de los ingresos el rubro correspondiente a la instalación del servicio.

PLANES	VELOCIDAD	PRECIO
PLAN 1	256Kbps	\$39,00
PLAN 2	512Kbps	\$59,00
PLAN 3	1Mbps	\$110,00

**Tabla 4.1 Planes ofertados**

CLIENTES NUEVOS POR AÑO	2009	2010	2011	2012	2013
PLAN 1	800	80	88	97	106
PLAN 2	170	17	19	21	23
PLAN 3	30	3	3	4	4
<b>TOTAL</b>	1000	100	110	121	133

**Tabla 4.2 Proyección de clientes nuevos por año**

Así mismo se proyecta una entrada conservadora al mercado, puesto que la proyección se realiza con 1000 clientes inicialmente. Es conservadora ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas realizadas (ANEXO 4) para conocer el mercado potencial y la intención de compra por parte del cliente, se tendría un mercado posible de 429649 personas (ANEXO 5a). Se dividió este número para 4 (promedio de personas en un hogar) y se fijó el mercado potencial en 107412.25 con una intención de compra del servicio del 88% (94522 clientes).

Se realiza una proyección conservadora porque en el Ecuador es bajo el índice de penetración del servicio de Internet (referencia datos de conatel).

La inversión inicial para el proyecto contempla compra de equipos tanto para las instalaciones de la central como los equipos necesarios para que el usuario acceda al servicio (modems), así como también los materiales a utilizar en las instalaciones, entiéndase cables y conectores. Se estimó un promedio de 20 m de cable UTP por instalación.

<b>INVERSION INICIAL</b>	<b>PRECIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
DSLAM	\$10.000,00	3	\$30.000,00
MODEMS	\$50,00	1000	\$50.000,00
EQUIPOS DE COMUNICACIÓN	\$10.000,00	1	\$10.000,00
MATERIALES	\$1,13	20000	\$22.600,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$112.600,00</b>

**Tabla 4.3** *Inversión inicial*

Para el análisis se tomó un precio fijo de alquiler de conexión anual al cable submarino de \$ 450.000, correspondiente a la mitad de un STM-1 basándose en la reducción de costos estimada para el año 2008.

Además se prevee destinar el 10% de la inversión inicial (sin contar materiales) para el mantenimiento y operación de la red.

Para cubrir costos de interconexión y aportación al FODETEL se reservará el 4% y el 1% de los ingresos respectivamente. Se invertirá el 5% de los ingresos en publicidad y marketing.

En lo que respecta a depreciación de equipos adquiridos se utilizó el método lineal, con un tiempo de vida estimado de 2 años.

## **4.2 RENTABILIDAD DEL PROYECTO**

Se debe recordar que no se han tomado en consideración valores como gastos en salarios, inflación, etc; valores que estarían fuera del alcance del estudio del presente proyecto.

### **ESTADO DE RESULTADOS**

Es la proyección de la utilidad neta que generará el proyecto y sirve de base para la realización del flujo de caja proyectado, para esto es necesario identificar los ingresos y egresos incurridos en el mismo, además de la depreciación de los equipos. (ANEXO 5b)

### **FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

Uno de los elementos más importantes para la evaluación del proyecto, es el flujo de efectivo proyectado. El análisis de los ingresos y gastos permitirá establecer la rentabilidad y factibilidad del proyecto, mediante la obtención de las variables financieras TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto). (ANEXO 5c)

### **TASA INTERNA DE RETORNO**

Es la tasa de descuento que hace que el VAN (Valor Actual Neto) de un proyecto sea igual a cero. Si la tasa de descuento estimada para este tipo de negocio o industria se encuentra por encima de la TIR, el VAN resultará

negativo e indicará que no es conveniente realizar el proyecto bajo esas condiciones, de lo contrario el VAN refleja que el proyecto es rentable.

En base a los resultados obtenidos del flujo de caja la tasa interna de retorno es de 75% (ANEXO 5d).

### **VALOR ACTUAL NETO**

Todo proyecto deberá admitirse si el VAN es igual o mayor a cero, este se obtendrá mediante la diferencia generada entre los ingresos y egresos que se presenten durante la vida de evaluación del proyecto traídos a valor presente.

El valor actual neto de este proyecto es de \$157673.50 (ANEXO 5d) con una tasa de interés del 23,15%, obtenida por la fórmula del Modelo de Valoración de Activos de capital, CAPM, ajustado por el riesgo país.

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

RF = Tasa libre de riesgo, la cual está establecida en el 5.78%, que es la tasa de rendimiento de los Bonos del Tesoro de los Estados Unidos (al momento de la estimación).

B = Riesgo sistemático = 1.26

## Cálculo de B

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

<b>EMPRESAS</b>	<b>BETAS</b>
Alvarion Ltd.	1,39
AT&T Inc.	0,82
Covad Communications Group Inc.	1,76
Qwest Communications International Inc.	1,64
Time Warner Telecom Inc.	1,1
Verizon Communications Inc.	1,06
Sprint Nextel Corp.	1,44
Telefonica SA	0,84
<b>PROMEDIO INDUSTRIAL</b>	<b>1,25625</b>

**Tabla 4.4** *Valores de Betas*

PRM= Prima por riesgo de mercado. Basándose en la metodología propuesta por el profesor Aswath Damodaran de la Universidad de New York (ANEXO 5e), la prima se estimaría así:

- a) El spread de los bonos nacionales por encima de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos: 619bp en el caso de Ecuador en el momento de la estimación.
- b) La volatilidad relativa entre el mercado de acciones y el mercado de bonos. Promedio en los países emergentes:  $s_{ACC} / s_{BON} = 1.5\zeta$
- c) La prima por riesgo de mercado en un país desarrollado como los Estados Unidos: 4.51%

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

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

$$PRM = 13.79\%$$

$$RP = \text{Riesgo País (EMBI Ecuador)} = 6.19\% \text{ (al momento de la estimación)}$$

El riesgo país es un concepto económico que ha sido abordado académica y empíricamente mediante la aplicación de metodologías de la más variada índole: desde la utilización de índices de mercado como el índice EMBI de países emergentes de Chase-JPmorgan hasta sistemas que incorpora variables económicas, políticas y financieras. El Embi se define como un índice de bonos de mercados emergentes, el cual refleja el movimiento en los precios de sus títulos negociados en moneda extranjera. Se la expresa como un índice ó como un margen de rentabilidad sobre aquella implícita en bonos del tesoro de los Estados Unidos

$$K = 5.78\% + 1.26(13.79\%)$$

$$K = 23.15\%$$

# CAPITULO 5

## 5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROYECTO

### 5.1 VENTAJAS DEL USO DE ADSL2+

#### 5.1.1 MEJORAMIENTO DE VELOCIDAD Y ALCANCE

Una de las principales características que ADSL2+ presenta es una mayor velocidad de transmisión en sentido red-usuario, debido a que trabaja en un rango más amplio de frecuencias, esto es hasta los 2.2 Mhz, incrementando la tasa de transferencia.

De esta forma ADSL2+ alcanza velocidades máximas de bajada de hasta 24 Mbps y subida de 1.2 Mbps.

CARACTERISTICAS	ADSL2+
Margen frecuencia de bajada (Mhz)	0,14 – 2,2
Margen frecuencia de subida (Khz)	25,8 – 138
Velocidad de subida (Mbps)	1,2
Velocidad de bajada (Mbps)	24

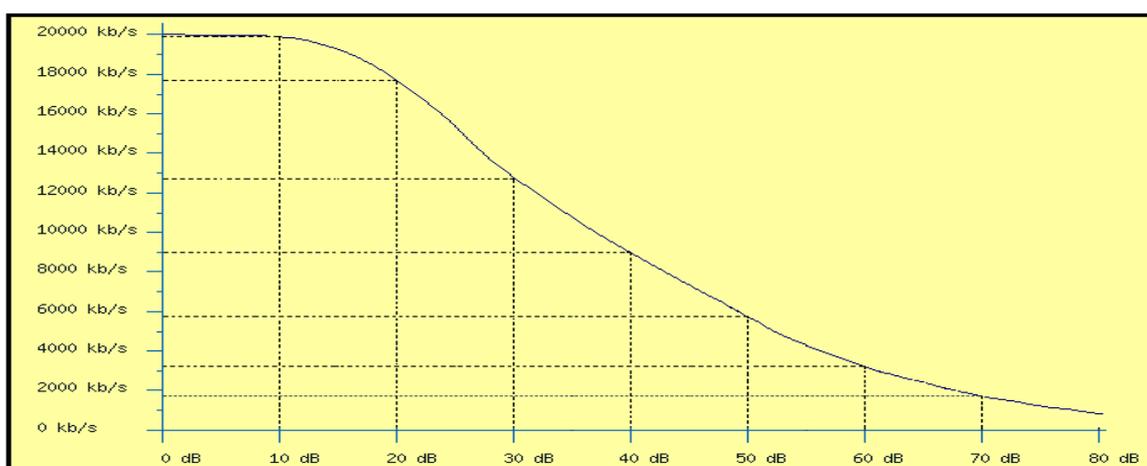
**Tabla 5.1** Características ADSL2+

Al trabajar en estos rangos de frecuencia, se duplica el número de subcanales en sentido ascendente desde 256 que proveía ADSL2 hasta 512 y por ende duplicar también la capacidad.

