



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE ING. ELECTRÓNICA EN**

**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE REDES DE BANDA ANCHA DE ACCESO  
RESIDENCIAL QUE PROVEA SERVICIOS INTEGRADOS DE VALOR  
AGREGADO PARA EL ISP “ARROBANET” DE LA CIUDAD DE BAÑOS DE  
AGUA SANTA.**

**TESIS DE GRADO**

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

Yadira Malena Guevara Pineda

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

A mis padres Blanquita y Néstor, por su amor, comprensión y apoyo incondicional, quienes han hecho de mí una persona de bien, con su ejemplo me han educado e hicieron de mí una persona perseverante, transparente, dedicada, son ellos los formaron en mí el espíritu de emprendimiento y son a quienes les debo lo que soy.

A mis hermanos quienes siempre abrigaron en mí las ganas de salir adelante, que con el ejemplo no han permitido que me doblegue ante las adversidades, a más de ser el apoyo a lo largo de mi carrera.

A toda mi familia, compañeros, amigos y profesores.

Al Ing. Alberto Arellano, mi más sincero agradecimiento por su apoyo para la realización del presente trabajo, por las facilidades prestadas para la conclusión del mismo, al mismo tiempo de por brindarme su amistad incondicional.

Y a ti, Verónica, desde el día que llegaste a mi vida y a la de mi familia, has sido la fuerza que me faltó para cuando estas me fallaban, la cómplice, la amiga, gracias por el apoyo, la comprensión.

A mi madre, por su la persona más importante en mi vida, por ser la madre ejemplo de perseverancia, además de su inalcanzable labor para que yo terminara mi carrera.

A mi padre, quien desde el lugar donde estes ha sido mi guía, mi amigo silencioso, con sus enseñanzas, sus historias, sus conocimientos, su apoyo, paciencia y palabras cariñosas, formo en mi una persona de bien y llena de ideales, sin el nada de esto estaría sucediendo.

A mis hermanos, quienes me han apoyado a lo largo de mi carrera

Verónica por ser la persona que nunca me dejo desistir, quien fue mi compañía en aquellos momentos profundo dolor, de los cuales me ayudaste a salir.

Y a Dios por ser el gestor de todo esto.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Iván Menes DECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	.....	.....
Ing. José Guerra DIRECTOR DE ESCUELA INGENIERIA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES	.....	.....
Ing. Alberto Arellano DIRECTOR DE TESIS	.....	.....
Ing. Daniel Haro MIEMBRO DEL TRIBUNAL	.....	.....
Lic. Carlos Rodríguez DIR. DPTO. DOCUMENTACIÓN	.....	.....
NOTA DE LA TESIS	.....	

“Yo, Yadira Malena Guevara Pineda, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

---

Yadira Malena Guevara Pineda.

## INDICE GENERAL

PORTADA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1. Antecedentes	16
2. Justificación	17
3. Objetivos	18
3.1. Objetivo General	18
3.2. Objetivos Específicos	18
4. Hipótesis	19

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL

TECNOLOGÍAS XDSL

2.1. Introducción	20
2.2. Características Fundamentales de Las Tecnologías Xdsl	22
2.3. Sistemas Xdsl	24
2.3.1. Clasificación de Xdsl	24
2.3.2. ADSL - Línea de Abonado Digital Asimétrica	25
2.3.2.1. Funcionamiento ADSL	27

2.3.2.2.	Componentes de ADSL	28
2.3.2.3.	Primera Etapa – Usuario Local	29
2.3.2.3.1.	Equipos Terminales	30
2.3.2.3.2.	PDN (Premises Distribution Network – Red de Distribución Local)	30
2.3.2.3.3.	ATU-R (Adsl Terminal Unit-Remote – Unidad Terminal Adsl Remota)	30
2.3.2.3.4.	SM (Service Module – Módulo de Servicio)	30
2.3.2.3.5.	Splitters (Divisores)	30
2.3.2.4.	Segunda Etapa - Oficina Central	30
2.3.2.4.1.	Nodo de Acceso	31
2.3.2.4.2.	ATU-C (Adsl Terminal Unit Central – Unidad Terminal Adsl Central)	31
2.3.2.4.3.	Pstn (Public Switching Telephone Network)	31
2.3.2.4.4.	Broadcast	31
2.3.2.4.4.1.	Red de Banda Ancha	31
2.3.2.4.4.2.	Red de Banda Angosta	31
2.3.2.4.5.	Interfaz U-C	32
2.3.2.4.6.	Interfaz U-C2	32
2.3.3.	RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line)	32
2.3.4.	ADSL G.Lite Ó Udsl (Dsl Unidireccional)	32
2.3.5.	VDSL (Very High Speed Dsl)	33
2.3.6.	HDSL (High Date Rate Dsl)	33

2.3.7. HDSL2 Ó SHDSL (High Bit-Rate Digital Subscriber Line 2)	34
2.3.8. SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)	34
2.3.9. MDSL (Multirate Digital Subscriber Line)	35
2.3.10. IDSL Ó ISDN-BA (Isdn Digital Subscriber Line)	35
2.3.11. G.SHDSL (Symmetric High-Speed Dsl)	36
TELEVISIÓN POR CABLE	
2.3.12. Introducción	36
2.3.13. Los Inicios del Cable	36
2.3.14. Inicios del Cable En Ecuador	37
2.3.15. Hfc, Hybrid Fiber Coaxial	38
2.3.16. Sistemas de Telecomunicaciones con Tecnologia Hfc	38
2.3.17. Estándares	41
2.3.18. Docsis	41
2.3.19. Topología de las Redes HFC.	42
2.3.20. Componentes.	44
2.3.20.1. La Cabecera	45
2.3.20.2. Red Troncal.	46
2.3.20.3. Red de Distribución.	47
2.3.20.4. Red de Acometida.	47
2.3.20.5. Equipo Terminal.	48
2.3.20.6. Equipos Relacionados Con El Servicio de Distribución de Televisión.	48
2.3.20.7 Módems de Cable.	48
2.3.21 Esquema Simple de La Provisión de Servicios Internet	

Mediante el Cable	48
2.3.22. Escalabilidad.	49
2.3.23. Empresas En Ecuador Que Cuentan Con Redes Hfc	51
2.3.23.1. Grupo Tv Cable-Ecuador	51
2.3.24. Ventajas, Beneficios y desventajas tanto Para El Usuario Final Como del Operador	52
2.3.24.1. Usuario Final	52
2.3.24.2. Operador	53
TECNOLOGÍAS PLC	
POWER LINE COMMUNICATION	
2.3.25. Introducción	54
2.3.26. PLC	55
2.3.27. Historia y Futuro de La Industria BPL	57
2.3.28. El Marco Tecnológico	57
2.3.29. Funcionamiento de PLC	58
2.3.30. Arquitectura de Una Red de Acceso PLC	59
2.3.31. Topología	63
2.3.32. Topología Física de La Red PLC	64
2.3.33. Topología Lógica de La Red PLC	65
2.3.34. Seguridad	65
2.3.35. Red Básica de BPL Ó PLC.	67
2.3.36. Configuración de Una Red PLC	67
2.3.36.1. HE o Unidad de Acondicionamiento	68

2.3.36.2. Unidad Repetidora	69
2.3.36.3. Unidad de Usuario O Módem PLC	70
2.3.37. Funciones	72
2.3.38. PLC y El Modelo OSI	74
2.3.39. Sistemas PLC	75
2.3.39.1. Sistema de Distribución	75
2.3.39.2. Sistema PLC de Acceso	75
2.3.39.3. Sistema PLC Doméstico	78
2.3.39.4. Sistemas de Gestión	79
2.3.40. Estado Actual de La Tecnología PLC en ECUADOR	80
2.3.41. La Experiencia de Usuario	81
2.3.42. Comparativa PLC Vs Otras Tecnologías de Acceso	81
2.3.43. Compatibilidad de PLC Con Redes Existentes	82
2.3.43.1. PLC y Un Enlace Satelital	82
2.3.39.2. PLC y Wimax	83
<b>CAPITULO III</b>	
<b>ANÁLISIS TECNOLÓGICO</b>	
3.1. Introducción	83
3.2. Características Básicas	83
3.3. Comparativas	86
3.3.1. Fiabilidad	86
3.3.1.1. ADSL	86
3.3.1.2. HCF	87

3.3.1.3. PLC	89
3.3.2. Parámetros de Calificación.	95
3.3.3 Escalabilidad	96
3.3.3.1. ADSL	96
3.3.3.2. HFC	96
3.3.3.3. PLC	97
3.3.3.4. Parámetros de Calificación	98
3.3.4. Servicios	99
3.3.4.1. ADSL	100
3.3.4.2. HFC	100
3.3.4.3. PLC	101
3.3.5. Parámetros de Calificación.	102
3.3.6. Acceso	105
3.3.6.1. ADSL	105
3.3.6.2. HCF	105
3.3.6.3. PLC	106
3.4. Análisis de Resultados	107
3.4.1. Fiabilidad	108
3.4.2. Escalabilidad	108
3.4.3. Servicios Soportados	109
3.4.4. Acceso	109

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMARY

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

## INDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Esquema del servicio ADSL	28
Figura II.2. Red HFC	39
Figura II.3. Diagrama Detallado de la Topología DOCSIS	43
Figura II.4. Estructura de la red HFC.	45
Figura II.5. Cabecera HFC para todos los servicios, telefonía sobre IP	46
Figura II.6. Red troncal a dos niveles, transmisión hacia el usuario	47
Figura II.7. Esquema simple de la provisión de servicios de internet por cable	49
Figura II.8. Escalabilidad de una red HFC	50
Figura II.9. Integración de HFC con Tecnologías inalámbricas.	52
Figura II.10. Funcionamiento PLC	59
Figura II. 11. Sistema Outdoor.	60
Figura II. 12. Sistema Indoor.	61
Figura II.13. Sistema modem terminal.	62
Figura II.14. Frecuencia de funcionamiento	63
Figura II.15. Arquitectura de la red PLC	64
Figura II.16. Topología Tipo Árbol de la Red PLC	65
Figura II.17. Topología lógica tipo bus empleada por PLC	68
Figura II.18. Elementos de la red PLC.	69
Figura II.19. Unidad de Acondicionamiento en cámara de transformación.	70
Figura II.20. Unidad repeditora PLC	70
Figura II.21. Posición de la Unidad Repetidora en la red electrica	71
Figura II.22. Unidad de Usuario PLC	71

Figura II.23. Diagrama funcional de la unidad de usuario PLC.	71
Figura II.24. Conexión de la Unidad de Usuario.	73
Figura II.25. Tipo de filtros instalados en los equipos PLC	74
Figura II.26. Esquema general de la tecnología PLC	74
Figura II.27. Sistema PLC de distribución que utiliza la red media tensión eléctrica	76
Figura II.28. Sistema PLC de Acceso	77
Figura II.29. Sistema PLC doméstico	78
Figura II.30. Varias distorsiones por distintas fuentes.	94
Figura III.31. Comparativo de Fiabilidad – Análisis	94
Figura III.32. Comparativo de Fiabilidad – Resultados	99
Figura III.33. Comparativa de Escalabilidad – Resultados	99
Figura III.34. Comparativa de servicios soportados por tecnología Análisis	104
Figura III.35. Comparativo de servicios soportados por tecnología Resultados.	105
Figura III.36. Cobertura Estimada	106
Figura III.37. Comparativa de cobertura estimada resultados	107
Figura III.38. Porcentaje de usuarios con servicio de internet en Sudamérica	112
Figura III.39. Porcentaje de usuarios con servicio de TV cable en Sudamérica	113
Figura III.40. Resultados del Análisis.	169

## INDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Clasificación de tecnologías xdsl.	25
Tabla II.II. Distancias y velocidades máximas adsl.	26
Tabla II.III. Comparación de las tecnologías dsl.	27
Tabla II.IV. Modelo de referencia OSI	75
Tabla III.V. Características Básicas de las Tecnologías	84
Tabla III.VI. Características de Fiabilidad	90
Tabla III.VII. Características de calidad de señal de servicio Adsl.	90
Tabla III.VIII. Características de calidad de señal de servicio Hfc	91
Tabla III.IX. Características de calidad de señal de servicio Adsl vs Hfc.	92
Tabla III.X. Análisis comparativo de calidad Adsl vs Hfc	92
Tabla III.XI. Análisis de Respuestas a Errores.	92
Tabla III.XII. Análisis de Mantenimiento.	93
Tabla III.XIII. Comparativa de fiabilidad – Análisis	93
Tabla III.XIV. Comparativa de Fiabilidad - Resultados	93
Tabla III.XV. Comparativa de escalabilidad	98
Tabla III. XVI. Comparativa de escalabilidad, Resultados	98
Tabla III.XVII. Servicios soportados	104
Tabla III.XVIII. Cobertura Estimada	106
Tabla III.XIX. Comparativa de cobertura estimada	107
Tabla III.XX. Resultados del Análisis.	168

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1. ANTECEDENTES**

Hoy en día, se puede evidenciar como una realidad que los nuevos desarrollos tecnológicos en comunicaciones y sus aplicaciones, están disponibles para ser utilizadas en beneficio de las personas particulares y el desarrollo integral de un país.

La red de redes (Internet), ha crecido a pasos firmes en los últimos años, de manera tal, que cada día nuevos nodos y usuarios simultáneamente en diferentes lugares del planeta, se unen a ella: para convertir a la Red de Internet en un recurso indispensable para la vida política, social, científica y económica de la humanidad. Sin embargo, ya no basta con estar conectados a Internet, porque los nuevos servicios multimedia ofrecidos requieren altas velocidades de acceso y transmisión

de datos que no pueden ser alcanzadas con tecnologías tradicionales que en su tiempo fueron tecnologías interesantes y útiles para aplicaciones elementales como Web, correo electrónico, etc. Estas nuevas aplicaciones multimedia incluyen entrega de video en tiempo real, video conferencia, video y música en demanda, comercio electrónico, voz sobre IP, juegos en línea, acceso a Internet, etc. y requieren un ancho de banda mayor y velocidades de acceso muy altas. Debido al interés de integrar voz y datos, mayor interoperabilidad, el logro de soluciones efectivas y la expansión del mercado es que las compañías actuales tienden a la integración de estos servicios.

La tendencia actual nos lleva a considerar distintas tecnologías nuevas, las mismas que son las redes que en un futuro cada vez más próximo harán llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño, una amplia variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El señor Alberto Guevara P., Gerente Propietario del *ISP Arroba.Net*, quien se encuentra operando en la Ciudad de Baños de Agua Santa, provee a este Cantón del servicio de Internet Inalámbrico; el mismo que cuenta con gran acogida del público usuario. Por tal motivo, se plantea como objetivo a mediano plazo: implementar una red que provea de una plataforma de servicios integrados de voz y datos, que permitan brindar servicios tales como Catv, vídeo bajo demanda (VOD), pago por visión (PPV), VOZ sobre IP, en calidades tales, que brinde confiabilidad, estabilidad y soporte de errores. Estas son, entonces, las premisas justificativas de sustento para viabilizar el presente Tema de Tesis de Grado, consistente en el desarrollo de un estudio comparativo entre varias tecnologías de banda ancha de

acceso residencial, que permitan establecer la mejor de ellas aplicable en la Ciudad de Baños de Agua Santa.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Establecer la tecnología que brinde confiabilidad, estabilidad y soporte de errores, ante los requerimientos necesarios para brindar los servicios de video, voz y datos, a aplicarse en la ciudad de Baños de Agua Santa.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar las redes de banda ancha ADSL, HFC Y PLC.
- Estudiar los parámetros de funcionamiento y estándares de las redes de acceso residencial.
- Analizar características tales como fiabilidad, escalabilidad, cobertura y servicios que brindan, las tecnologías ADSL, HFC y PLC
- Elaborar una tabla comparativa de ventajas y desventajas de redes de banda ancha de acceso residencial y elaborar las respectivas conclusiones.

#### **4. HIPÓTESIS**

El estudio comparativo de redes de banda ancha de acceso residencial permitirá establecer parámetros técnicos y específicos que permitan elegir de la manera más acertada la tecnología que brinde mayores beneficios como seguridad, robustez, confiabilidad, escalabilidad; así también, menores dificultades al momento de su implementarlas

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL**

#### **TECNOLOGÍAS XDSL**

##### **2.1 Introducción**

Hoy en día, la explosión en la demanda por nuevos servicios es el factor definitivo en el desarrollo de tecnología de transmisión de voz y datos. Los usuarios requieren actualmente servicios que necesitan un gran ancho de banda. Las nuevas tecnologías proveen la solución a esto sobre la red telefónica de cobre existente.

XDSL es un grupo similar de tecnologías que proveen gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin requerir amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son tecnologías de acceso punto a punto (el ancho de banda no es compartido) a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado.

Los estudios sobre tecnologías xDSL comenzaron en 1993 cuando el TIE1.4 de ANSI utilizó la tecnología multitono discreto (discrete multitone, DMT) como soporte de

normas para el sistema ADSL. Para atender los requisitos específicos de Europa, se efectuaron trabajos en colaboración con el ETSI.

En 1997, el UIT-T empezó a definir una serie de Recomendaciones para los sistemas DSL. Hasta que en el año 2001 la Comisión de Estudio ha elaborado Recomendaciones sobre las funciones, la gestión, los procedimientos de toma de contacto y los principios de prueba de los sistemas ADSL, HDSL, SHDSL y VDSL. El estudio de las Recomendaciones UIT-T G.99x relacionadas con los sistemas xDSL pone de relieve la complejidad de estos sistemas de línea de abonado digital, puesto que se necesitaron casi 1000 páginas para definirlos.

Las tecnologías xDSL operan sobre líneas de cobre simples, aprovechando así la infraestructura existente, y utilizan radiofrecuencias transmitidas por estas líneas de cobre para cursar señales al equipo del cliente. Las líneas de cobre telefónicas soportan diferentes canales de ancho de banda. Una de las configuraciones más comunes que los operadores telefónicos proporcionan consiste fundamentalmente en tres canales: dos para datos y uno para voz. Uno de los canales de datos es el canal de bajada, o downstream, desde la central telefónica hasta el usuario. El otro es el canal de subida, o upstream, desde el usuario hasta la central. Un tercer canal actúa para el servicio tradicional telefónico, entonces no hay necesidad de una línea telefónica adicional porque xDSL usa el canal de mayor ancho de banda que el teléfono no utiliza. De esta manera, se puede hablar por teléfono al mismo tiempo que se accede a Internet.

xDSL soporta una variedad de aplicaciones que van dirigidas a servicios de usuarios residenciales y a pequeñas y medianas empresas. Algunas de las aplicaciones que se pueden ofrecer con un sistema de comunicación xDSL son: navegación Internet, Intranet, video-conferencia, educación a distancia, vídeo bajo demanda o televisión

interactiva, juegos interactivos, televisión de alta definición (HDTV), transferencia de archivos, voz, etc.

La tecnología xDSL está orientada a diversos nichos de mercado, como pueden ser: operadores telefónicos tradicionales, nuevos operadores y empresas que ofrecen servicios de última milla, servicios portadores, y todo lo referente a servicios de valor agregado/proveedores de servicios Internet (ISPs), aprovechando las redes secundarias del operador dominante.

## **2.2. Características fundamentales de las tecnologías xDSL**

Durante décadas se pensó que el límite de los módems analógicos en velocidad de transmisión era 56 kbit/s con la máxima anchura de banda posible sin compresión. En realidad, el umbral de 56 kbit/s sólo se refiere a la magnitud de anchura de banda que es posible teóricamente en el espectro de frecuencias audibles. El espectro audible sólo comprende los 4 kHz inferiores del espectro total disponible en un par típico de hilos telefónicos, pero el espectro de frecuencias total que se puede transmitir por un hilo de cobre se encuentra generalmente en la región de 500 kHz. Las tecnologías xDSL progresan de forma exponencial con respecto a los módems analógicos que se usan actualmente porque explotan frecuencias por encima de 4 kHz. Estas frecuencias no se han utilizado hasta ahora por las dificultades que causan en la transmisión normal de señales vocales. Las frecuencias superiores a 4 kHz transmitidas por un par de hilos de cobre de un agrupamiento tienden a perturbar el servicio telefónico ordinario (POTS) pues introducen niveles inaceptables de paradiafonía en otros pares de hilos telefónicos del mismo grupo.

Las tecnologías xDSL emplean técnicas sumamente avanzadas que limitan la paradiafonía, lo que permite utilizar una anchura de banda considerablemente superior

con un solo par de hilos de cobre. Otra ventaja de algunas de estas técnicas es que permiten seguir ofreciendo el servicio telefónico ordinario simultáneamente por el mismo par de hilos por el que se efectúa la transmisión xDSL. Estas técnicas se han conseguido gracias al desarrollo constante de microcircuitos (chips) de procesamiento de señalización digital (DSP, digital signalling processing) más potentes y baratos, que consumen cada vez menos energía eléctrica.

Un problema es la necesidad de especificar la compatibilidad espectral entre los diferentes sistemas xDSL que funcionan en el mismo cable y que utilizan diversos operadores (separación de elementos) (unbundling). Normalmente, el ente regulador se encarga de la gestión del espectro que permite definir los requisitos de separación. El ANSI y el ETSI trabajan actualmente en la definición de estas especificaciones.

A comienzos de los años noventa, algunos operadores de Estados Unidos y varias empresas de correos y telecomunicaciones europeas efectuaron pruebas con tecnologías xDSL (primero HDSL y luego ADSL). La HDSL se utilizó como tecnología de acceso simétrico a 1,5 ó 2,0 Mbit/s en la red de acceso e interurbana. Muchas de las pruebas dieron origen a instalaciones experimentales en condiciones reales. En el caso de la ADSL, en ese momento las aplicaciones propulsoras de la instalación de las tecnologías xDSL eran el vídeo a la carta (VOD, video on demand) y la televisión interactiva (ITV, interactive TV). Estas aplicaciones se perfilaban como una fuente de ingresos capaz de experimentar crecimientos colosales en el mercado residencial, y el as bajo la manga de las compañías telefónicas para entregarlas era el ADSL, mientras que las redes de televisión por cable (CATV) se preparaban para ofrecer estos servicios a través de su infraestructura de cable coaxial. Para gran decepción de las compañías de cable y de telecomunicaciones, las VOD e ITV, que tanto prometían, fracasaron rotundamente

como las aplicaciones "killer" que podrían haber justificado el despliegue de esos servicios. La tecnología ADSL pasó, entonces, a segundo plano.

En 1995, el interés se desplazó hacia las técnicas de información en línea, sobre todo la World Wide Web (WWW). Como ha quedado claro desde su origen en 1993, se necesita mucha más anchura de banda para que la WWW constituya una "autopista de la información" universalmente accesible y pueda soportar las aplicaciones más exigentes basadas en WWW. Hoy en día, la creciente demanda de anchura de banda para el acceso a la web es una de las principales aplicaciones de las tecnologías xDSL, pero también se las está considerando para otras aplicaciones, que podrían resultar mucho más lucrativas a largo plazo que el acceso de banda ancha a la WWW para el mercado residencial.

## **2.3. Sistemas xDSL**

### **2.3.1. Clasificación de xDSL**

La tecnología xDSL provee configuraciones tanto simétricas como asimétricas para cumplir con los requerimientos de ancho de banda en una o dos direcciones. En las configuraciones simétricas de la tecnología xDSL el ancho de banda necesario o provisto es el mismo en las dos direcciones: upstream y downstream. Las configuraciones simétricas son: HDSL (High Data Rate DSL), SDSL (Symmetric DSL), VDSL (Very High Bit Rate DSL) y IDSL (ISDN DSL). Las aplicaciones asimétricas son aquellas en las cuales las necesidades de ancho de banda son mayores en una dirección que en la otra. Por ejemplo, para navegar en la Web, se requiere de un ancho de banda muy pequeño desde el cliente hasta su proveedor, dado que solamente se requiere lo necesario para pasar información de control, y generalmente con algunos Kbps basta. Mientras que en el otro sentido, desde el proveedor hasta el cliente, el

ancho de banda requerido se podría expresar en Mbps. Las configuraciones asimétricas son: ADSL (Asymmetric DSL), G.lite ADSL, G.dmt ADSL y RADSL (Rate Adaptive Digital Subscriber Line).

*Tabla II.1. Clasificación de tecnologías xdsl.*

<b>Tecnología Xdsl</b>	<b>Descripción</b>
ADSL	Línea de cliente digital asimétrica
RADSL	Línea de cliente digital de velocidad adaptable
ADSL G.LITE ó UDSL	Línea de cliente digital pequeña
VDSL	Línea de cliente digital de velocidad muy alta
HDSL	Línea de cliente digital de alto índice de datos
HDSL2 ó SHDSL	Línea de cliente digital de alto índice de datos 2
SDSL	Línea de cliente digital simétrica
MDSL	Línea de cliente digital simétrica multivelocidad
IDSL ó ISDN-BA	Línea de cliente digital ISDN
G.SHDSL	Estándar UIT

### **2.3.2. ADSL - Línea de abonado digital asimétrica**

Si bien hay diferentes tecnologías xDSL, actualmente la línea de abonado digital asimétrica (ADSL) quizás sea la que mayor instalación masiva ha desarrollado.

Como su nombre lo indica, el ADSL asigna anchura de banda de forma asimétrica, es decir, se atribuye más anchura de banda a la transmisión "descendente" (tráfico del proveedor de servicio al abonado) que a la "ascendente" (tráfico del abonado al proveedor de servicio). El ADSL logra su estructura de anchura de banda asimétrica con cuatro clases de canales: canales símplex (unidireccionales) en la anchura de banda más alta, canales dúplex (bidireccionales) en la anchura de banda más baja, un canal de control dúplex, y un canal del servicio telefónico ordinario (POTS), que ocupa los 4 kHz de frecuencia más bajos en la línea. La transmisión que se produce en los canales símplex o dúplex no afecta al canal (POTS). Esta aptitud para proporcionar

simultáneamente el servicio telefónico junto con servicios de datos y/o vídeo de banda ancha a través del mismo par de hilos de cobre es una de las ventajas fundamentales de la tecnología ADSL en comparación con otras tecnologías de acceso, como la RDSI. En la versión europea, incluso se proporciona el transporte simultáneo de la RDSI.

Además de estas especificaciones de anchura de banda normalizadas, el perfeccionamiento de microcircuitos de procesamiento de señalización digital (DSP) ha permitido que los módems ADSL alcancen velocidades aún mayores en los sentidos ascendente y descendente. Las velocidades más altas anunciadas hoy son 12 Mbit/s y 2 Mbit/s en los sentidos descendente y ascendente, respectivamente.

**Tabla II.II.** Distancias y velocidades máximas adsl.

<b>Distancia desde la central</b>	<b>Velocidad máxima</b>
3 Km	7 Mbps
3,5 Km	5 Mbps
4 Km	3 Mbps
5 Km	2 Mbps
NOTA: Distancias consideradas en un estado ideal de la red urbana	

***Tabla II.III. Comparación de las tecnologías dsl.***

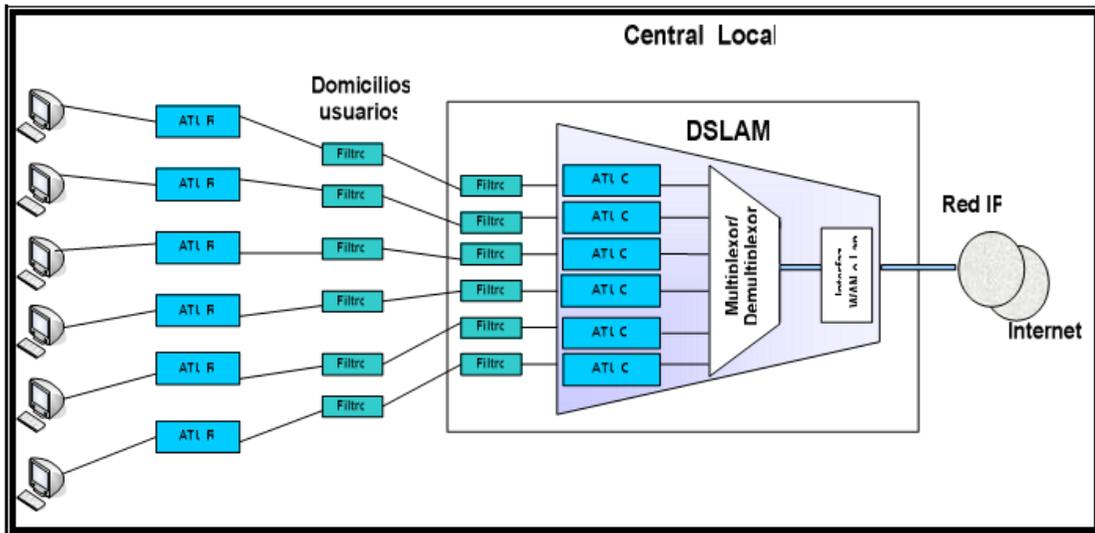
Tipo	Asimétrico	Simétrico	Comparte uso con teléfono	Splitter	Velocidad máxima	Distancia máxima central
ADSL	Sí	No	Sí	Sí	8M/ 640 Kbps	6 Km
SDSL	No	Sí	No	No	2,32 Mbps	6 Km
HDSL	No	Sí	No	No	2,32 Mbps	6 Km
SHDSL	No	Sí	No	No	2,32 Mbps	7 Km
CDSL	Sí	No	Sí	No	1M/ 128 Kbps	6 Km
IDSL	No	Sí	No	No	144 Kbps	12 Km
G.Lite	Sí	No	Sí	No	1,5M/512 Kbps	6 Km
MVL	Sí	No	Sí	No	768 Kbps	8 Km
RADSL	Sí	No	Sí	No	8M/ 640 Kbps	-
VDSL	Sí	Sí	Sí	Sí	52 M/ 6 Mbps	1,5 Km

NOTA: Las dos cifras en el cuadro de Velocidad máxima significa velocidad máxima de bajada/velocidad de subida

### **2.3.2.1. Funcionamiento ADSL**

La tecnología ADSL no es más que una tecnología de modulación. Esto quiere decir que un módem ADSL convierte las señales digitales de datos que salen del ordenador en señales analógicas (modulación) que transmite por la línea telefónica, y viceversa (demodulación).

El proceso de modulación y demodulación se lleva a cabo tanto en el lado del usuario como en el lado de la central. Como la comunicación es asimétrica, un modem transmite a 512 Kbps y recibe a 128 Kbps, mientras que el otro transmite a 128 y recibe a 512. Al módem situado en el lado del usuario se le llama ATU-R (ADSL Terminal Unit Remote - Unidad Terminal ADSL Remota), mientras que al de la central se le llama ATU-C (ADSL Terminal Unit Central - Unidad Terminal ADSL Central)



*Figura II.1. Esquema del servicio ADSL*

En los comienzos del ADSL coincidieron dos técnicas de modulación: DMT (Discrete MultiTone - Modulación Multitono Discreta) que posteriormente fue normalizada por el ANSI según la norma ANSI T1.143, y CAP (Carrierless Amplitude and Phase - Modulación de Amplitud y Fase sin Portadora)

### **2.3.2.2. Componentes de ADSL**

Con el desarrollo de ADSL, los consumidores de negocios o residenciales, tienen la oportunidad de cambiar sus servicios de banda angosta por servicios de banda ancha.

Este modelo está compuesto por equipos de red e interfaces necesarias para poder formar una red ADSL. Por lo tanto los componentes ADSL los vamos a dividir en dos etapas: la etapa del Usuario Local que es un extremo de la red, y la etapa de la Oficina Central o Central telefónica que es el fin de la red; ubicando como división de estas dos etapas a la línea telefónica o loop (lazo)

### **2.3.2.3. Primera Etapa – Usuario Local**

Entiéndase por usuario local, a una persona natural o a una empresa que utiliza el esquema de conexión ADSL para sus aplicaciones. De lado del usuario se necesitan algunos componentes para formar una red ADSL, como se observó en el modelo referencial estos componentes son: los splitters, los POTS, los ATU-R, el PDN (Premises Distribution Network) y los equipos terminales. Entre estos componentes se utilizan interfaces para conectarse entre si; estas interfaces son: UR, U-R2, T-SM, POTS-R, T-PDN y T.

#### **2.3.2.3.1. Equipos Terminales**

Los equipos terminales son todos los ordenadores o PCs que se conectan del lado del usuario a la red ADSL, son también llamados estaciones de trabajo y dentro de este grupo incluimos a los Settop Box, que son dispositivos que permiten conectar un televisor normal y tener acceso al Internet, debido a que tienen características de PC y capacidad de browser.

#### **2.3.2.3.2. PDN (Premises Distribution Network - Red de distribución Local)**

Sistema para conectar un equipo Terminal con el Modem ADSL (ATU-R). La red de distribución local puede tener varias formas, puede ser una red punto a punto o multipunto, con un cableado activo o pasivo; y si fuera multipunto es posible que se utilice una topología tipo estrella o tipo bus y la tecnología de conectividad puede ser variada: Ethernet, ATM25, USB o inclusive IEEE-1394 (Firewire)

### **2.3.2.3.3. ATU-R (ADSL Terminal Unit-Remote - Unidad Terminal ADSL Remota)**

El ATU-R podría estar integrado dentro de un SM (modulo de servicio). Después del PDN, el CPE es el dispositivo que conecta las estaciones de trabajo o redes LAN al par de cobre. Este CPE puede tener muchas formas dependiendo del tipo de usuario, del servicio ofrecido, de la tecnología de conectividad y la regulación de los medios de transmisión locales.

### **2.3.2.3.4. SM (Service Module – Módulo de Servicio)**

El Modulo de Servicio realiza funciones de adaptación para terminal. Por ejemplo: conexión entre equipos de red, interfases entre PC's o podría ser un router de una red LAN. Puede estar incluido dentro de los ATU-R.

### **2.3.2.3.5. Splitters (Divisores)**

Filtro donde se separan señales de alta frecuencia (ADSL) o de datos y de baja frecuencia (ADSL) o de voz, para la transmisión por el mismo canal. Un splitter puede estar incorporado dentro de una unidad Terminal ADSL (ATU) o puede ser un dispositivo externo. Los splitters los encontramos tanto el lado del usuario como en el lado de la central telefónica u oficina central.

### **2.3.2.4. Segunda Etapa - Oficina Central**

En la oficina central se pueden localizar algunos equipos como: nodos de acceso, splitters, ATU-C y los diferentes servicios que conforman la central telefónica. Dentro de las interfaces tenemos: U-C, U-C2, POTS-C, Va y Vc.

#### **2.3.2.4.1. Nodo de acceso**

Punto de concentración de datos para banda ancha y banda angosta. Puede estar localizado en la oficina central o en una oficina remota. Un nodo de acceso remoto podría estar conectado a otro nodo de acceso desde la central. Un nodo de acceso dentro de la central es el DSLAM.

#### **2.3.2.4.2. ATU-C (ADSL Terminal Unit Central - Unidad Terminal ADSL Central)**

Podría estar integrado dentro de un nodo de acceso, y es aquel que conecta los splitters del lado de la central con el nodo de acceso o DSLAM. En muchos casos los ATU-C pueden estar incorporados en los nodos de acceso.