		ATU-R		ATU-C	
		BANDA (KHz)	NSC	BANDA (KHz)	NSC
ADSL/POTS	EC	25,875 - 138	32	25,875 - 2.208	512
	FDM	25,875 - 138	321	138 – 2.208	512

**Tabla 5.2** Número de subcanales en las distintas bandas

El rendimiento de una conexión depende de factores importantes como lo son el estado de la línea, el equipo que tengamos o la distancia desde nuestro hogar hasta la central. Implícitamente aparecen dos parámetros que influyen directamente en el alcance final del servicio ADSL2+ que son la presencia de ruido en la línea afectando propiamente a la señal y la atenuación, que se traduce en pérdidas de potencia de la señal al transitar por el medio de transmisión, en nuestro caso el par de cobre.



**Figura 5.1** Gráfica de Velocidad vs Atenuación en ADSL2+

La atenuación es el principal problema existente al momento de transmitir el servicio ADSL2+, ya que al ser parte de la tecnología DSL, no quedaría exenta de la degradación de las señales con la distancia. De esta manera se puede determinar que si se ofrece este servicio, las distancias aceptables para no degradar las señales no deben exceder los 5,5 Km. Esta es la distancia máxima recomendada que debe existir desde las inmediaciones del abonado, incluyendo su cableado interno hasta la central propiamente dicha.

<b>PARAMETRO</b>	<b>10 Mb</b>	<b>12 Mb</b>	<b>14 Mb</b>	<b>&gt;16 Mb</b>
<b>Velocidad Bajada/Subida</b>	10000/300	12000/300	14000/512	16000/640
<b>Margen Ruido (Bajada)</b>	≥ 8 dB	≥ 8 dB	≥ 8 dB	≥ 6 dB
<b>Margen Ruido (Subida)</b>	≥ 8 dB	≥ 8 dB	≥ 8 dB	≥ 8 dB
<b>Atenuación (Bajada)</b>	≤ 45 dB	≤ 35 dB	≤ 30 dB	≤ 20 dB
<b>Atenuación (Subida)</b>	≤ 40 dB	≤ 30 dB	≤ 25 dB	≤ 15 dB

**Tabla 5.3** *Márgenes de atenuación y ruido*

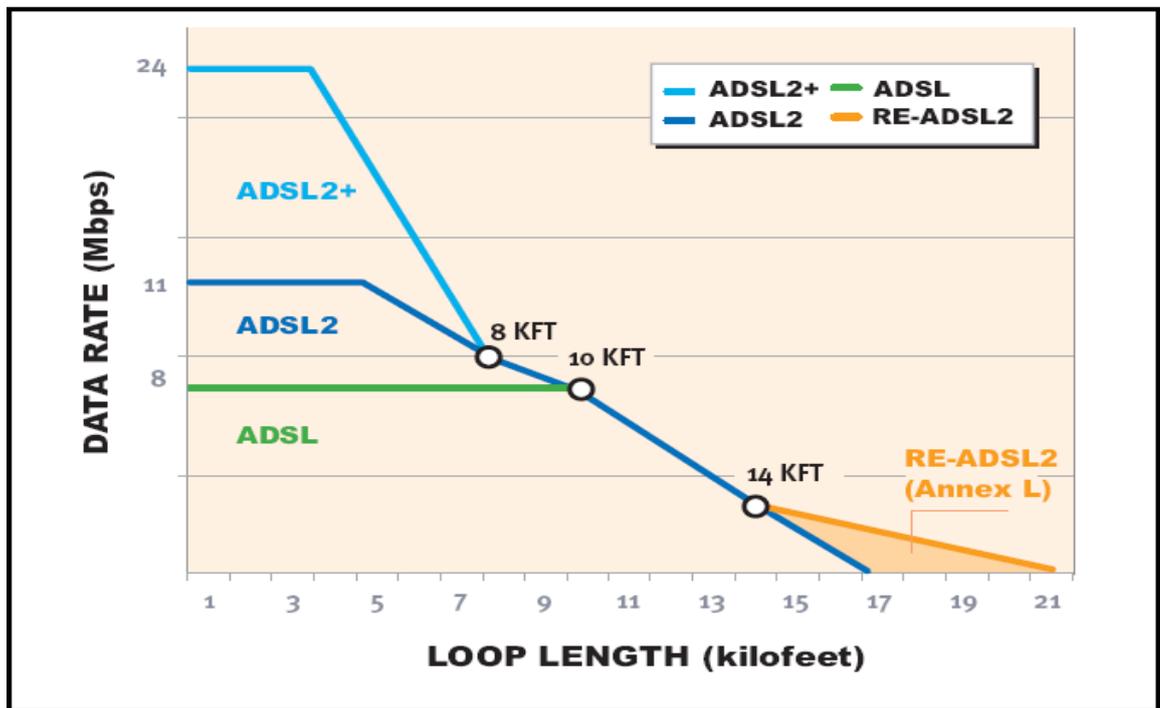


Figura 5.2 Tasas alcanzadas de las distintas tecnologías ADSL

### 5.1.2 USO EFICIENTE DE ENERGIA

El ADSL2+ al igual que su predecesor el ADSL2 introduce una serie de mejoras encaminadas a disminuir el consumo de energía por parte de los proveedores del servicio. Esta mejora consiste en optimizar de buena manera los recursos energéticos que eran desaprovechados por el ADSL convencional.

En el ADSL común, los equipos encargados de ofrecer el servicio estaban continuamente conectados, ahora se pueden inducir con ADSL2+ unos estados de reposo o “stand by” en función de la carga que está soportando dicho dispositivo.

La mejora se basa en el uso de dos modos de energía en especial, el L2 y el L3. El modo L2 supone la principal innovación de ADSL2, el cual regula la energía en función del tráfico circundante en la conexión entre el proveedor y el cliente. El modo L3 es un estado de reposo más aletargado introducido cuando la conexión no está siendo usada durante un largo periodo de tiempo.

El modo L2 utiliza un mecanismo transparente al cliente, mientras que recobrar un estado activo a partir de L3 supone un proceso de reinicio de la comunicación de 3 segundos.

Estado	Nombre	Soporte	Descripción
L0	Plena potencia	Obligatorio	El enlace ADSL tiene su plena funcionalidad
L2	Baja potencia	Obligatorio	El enlace ADSL está activo pero la ATU-C envía a la ATU-R una señal de baja potencia que transporta datos de fondo. La ATU-R transmite a la ATU-C una señal que transporta datos normales
L3	Reposo	Obligatorio	No se transmiten señales en los puntos de referencia U-C y U-R. La ATU puede estar energizada o no energizada en L3

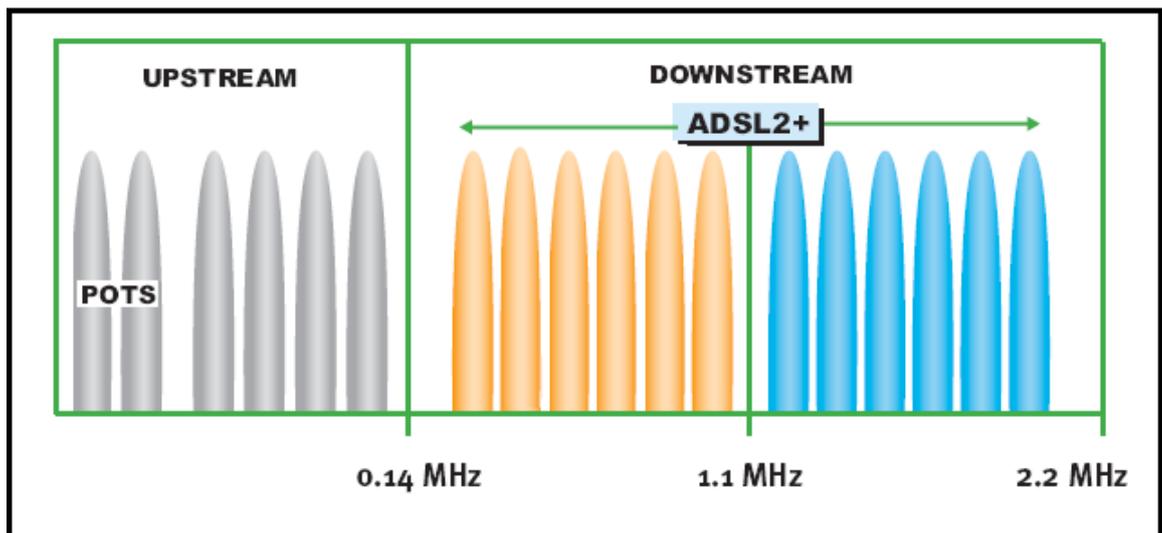
**Tabla 5.4** *Estados de gestión de potencia*

### 5.1.3 TASA DE TRANSFERENCIA ACEPTABLE

Como podemos ver, ADSL2+ ofrece una magnífica oportunidad a las empresas de ofrecer un servicio de banda ancha a costos relativamente bajos comparados con otros medios de acceso, y es que el sólo hecho de

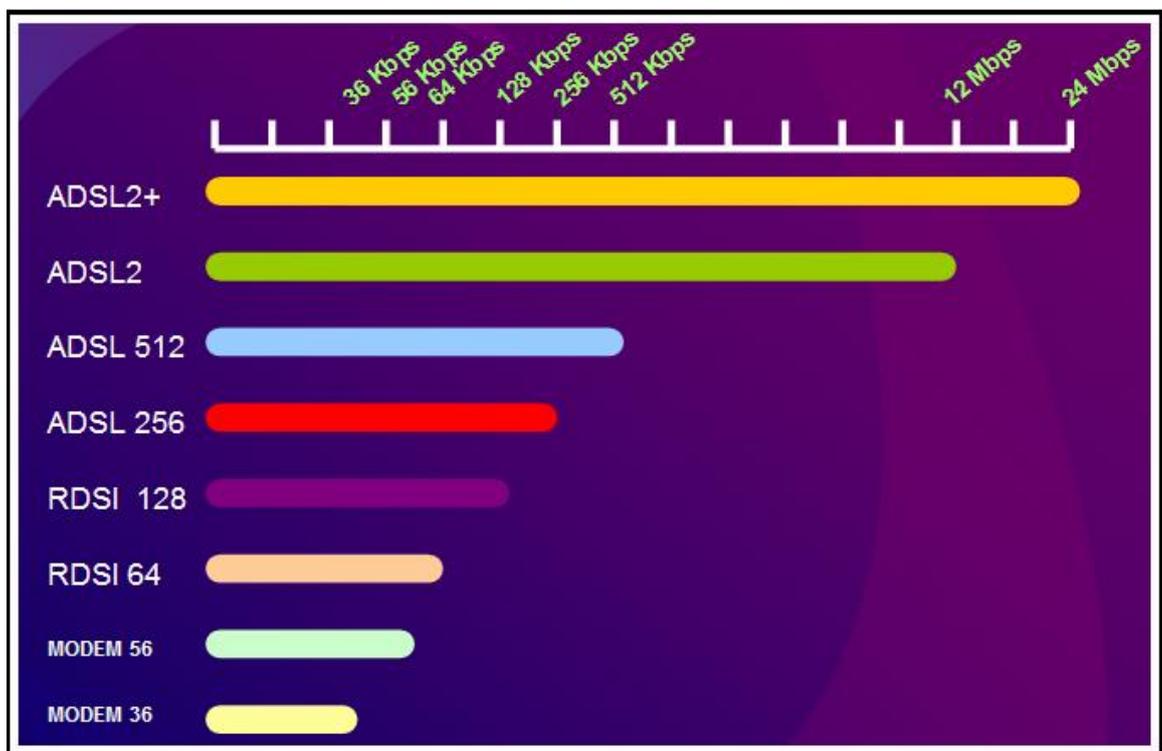
utilizar las mismas líneas telefónicas o bucles de abonados, representa un enorme ahorro para el despliegue del servicio. Además si tomamos en cuenta el plazo muy corto para ofrecer velocidades de 24 Mbps, en lo que respecta a instalación, no se podría pedir mejores facilidades. Como anteriormente fue explicado, el ADSL2+ ofrece y alcanza tasas de transferencias altas y aceptables para el ofrecimiento de servicios que requieren de mayores anchos de banda.

Una muy buena ventaja que presenta es la opción de funcionar en modo totalmente digital, prescindiendo del uso simultáneo de un teléfono clásico.



**Figura 5.3** Aprovechamiento del canal de banda vocal

Esto quiere decir que podemos utilizar la banda de frecuencias utilizada para voz analógica para agregarla de esta manera a la banda del canal de subida, permitiéndonos añadir 256 Kbps a la velocidad de subida. Claro está que se trabajaría en un ambiente digital completo, siendo una inmejorable opción para empresas que solo ofrecen el servicio de voz sobre TCP/IP.

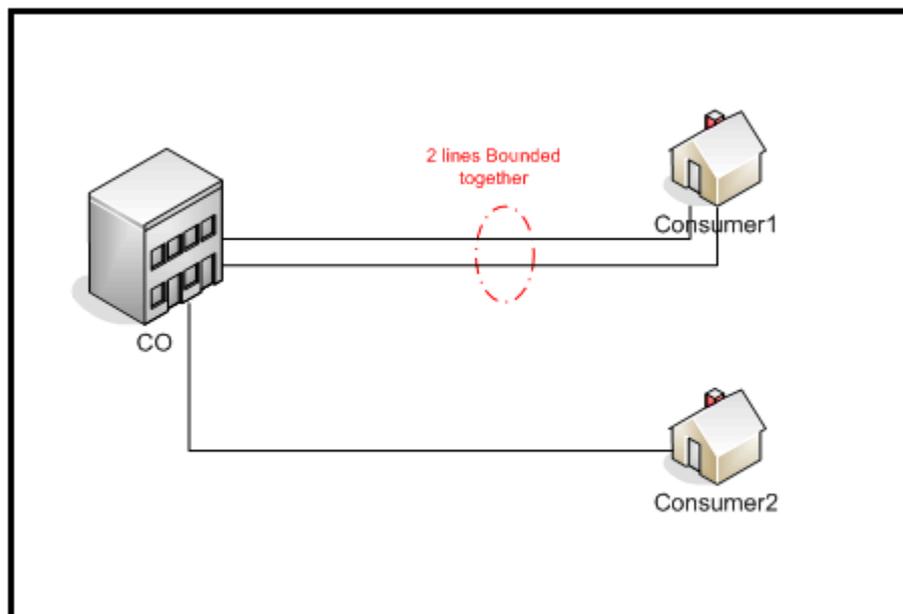


**Figura 5.4** Tasas alcanzadas por ADSL2+ en comparativa

Por otro lado la ventaja que más salta a la vista, es la posibilidad de utilizar la multiplexación inversa IMA (Inverse Multiplexing over ATM), que nos permite juntar varios pares de cobre (líneas) para disponer de mayores anchos de banda, esto es velocidades superiores a los 24 Mbps. Esto quiere decir por

ejemplo que si utilizamos 4 líneas estaríamos hablando de  $4 \times 24 = 96$  Mbps de bajada y  $4 \times 1 = 4$  Mbps de subida a menos de 2,5 Km de distancia de la central. A nivel mundial existen empresas que están ofreciendo este tipo de servicio multiplexado, el único inconveniente es el hecho de disponer de varios pares, que se ve reflejado en mayores costes.

Este tipo de servicios es muy utilizado en aplicaciones que demandan grandes tasas de transferencia como por ejemplo HDTV (High Definition Televisión) ó televisión de alta definición, la cual necesita cerca de 15 Mbps sin compresión.



**Figura 5.5** Líneas ADSL enlazadas para ofrecer mayores anchos de banda

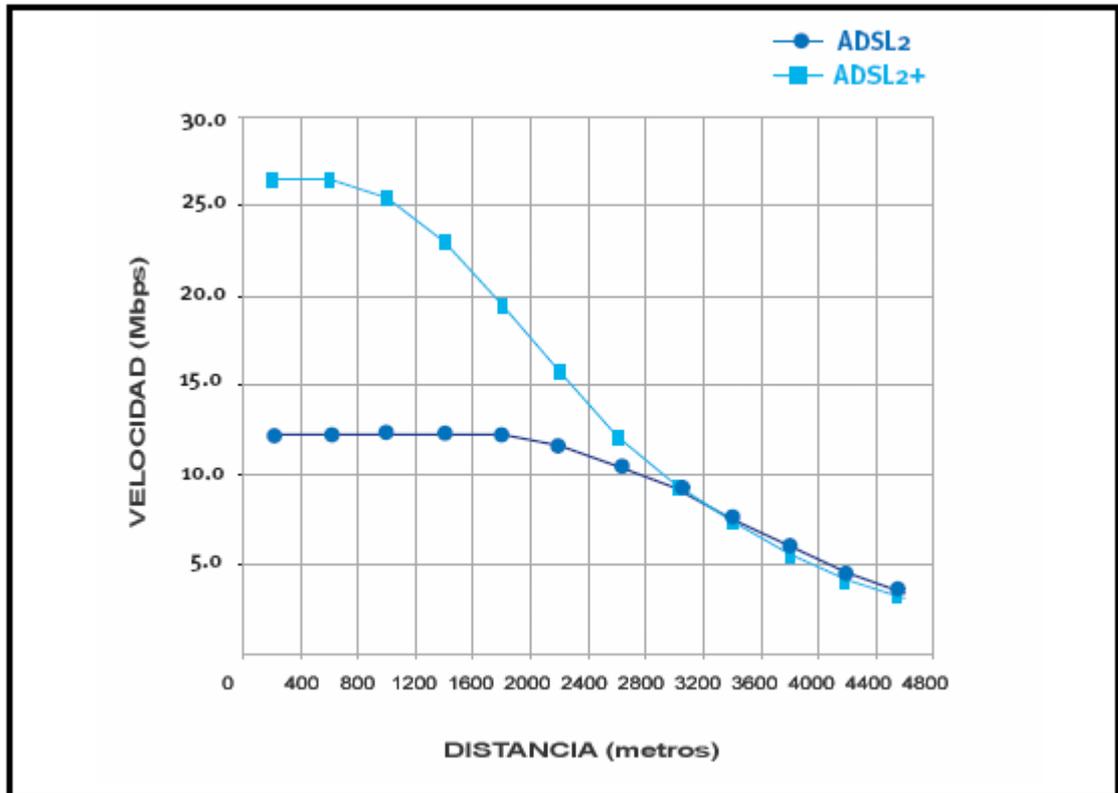
## **5.2 LIMITACIONES DEL USO DE ADSL2+**

ADSL2+ al igual que el resto de tecnologías DSL presenta su principal desventaja, que es la limitación de su servicio con respecto a la distancia por factores que afectan la calidad de la señal como son la interferencia, ruido y la atenuación.