#### **2.3.2.4.3. PSTN (Public Switching Telephone Network)**

Red conmutada de telefonía pública, dependiendo de la tecnología utilizada pueden transmitir las señales en E1o T1.

#### **2.3.2.4.4. Broadcast**

Entrada de datos de banda ancha en modo simple, como una entrada de video de banda ancha.

##### **2.3.2.4.4.1. Red de Banda Ancha**

Sistema de conmutación de datos para un rango por encima de los 1.5 y 2.0 Mbps.

##### **2.3.2.4.4.2. Red de Banda Angosta**

Sistema de conmutación de datos para un rango por debajo de los 1.5 y 2.0 Mbps.

Las interfases que se utilizan en la oficina central son:

#### **2.3.2.4.5. Interfaz U-C**

Interfaz entre los lazos o líneas telefónicas y un POTS splitter del lado de la central.

#### **2.3.2.4.6. Interfaz U-C2**

Interface entre un POTS splitter y la unidad Terminal ADSL de la central.

#### **2.3.3. RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line)**

Se ajusta a la velocidad de acceso de acuerdo a las condiciones de la línea.

Funciona en los mismos márgenes de velocidad que ADSL, pero tiene la ventaja de ajustarse de forma dinámica a las condiciones de la línea y su longitud.

La velocidad final de conexión utilizando esta variante de ADSL puede seleccionarse cuando la línea se sincroniza, durante la conexión o como resultado de una señal procedente de la central telefónica. Esta variante entrega de 640 kbps a 2,2 Mbps downstream y de 272 kbps a 1088 Mbps upstream sobre una línea existente

#### **2.3.4. ADSL G.LITE ó UDSL (DSL Unidireccional)**

G.LITE es también conocido como DSL Lite, splitter-less ADSL (sin filtro voz/datos), y ADSL Universal. Hasta la llegada del estándar, el UAWG (Universal ADSL Work Group, Grupo de trabajo de ADSL) llamaba a la tecnología G.LITE, Universal ADSL.

En Junio de 1999, G.992.2 fue adoptado por la UIT como el estándar que recogía esta tecnología. Desgraciadamente para los consumidores, G.LITE es más lento que ADSL. Ofrece velocidades de 1,3 Mbps (downstream) y de 512 kbps (upstream).

### **2.3.5. VDSL (Very High Speed DSL)**

La modalidad VDSL es la más rápida de las tecnologías xDSL, ya que puede alcanzar una velocidad de entre 13 y 52 Mbps desde la central hasta el abonado y de 1,5 a 2,3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de un tipo de conexión también asimétrica.

La máxima distancia que puede haber entre los dos módems VDSL no puede superar los 1371 metros. Es la tecnología idónea para suministrar señales de TV de alta definición.

VDSL está destinado a proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y el usuario final. El medio físico utilizado es independiente de VDSL, una posibilidad es utilizar una infraestructura existente de cableado local.

### **2.3.6. HDSL (High Data Rate DSL)**

La tecnología HDSL es simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa será la misma.

Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en grandes fábricas donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro. Las compañías telefónicas han encontrado en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio - fibra óptica, utilizadas en Norteamérica y en Europa y, Latino América, respectivamente.

HDSL está enfocado principalmente hacia usos empresariales (interconexión de nodos proveedores de Internet, redes privadas de datos, enlaces entre pequeñas centrales, etc.)

más que hacia el usuario (cuyas necesidades se verán mejor cubiertas por las tecnologías ADSL y SDSL).

Una de las principales aplicaciones de HDSL es el acceso de última milla a costo razonable comparadas con las redes de transporte digital para RDI (Red Digital Integrada), redes satelitales y del tipo Frame Relay.

La tecnología HDSL tiene cabida en las comunicaciones de redes públicas y privadas también. Cada empresa puede tener requerimientos diferentes, orientados al uso de líneas privadas de fácil acceso y obtención para que con productos de tecnología HDSL se puedan obtener soluciones de bajo costo y alta efectividad.

### **2.3.7. HDSL2 ó SHDSL (High Bit-rate Digital Subscriber Line 2)**

Está diseñada para transportar señales T1 a 1,544 Mbps sobre un par simple de cobre. HDSL2 usa: Overlapped Phase Trellis-code Interlocked Spectrum (OPTIS - Espectro de interbloqueo de código Trellis de fases solapadas).

Ofrece los mismos 2,048 Mbps de ancho de banda como solución a los tradicionales 4 cables de HDSL, con la ventaja de requerir solamente un par simple de cobre.

### **2.3.8. SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)**

Es muy similar a la tecnología HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero con dos particularidades: utiliza un solo par de cobre y tiene un alcance máximo de 3048 metros. Dentro de esta distancia será posible mantener una velocidad similar a HDSL.

Esta tecnología provee el mismo ancho de banda en ambas direcciones, tanto para subir y bajar datos; es decir que independientemente de que se esté cargando o descargando información de la Web, se tiene el mismo rendimiento de excelente calidad.

SDSL brinda velocidades de transmisión entre un rango de T1/E1, de hasta 1,5Mbps. Este tipo de conexión es ideal para las empresas pequeñas y medianas que necesitan un medio eficaz para subir y bajar archivos a la Web.

### **2.3.9. MDSL (Multirate Digital Subscriber Line)**

Más allá de los 144 kbps de ancho de banda de IDSL (ISDN Digital Subscriber Line), hay nuevas tecnologías que ofrecen rangos entre 128 kbps y 2,048 Mbps.

Para una aplicación simétrica, Multirate SDSL (M/SDSL) ha surgido como una tecnología valorada en los servicios TDM (Multiplexación por División de Tiempo sobre una base ubicua).

Construida sobre un par simple de la tecnología SDSL, M/SDSL soporta cambios operacionales en la tasa del transceiver y distancias con respecto al mismo.

Con una habilidad de auto-tasa (similar a RADSL), las aplicaciones simétricas pueden ser universalmente desarrolladas.

### **2.3.10. IDSL ó ISDN-BA (ISDN Digital Subscriber Line)**

Esta tecnología es simétrica, similar a SDSL, pero opera a velocidades más bajas y a distancias más cortas. ISDN se basa el desarrollo DSL de Ascend Communications.

IDSL se implementa sobre una línea de ISDN y actualmente se emplea como conexión a Internet para la transferencia de datos. El servicio de IDSL permite velocidades de 128 kbps o 144 kbps.

### **2.3.11. G.SHDSL (Symmetric High-Speed DSL)**

G.SHDSL es un estándar de la UIT el cual ofrece un conjunto de características muy ricas (por ejemplo, velocidades adaptables) y ofrece mayores distancias que cualquier estándar actual.

Este método ofrece anchos de bandas simétricos comprendidos entre 192 kbps y 2,3 Mbps, con un 30% más de longitud del cable que SDSL y presenta cierta compatibilidad con otras variantes DSL. Espera aplicarse en todo el mundo.

G.SHDSL también puede negociar el número de tramas del protocolo incluyendo

ATM, T1, E1, ISDN e IP.

Esta solicitado para empezar a reemplazar las tecnologías T1, E1, HDSL, SDSL

HDSL2, ISDN e IDSL.

## **TELEVISIÓN POR CABLE**

### **2.3.12. INTRODUCCIÓN**

Probablemente, la tecnología CATV o vulgarmente llamada *cable* sea de las que mejor se adaptan para el acceso a internet. Por sus altísimas prestaciones como medio de transporte digital, por su idoneidad en el diseño de red (puesto que se trata de una red de nueva implantación) pensada para el transporte masivo de datos y por su capacidad de integrar telefonía, televisión e internet.

### **2.3.13. Los inicios del cable**

Las redes híbridas Fibra Coaxial, tienen su origen en los antiguos sistemas de televisión por cable (también llamados CATV), que se aparecieron ya en 1948 para

dar solución de cobertura a las zonas remotas o montañosas en donde la recepción por ondas herzianas se hacía inviable. La solución era tan sencilla como montar antenas de recepción en lo alto de las colinas o montañas para llegar (vía cable) hasta las casas de los valles.

Los inicios se remontan a Estados Unidos en donde en 1950 este sistema ya tenía 14.000 subscriptores y una década más tarde se llegaba a los 850.000 usuarios.

El paso siguiente fue el de importar señales de TV de otros países, y ofrecerlas a la “comunidad” cableada. Aunque se vio como una competencia a las emisoras locales, con lo que se crearon fuertes restricciones legislativas y se paró el desarrollo del cable.

#### **2.3.14. Inicios del cable en Ecuador**

Fue en la década de los ochenta en donde se da paso a la televisión por cable, esta fue TV Cable, fundada en 1986, incrementando cada día el número de afiliados a esta red, teniendo un crecimiento masivo en todo el país.

TVCable fue fundada en 1986. Ese año se inició la construcción e instalación de sus sistemas de Televisión por Cable y Aerocable (Televisión por Cable de acceso aéreo), llegando con sus redes de distribución a varios sectores de las principales ciudades del país.

En septiembre de 1987 TVCable empieza sus actividades entregando lo último en tecnología y lo más actualizado en televisión mundial a sus suscriptores. Su crecimiento masivo le permitió llegar a todos los sectores urbanos de Quito, Guayaquil, Cuenca, Loja, Ambato, Portoviejo, Manta, Ibarra, Tulcán, Salinas, Riobamba y Machala.

### **2.3.15. HFC, Hybrid Fiber Coaxial**

Las redes HFC nacen para mejorar los viejos sistemas CATV y optimizar las redes existentes para este servicio implementando el uso de Internet ancho de banda en estas.

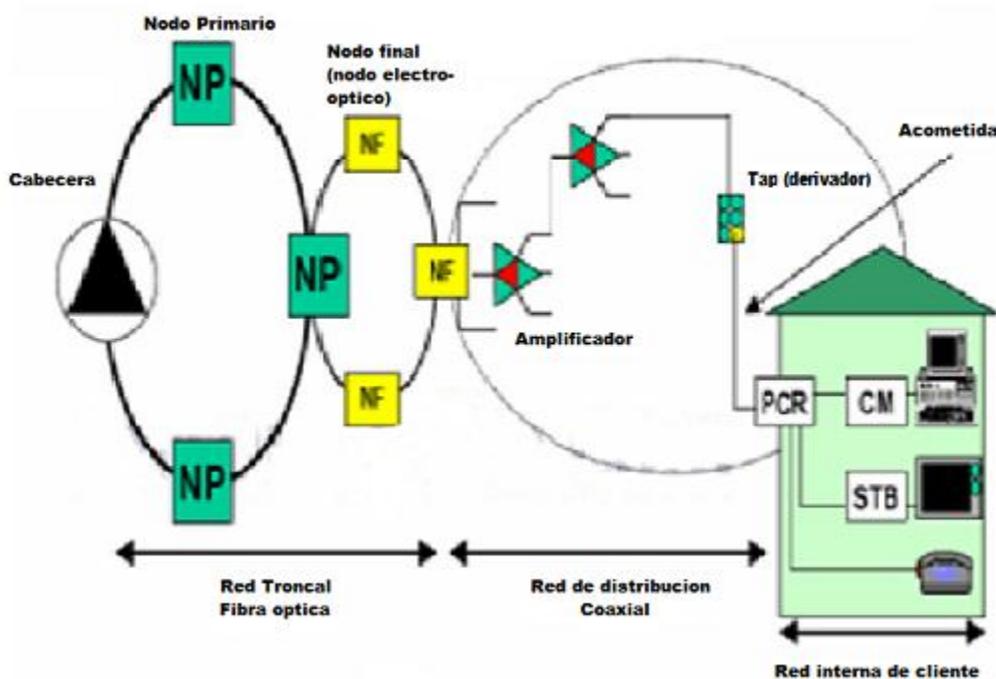
Estas funcionan en base a un estándar llamado DOCSIS que regula todo los patrones de las redes, desde los cable modem de los usuarios hasta las centrales de monitoreo o CMTS. Basadas en nodos interconectados por fibra óptica a una central y conectados internamente por cable coaxial, estas redes tienen ciertos tipos de vulnerabilidades que son posibles de explotar por el usuario como es la clonación de MACs para el acceso no autorizado al sistema o el aumento de las velocidades de subida y bajada configuradas para el usuario. Pero así como tiene un sinnúmero de fallas el sistema, también hay muchas medidas para contrarrestar estas fallas y así evitar accesos no autorizados a la red, claro está que ninguna tecnología es 100% segura pero se pueden tomar las medidas respectivas para tratar de hacer que esta sea lo más segura posible o simplemente hacerles más difícil a los hackers conectarse de forma ilegal en sus sistemas.

### **2.3.16. Sistemas de telecomunicaciones con tecnología HFC**

Una red HFC (hibrid fiber coaxial) es una red híbrida de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y coaxial (cobre) como soportes de la transmisión de señales, este tipo de red ofrece todo tipo de servicio por un único acceso y de manera integrada, reemplazando parte de la red coaxial con fibra óptica, tiene mayor capacidad de servicio, mayor alcance y es bidireccional, a diferencia de las redes basadas solo en cable coaxial, las cuales son muy limitadas en los servicios que pueden ofrecer.

Las redes HFC son capaces de ofrecer y soportar varios servicios por un único acceso y de forma integrada esto es, TV, telefonía, internet y otros servicios.

La arquitectura de una red HFC está configurada en forma de anillos multipunto, primarios (transporte) y secundarios (fibra); de los anillos secundarios salen acometidas de red coaxial; es una topología más lógica que física en la mayoría de los casos, permite que el sistema vaya creciendo progresivamente en función de la demanda de utilización del canal de retorno.



*Figura II.2. Red HFC*

Los cable módems permiten que las redes HFC sean de transmisión bidireccional transparente; ofrecen al usuario y a otras redes desde la cabecera, interfaces estándar y se conectan a la red HFC mediante un conector de cable coaxial de tipo F y al PC a través de una interfaz Ethernet, contemplan una serie de medidas de seguridad, tales como: control de acceso al sistema, tienen una dirección única asignada desde la fibra óptica dados desde la cabecera antes de poder acceder a la red, en la actualidad

este elemento está siendo sustituido por el adaptador terminal multimedia MTA el cual tiene funciones ampliadas esto es voz y datos.

La tecnología de acceso sobre redes HFC se puede considerar como una tecnología de banda ancha madura y utilizable pero en continua evolución hacia la creación de una red completamente integrada, desarrollando paulatinamente mayores capacidades de acceso, integración de otras tecnologías y servicios, en la actualidad los operadores de cable ofrecen los servicios Triple Play (TV, telefonía e internet), la tendencia a corto plazo es ofrecer también telefonía móvil, lo que se denomina Cuádruple Play.

Una de las interrogantes que nos planteamos es ¿Por qué no se construye toda la red con fibra óptica, a pesar de todos los beneficios que éstas brindan, como es un mejor ancho de banda, menos inmune a los ruidos y menor atenuación con respecto al cable coaxial; la respuesta es muy simple, las conexiones y los puntos finales de banda ancha de las redes de fibra son mucho más caros que con el coaxial, las fuentes ópticas y receptores que envían y reciben las señales en la red F.O aumentan enormemente los costos, si bien es cierto, la fibra puede ser económicamente efectiva para largas comunicaciones punto a punto, el coaxial es más barato cuando hay muchos ramales y conexiones en la red.

Con el desarrollo incontenible de la tecnología en telecomunicaciones, hemos observado con el transcurrir del tiempo como ha ido evolucionando el concepto de red de TV por cable hacia red de telecomunicaciones, tanto desde el punto de vista tecnológico con la llegada de las redes HFC, como desde el punto de vista de las nuevas tendencias de redes de telecomunicación orientadas a satisfacer los nuevos servicios.

En América del Sur, países como Chile, Perú, Colombia y Argentina tienen

implementado este tipo de redes, en Ecuador la operadora ECUTEL, GRUPO TV CABLE, entre otras cuenta con una red HFC, tanto en Guayaquil como en Quito

### **2.3.17. Estándares**

Existen tres principales estándares de normalización asociados a los servicios de acceso de datos en las redes HFC: DOCS IS (Data Over Cable Service Interface Specification), DVB-RCC (Digital Video Broadcasting-Return Channel Cable) y Euro DOCS IS.

Estos estándares están diseñados sobre las especificaciones de protocolos de capa física y del protocolo MAC del modelo de referencia OSI para redes bidireccionales HFC.

Al referirnos a las especificaciones de la red Híbrida Fibra-Coaxial (HFC) en el Ecuador, esta se acoge al estándar DOCSIS con sus diferentes actualizaciones .

### **2.3.18. DOCSIS.**

DOCSIS son las siglas de Especificación de Interfaz de Servicios de Datos Por Cable (Data Over Cable Service Interface Specification), es un estándar internacional, no comercial, que define los requerimientos de la interfaz de soporte de comunicaciones y operaciones para los sistemas de datos por cable, lo cual permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema CATV sobre una infraestructura Híbrida-Fibra-Coaxial (HFC) existente. Este comienza a ser desarrollado por la empresa CableLabs en el año 1997 con la colaboración de otras compañías. DOCSIS es el principal estándar usado por los cable-módem en la actualidad.

El estándar DOCSIS cubre todo elemento de la infraestructura de un cable-módem, desde el equipo local del cliente (CPE por sus siglas en inglés) hasta el equipo terminal (head-end) del operador. Esta especificación detalla muchas de las funciones

básicas del cable-módem de un cliente, incluyendo cómo las frecuencias son moduladas en el cable coaxial, cómo el protocolo SNMP se aplica a los cable-módems, cómo los datos son interrumpidos (tanto los enviados como los recibidos), cómo el módem debe conectarse en la red con el CMTS, y como la encriptación es iniciada. Muchas funciones adicionales son definidas, pero por lo general no son usadas a menos que el CMTS lo requiera.