De esta forma, para poder ofrecer un servicio ADSL2+ y en común cualquier servicio DSL, previamente las compañías proveedoras deben realizar un análisis del estado de las líneas, verificar la calidad del par telefónico; el nivel de ruido en la línea y la susceptibilidad a las interferencias, para mantener un margen que permita una comunicación aceptable. Todas estas recomendaciones tienen que ser tomadas en cuenta a pesar de los mecanismos que maneja el ADSL2+ para mantener una QoS alta, debido a que la parte contratista adquiere el servicio de acuerdo a la velocidad suscrita en el contrato, de modo que es importante estar seguros que las velocidades alcanzadas no crucen un rango definido en cuanto a tasas transmitidas. De esta forma se evitan inconvenientes con el cliente en el futuro y por ende la conclusión del contrato.

De acuerdo a estudios de campo realizados, se recomienda que las distancias máximas que el usuario debe encontrarse de la central telefónica, no deben exceder los 5,5 Km. Sin embargo cabe recalcar que es hasta los 2,5Km aproximadamente, la distancia promedio en donde se alcanzan las máximas velocidades, es decir que si se quiere tener un servicio óptimo, no

se deberá exceder esta distancia. Luego de este valor prácticamente no estaríamos hablando de un servicio ADSL2+, sino de un servicio ADSL2 ó ADSL normal, esto lo podemos corroborar en la Figura 5.5.



**Figura 5.6** *Relación distancia vs velocidad para ADSL2 y ADSL2+*

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Como se puede apreciar en el presente estudio, la instalación y operación de una red basada en tecnología ADSL2+ no presentaría mayores obstáculos. Al gozar de redes tendidas por la empresa estatal, ya sea su red SDH como la red de cobre, se dispondría casi de inmediato de la infraestructura necesaria para proveer el servicio de ADSL2+, una vez realizadas las pruebas correspondientes de lazo local.

ADSL2+ representa una opción más que atractiva en la creciente sociedad de la información debido a los bajos costos que acarrearía el diseño de la red y el bajo precio a pagar por un bondadoso ancho de banda del que dispondría el cliente.

El cliente disfrutaría de los beneficios de una red de alta disponibilidad y rendimiento, pagando un único valor por el servicio adquirido.

Además de pagar una tarifa plana, el usuario puede disponer de un inmejorable listado de servicios como lo son Internet, Voz, Datos, Videoconferencia, Teletrabajo, servicios Triple Play.

## **RECOMENDACIONES**

Al realizar las encuestas se pudo apreciar desconocimiento de lo que es la tecnología ADSL2+, para lo cual se sugeriría que la empresa responsable del proyecto, en este caso Pacifictel, a través de un plan de marketing difundiera los beneficios de la misma.

Se debería tomar en consideración al momento de ofrecer el servicio la distancia del abonado a la central, lo cual representa el mayor factor limitante del uso de esta tecnología.

Es importante primero que se realicen varios estudios de mercado, para luego ofrecer los distintos planes basados en las velocidades ofrecidas, considerando también las dificultades que se presenten en varios sectores, en donde se pueden tener limitantes o en donde no se pueda ofrecer lo acordado.

Los equipos que se adquieran deben cumplir con determinados requerimientos y compatibilidades con equipos de otras marcas, para permitir que la red que se implemente sea escalable a corto y largo plazo.

Uno de los problemas comunes que se presentan en las pruebas de lazo, es la presencia de derivaciones, para determinar su presencia basta con utilizar un ecómetro y si la distancia obtenida con la capacitancia es mayor que la obtenida con la resistencia, es muy posible que hayan múltiples derivaciones en la línea del usuario.

Las pruebas de inserción o emulación de módem ATU-R o ATU-C que se necesiten realizar, se debe estar seguros que sean punto a punto y no cometer el error de conectarse en puntos intermedios de la red. Es recomendable medir el desempeño del sistema ADSL2+ y no estimarlo.

Es común tomar un valor de atenuación por kilómetro a una frecuencia específica, como medio de verificación de la respuesta del cable. Por ejemplo: 14.6 db/km a 300 kHz para cable de 0.4mm. y 11.1 db/km a 300 kHz para cable de 0.5mm. Estos valores de referencia son seguros, siempre y cuando se conozca el comportamiento del cable (respuesta en frecuencia).

La atenuación de la línea en baja frecuencia, 300 a 3.400 Hz, no está influenciada por la reactancia inductiva, dado que la inductancia es despreciable respecto a la resistencia ohmica del conductor en baja frecuencia, y está dada por la siguiente expresión:

$$At = \sqrt{\frac{\omega CR}{2}} \cdot 8,686 = dB$$

Sin embargo, cuando se aumenta la frecuencia en la línea, como es el caso de ADSL, aparece el parámetro de inductancia, que intenta anular la capacitancia. Y está dada por la siguiente expresión:

$$At = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot 8,686 = dB$$

Otra dificultad que debe ser tomada en cuenta para transmitir ADSL con pares múltiples, es la impedancia característica. Como sabemos, este parámetro es independiente de la longitud del cable y también, al igual que la atenuación, tiene comportamiento diferente en alta y baja frecuencia:

Para baja frecuencia está dado por 300 Hz - 3.400 Hz:

$$Z_o = \sqrt{\frac{R}{\omega C}} = \Omega$$

Para alta frecuencia está dado por más de 50 KHz:

$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}} = \Omega$$

En consecuencia, la impedancia también será alterada al conectar pares múltiples, y esto generará sin duda una pérdida de reflexión por desadaptación de impedancia. Por tanto, es fundamental medir los parámetros primarios de los pares antes de asignar una línea para transmitir ADSL.

## Anexo 1

### GLOSARIO

**AAL.-** Capa de adaptación en ATM. Juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM.

**Adsl.-** Una de las tecnologías de la familia xDSL que trabajan sobre la red telefónica pública, permite conseguir velocidades de hasta 8 Mbps.

**AN.-** Nodo de acceso.

**ATA.-** "Adaptador de Teléfono Análogo". Básicamente, se encarga de transformar la voz analógica de un teléfono normal a paquetes digitales que pueden ser enviados a través de Internet, y viceversa.

**Atenuación.-** Es una característica intrínseca del canal, que se manifiesta con la pérdida de energía de la señal cuando se propaga por el mismo.

**ATM.-** Modo de transferencia asíncrono, es capaz de transmitir todo tipo de servicios, a través de un caudal de celdas de longitud fija por medio del cual es transportado el tráfico de datos, voz y video conjuntamente.

**ATU-C.-** Modulador (módem) situado del lado de la central.

**ATU-R.-** Modulador (módem) situado del lado del usuario.

**Backbone.-** Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos entre países, continentes y océanos del mundo.

**Bind9.-** Es una aplicación de servidor DNS incluida en el paquete del sistema operativo Debian basado en Linux.

**Broadband Network.-** Sistema de conmutación para tasas de datos por encima de 1.5 a 2.0 Mbps.

**Bucle del abonado.-** Es el cableado que se extiende entre la central telefónica (o conmutador) y los locales del usuario.

**CAP.-** Es una técnica de modulación de portadora única que utiliza 3 rangos de frecuencia, 900 KHz para el canal de downstream, 75 KHz en el canal de upstream y 4 KHz para servicio telefónico. CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se

suprime antes de la transmisión ya que no contiene información y se vuelve a componer de nuevo en el módem receptor.

**Cdsl.-** Es una tecnología DSL desarrollada por la compañía Rockwell International. CDSL tiene la ventaja que no necesita ser instalado en el extremo del cliente.

**Clusters.-** Controladoras de terminales. Se aplica a un conjunto o conglomerado de computadores, construido utilizando componentes de hardware comunes y en la mayoría de los casos, software libre; los computadores se interconectan mediante alguna tecnología de red.

**Conmutador.-** Término que refiere a la central telefónica.

**CS.-** Capa de convergencia en ATM, en esta capa se calculan los valores que debe llevar la cabecera.

**CVoDSL.-** Voz canalizada sobre Adsl. Lo que hace CVoDSL es reservar canales de 64Kbps de ancho de banda DSL para transmitir la voz directamente en un circuito conmutado PCM; con esto se logra eliminar la necesidad de paquetizar el tráfico de voz sobre una línea telefónica en

protocolos de capa superior como ATM o IP ,desde el módem DSL al Terminal remoto u oficina central.

**Digital Broadcast.-** Entrada de datos de banda ancha en modo simple, generalmente para la difusión de video.

**DMT.-** Es una forma de modulación que divide las frecuencias disponibles en 256 subcanales.

**DVB.-** Televisión digital.

**DNS.-** Sistema de nombre de dominio, es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información asociada a nombres de dominio en redes como Internet.

**DSLAM.-** Multiplexor que permite a las líneas telefónicas hacer una conexión más rápida a Internet.

**DWDM.-** Es un método de multiplexación muy similar a la Multiplexación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos.

**Estándar H.320.-** Describe normas para la videoconferencia punto a punto y multipunto en las Redes Digitales de Servicios Integrados ISDN.