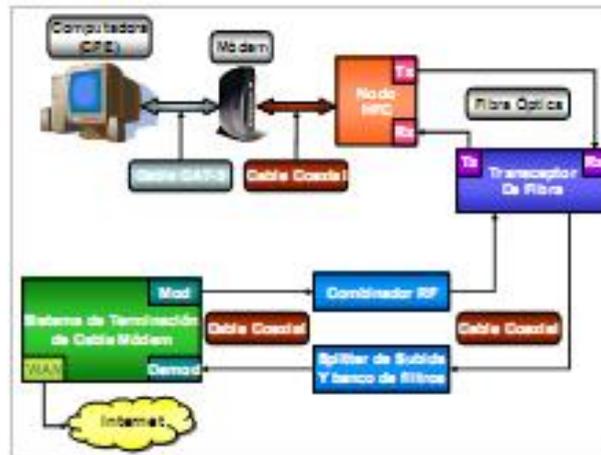
Tres versiones principales de estándares DOCSIS han sido sacados e implementados. El más popular, el cual la mayoría de los cable-módems y equipos terminales soportan, es DOCSIS 1.0.

DOCSIS 1.0 es el estándar original implementado en 1998. La principal meta de este estándar fue crear interoperabilidad entre cable-módems y proveedores de servicios. DOCSIS 1.0 incluye muchas especificaciones que son opcionales y que no son requeridas para la certificación, y esto resultó en muchos problemas de seguridad. Por ejemplo, los clientes fueron capaces de cambiar el firmware de su módem ya que el servidor SNMP del módem no estaba configurado para deshabilitar la administración local Ethernet.

### **2.3.19. Topología de las redes HFC.**

Los equipos del cliente o CPE (Customer Premise Equipment) por sus siglas en inglés, tales como una PC casera, se comunican sobre una conexión de red utilizando el protocolo IP. Usualmente esto es hecho con una tarjeta de interfaz de red Ethernet y un cable de categoría-5 (CAT5); sin embargo, nuevos modelos de módems proporcionan una interfaz USB en su lugar. El cable-módem mismo se conecta a un cable coaxial compartido que usualmente conecta muchos otros módems y termina en un nodo HFC.

La figura II.3. Muestra cómo funciona esto.



**Figura II.3.** Diagrama Detallado de la Topología DOCSIS

Un nodo híbrido de fibra y coaxial (HFC) es un dispositivo de campo de dos vías que convierte las frecuencias analógicas a señales digitales y viceversa. El nodo de fibra toma las frecuencias de radio en un cable coaxial (transmitidas desde el cable-módem), las convierte en señales digitales, y luego transmite los datos a un cable de fibra óptica. Los datos que son recibidos desde el cable de fibra óptica (transmitidos desde el CMTS) son convertidos a una señal analógica y luego son transmitidos a la línea de cobre compartida. Este nodo de fibra convierte las señales analógicas en pulsos digitales de luz que son transferidos a través del cable de fibra óptica. Dos cables de fibra óptica son necesarios: Uno para la transmisión de datos (Tx) y el otro para la recepción de datos (Rx). Los nodos HFC ofrecen a los proveedores de servicios muchas ventajas.

Los nodos HFC usualmente son ubicados estratégicamente en vecindarios donde puedan conectar la mayor cantidad de usuarios con la menor distancia promedio total.

Estos nodos individuales son conectados a un nodo concentrador o repetidor

multipuesto (hub) central en el equipo terminal del proveedor (llamado transceptor de fibra en la figura 3.2.) utilizando cables de fibra óptica. El propósito de este concentrador es de que sirva de interfaz entre el cable de fibra óptica desde el campo de servicio y el cable coaxial del CMTS.

El hub transceptor de fibra recibe frecuencias de radio de 50 a 860 MHz del dispositivo combinador de RF en la interfaz coaxial. Un combinador de RF es un dispositivo que combina múltiples frecuencias de radio de diferentes fuentes (entradas) hacia un solo medio compartido (salida). El combinador de RF también es usado para añadir al cable coaxial las frecuencias de otros servicios, tales como los canales de televisión digital o análoga. El hub transmite frecuencias de 5 a 42 MHz a un divisor de señal (splitter) de subida y banco de filtros. Estos datos son solo los datos que regresan (subida) de todos los cable-módems.

Finalmente, tanto las señales de subida como las señales de bajada se conectan al Sistema de Terminación de Cable-módems o CMTS (Cable Modem Terminal System).

Aquí, las frecuencias más bajas del divisor de señales de subida son demoduladas, y las frecuencias más altas de bajada son moduladas al cable coaxial. El dispositivo CMTS, el cual usualmente está montado sobre un bastidor (rack), procesa todos los paquetes en frecuencia específicas; también tiene un puerto de Red de Área Amplia (WAN) que usualmente está conectado directamente al backbone de Internet o a otra puerta de enlace al Internet.

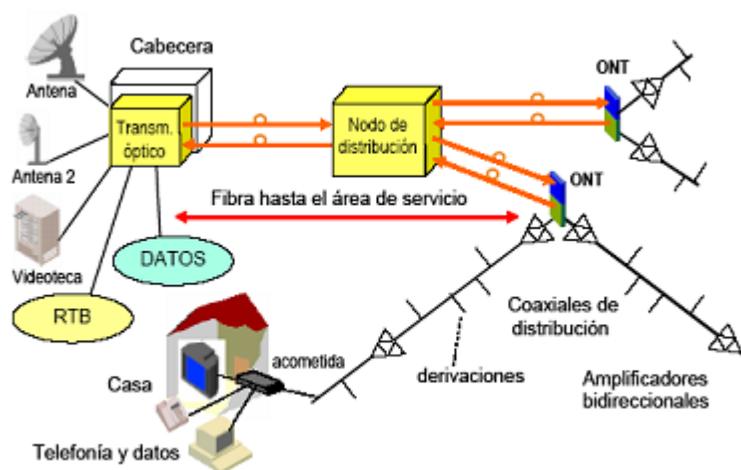
### **2.3.20. COMPONENTES.**

Una red HFC está compuesta básicamente por una cabecera de red, la red

troncal, la red de distribución, y el último tramo de acometida al hogar del abonado con su equipo terminal como se muestra en la figura.

### 2.3.20.1. La cabecera

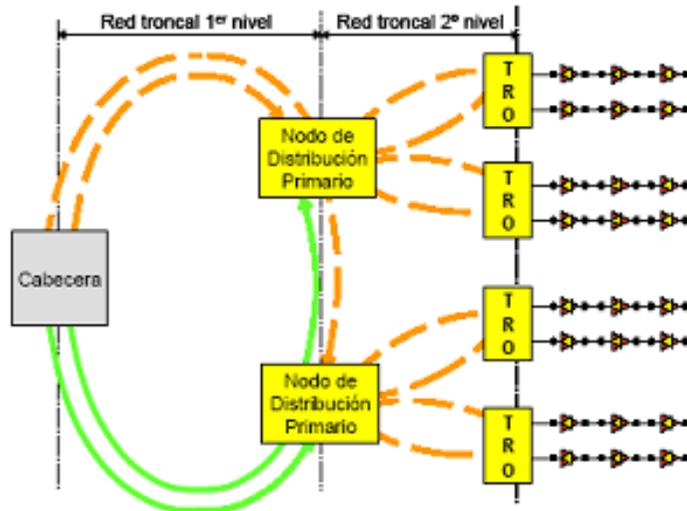
La cabecera es la encargada de recibir y reunir toda la información de vídeo y audio que se va a difundir, modularla, multiplexarla, propagarla a los usuarios, monitorizar la red, supervisar su correcto funcionamiento, hacer la tarificación y control de los servicios prestados a los abonados, como se observa en la figura



*Figura II.4. Estructura de la red HFC.*

El monitoreo se está convirtiendo rápidamente en un requerimiento básico de las redes de cable, debido a la actual complejidad de las nuevas arquitecturas y a la sofisticación de los nuevos servicios que transportan, que exigen de la red una fiabilidad muy alta.





*Figura II.6. Red troncal a dos niveles, transmisión hacia el usuario*

### **2.3.20.3. Red de Distribución.**

En los nodos secundarios las señales ópticas se convierten a señales eléctricas y se distribuyen a los hogares de los abonados a través de una estructura tipo bus de coaxial; cada nodo tiene capacidad para alimentar unos pocos cientos de hogares (500 es un tamaño habitual en las redes HFC), lo cual permite emplear cascadas de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha como máximo.

Con esto se consiguen unos buenos niveles de ruido y distorsión en el canal descendente (de la cabecera al abonado).

### **2.3.20.4. Red de Acometida.**

La red de acometida o conexión con el usuario es el último tramo del recorrido de las señales descendentes, desde la última derivación hasta la base de conexión de abonado.

Esta conexión se realiza mediante tramos cortos de coaxial de baja calidad.

#### **2.3.20.5. Equipo Terminal.**

El equipo terminal del usuario (SET TOP BOX) se encuentra en la casa de cada uno y es donde se recibe y transmite la información del usuario en la red.

#### **2.3.20.6. Equipos relacionados con el servicio de distribución de televisión.**

Los sistemas de cable están diseñados para que las emisiones de televisión analógica en abierto puedan recibirse directamente por los receptores de TV estándar sin necesidad de ningún equipo de adaptación.

Para la recepción de señales de televisión analógica codificada es necesario la introducción de un equipo set top box entre la toma coaxial y el receptor de TV.

Dado la enorme cantidad de televisores analógicos existentes, la aproximación más extendida es la utilización de adaptadores (set-top boxes) entre el dominio digital y el receptor analógico.

#### **2.3.20.7. Módems de cable.**

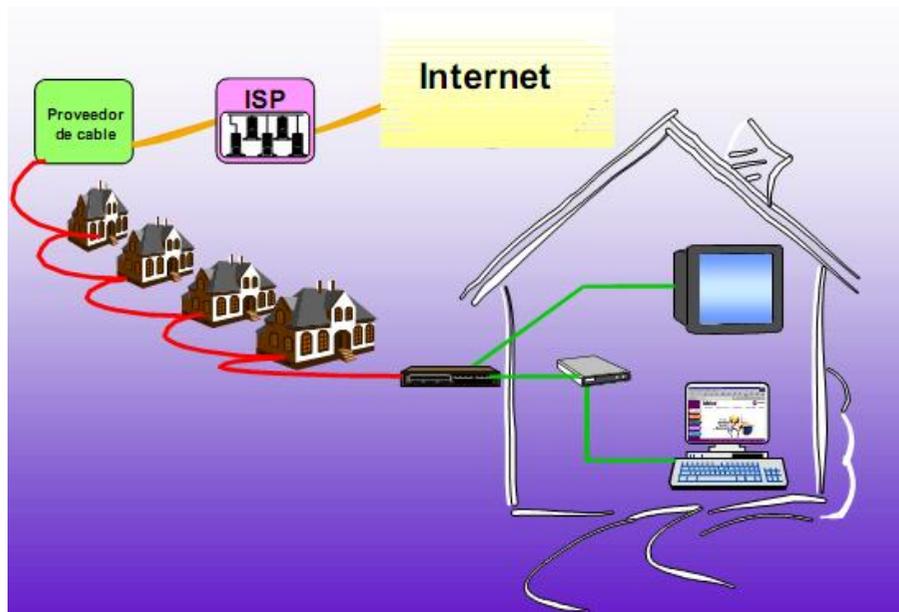
La función de un módem de cable (CM) es convertir la red de cable CATV en una vía transparente para el transporte de datos a alta velocidad, ofreciendo hacia el usuario interfaces estándar, normalmente 10/100 BaseT. En realidad, los módems funcionan como pasarelas (gateways), pasando de un protocolo Ethernet al protocolo utilizado en la red de cable.

#### **2.3.21. Esquema simple de la provisión de servicios internet mediante el Cable**

A continuación se presentan de forma simplificada los elementos básicos que constituyen la cadena de servicio. El ISP o proveedor de internet, suele estar integrado

en el mismo operador de cable, situándose los equipos en la cabecera del operador.

Se observa como en el mismo cable viajan juntas las señales de telefonía, televisión radio e internet. Decodificándose cada una con su propia caja de usuario (también llamada en el sector: set top box).



*Figura II.7. Esquema simple de la provisión de servicios de internet por cable*

### **2.3.22. Escalabilidad.**

La topología de las redes HFC permite la ampliación progresiva del sistema en función de la demanda de utilización del canal de retorno; la solución consiste en ir reduciendo el número de abonados que comparten cada canal de retorno a medida que crece el tráfico.

Así, por ejemplo, se puede partir de una situación inicial con 200 usuarios en la rama de cable coaxial. En caso de que aumente el volumen de tráfico en el canal de retorno, esta cantidad puede reducirse a 100 usuarios.

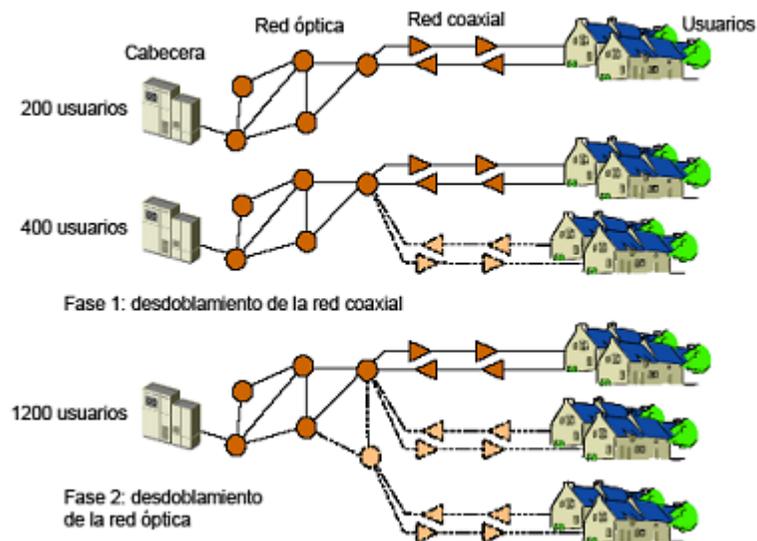
Para efectuar esta reducción, es necesario ir aproximando cada vez más la fibra óptica

hacia los usuarios, con lo que el tamaño del nodo óptico se reduce y, por tanto, el número de abonados que comparten cada canal de retorno; esto es posible gracias a que en el despliegue de las ramas troncales se suelen emplear cables con múltiples fibras (cables de 48 ó 96 fibras), utilizándose inicialmente tan sólo dos (una para cada sentido.).

En caso de requerir ampliar la capacidad del sistema o proporcionar accesos de abonado dedicados, la solución consiste en hacer uso de las fibras sobrantes.

En la figura 3.8 se ilustra la aplicación práctica de los conceptos que se acaban de describir.

Otra posible medida para aumentar el ancho de banda disponible para cada usuario sería llevar la fibra óptica hasta el hogar del abonado, a medida que la demanda de nuevos servicios multimedia (audio y video) así lo requieran.



**Figura III.8.** Escalabilidad de una red HFC

### **2.3.23. Empresas en Ecuador que cuentan con redes HFC**

#### **2.3.23.1. Grupo TV Cable-Ecuador**

La empresa que a nivel nacional tiene redes HFC y enlaces inalámbricos es el

Grupo TV Cable conformado por:

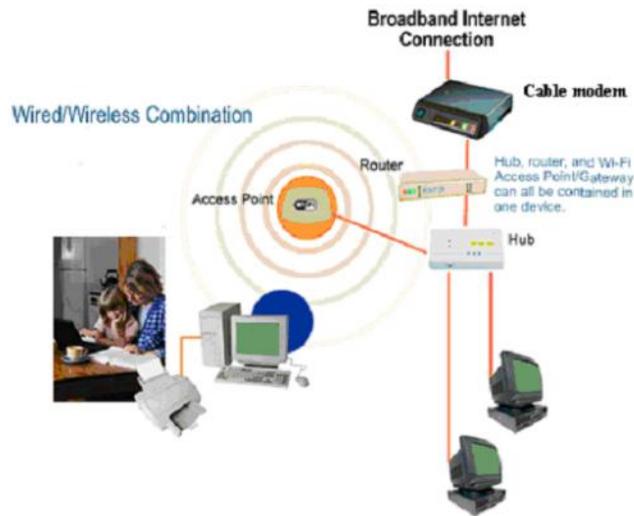
- Suratel
- Satnet (Cable Modem) y
- TV Cable

SURATEL, empresa que forma parte del GRUPO TVCABLE que provee servicios de transmisión de datos de alta capacidad y velocidad, brindando un servicio confiable, seguro y rápido, libre de errores e interferencias logrando que el cliente pueda satisfacer todos sus requerimientos tecnológicos e impulsar sus negocios.

TV Cable, empresa que posee la red coaxial para la transmisión del servicio de TV, esta tiene cobertura en las principales ciudades del país.

Satnet, empresa parte de la organización GRUPO TVCABLE que tiene a su haber la transmisión de Internet para usuarios no corporativos, utilizando la infraestructura de TV Cable y con ayuda de la tecnología inalámbricas propiedad de SURATEL como tal.