**Estándar H.323.-** Basado en el protocolo de Internet IP, define la forma cómo los puntos de la red transmiten y reciben llamadas, compartiendo las capacidades de transmisión de audio, vídeo y datos.

**Ethernet.-** Se refiere a las redes de área local.

**FDM.-** Multiplexación por División de Frecuencias.

**FFT.-** Transformada rápida de Fourier.

**FSO.-** Es una tecnología de telecomunicaciones que usa la propagación de la luz al aire libre para transmitir datos entre dos puntos.

**Frame Relay.-** Es una técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos ("frames") para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos.

**Gateway.-** Equipos para interconectar redes.

**Hdsl.-** Tecnología de la familia Xdsl, permite establecer una conexión simétrica de hasta 2.3 Mbps. Las técnicas avanzadas de modulación HDSL transmiten a 1.544 Mbps ó 2.048 Mbps en anchos de banda que van de 80 Khz. a 240 Khz.

**Hdtv.-** Es uno de los formatos que, sumados a la televisión digital (**DTV**), se caracteriza por emitir las señales televisivas en una calidad digital superior a los demás sistemas.

**Host.-** Es un ordenador que funciona como el punto de inicio y final de las transferencias de datos.

**IDSL.-** Es un sistema que transfiere señales de la red digital del servicio integrado (ISDN) sobre la línea telefónica utilizando principios de transmisión DSL.

**IFFT.-** Transformada Rápida de Fourier Inversa.

**IMA.-** La multiplexación inversa para ATM se presenta como una solución intermedia entre enlaces de alta velocidad como lo son los enlaces E3/T3 y

los enlaces E1/T1, puesto que los primeros pueden ser muy costosos y los segundos limitados para cubrir ciertas aplicaciones.

**IMAP.-** Es un protocolo similar al POP pero con diferentes funcionalidades.

**IMUX.-** Multiplexor inverso ATM.

**Interfaz POTS-C.-** Interfaz entre la PSTN y el POTS splitter en el lado de la central.

**Interfaz POTS-R.-** Interfaz entre teléfonos y splitters POTS locales.

**Interfaz T.-** Interfaz entre la red de distribución local y los módulos de servicio.

**Interfaz T-SM.-** Interfaz entre la ATU-R y la red de distribución local.

**Interfaz U-C.-** Interfaz entre el lazo y un POTS splitter en el lado de la red.

**Interfaz U-C<sub>2</sub>.-** Interfaz entre un POTS y la ATU-C.

**Interfaz U-R.-** Interfaz entre el lazo y un splitter POTS local.

**Interfaz U-R<sub>2</sub>.-** Interfaz entre los splitters POTS y la ATU-R.

**Interfaz Va.-** Interfaz lógica entre la ATU-C y el nodo de acceso.

**Interfaz Vc.-** Interfaz entre el nodo de acceso y la red.

**ISP.-** Proveedor de Internet.

**LAN.-** Red de área local. Una red local es la interconexión de varios ordenadores y periféricos.

**LMDS.-** Servicio que permite un acceso de banda ancha de hasta 8Mbps mediante el establecimiento de un enlace de radio bi-direccional.

**LNA.-** Se encarga de eliminar todas las señales no deseadas que se mezclaron con la señal original.

**LinkWare.-** Software para gestión de pruebas de cable.

**Mdsl.-** Es una tecnología dsl, ésta opera a una variedad de tasas y amplía su rango de cobertura a 8.8km. Es la única tecnología que puede soportar canales de voz múltiples y conectividad de Internet a alta velocidad introduciendo canales de voz en la transmisión de datos.

**Mvl.-** Tecnología dsl, puede compartir hasta ocho comunicaciones en una sola línea. Soporta distancias hasta 8 kilómetros para velocidades de hasta 768 Kbps.

**Multiplexación.-** Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor. El proceso inverso se conoce como demultiplexación.

**Narrowband Network.-** Sistema de conmutación para tasas de datos por debajo de 1.5 a 2.0 Mbps (Red de banda angosta).

**Network management.-** Aplicación utilizada para administración de la red.

**Nodo de acceso.-** Punto de concentración para los datos de banda ancha y de banda estrecha.

**NT.-** Terminación de red.

**OAM.-** Función de intercambio de operación y mantenimiento.

**OFDM.-** Es una modulación que consiste en enviar la información modulando en QAM o en PSK un conjunto de portadoras de diferentes frecuencias.

**Payload.-** Contador.

**PDA.-** Es un computador de mano originalmente diseñado como agenda electrónica (calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios) con un sistema de reconocimiento de escritura.

**PDH.-** Es una tecnología usada en telecomunicación tradicionalmente para telefonía que permite enviar varios canales telefónicos sobre un mismo medio.

**PDN.-** Sistema para conectar una ATU-R con los módulos de servicio.

**PLC.-** Comunicaciones por líneas de potencia es una tecnología que aprovecha el cableado eléctrico existente (red eléctrica) como un medio para el intercambio de información.

**PMD.-** Subcapa de la capa física de ATM, se encarga de los detalles correspondientes a velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de la señal de reloj, etc.

**POP.-** Se utiliza para que el usuario tenga acceso a los mensajes guardados en el servidor.

**Pots.-** Se refiere a la manera en como se ofrece el servicio telefónico analógico (o convencional) por medio de hilos de cobre.

**PSK.-** Es una forma de modulación angular consistente en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos.

**PSTN.-** La red telefónica pública conmutada es una red con conmutación de circuitos tradicional optimizada para comunicaciones de voz en tiempo real.

**PVC's.-** Circuitos virtuales permanentes.

**QAM.-** Es una modulación digital avanzada que transporta datos cambiando la amplitud de dos ondas portadoras. Estas dos ondas, generalmente sinusoidales, están desfasadas entre si  $90^\circ$  en la cual una onda es la portadora y la otra es la señal de datos.

**QoS.-** Calidad de servicio.

**RADIUS.-** Es un protocolo de autenticación y autorización para aplicaciones de acceso a la red o movilidad IP.

**Radsl.-** Es una tecnología dsl desarrollada por la empresa Westell, la cual se basa en cambiar la velocidad de transmisión de datos sobre la línea telefónica donde se encuentre instalado el servicio de ADSL según esta lo requiera, por medio de un software.

**Router.-** Enrutador o encaminador. Dispositivo de hardware para interconexión de redes de las computadoras que opera en la capa tres (nivel de red).

**SAR.-** Capa de segmentación y reensamblaje en ATM , esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en segmentos formando los paquetes de ATM.

**SDH.-** Jerarquía digital síncrona. La trama básica de SDH es el STM-1 (Synchronous Transport Module level 1), con una velocidad de 155 Mbps.

**Sdsl.-** Tecnología de la familia Xdsl, soporta transmisiones simétricas de hasta 2.32 Mbps. Tiene el mismo ancho de banda tanto para el canal de subida como para el canal de bajada de datos.

**Servidores Adsl.-** Equipos y programas que sirven para provisión, control y administración del servicio de Internet facilitado a través de dicha tecnología.

**SM.-** Es el módulo de servicio que realiza funciones de adaptación para la terminal. Como una conexión entre equipos de red.

**SMT.-** Se utiliza para que dos servidores de correo puedan intercambiar mensajes.

**SNR.-** Se define como el margen que hay entre el nivel de referencia (información significativa) y el ruido de fondo de un determinado sistema.

**Splitter.-** Es un dispositivo que divide la señal de teléfono en varias señales, cada una de ellas en una frecuencia distinta. No es más que un conjunto de dos filtros: un paso alto y otro paso bajo. Separa las señales de alta frecuencia (ADSL) de las de baja frecuencia (telefonía).

**Squid.-** Es un servidor intermediario de alto desempeño que se ha desarrollado fuertemente en los últimos años y es ampliamente usado en sistemas operativos basados en Linux y Unix.

**SRA.-** Tasa de transmisión. Permite a los sistemas ADSL2 cambiar su tasa de transferencia de datos de una conexión mientras está operando, sin ninguna interrupción del servicio o presencia de bits erróneos.

**STM-1.-** Unidad de transmisión básica de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), correspondiente al primer nivel básico. Un STM-1 es igual a 155.52mbps.

**TC.-** Subcapa de la capa física de ATM, se encarga de realizar la extracción de información contenida desde la misma capa física, esto incluye la generación y el chequeo del Header Error Corrección (HEC), etc.

**TDM.-** Multiplexación por división de tiempo. En ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

**TDMA.-** Tecnología que prevé un acceso múltiple a un reducido número de frecuencias. TDMA es una tecnología inalámbrica de segunda generación que brinda servicios de alta calidad de voz y datos.

**TE.-** Equipo Terminal.

**Thicknet.-** Se refiere al cable coaxial grueso, 10base5.

**Thinnet.-** Se refiere al cable coaxial fino, 10base2.

**Tripleplay.-** Es la combinación de servicios y contenidos audiovisuales como voz, banda ancha y televisión.

**Udsl.-** Tecnología dsl, soporta una velocidad de hasta 200 Mbps a través de una línea DSL la cual puede usarse para transmitir de forma simétrica, o asimétrica de 100 Mbps.

**Vdsl.-** Tecnología de la familia Xdsl, permite transmitir datos a una velocidad máxima de bajada que está entre 13 y 52 Mbps, para distancias menores a 1.3 kilómetros de la central telefónica.

**Voip.-** Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol).

**WDM.-** Es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.

**Wimax.-** Es un estándar de transmisión inalámbrica de datos proporcionando accesos en áreas de hasta 50 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps utilizando tecnología portátil LMDS.

**WiFi.-** Es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basados en las especificaciones IEEE 802.11. Creado para ser utilizado en redes locales inalámbricas, es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a Internet.

**Xdsl.-** Se refiere a una serie de tecnologías digitales que funcionan sobre el par de cobre.

## ANEXO 2

### ACRONIMOS

Acronimos	En Inglés	En Español
ADSL	Asymmetric digital subscriber line	Línea de abonado digital asimétrica
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Modo de transferencia asíncrona
ATU-C	ADSL Terminal unit-Central	Unidad Terminal Central ADSL
ATU-R	ADSL Terminal Unit-Remote	Unidad Terminal remota ADSL
CoS	Classes of Services	Clases de servicios
DCME	Digital Circuit Multiplication Equipment	Equipo de multiplicación de circuito digital
DVB	Digital video broadcasting	Televisión digital
CAP	Carrierless Amplitud Phase	Modulación en fase/amplitud sin portadora
CDSL	Consumer digital subscriber line	Consumidor DSL
CPE	Customer Premises Equipment	Equipo local del cliente

CVoDSL	Channelized voice over DSL	Voz canalizada sobre DSL
DNS	Domain name system	Sistema de nombre de dominio
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer	Multiplexor digital de acceso a línea de abonado
DMT	Discrete Multi-tone Modulation	Modulación por multitono discreto
DSAP	Destination service access point	Punto de acceso a servicio de destino
FDM	Frequency division multiplexing	Multiplexación por División de Frecuencias
FSO	Free space optics	Optica de espacio libre
HDSL	High bit-rate digital subscriber line	Línea de abonado digital de alta velocidad binaria
HDTV	High definition Tv	Televisión de alta definición
HPN	Home Phonenumber Network	Red de línea telefónica para el hogar
IMA	Inverse Multiplexing For ATM	Multiplexación inversa para ATM
IMAP	Internet message access protocol	Protocolo de red de acceso a mensajes electrónicos

ISDL	ISDN digital subscriber line	Línea de abonado digital sobre RDSI
ISDN	Integrated service digital network	(RDSI) Red digital de servicios integrados
ISP	Internet service provider	Proveedor de Internet
ITU	Internacional telecommunication unit	Unidad internacional de telecomunicaciones
LMDS	Multipoint Distribution Service	Servicio Local de Distribución Multipunto
LNA	Low noise amplifier	Amplificador de ruido bajo
MDSL	Multirate digital subscriber line	Línea de abonado digital con tasa múltiple
MVL	Multiple virtual line	Línea múltiple virtual
NAS	Network access server	Servidor de Acceso a la Red
NAT	Network address translation	Traslado de Dirección de Red
NNI	Network network interface	Interfaz red a red
OLR	Sophisticated Online Reconfiguration	Reconfiguración sofisticada en línea

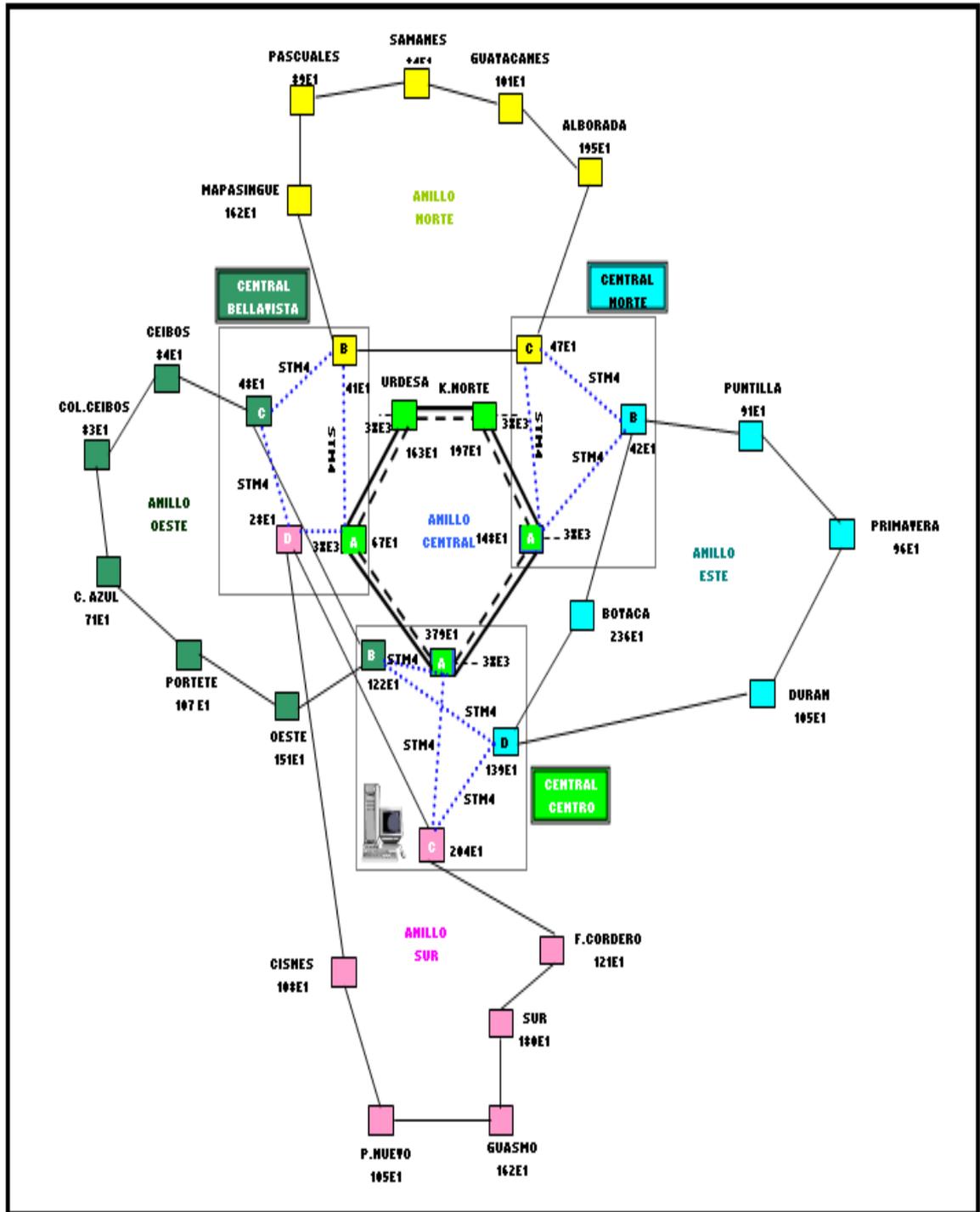
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Plesiócroma
PDN	Premises distribution network	Red de distribución del cliente
PDU	Protocol data unit	Unidad de datos de protocolo
PiP	Picture in Picture	Imagen dentro de imagen
PLC	Power line communication	Comunicaciones por línea de potencia
POTS	Plain old telephone services	Servicio telefónico tradicional
PPV	Pay per view	Pague por ver
PSTN	Public switched telephone network	Red telefónica conmutada
PVR	Personal video recorder	Video grabadora personal
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Modulación de amplitud en cuadratura
QoS	Quality of service	Calidad de servicio
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Server	Protocolo de autenticación de acceso a la red

RADSL	Rate- Adaptive DSL	DSL con tasa adaptable
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Sincrónica
SDSL	Symmetric digital subscriber line	Línea de abonado digital simétrica
SM	Service module	Modulo de servicio
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	Protocolo simple de transferencia de correo electrónico
SNR	Signal to noise ratio	Relación señal al ruido
SPI	Serial peripheral interface	Interface de periféricos serie
SQL	Structured Query language	Lenguaje de consulta estructurado
SRA	Seamless rate adaptation	Adaptación de tasa sin corte
STM	Synchronous transfer mode	Modo de transferencia síncrono
STS	Synchronous transport signal	Señal de transporte síncrono
TCM	Trellis coded modulation	Modulación codificada Trellis
TDM	Time division multiplexing	Multiplexación por división de tiempo

TDMA	Time Division Multiple Access	Acceso multiple por división en el tiempo
UDSL	Uni digital subscriber line	Dsl unidireccional
UNI	User network interface	Interface usuario a red
VDSL	Very high-bit rate digital subscriber line	DSL de muy alta tasa de transferencia
VCI	Virtual channel identifier	identificador de canal virtual
VPI	Virtual path identifier	identificador de ruta virtual
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Multiplexación por división de longitud de onda
Wimax	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas
xDSL	x digital subscriber line	Línea de abonado digital x