La división y la estructura de la empresa Grupo TVCABLE es transparente para el cliente; esto es que se lo toma como una sola empresa con su respectiva cobertura en el país como se muestra en la figura



*Figura II.9. Integración de HFC con Tecnologías inalámbricas.*

### **2.3.24. Ventajas, beneficios y desventajas tanto para el usuario final como del operador**

Algunas de las ventajas se las denota en los siguientes puntos tanto para el usuario final como para el operador

#### **2.3.24.1. Usuario final**

Dentro de una pequeña empresa, puede mejorar fácilmente workflow, dar a personal la libertad para moverse alrededor y permitir que todos los usuarios compartan los dispositivos de la red (computadoras, ficheros de datos, impresoras, etc.) con una sola conexión del Internet.

Permite a cada uno dentro de una casa tener acceso a otras computadoras, enviar archivos a las impresoras y compartir una sola conexión del Internet.

DOCSIS proporciona a los usuarios finales equipo altamente disponible y de bajo costo.

Los títulos de concesión de las redes de cable obligan a los concesionarios a realizar y

presentar “pruebas de comportamiento” una vez al año, lo que asegura aún más el nivel de confiabilidad del servicio.

No es necesario cablear para un nuevo usuario, la ventaja potencial del sistema.

No es necesario el construir torres para la instalación de los equipos

#### **2.3.24.2. Operador**

Si el operador elige equipos interoperables y basados en estándares, disfrutará de nuevas ventajas a la hora de implementar sus sistemas inalámbricos, como:

Las economías de escala que hace posible el estándar en costes de equipos inferiores.

Grupo TVCable no se convierte en cautivo de un único proveedor, ya que las estaciones base funcionarán con las estaciones de abonado de diferentes fabricantes.

El operador se beneficiará de equipos de menor coste y mayor rendimiento, puesto que los fabricantes de equipos desarrollarán rápidamente innovaciones sobre una plataforma común basada en estándares

La fibra introduce menos interferencias y número de amplificadores, lo que representa menos inversión con aumento de fiabilidad y de capacidad.

Señalización reducida: no existen procesos de conexión.

Conservación de puertos: al ser un medio compartido un solo puerto abastece cientos o miles de usuarios.

Debido al rápido despliegue de redes inalámbricas y a la demanda del mercado esta integración resultaría óptima en el desarrollo de la empresa y del país.

## **TECNOLOGÍAS PLC**

### **POWER LINE COMUNICATION**

#### **2.3.25. INTRODUCCIÓN**

La Banda Ancha sobre línea de energía (abreviada BPL por Broadband over Power Lines) representa el uso de tecnologías PLC que proporcionan acceso de banda ancha a Internet a través de líneas de energía ordinarias. En este caso, una computadora (o cualquier otro dispositivo) necesitaría solo conectarse a un "modem" BPL enchufado en cualquier toma de energía en una edificación equipada para tener acceso de alta velocidad a Internet.

A primera vista, la tecnología BPL parece ofrecer ventajas con respecto a las conexiones regulares de banda ancha basadas en cable coaxial o en DSL: la amplia infraestructura disponible permitiría que la gente en lugares remotos tenga acceso a Internet con una inversión de equipo relativamente pequeña para la compañía de electricidad. También, tal disponibilidad haría mucho más fácil para otros dispositivos electrónicos, tal como televisiones o sistemas de sonido, el poderse conectar a la red.

Sin embargo, las variaciones en las características físicas de la red eléctrica y la carencia actual de estándares por parte de IEEE significan que el suministro del servicio está lejos de ser un proceso estandarizado y repetible, y que el ancho de banda que un sistema BPL puede proporcionar comparado con sistemas de cable e inalámbricos está en duda. Algunos observadores de la industria creen que la perspectiva de BPL motivará a las empresas operadoras de DSL y de cable a suministrar más rápidamente el servicio de acceso a banda ancha a las comunidades rurales.

### **2.3.26. PLC**

PLC son las siglas de Power Line Communication, la tecnología que permite la transmisión de voz y datos a través de la red eléctrica existente. Este sistema posibilita actualmente la transmisión de información a velocidades de hasta 135 Mbps.

La red eléctrica es la más extensa del mundo, está formada por miles de kilómetros de cable, llega a más de 3.000 millones de personas y ofrece servicios incluso a aquellos lugares donde no hay teléfono. Utilizar esa extensa red para la transmisión de voz y datos. Conectarse a Internet a gran velocidad y usar la línea telefónica en cualquier enchufe es una realidad tangible por medio de esta Tecnología.

En la actualidad, esta tecnología nos ofrece una alternativa a la banda ancha ya que las PLC utilizan una infraestructura ya desplegada, como son los cables eléctricos. Basta un simple enchufe para estar conectado. Además, ofrece una alta velocidad, suministra servicios múltiples con la misma plataforma y permite disponer de conexión permanente.

Adicionalmente, al utilizar los cables eléctricos, como medio de transmisión, la instalación eléctrica domiciliaria se comporta como una red de datos en donde cada enchufe es un potencial punto de conexión al mundo de la Internet.

### **2.3.27. Historia y futuro de la Industria BPL**

Desde sus inicios la tecnología BPL fue utilizado para realizar comunicaciones internas y pruebas en laboratorios, los mismos que permitieron demostrar la posibilidad del uso del tendido eléctrico como medio de trasmisión de datos, aunque su velocidad de comunicación era muy bajo para los propósitos de monitoreo y de control.

Con la aparición de métodos de multiplexación más eficaces como la OFDM (Multiplexación Ortogonal por División de Frecuencia) y de microchips, muchas compañías comenzaron a desarrollar equipos y dispositivos que prestaban servicios de comunicación mucho más veloces a la par de las redes de comunicación tradicional. Europa y Asia han utilizado la tecnología BPL desde 1999, con mejores avances comparado con los Estados Unidos. España y Portugal están a la cabeza en BPL al ser los mayores desarrolladores de esta tecnología en el mundo, a esto se le añade que su sistema eléctrico está basado en el estándar de 240 voltios y cada uno de los transformadores brinda el servicio desde 200 a 250 hogares. En comparación a los Estados Unidos y algunos países de Latinoamérica como el Ecuador que poseen el tendido eléctrico basado en el estándar de 120 voltios y sus transformadores abarcan alrededor de 7.5 domicilios, económicamente es mucho mejor el sistema de 240 voltios para una tecnología que recién comienza, aunque el desarrollo de equipos y dispositivos para el estándar americano ha equilibrado la balanza competitiva.

De acuerdo al reporte de Research and Markets, el 33% de nuevos consumidores de banda ancha y el 13% de los ya existentes usuarios de banda ancha escogerán el servicio de BPL para el 2012.

Si a estos datos le añaden lo anunciado por la Universidad Penn State que, la tecnología BPL puede desarrollar tasas de transmisión de un gigabyte por segundo (Gbps) por kilómetro en una línea de poder de medio voltaje, la velocidad en el servicio para cada uno de los usuarios en un vecindario será de cientos de megabytes.

Con estos antecedentes, la evolución de la tecnología BPL se refleja en los servicios que brinda actualmente como: transmisión de audio y video, juegos en línea, VoIP, flujo de

datos, y los servicios que puede implementar a futuro como las denominadas “aplicaciones inteligentes” por ejemplo: las refrigeradoras y otros aparatos electrónicos dentro del hogar como lavadoras o cafeteras estarán conectadas a la red y podrán comunicar a sus dueños cuando deberán realizar un mantenimiento o si la despensa necesita reabastecerse con leche por ejemplo

### **2.3.28. El marco tecnológico**

La tecnología BPL no reemplaza a la red tradicional de telecomunicación, sino que es una tecnología de acceso que usa un medio diferente para transmitir servicios de comunicaciones. BPL aún requiere la conexión inicial al backbone de Internet.

Algunos reportes indican velocidades en la transmisión de datos arriba de los 45 Mbps con valores reales de aproximadamente 18 Mbps para ser compartidos entre los usuarios de un mismo circuito de medio voltaje con una distancia de cobertura de alrededor 1.6 km y se espera que la nueva generación de la tecnología BPL trabaje con velocidades mayores a los 100 Mbps en las líneas de media tensión, lo que significa que en estándares de 120 voltios como en el Ecuador y algunos países de América Latina, el usuario final recibirá entre 10 y 30 Mbps.

Por otro lado, reportes indican que la tecnología BPL puede ofrecer servicios simétricos con velocidades similares de subida (upload) y de bajada (download), a diferencia de sus competidores inmediatos como el Cable modem o DSL que proporcionan buenas velocidades de download pero son lentas para upload. En el caso del cable modem sus velocidades están aproximadamente en los 3 Mbps y para DSL entre los 800 kbps y 1.5 Mbps.

Es por esto, que la tecnología BPL es muy atractiva para consumidores de banda ancha

que necesitan conectar varios computadores en una casa y no tiene montado una red existente, o más aún cuando los consumidores están ubicados en zonas rurales y el servicio de comunicación es una necesidad inevitable y no un lujo.

En el horizonte de la tecnología BPL, se avizora del desarrollo del llamado “triple play” –voz, video y datos- como argumento de competitividad frente a las redes DSL, fibra óptica y el cable modem.

Un aspecto de vital importancia para el correcto funcionamiento de los servicios soportados sobre sistemas BPL, y sobre todo en un Servicio Triple Play, es el dimensionamiento adecuado de la interconexión de esta tecnología de acceso de banda ancha con cada una de las plataformas que soportan a cada uno de los servicios del Triple Play.

La Nueva Generación de Power Line Communications permite ofertar actualmente velocidades de hasta 400 mbps, lo cual facilita junto al empleo del multicast y el protocolo IGMP que estas puedan soportar novedosos servicios como el IPTV, el cual facilitaría a países latinoamericanos y de otras regiones del tercer mundo que no disponen de infraestructura de Banda Ancha acortar su brecha digital sobre todo en regiones rurales y aisladas con una significativa reducción de los costos de las inversiones.

### **2.3.29. Funcionamiento de PLC**

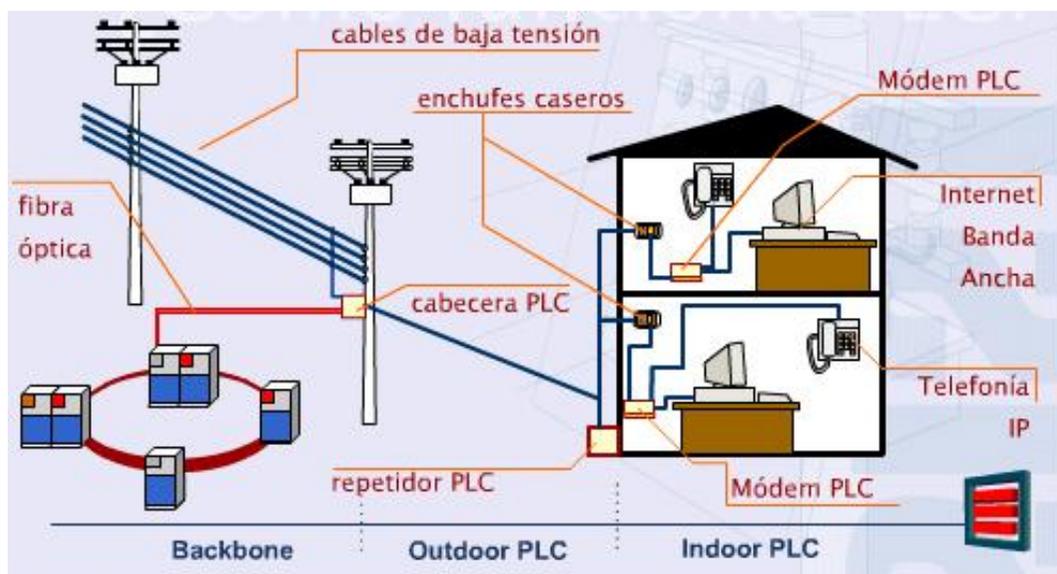
A continuación se presenta más detalladamente y desde el punto de vista técnico el funcionamiento de esta tecnología.

La comunicación PLC por los cables electrónicos requiere de un MODEM cabecera en el centro de transformación eléctrica que ilumina el edificio para enviar la señal.

En el domicilio del usuario se instala un MODEM PLC (similar a los de ADSL) donde se podrán conectar sus equipos de transmisión de voz y datos como computadores, teléfonos, impresoras y potencialmente otros dispositivos preparados para ello (como alarmas, aire acondicionado, etc.)

La tecnología Power Line Communications basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un Centro Transformador, Hasta el cliente, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos.

Básicamente, esto transforma al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión.



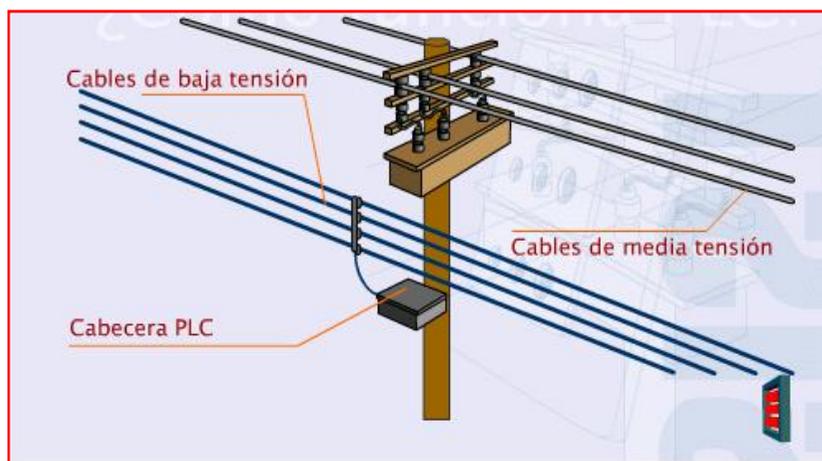
*Figura II.10. Funcionamiento PLC.*

### 2.3.30. Arquitectura de una red de acceso PLC

La arquitectura de esta red consta de dos sistemas formados por tres elementos. El primer sistema denominado “de Outdoor o de Acceso”, cubre el tramo de lo que en

telecomunicaciones se conoce “última milla”, y que para el caso de la red PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica.

Este primer sistema es administrado por un equipo cabecera (primer elemento de la red PLC) que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones o backbone. De esta manera este equipo cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

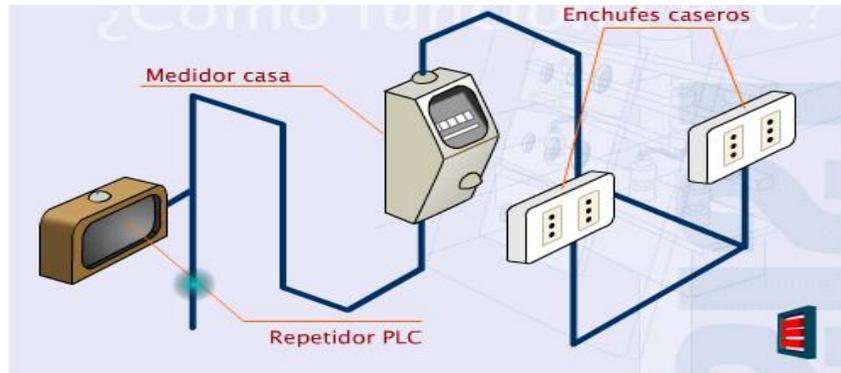


*Figura II.11. Sistema Outdoor.*

El segundo sistema se denomina “de Indoor”, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor, segundo elemento de la red PLC. Este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un MODEM terminal y equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del

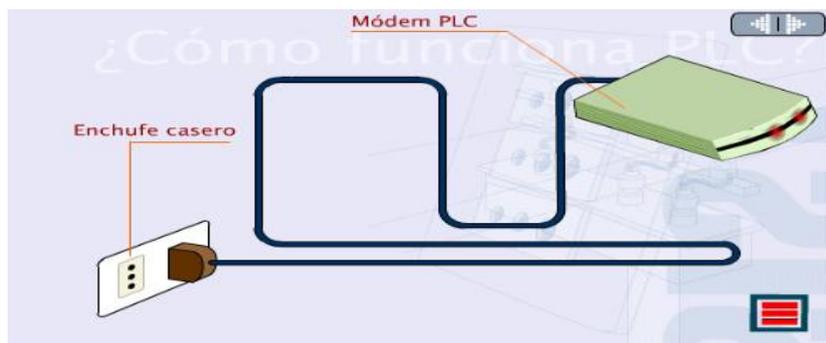
sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor.



*Figura II. 12. Sistema Indoor.*

El tercer y último elemento de la red PLC lo constituye el MODEM terminal o MODEM cliente, que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe.

De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico.