### Anexo 3

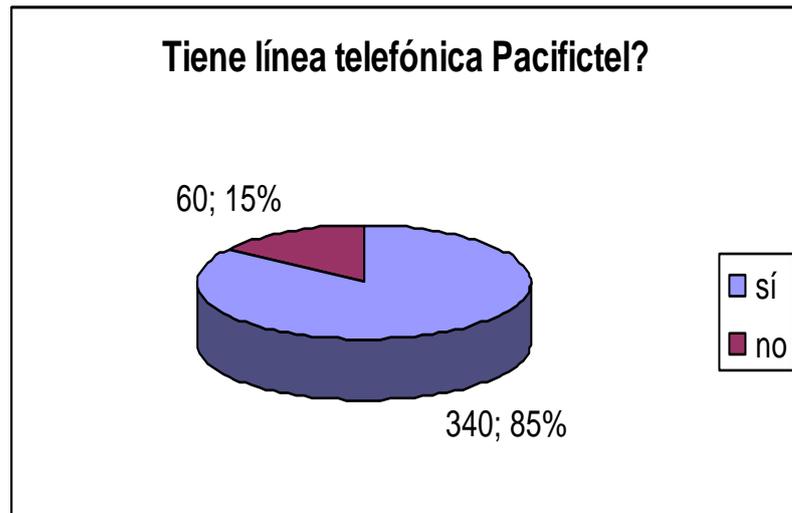
## RED SDH PACIFICTEL-GUAYAQUIL



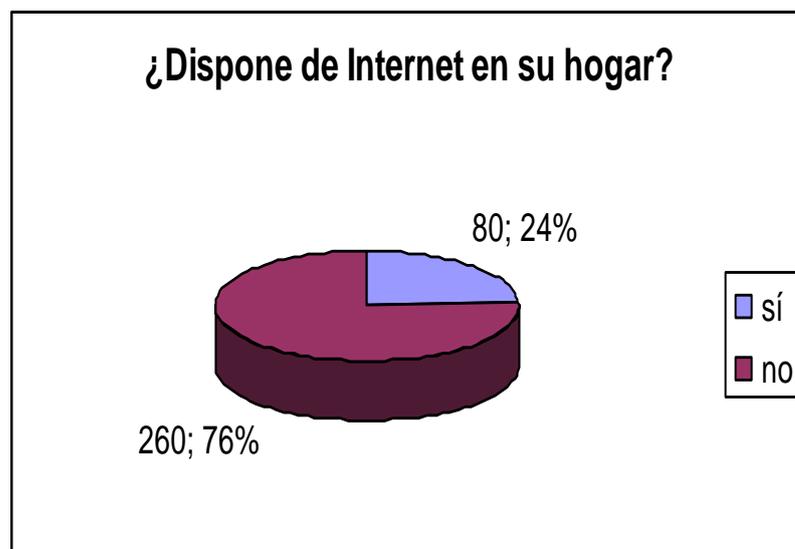
## Anexo 4

### RESULTADOS DE ENCUESTAS

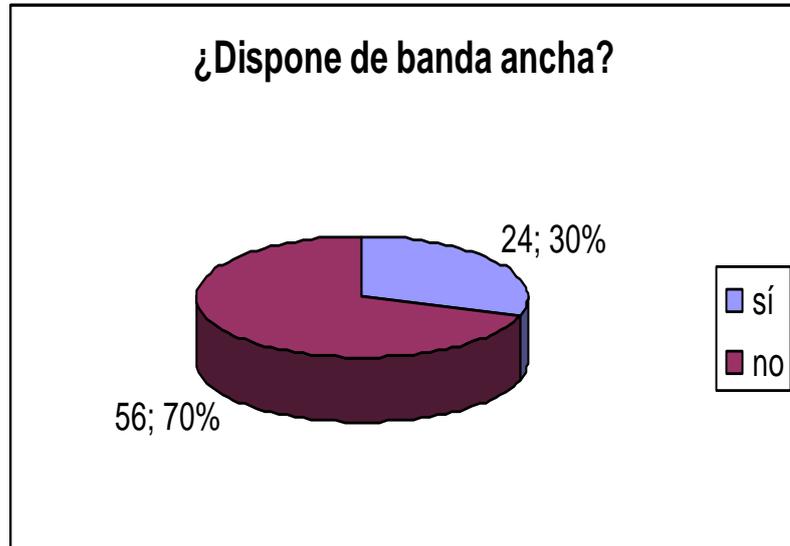
**Pregunta 1.** ¿Tiene usted línea telefónica de Pacifictel?



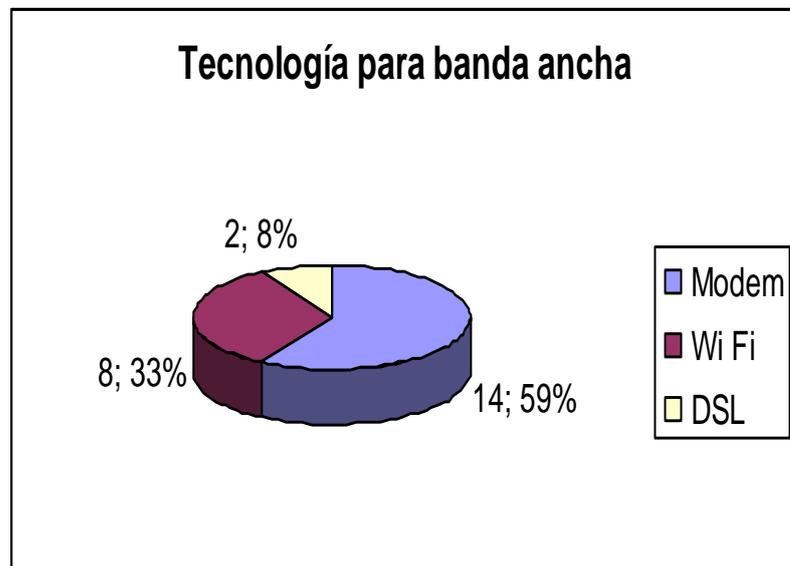
**Pregunta 2.** ¿Dispone del servicio de Internet en su hogar?



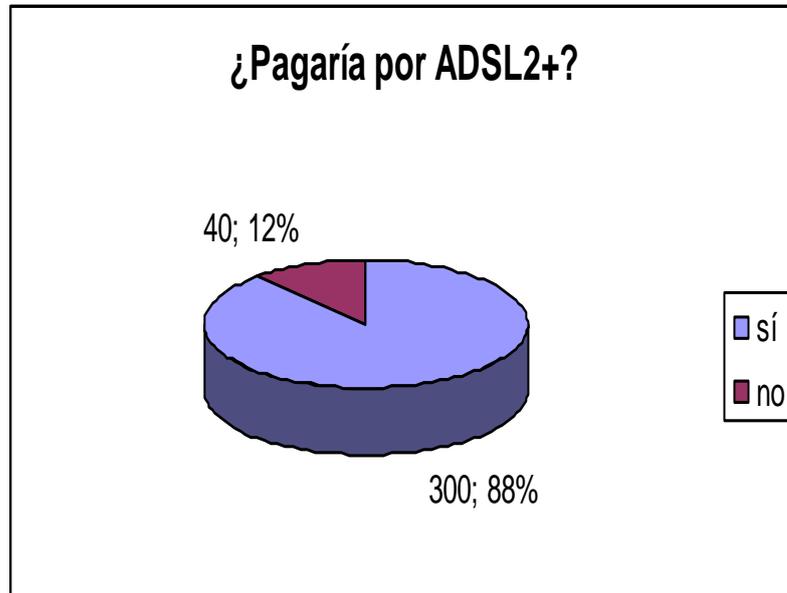
**Pregunta 3.** Si contestó sí en la pregunta anterior, recibe el servicio por banda ancha?



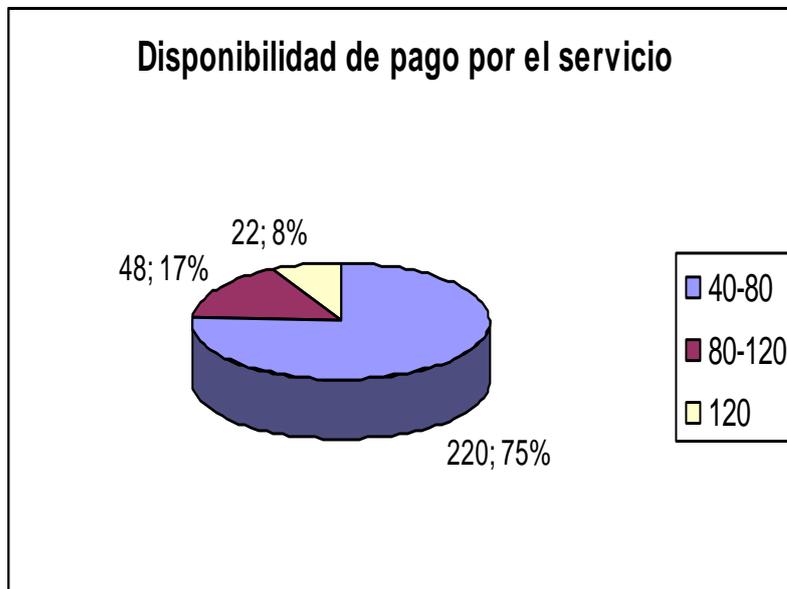
**Pregunta 4.** ¿Qué tecnología utiliza para la banda ancha?



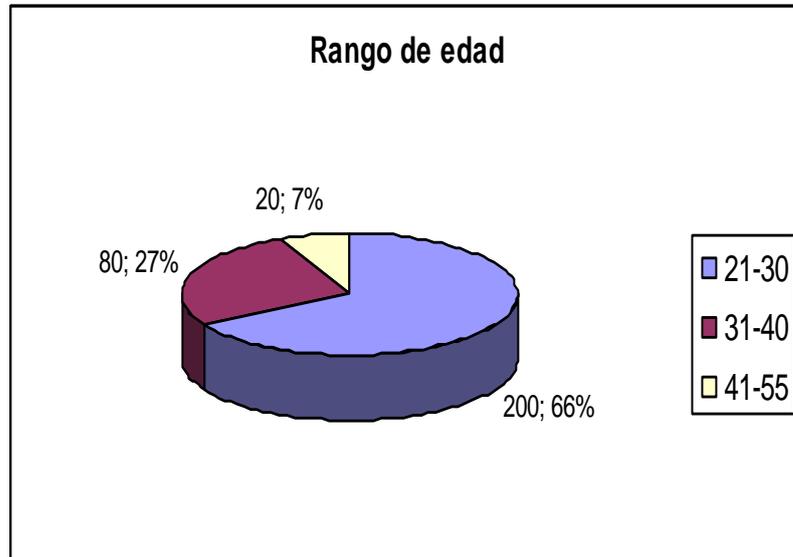
**Pregunta 5.** ¿Pagaría por ADSL2+ a menor precio?



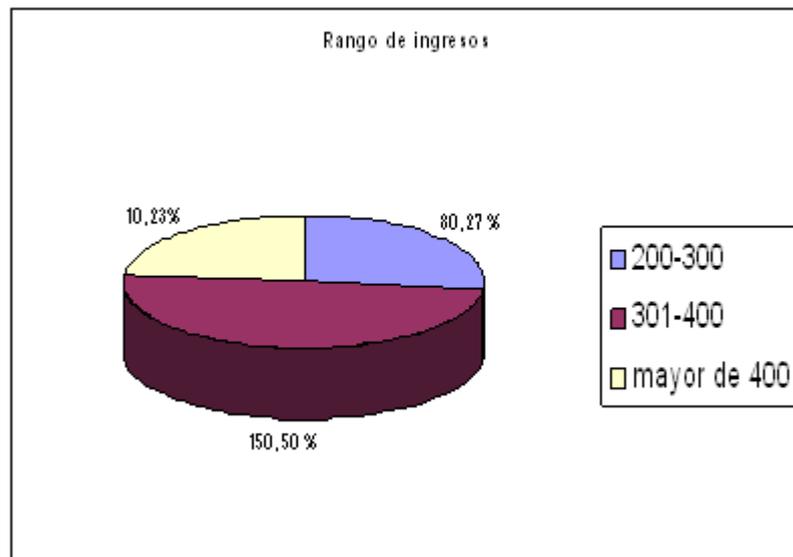
**Pregunta 6.** Indique por favor el precio que usted estaría dispuesto a pagar por el servicio:



**Pregunta 7.** Le voy a mencionar rangos de edad. Indique por favor en que rango encuentra su edad:



**Pregunta 8.** Ahora le voy a mencionar rango de ingresos. Indique por favor el rango en que se encuentran sus ingresos mensuales:





## 5b) Estado de resultados

ESTADO DE RESULTADOS	2009	2010	2011	2012	2013
<b>INGRESOS</b>					
Ventas	594360,00	593796,00	653175,60	718493,16	790342,48
	534360,00	587796,00	646575,60	711233,16	782356,48
Instalación	60000,00	6000,00	6600,00	7260,00	7986,00
<b>GASTOS DE VENTAS</b>	<b>35661,6</b>	<b>35627,76</b>	<b>39190,536</b>	<b>43109,5896</b>	<b>47420,5486</b>
FODETEL	5943,6	5937,96	6631,756	7184,9316	7903,42476
Gastos de Publicidad	29718	29689,8	32668,78	35924,658	39517,1238
<b>GASTOS OPERATIVOS</b>	<b>497500</b>	<b>500250</b>	<b>455775</b>	<b>456352,5</b>	<b>476987,5</b>
Alquiler Ancho de Banda	450000	450000	450000	450000	450000
Depreciación	47500	50250	5775	6352,5	26987,5
<b>UTILIDAD</b>	<b>61198,40</b>	<b>57918,24</b>	<b>158210,06</b>	<b>219031,07</b>	<b>265934,43</b>

## 5c) Flujo de efectivo

FLUJO DE EFECTIVO	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>INGRESOS</b>						
Ventas		594,360,00	593,796,00	653,175,60	718,493,16	790,342,48
Instalación		534,360,00	587,796,00	646,575,60	711,233,16	782,356,48
		600,00,00	600,00	660,00	726,00	798,6,00
<b>INVERSION INICIAL</b>	112600					
<b>GASTOS DE VENTAS</b>		356,616	356,276	391,905,36	431,095,896	474,205,486
FODETEL		594,3,6	593,7,96	653,1,756	718,4,9316	790,3,42476
Gastos Publicidad		297,18	296,69,8	326,68,78	369,24,658	395,17,1238
<b>GASTOS OPERATIVOS</b>		492,294,40	492,997,84	496,171,62	499,662,79	543,503,07
Alquiler Ancho Banda		450,000	450,000	450,000	450,000	450,000
Equipos		726,00	798,6,00	878,4,60	966,3,06	506,29,37
O&M de la red		112,60,00	112,60,00	112,60,00	112,60,00	112,60,00
Interconexión		237,74,40	237,51,84	261,27,02	287,39,73	316,13,70
<b>TOTAL FLUJO DE CAJA</b>	-112600	66404	65170,4	117,813,44	175,720,784	199,418,862

### 5d) Interés

INTERES	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	23,15%	-112600	65170,4	117813,44	175720,784	199418,862
TIR	75%					
VAN	\$157.673,50					

### **5e) Prima por riesgo de mercado, $E(R_m) - R_f$**

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

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

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

Las estimaciones son sensibles al periodo que se tome. En Estados Unidos hay estimaciones que van desde 3,57% a 8,43% (Damodaran) dependiendo del periodo que se considere. Estos rangos son similares a los encontrados en estudios de otros autores (Fama, Ibbotson, Harvey, etc.)

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

El spread de los bonos nacionales por encima de los bonos del Tesoro de los Estados Unidos: 619 bp en el caso de Ecuador en el momento de la estimación

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

Promedio en los países emergentes:  $\sigma_{ACC} / \sigma_{BON} = 1,5$

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

Con estos valores, la prima para el caso de Ecuador se obtendría así (a octubre 31 del 2007):

$$(a) \times (b) + (c) = 6.19\% \times 1,5 + 4,51\% = 13.79\%$$

**BIBLIOGRAFIA**

[Carballar, 2003] José A. Carballar, ADSL: Guía del usuario, Alfaomega, 2003.

[Goralski, 2000] Walter J. Goralski, Tecnologías ADSL y XDSL, McGraw-Hill, 2000.

[ITU-T, 2002] ITU-T Document, OJ-212, "Range Extended ADSL: Proposed Evaluation Conditions" , 2002.

[ITU-T, 2003] ITU-T Document D587, "Performance Numbers fo Range Extended ADSL", 2003.

[ITU-T, 2003] ITU-T Document D588, "More results for Range Extended ADSL", 2003.

[Aware, 2004] AWARE, ADSL2 and ADSL2+: The New ADSL Standards White Paper, Revision 3, 2004.

[ITU-T, 2005] Recomendación UIT-T G.992.5, Línea de abonado digital asimétrica 2 de anchura de banda ampliada (ADSL2+), 2005.

[ITU-T, 2004] Recomendación UIT-T G.992.3, Línea de abonado digital asimétrica 2, 2005.

[ITU-T, 1999] Recomendación UIT-T G.992.3, Línea de abonado digital asimétrica , 1999.

[ITU-T, 2001] Recomendación UIT-T G.995.1, Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre líneas de abonado digitales, 2001.

[ITU-T, 2001] Recomendación UIT-T G.998.2, Agrupación de múltiples pares Ethernet, 2001.

[ITU-T, 2001] Recomendación UIT-T G.998.3, Agrupación multipar mediante multiplexación inversa por división en el tiempo, 2001.

**Páginas WEB**

CONATEL: <http://www.conatel.gov.ec>

Superintendencia de Telecomunicaciones: <http://www.supertel.gov.ec>

Productos Huawei: <http://www.huawei.com>

Productos Alcatel: <http://www.alcatel-lucent.com>

DSL forum: <http://www.dslforum.org>

ITU: <http://www.itu.int/net/home/index.aspx>

ATM forum: [http://www.ipmplsforum.org/tech/atm\\_specs.shtml](http://www.ipmplsforum.org/tech/atm_specs.shtml)

Pacifictel: <http://www.pacifictel.net>

Easynet: <http://www.easynet.net.ec>

Telefónica: <http://www.telefonicaonline.com>

ADSLayuda: <http://www.adslayuda.com>

ADSLzone: <http://www.adslzone.net>

**Otros links utilizados:**

Configuraciones de equipos: <http://www.adsl4ever.com/archivos>

Portal ADSL: <http://www.adsltotal.com>

Universidad pública de Navarra: <http://www.unavarra.es>

RAD data communications: <http://www.rad.com/Home>

Filtros DSL: <http://www.excelsus-tech.com>

Técnicos en ADSL: <http://empalmao.blogspot.com>

Adtran: <http://www.adtran.com>

Cisco System: <http://www.cisco.com>

Manual ADSL: [http:// www.emagister.com](http://www.emagister.com)