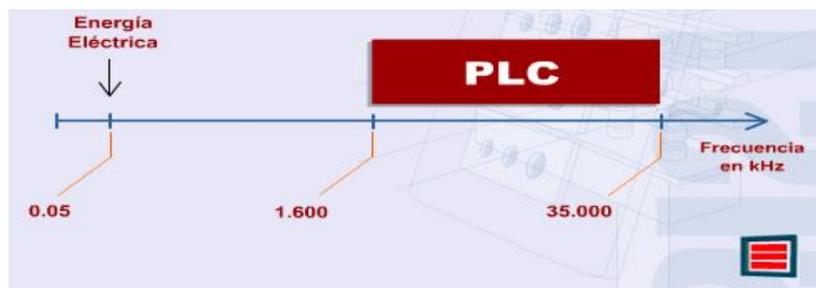
*Figura II. 13. Sistema modem terminal.*

A este MODEM se pueden conectar un computador, un teléfono IP u otro equipo de comunicaciones que posea una interfaz Ethernet o USB. Por su parte en la tecnología

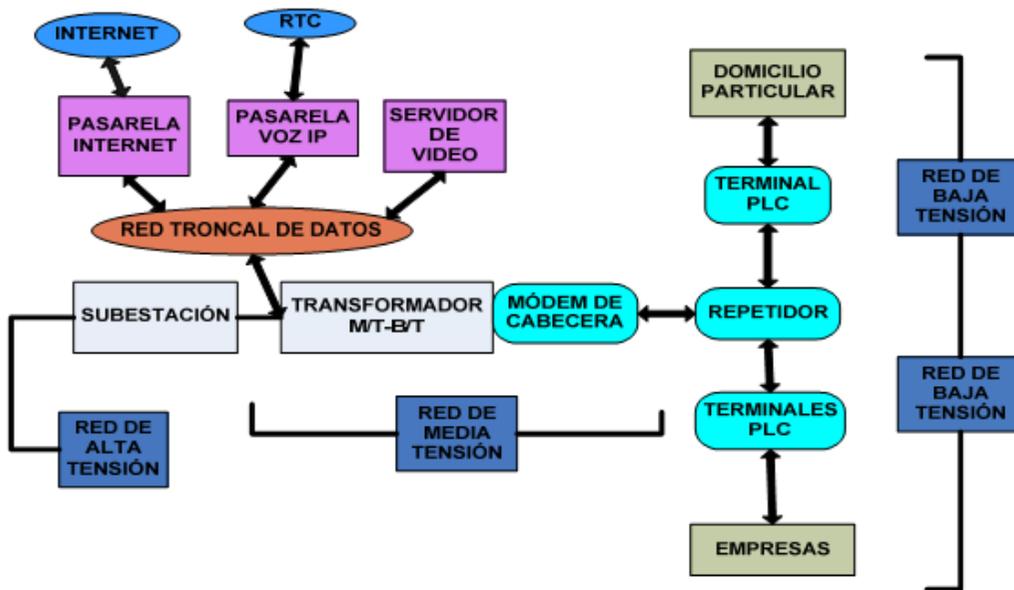
PLC el equipo cabecera (equipo emisor) emite señales de baja potencia (50mW) en un rango de frecuencias que van desde 1.6 Mhz hasta los 35 Mhz, es decir en una frecuencia varios miles de veces superior a los 50 Hz en donde opera la energía eléctrica. Al otro extremo del medio de transmisión (el cable eléctrico) existe un receptor (equipo terminal) que es capaz de identificar y separar la información que ha sido transmitida en el rango de frecuencia indicado.

El hecho de que ambos servicios, los de energía eléctrica y los de transmisión de datos, operen en frecuencias muy distintas y distantes, permite que estos puedan compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro. De esta manera, la tecnología

PLC permite aprovechar una propiedad propia del conductor eléctrico que hasta la fecha se encontraba sin aprovechar la banda de frecuencia no utilizada por la energía eléctrica.



*Figura II. 14. Frecuencia de funcionamiento*



*Figura II. 15. Arquitectura de la red PLC*

### 2.3.31. Topología

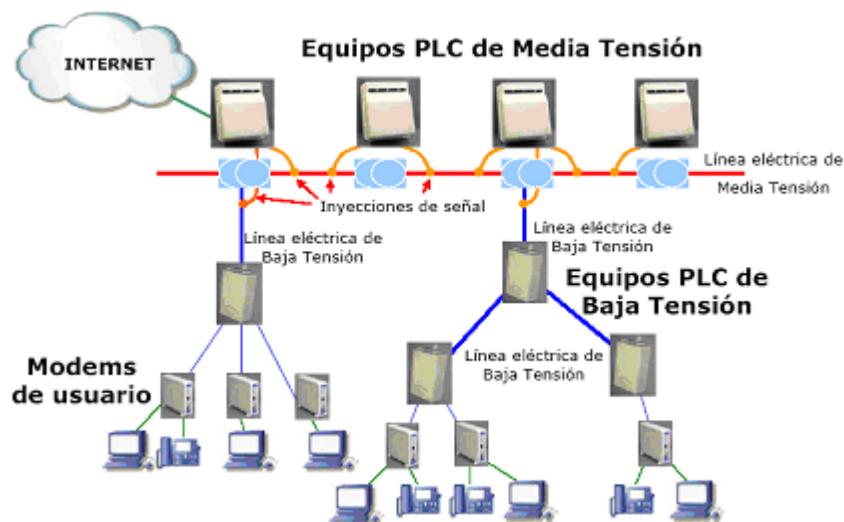
La topología del sistema PLC es realmente la topología de la red de provisión de energía eléctrica, usada como medio de transmisión, y dependerá de algunos factores como son:

- a) Ubicación.- El campo que podría abarcar un sistema PLC depende del tipo de sector ya sea comercial, residencial o industrial. Esto tendrá relación con el tipo de usuarios y sus requerimientos.
- b) Densidad de uso.- Se refiere al número de usuarios de la red. La cantidad de usuarios serán de baja densidad, en casas unifamiliares y de muy alta densidad en apartamentos, torres comerciales u oficinas de varios edificios.
- c) Longitud.- Distancia entre usuario y transformador, que depende de la clase de red o si es zona urbana o rural.

### 2.3.32. Topología física de la Red PLC

La topología de la red eléctrica es tipo árbol y una red PLC también se estructura de esa forma, sea que los equipos PLC se ubiquen en lugares centrales, en las cercanías del usuario PLC o en cualquier lugar de la red. La consideración que se debe tomar en cuenta es la distancia entre los equipos PLC centrales y los equipos de usuario, para evitar la instalación de elementos extras que incrementan los costos de la red.

Un nodo de enlace troncal, denominado Unidad de Acondicionamiento, desde el se ramifican los demás nodos, que serían las Unidades de Usuario si la distancia es corta, o Unidades Repetidoras a distancias mayores de 300 m para la red de MT y 150 m para la red de BT. La comunicación entre los UA y las UU o las UR se establece mediante una configuración full-duplex punto a multipunto.



*Figura II.16. Topología Tipo Árbol de la Red PLC*

### 2.3.33. Topología lógica de la Red PLC

La topología lógica se refiere a como la información viaja por los medios del cableado eléctrico. En el sistema PLC se considera dos tipos de transmisiones:

- La información que viaja de la estación maestra a los usuarios
- La información que viaja de los usuarios a la estación maestra.

Estos dos tipos de transmisiones son consideradas como tipo bus lógico; es decir, conectando las estaciones de red con una estación maestra, la cual provee la comunicación a toda la red de distribución eléctrica. Cada nodo supervisa la actividad de la línea. La información que va de la estación maestra es detectada por todos los nodos aunque solamente es aceptada por el nodo o los nodos hacia los que va dirigido. Como una red en bus se basa en una "autopista" de datos común, un nodo averiado sencillamente deja de comunicarse; esto no interrumpe la operación.



*Figura II.17. Topología lógica tipo bus empleada por PLC*

### 2.3.34. Seguridad

Como todo medio de transmisión público, se van a presentar problemas de seguridad en la transmisión de datos a través de las redes eléctricas.

PLC parte de la base que múltiples viviendas compartirán un mismo centro de transformación y la misma línea eléctrica. La red de transmisión de datos que

pertenezca a un usuario específico va a circular por la vivienda de otro, no obstante la tecnología PLC ha sido pensada de tal manera que se minimice la cantidad de información que pueda transmitirse por la línea de otros usuarios.

Para poder interceptar el tráfico de datos de una red PLC sería necesario haber accedido previamente a la red eléctrica.

El hardware para la implementación física de la tecnología PLC incluye mecanismos de encriptación, de tal manera que todos y cada uno de los paquetes son encriptados antes de su transmisión a la red eléctrica, de esta manera cada uno de los usuarios verá la señal del otro como ruido. Esto se logra al tener cada usuario una “llave” única para la decodificación de las señales y todo lo que se transmita en su propia LAN será visible para él mientras que no lo será para el resto de los usuarios.

La tecnología PLC actual contempla una encriptación de datos para impedir la interceptación del tráfico de datos, denominado Data Encryption Standard (DES) es un algoritmo de cifrado, que cifra información para dar seguridad, DES ha sido sometido a un intenso análisis académico lo que dio un concepto moderno del cifrado por bloques y su criptoanálisis. En criptografía el Triple DES (TDES o 3DES) es el algoritmo que hace triple cifrado del DES. Una encriptación de 56-Bit puede ser insegura (normalmente es el sistema de cifrado que viene en la mayoría de equipos PLC). Para solucionar el problema con la longitud de la clave es preferible el algoritmo Triple DES, que consiste en utilizar tres veces DES. La clave utilizada por Triple DES es de 128 bits (112 de clave y 16 de paridad); es decir, dos claves de 64 bits (56 de clave y 8 de paridad) de los utilizados en DES. El motivo de utilizar este tipo de

clave es la compatibilidad con DES. Si la clave utilizada es el conjunto de dos claves DES iguales, el resultado será el mismo para DES y para Triple DES.

Para aplicaciones que manejan datos sensibles, se recomienda mejorar aún más la seguridad mediante conexiones SSL y VPN. Además la seguridad dentro de la red PLC está garantizada por medio de mecanismos de autenticación basados en protocolos cliente/servidor; en estos el servidor actúa controlando el tráfico hacia y desde los clientes y aquellos mantienen su privacidad por medio de la implementación de redes virtuales (VLAN). Con un nivel de seguridad así, se considera casi imposible que alguien pueda acceder a los datos.

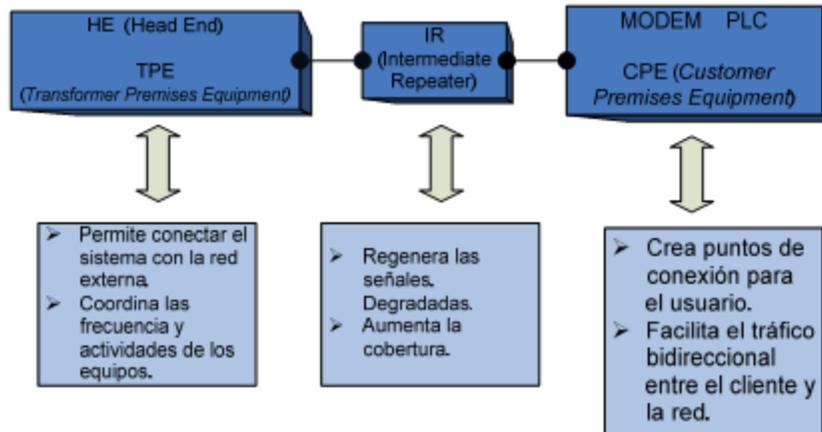
### **2.3.35. Red básica de BPL Ó PLC.**

Una red BPL ó PLC de baja tensión consta de 3 elementos fundamentales:

- Head End o equipo de cabecera.
- Repetidor
- CPE o módem de usuario.

### **2.3.36. Configuración de una red PLC**

Una red PLC se encuentra configurada por los siguientes elementos:



*Figura II.18. Elementos de la red PLC.*

### 2.3.36.1 HE o Unidad de Acondicionamiento

Es el componente principal en la topología de una red PLC, emite señales de baja potencia (50mW) y coordina las frecuencias y actividades del resto de equipos que conforman la red de manera que se mantenga constante el flujo de datos durante la transmisión. Además permite conectar el sistema de la red a un backbone de telecomunicaciones (WAN, Internet, etc.) o al proveedor de servicios de Internet (ISP), por lo que es el interfaz entre la red de datos y la red eléctrica.

Las UA PLC se ubican en cada subestación de distribución eléctrica, cerca al transformador de media a baja tensión. Esto depende realmente del modelo del sistema PLC que se implemente. Una UA puede llegar a contener unas doce unidades transmisoras con una estructura típica de armario o rack, integradas en un mismo módulo. Cada una puede comunicar un canal y ofrecer servicio a unos 50 usuarios normalmente. Los datos ingresan a estas estaciones y son incorporados a la señal eléctrica. La elección de su ubicación es un aspecto clave de la arquitectura de una red PLC, ya que es esencial que la introducción del flujo de datos tenga la máxima cobertura o alcance posible.



**Figura II.19.** Unidad de Acondicionamiento en cámara de transformación.

Existen Unidades de Acondicionamiento de MT que transmiten las señales a una distancia de 1500 m y las UA de BT tienen un alcance de 150 m.

Estos equipos poseen varias tarjetas, lo que permite flexibilidad en el desarrollo del diseño.

#### **2.3.36.2. Unidad Repetidora**

Se usa para extender el alcance de la señal de datos. Es requerido cuando existe una distancia considerable entre la Unidad Acondicionadora y la Unidad de Usuario. Su función es regenerar la señal afectada por la atenuación del medio de transmisión debido a la distancia. Consigue altas velocidades de transmisión en lugares alejados de la UA. La UR aumenta la cobertura del servicio y se conecta a las líneas eléctricas mediante acopladores eléctricos.

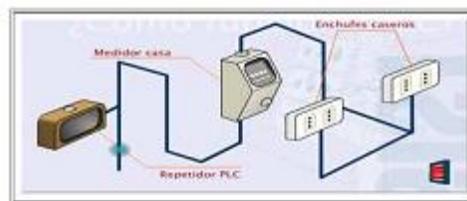
En general se trata de evitar el uso de los repetidores tanto como sea posible, ya que agregan costos adicionales a la red PLC.

- Permite velocidades de 45 Mbps
- Permite 32 conexiones simultáneas (esclavos).
- Posibilidad de manejo de 64 direcciones MAC.

- Alta sensibilidad del receptor para asegurar su cobertura.
- Fácil sistema que emplea el concepto de VLAN y servicios QoS.



*Figura II.20. Unidad repeditora PLC*



*Figura II.21. Posición de la Unidad Repetidora en la red eléctrica*

### **2.3.36.3. Unidad de Usuario o MÓDEM PLC**

Dispositivos terminales que se enchufan en la Red de suministro eléctrico, para utilizar esta como medio del enlace de datos. Permite conectar un equipo a la red de datos establecida por la UA. Se ubica en los hogares de los usuarios. Su función es convertir cada toma de corriente en un punto de conexión de terminal de usuario.

Este adaptador eléctrico es un dispositivo pasivo que se encarga de inyectar la señal de alta frecuencia de datos en la red eléctrica. Consta básicamente de unidades acondicionadoras (UA) que filtran las señales para hacer fluir la energía eléctrica a través de las tomas de corriente y a su vez dejar pasar los datos, liberándolos mediante un interfaz PCI, USB, Ethernet, Wireless LAN u otros, facilitando el tráfico

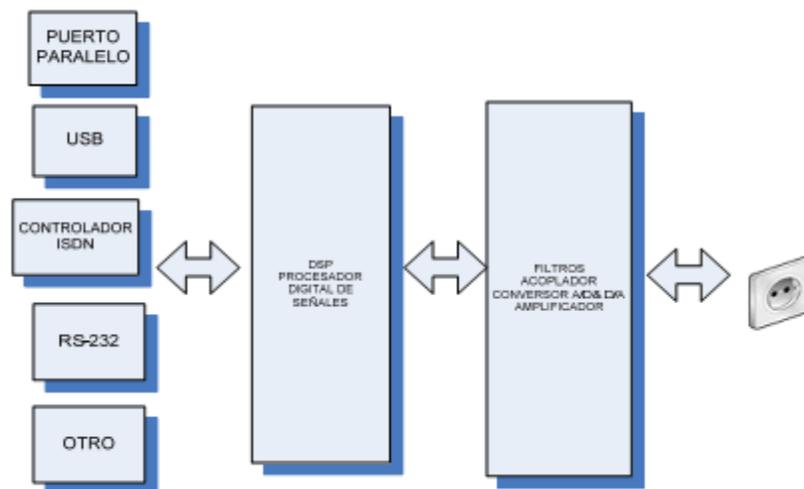
bidireccional entre el cliente y la red. Este equipo sería el equivalente al “splitter” de ADSL. Las UU reportan sus actividades a las unidades de acondicionamiento.



**Figura II.22.** Unidad de Usuario PLC

Su arquitectura interior está conformada de tres partes:

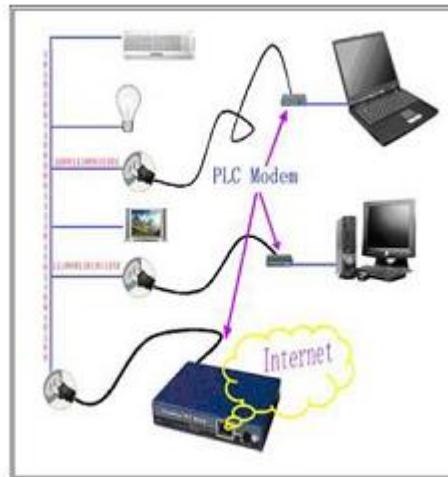
1. Filtros y acoplamientos de la señal
2. Procesamiento interno de la señal (DSP)
3. Interfaz de conexión hacia el usuario



**Figura II.23.** Diagrama funcional de la unidad de usuario PLC.

### **2.3.37. Funciones**

- Facilita la conexión con el usuario final
- Cada toma eléctrica se convierte en una toma de datos
- Permite servicios “triple play” (Voz, Datos e imágenes)
- Fácil instalación (“plug&play”)
- No requiere configuración adicional por parte de los usuarios
- Provisión de soporte automático (DHCP)
- Administración remota (SNMP)
- Tiene conexiones Ethernet (RJ45), USB y una conexión análoga para teléfono (RJ11).
- Las velocidades de transferencia ofrecida por el sistema, son de 256 Kbps a 2.7 Mbps.
- Se pueden conectar un máximo de dieciséis UU en los hogares pero no se recomiendan más de diez UU.



**Figura II.24.** *Conexión de la Unidad de Usuario.*

Tanto las UA como las UU poseen un equipamiento que contiene filtros para las señales de electricidad y de los datos, lo que facilita el acoplamiento entre los clientes y una subestación eléctrica. Este elemento recibe la señal proveniente de la red eléctrica sea de MT o BT, la cual se introduce en un Filtro Pasa-Bajo que permite pasar señales de baja frecuencia donde viajan las señales de energía eléctrica, enviándolas al puerto de distribución eléctrica (PDE) para su distribución, cancelando la señal de alta frecuencia. Otro Filtro Pasa-Alto extrae la señal de alta frecuencia donde viajan los datos y cancela las señales de baja frecuencia. Este filtro libera los datos a través del puerto de distribución de comunicaciones (PDC) mediante interfaz Ethernet, USB, Wireless 802.11b u otro que el equipo PLC posea, facilitando el tráfico bidireccional entre el cliente y la red. El filtro pasa bajos también sirve para atenuar los ruidos provocados por las aplicaciones eléctricas, ya que si se dejaran pasar estos ruidos se provocaría distorsiones significativas en la red.

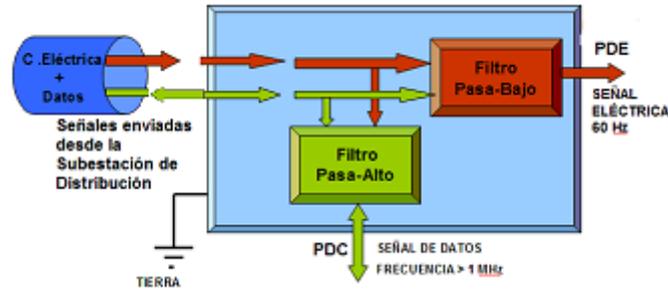


Figura II.25. Tipo de filtros instalados en los equipos PLC

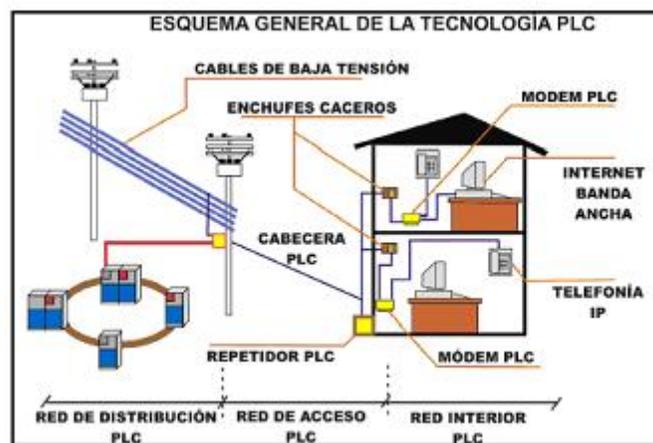


Figura II.26. Esquema general de la tecnología PLC

### 2.3.38. PLC y el modelo OSI

Para la descripción de la operación de los sistemas de telecomunicaciones modernos, generalmente se utiliza el modelo de referencia OSI (“Open Systems Interconnection”) promovido por la ISO para definir la forma en que se comunican los sistemas abiertos de telecomunicaciones, es decir, los sistemas que se comunican con otros sistemas. El modelo de referencia consiste en 7 capas. Estas capas se visualizan generalmente como bloques apilados, por lo que también se le conoce como el "OSI Protocol Stack".

*Tabla II.IV. Modelo de referencia OSI*

CAPA	DETALLES
7. APLICACIÓN	Soporta aplicaciones que utiliza directamente el usuario.
6. PRESENTACIÓN	Toma los datos de red, y los presenta a las aplicaciones para darles el formato adecuado para ser usados.
5. SESIÓN	Establece y maneja las conexiones lógicas o sesiones.
4. TRANSPORTE	Manejo de los mensajes de sesión entre los puntos de la red.
3. RED	Manejo de las conexiones lógicas, direccionamiento enrutamiento y manejo del trafico
2. ENLACE DE DATOS	Manejo y entrega de datos entre dos nodos de la red
1. FÍSICA	Conexiones y medio físico de la red

PLC trabaja principalmente en la capas 1 y 2, es decir en la capa física y en la capa de enlace de datos.

### **2.3.39. Sistemas PLC**

Dependiendo del segmento de la red eléctrica en que se aplique la tecnología PLC se pueden crear diferentes sistemas o redes PLC.

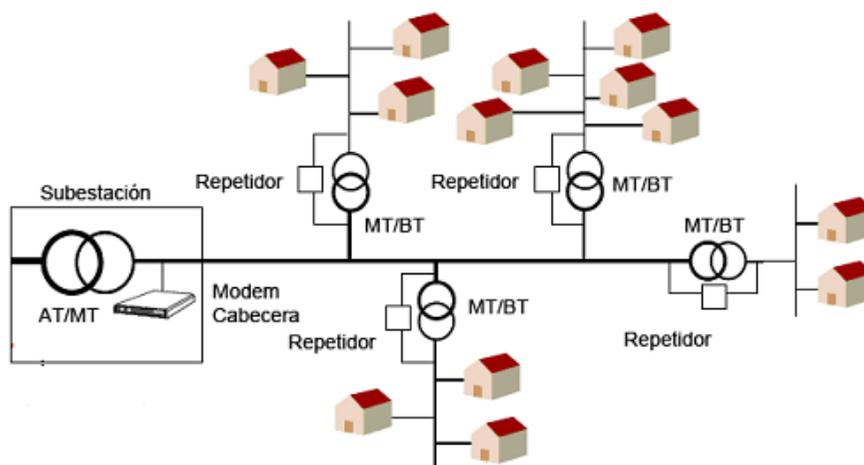
#### **2.3.39.1. Sistema de Distribución**

Esta sección conecta los equipos PLC instalados en diferentes subestaciones transformadores de la red eléctrica de distribución. Esta interconexión se puede realizar mediante conexiones PLC de media tensión, enlaces de fibra óptica u otras tecnologías como xDSL o LMDS (enlaces de micro-ondas). En algún nodo de la red de distribución, hay un enlace a la red del proveedor de servicios, permitiendo el acceso a los contenidos y servicios de banda ancha.

Los servicios y aplicaciones que se pueden obtener son: acceso a Internet, telefonía convencional, servicios de Voz sobre IP entre otros. El equipo utilizado

en esta sección depende del tipo de servicio a ofrecer pero ha de ser necesario algún tipo de switch para realizar las conexiones.

Una red de distribución PLC utiliza las líneas de MT que trabajan en el rango de 45 kV y 66 KV con salida a 13,2 kV, se lleva la señal hasta los centros de transformación de distribución con entrada en 13,2 kV y salida entre 110/220 VBT, desde donde se distribuye la señal para uso doméstico, comercial e industrial. En este sistema las Unidades de Acondicionamiento se interconecta entre si. El sistema PLC de Media Tensión tiene una velocidad aproximada de 135 Mbps. La tecnología utilizada en los equipos de media tensión es la misma que los equipos de baja tensión, pero adaptados para mejorar su rendimiento, fiabilidad y latencia (retardo). Esto es adecuado en lugares en los que a causa de una baja densidad de clientes, no es rentable desplegar toda una red de distribución. Un backbone con tecnología PLC representa un importante ahorro ya que implica no hacer una inversión en la instalación de nueva infraestructuras ofreciendo un rápido despliegue. La desventaja es que no es una tecnología masiva y presenta problemas de interferencia y calidad.



**Figura II.27.** Sistema PLC de distribución que utiliza la red media tensión eléctrica

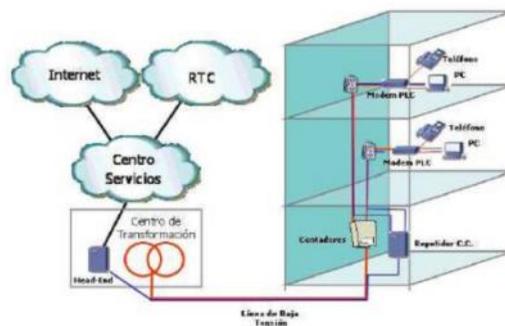
La red de distribución PLC no tiene problemas técnicos pero sólo se utiliza para transportar datos, no llega a la última milla. La implementación de este tipo de red no es viable ya que el problema radica en las distancias a cubrir, lo que incurriría en la colocación de un gran número de unidades repetidoras que encarecerían esta red.

### 2.3.39.2. Sistema PLC de Acceso

La Red de Acceso Outdoor utiliza el tendido eléctrico de baja tensión y comprende desde el transformador de distribución hasta el contador de energía eléctrica. En telecomunicaciones se conoce a este tramo como "última milla".

Un equipo de cabecera estándar sirve aproximadamente a unos 50 usuarios (en Ecuador), ofreciéndoles un espectro cercano a los 20 MHz en el caso de clientes próximos, o entre 1 MHz y 10 MHz para clientes lejanos. El bucle local es el mismo cable de la acometida eléctrica del hogar. Complejas técnicas de transmisión digital permiten aprovechar estos cables para llevar las señales de los servicios de telecomunicación. Se utiliza el rango entre 3 MHz y 12 MHz el cual tiene mejor respuesta a la distancia. Transmite velocidades de 45 Mbps.

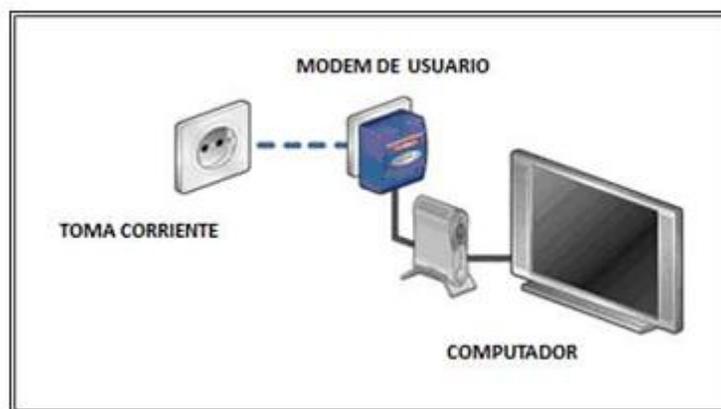
La tecnología PLC tiene mejores alcances en este tramo de la red eléctrica.



*Figura II.28. Sistema PLC de Acceso*

### 2.3.39.3. Sistema PLC doméstico

También conocido como Red In-Home o Red Doméstica, comprende el tramo que va desde el contador de energía hasta los toma corrientes al interior de los hogares. Utiliza la red eléctrica interior del hogar, permitiendo comunicaciones internas y la creación de redes de áreas locales. El segmento de distribución doméstica presenta características similares a los del Sistema PLC de Acceso, pero diferenciadas por las dimensiones: la distancia a cubrir es menor (del orden de 50 m) y el número de ramas también es menor y más corto. En este tramo se utiliza el rango de frecuencia de 13 MHz a 30 MHz debido a que es más susceptible a la distancia. Permite velocidades de transmisión de 2 Mbps compartido entre los usuarios que acceden a la red.



*Figura II.29. Sistema PLC doméstico*

Un antecedente del uso de las redes eléctricas para redes PLC doméstico es para la transmisión de datos usando el protocolo X-1022, utilizado en muchas aplicaciones de domótica. Con los años se ha convertido en una de las tecnologías más asequibles, para realizar instalaciones domóticas no muy complejas. Mediante avanzados estándares hoy en día desarrollados, se puede contar con el estándar

HomePlug que proporciona un ancho de banda de hasta 85 Mbps según el equipo elegido en las redes PLC Domésticas.

#### **2.3.39.4. Sistemas de Gestión**

La administración de la red juega un rol vital ya que se debe garantizar la mejor utilización del medio de transmisión compartido y a la vez proveer una calidad de servicio satisfactoria. Los sistemas PLC presentan normalmente interfaces de gestión como el Protocolo de administración simple de la red SNMP, navegador de red (http) o Telnet que permiten el monitoreo del estado de la red para recoger las estadísticas que proporcionan los datos, diagnósticos, configuración y actualizaciones. Estos componentes soportan otras capacidades como la prioridad de tráfico, la asignación de ancho de banda, la calidad de servicio (QoS) y LANs virtuales (VLANs) (802.1Q).

El propósito del Monitoreo de la red PLC es para medir la variación de la respuesta del canal a través del tiempo. Las características de un canal de PLC varían con el tiempo, por tanto, el canal no es constante, lo que afecta el rendimiento de la transmisión. Este efecto significa que el equipo PLC requiere tener un mecanismo para adaptar sus parámetros a las características reales de ese vínculo, a fin de optimizar la transmisión de información entre los dos puntos del enlace.

**2.3.39.5. Herramientas de administración:** A través de una herramienta de software de interoperabilidad se puede configurar el equipamiento, administrar la red y realizar el mantenimiento remoto de toda la Red PLC. Este sistema de gestión centralizada de redes permite:

- Interoperabilidad (tanto a nivel de dispositivos como del sistema o servicio)  
Mayor flexibilidad y la funcionalidad del sistema
- Una plataforma robusta que permita la instalación, configuración, vigilancia y el control de las redes eléctricas que llevan las señales de datos.
- Perfecta integración con las redes IP
- Verdadera conectividad de extremo a extremo entre personas y dispositivos usando las redes eléctricas.
- Infraestructura y herramientas de apoyo

#### **2.3.40. Estado actual de la tecnología PLC en el ECUADOR**

El auge de esta tecnología es relativamente nuevo en los países de primer mundo, inclinándose principalmente en Europa, pero aun existe un largo camino por recorrer para lograr una estandarización tanto en equipos como en su regulación a nivel global.

En Ecuador aun no se ha llegado a obtener ningún adelanto en lo que respecta a esta tecnología, pero al menos no se está dejando de lado esta nueva opción en el campo de las telecomunicaciones. Es importante mencionar que algunas empresas han mostrado un gran interés por esta tecnología e incluso ya se han realizado varias pruebas piloto obteniendo valiosos resultados. Es de suma importancia recalcar aquello, pues se tiene grandes perspectivas en el futuro con el PLC y se augura un excelente resultado en su utilización.

Lamentablemente en nuestro país existen muchas dificultades en el campo de las telecomunicaciones, la política con una pésima administración de leyes, en lugar de actuar de manera eficaz genera problemas de desarrollo y expansión de las comunicaciones en el Ecuador.

Mientras tanto seguimos en la espera de que el panorama de las telecomunicaciones cambie en el país y se promueva con ellos el acceso a tecnologías nuevas, que bien podrían ayudar con la masificación de la tecnología en lugares sin cobertura por tecnologías existentes en el mercado.

#### **2.3.41. La experiencia de usuario**

Es difícil describir cual es la experiencia de alguien que con su PC pueda moverse por su casa, conectando su módem únicamente a la red de alimentación. De hecho, será consciente de que se le provee el acceso a internet, por que el primer día le instalarán un adaptador al lado de la toma eléctrica que le permitirá (en el caso de ser un home gateway) conectar varios ordenadores a la vez, como si de una red se tratara.

Un punto a favor pues, es la reducción de cables que supone el no tener que instalar una red y el cable de datos del módem, puesto que éstos viajan por el mismo cable que el de la corriente.

#### **2.3.42. Compatibilidad de PLC con redes existentes**

La implementación de redes PLC no debe ser considerado como un reemplazo de las tecnologías existentes, sino como una solución complementaria que trabaja en conjunto con otras tecnologías de acceso para llegar a mas usuarios, PLC resuelve la última milla, pero requiere la interacción con otras tecnologías para acceder a la columna vertebral de la red de datos como son: tecnología satelital, fibra óptica, redes inalámbricas Wi-Fi o WiMAX.

PLC-ADSL: Instalaciones en edificios, hogares, oficinas, hoteles etc.

PLC-WiFi: Red de distribución con enlaces punto-punto, punto-multipunto, zonas

rurales.

PLC-LMDS: Instalaciones en áreas urbanas, zonas de difícil acceso, zonas rurales.

PLC-Satélite: Conexión con Internet en zonas de difícil acceso, zonas rurales.

#### **2.3.42.1. PLC y un Enlace Satelital**

Los enlaces por satélite proporcionan acceso rápido a Internet en zonas aisladas. Sin embargo, no es posible que cada cliente utilice un enlace por satélite de acceso. La interconexión entre la red de acceso PLC y un enlace por satélite permitiría la concentración del tráfico de un número de usuarios en el mismo enlace, teniendo una optimización del coste de los recursos satelitales y de limitar el número de antenas.

#### **2.3.42.2. PLC y WIMAX**

Wi-Fi es una tecnología madura y con la nueva solución WiMAX, estas tecnologías constituyen una alternativa real para lograr la conectividad y el ancho de banda que las soluciones estándar de cableado (como E1, E3 líneas dedicadas) son demasiado caros o cuando redes de fibra óptica no están desplegadas. El uso de WIMAX para la conexión a la columna vertebral de distribución y el uso del PLC puede ser una alternativa razonable. La banda ancha sobre la red eléctrica es una forma rápida y barata de llevar el servicio de datos a núcleos aislados en complemento con otras tecnologías

# **CAPITULO III**

## **ANÁLISIS TECNOLÓGICO**

### **3.1. INTRODUCCIÓN**

El propósito de este capítulo es realizar el análisis comparativo de las tecnologías que se proponen a estudio en el presente documento, basado fundamentalmente en información de los capítulos 2, 3, 4 ; las mismas que después de analizadas deberán arrojar respuestas a los objetivos con los que partimos al plantear el presente estudio.

### 3.2. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

*Tabla III.V. Características Básicas de las Tecnologías*

<b>aDSL</b>	<b>HFC</b>	<b>PLC</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovecha la infraestructura existente de cableado para telefonía básica.</li> <li>• Ofrece integración de los servicios de voz y datos y permite conversaciones telefónicas y de datos al mismo tiempo.</li> <li>• Accesos dedicados</li> <li>• Altas velocidades</li> <li>• Limitación de distancia</li> <li>• Módem específico</li> <li>• Implica el uso de dos hilos de cobre y pares de equipo</li> <li>• Tecnología no conmutada (siempre conectado)</li> <li>• Velocidades diferentes de bajada y subida.</li> <li>• No requiere la actualización de la central telefónica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las redes HFC son una evolución de las redes CATV</li> <li>• Red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial</li> <li>• Se compone básicamente de cuatro partes claramente diferenciadas: la cabecera, la red troncal, la red de distribución, y la red de acometida de los abonados.</li> <li>• Son redes de acceso cableadas terrestres, basadas en sistemas híbridos que combinan fibra óptica y cable coaxial.</li> <li>• Siendo la red HFC un medio bidireccional, permite desplegar redes de telecomunicación multiservicio.</li> <li>• Además del servicio de distribución de señales de TV, la red HFC tiene capacidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnología de banda ancha</li> <li>• Velocidades de transmisión de hasta 45 Mbps.</li> <li>• Proceso de instalación sencillo y rápido para el cliente final.</li> <li>• Sin necesidad de obras ni cableado adicional.</li> <li>• Equipo de conexión (Modem <u>PLC</u>)</li> <li>• Transmisión simultánea de voz y datos.</li> <li>• Conexión de datos permanente Permite seguir prestando el suministro eléctrico sin ningún problema</li> <li>• Conexión no afectada por interferencias con otros electrodomésticos</li> <li>• Se puede utilizar tecnología de encriptación IPsec sobre VPNs</li> </ul>

*Tabla III.V. Características Básicas de las Tecnologías (Continuación)*

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los modems de central son independientes del switch</li> <li>• Mercado: Hogares y Negocios.</li> <li>• Tecnología: Madura</li> <li>• Velocidades: 64Kbps-52 Mbps</li> <li>• Difusión: Alta</li> <li>• Costo: Medio/Bajo</li> <li>• Complejidad: Baja</li> </ul>	<p>para transportar servicios bidireccionales: Telefonía – Datos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor capacidad de transmisión, distancias de acceso y servicios asociados</li> <li>• Se extiende a áreas metropolitanas cada vez más extensas e interconectadas</li> <li>• Usa un medio compartido. (Ethernet)</li> <li>• Distribución en bus.</li> <li>• Velocidades asimétricas: Download 10Mbit/s compartido, Upload 768kbit/s o 3Mbit/s compartido.</li> <li>• Posibilidad de simetría hasta 10 Mbps.</li> <li>• Diseñado para usuarios residenciales.</li> <li>• Tecnología: Nueva</li> <li>• Velocidades: 10 Mbps/768 Kbps</li> <li>• Difusión: Alta</li> <li>• Costo: Medio</li> <li>• Complejidad: Media</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convierte la red de distribución eléctrica de baja tensión en una red de telecomunicaciones apta para transmitir datos y voz.</li> <li>• Válido en Baja Tensión.</li> <li>• Ideal para la implementación a bajo costo de la última milla.</li> <li>• Utiliza modulación OFDM.</li> <li>• Utiliza la banda de frecuencias altas, por encima de los 2 Mhz (2-30) para los datos de manera de no interferir con la señal de energía eléctrica.</li> <li>• Utiliza 802.11q para separar las tramas.</li> <li>• El área de cobertura de una estación Master varía entre 100 y 500m, dependiendo de las frecuencias de transmisión empleadas.</li> <li>• Tecnología: Emergente</li> <li>• Velocidades: 2-45 Mbps</li> <li>• Difusión: Baja</li> <li>• Costo: Medio/Alto Complejidad: Alta</li> </ul>
--	--	---

### **3.3. COMPARATIVAS**

#### **3.3.1. FIABILIDAD**

##### **3.3.1.1. aDSL**

- Dentro de la disponibilidad, si bien es cierto muchas personas tienen teléfono, pero no todos los usuarios están lo suficientemente cerca de la central para obtener adsl.
- Un fallo de un módem ADSL sólo afecta a un abonado y las líneas telefónicas son bastante fiables ante agentes climáticos.
- Los cables de pares son más sensibles a ruido e interferencias que el coaxial: ingress, diafonías (NEXT, FEXT) y radian señales RF con más facilidad.
- Ancho de banda garantizado.
- Su desempeño depende en gran medida de las condiciones del cable de cobre, distancia y calidad eléctrica de la misma.
- ADSL no sufre de degradación debido al tráfico ó número de usuarios de la red de acceso. ADSL debe trabajar con un concentrador de acceso de algún tipo que podrá congestionarse durante las horas punta
- Se instala rápido, a lo sumo en un 48 hs está funcionando
- Los servicios DSL no están ampliamente disponibles por numerosas razones. Para desplegar servicios DSL sobre la vieja red basada en cobre, las compañías de teléfono deben instalar un nuevo equipo en sus oficinas centrales para combinar los circuitos DSL junto a una red compartida. También deben establecerse las conexiones con los ISPs. Por lo tanto, necesitan modificar y

actualizar los circuitos de cobre. Hay algunos obstáculos que retardan o impiden que estos circuitos sean utilizados para proporcionar servicios DSL.

- Reparación relativamente más sencilla ya que se tratan de pares de cobre, en tiempo la reparación suele ser más corta. Un técnico puede arreglarlo fácilmente. Además una red de cable metálico está tan extendida que existen multitud de caminos alternativos para llegar de un sitio a otro en caso de que una parte falle (pensemos en una la red telefónica tradicional por ejemplo).
- El sistema telefónico por lo general es más confiable que el cable. Por ejemplo, tiene energía reservada y continua trabajando de manera normal incluso durante una falla en la energía.
- ADSL no sufre de degradación debido al tráfico ó número de usuarios de la red de acceso. Sin embargo, ADSL debe trabajar con un concentrador de acceso de algún tipo que podrá congestionarse durante las horas punta.

#### **3.3.1.2. HCF**

- Disponibilidad, no muchas personas cuentan con servicio de tv cable, pero las que tienen fácilmente podrán tener servicio de internet.
- Si se corta una línea CATV de los módem de cable se deja sin servicio a todos los usuarios de esa línea (este problema necesita atención de gestión de red). Los Amplificadores en redes CATV (con cable coaxial) suelen presentar algunos problemas.
- La red HFC presenta el 90% de los problemas de ruido e interferencias en el segmento de coaxial (ruido impulsivo, ruido RF, canal retorno).

- Ancho de banda compartido, a mas usuarios en un vecindario o en una área de acceso, menor ancho de banda.
- Las normas para redes de telefonía fija establecen un tiempo medio máximo en el que la red no está disponible (el abonado descuelga y no oye tono de invitación a marcar, por ejemplo) de 53 minutos al año por abonado, o lo que es lo mismo, una disponibilidad del 99.99%. En una red HFC existen numerosos elementos susceptibles fallar: derivadores, amplificadores, transmisores y receptores ópticos, servidores en la cabecera, cable y elementos pasivos de la red de fibra óptica, acometida al abonado, cable coaxial, sistema de alimentación. De todos ellos, los tres últimos son los que en mayor medida contribuyen con sus fallos al tiempo total de no disponibilidad de la red.
- La instalación es complicada administrativa y técnicamente, y puede demorar hasta dos semanas.
- Las compañías de cable suelen utilizar una red de anillo redundante. La arquitectura en anillo proporciona múltiples caminos para cada nodo. Si una de las fibras que parten de un nodo se rompe, el tráfico de los usuarios puede continuar sin interrupción por el otro camino redundante de fibra. De este modo, la arquitectura en anillo ofrece a los usuarios una conexión a Internet continua y segura.
- Reparación relativamente complicada ya que se trata de fibra óptica, en tiempo la relación suele ser más larga y requiere de personal especializado.
- En el cable, si falla la energía eléctrica de cualquier amplificador de la cadena, todos los usuarios descendente experimentan un corte de manera instantánea.

- A partir de la especificación DOCSIS 2.0 se introduce la clasificación de los paquetes para brindar calidad de servicio tanto en el canal ascendente como en el descendente. El principal mecanismo para dar calidad de servicio a la red es la clasificación de los paquetes que atraviesan la interfaz RF, conceptualmente los paquetes entrantes ingresan a un clasificador (de prioridad 0 a 7) que determina a que QoS el paquete está remitido, si el paquete es marcado con el máximo nivel en el clasificador, es enviado como prioritario y es marcado con el identificador SID (identificador del servicio), si el paquete no está marcado por el clasificador entonces se pondrá en un estado de espera.

### **3.3.1.3. PLC**

- Disponibilidad de la estructura cableada, mas no hay disponibilidad de equipos ni de empresas que oferten el servicio plc.
- Conexión de tipo always on, es decir la conexión es permanente durante las 24 horas del día.
- La red eléctrica llega prácticamente a todas partes y la infraestructura ya existe
- Al no estar apantallado el cable eléctrico, el sistema PLC es una fuente de ondas electromagnéticas que pueden interferir con las ondas radio, pueden afectar a los aparatos situados en el hogar y además pueden ser captados los datos vía radio, por lo que deben ser cifrados
- Es una tecnología inmadura, en desarrollo, por lo que podría presentar varios errores.
- Simple - instalado dentro de horas/ días con equipo mínimo, cableado mínimo y con mínima interrupción a los inquilinos del edificio. Bajo costo.

**Tabla III.VI. Características de Fiabilidad**

		Adsl	Hfc	Plc	
Disponibilidad	98% como mínimo*	99,99998	99,99997	NRD	
Calidad de servicio	Ver tabla comparativa calidad /10	8.7	10	NRD	
Confiabilidad	20% como máximo*	14,29	6,70	NRD	
Respuesta a errores	Calificación encuesta de usuarios	Menor a 4 horas	46	50	NRD
		Mayor a 4 horas	48	42	NRD
		Sin solución	6	8	NRD
Mantenimientos		Menor a 8 horas	0,394	0,578	NRD
	5% como máximo*	Mayor a 8 horas	0,00%	0,0002%	NRD

*Fuente: Autor, ISP del Ecuador*

**Tabla III.VII. Características de calidad de señal de servicio Adsl.**

Adsl		
Indicador de calidad	Tramo nacional	Tramo internacional
Latencia	Inferior a 100ms	Inferior a 200ms
Perdida de paquetes	Inferior al 10%	Inferior al 4%
Disponibilidad del servicio	Mayor a 99.5%	Mayor a 99.5%
Porcentaje máximo de ocupación de enlaces	Igual o inferior al 80%	Igual o inferior al 80%
Velocidad de transferencia	Igual o superior al 80% de la velocidad de línea	Igual o superior al 80% de la velocidad de línea

*Fuente: Autor , ISP del Ecuador*

**Tabla III.VIII.** Características de calidad de señal de servicio Hfc.

<b>Hfc</b>		
<b>Indicador de calidad</b>	<b>Tramo nacional</b>	<b>Tramo internacional</b>
Latencia	Inferior a 75 ms	Inferior a 150ms
Perdida de paquetes	Inferior al 8%	Inferior al 4%
Disponibilidad del servicio	Mayor a 99.5%	Mayor a 99.5%
Porcentaje máximo de ocupación de enlaces	Igual o inferior al 80%	Igual o inferior al 80%
Velocidad de transferencia	Igual o superior al 85% de la velocidad de línea	Igual o superior al 85% de la velocidad de línea

*Fuente: Autor, ISP del Ecuador*

**Tabla III.IX.** Características de calidad de señal de servicio Adsl vs Hfc.

<b>Comparativa de calidad tramo nacional</b>		
<b>Indicador de calidad</b>	<b>Adsl</b>	<b>hfc</b>
Latencia	Inferior a 100ms	Inferior a 75 ms
Perdida de paquetes	Inferior al 10%	Inferior al 8%
Disponibilidad del servicio	Mayor a 99.5%	Mayor a 99.5%
Porcentaje máximo de ocupación de enlaces	Igual o inferior al 80%	Igual o inferior al 80%
Velocidad de transferencia	Igual o superior al 80% de la velocidad de línea	Igual o superior al 85% de la velocidad de línea

*Fuente: Autor, ISP del Ecuador*

**Tabla III.X. Análisis comparativo de calidad Adsl vs Hfc**

Comparativa de calidad		
Indicador de calidad	Adsl	hfc
Latencia	1.32	2
Perdida de paquetes	1.5	2
Disponibilidad del servicio	2	2
Porcentaje máximo de ocupación de enlaces	2	2
Velocidad de transferencia	1.88	2
Total	8.7	10

*Fuente: Autor, ISP del Ecuador*

**Tabla III.XI. Análisis de Respuestas a Errores.**

Respuesta a errores		adsl		hfc		plc
Calificación encuesta de usuarios ¿En el caso que haya solicitado algún servicio o reclamo de tipo técnico a su proveedor de servicios de Internet, en cuanto tiempo éste ha atendido a su Requerimiento?	Menor a 4 horas	46	31.94	48	33.33	NRD
	Mayor a 4 horas	48	33.33	44	30.55	NRD
	Sin solución	6	24.99	8	33.33	NRD
TOTAL		100	90.26	100	97.21	NRD

*Fuente: Autor y Infodesarrollo e Imaginar*

**Tabla III.XII. Análisis de Mantenimiento.**

Mantenimiento	Adsl	Hfc	Plc
Menor a 8 horas	0,394	0,5780	NRD
Mayor a 8 horas	0,000	0,0002	NRD
Sin solución	0,000	0,0000	NRD
Total	0,3940	0,5782	NRD
ponderado /10	10	5,32	NRD

*Fuente: Autor, ISP del Ecuador*

**Tabla III.XIII. Comparativa de fiabilidad - Análisis.**

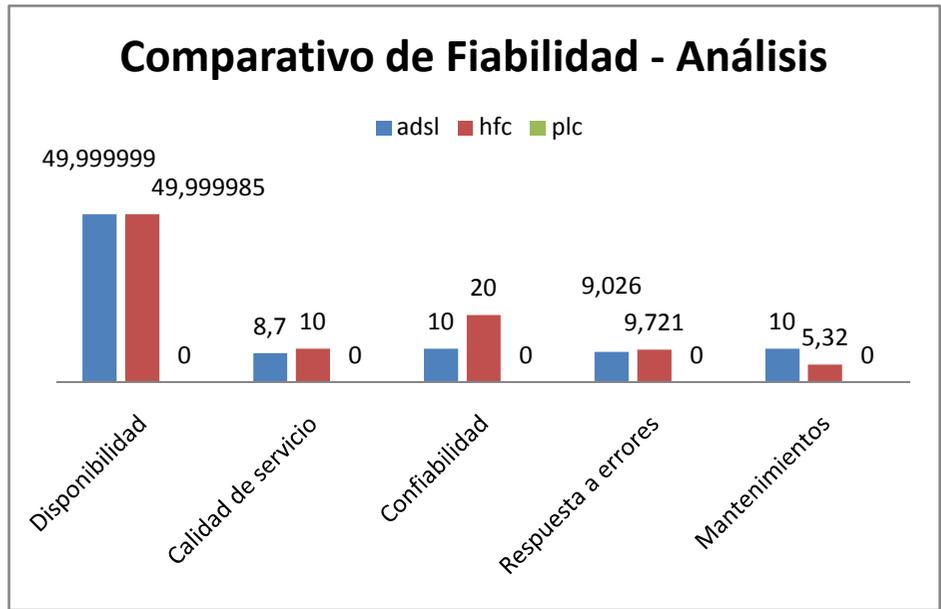
	Valor de referencia	Adsl	Hfc	Plc
Disponibilidad	100	99,99998	99,99997	NRD
Calidad de servicio	10	8.7	10	NRD
Confiabilidad	20	14,29	6,70	NRD
Respuesta a errores	100	90.26	97.21	NRD
Mantenimientos	10	10	5,32	NRD

*Fuente: Autor , ISP del Ecuador*

**Tabla III.XIV. Comparativa de Fiabilidad - Resultados**

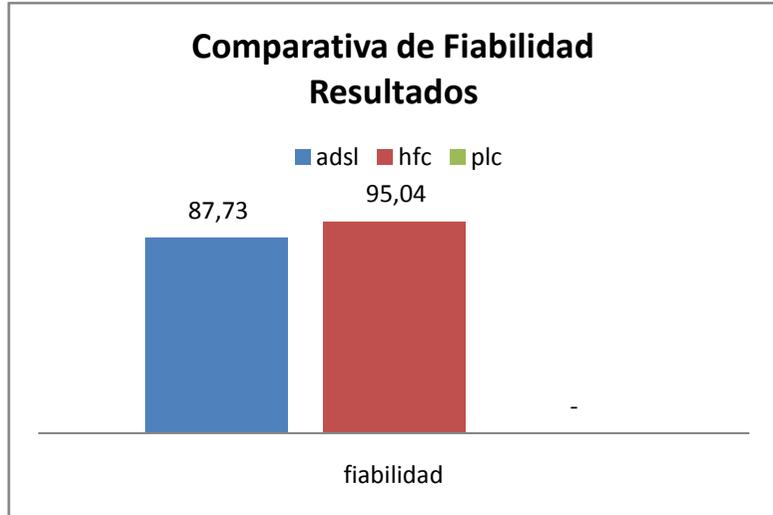
	Pesos	Adsl	Hfc	Plc
Disponibilidad	50	49.999999	49.999985	NRD
Calidad de servicio	10	8.7	10	NRD
Confiabilidad	20	10	20	NRD
Respuesta a errores	10	9.026	9.721	NRD
Mantenimientos	10	10	5,32	NRD
Total	100	87.73	95.04	0

*Fuente: Autor*



**Figura III.30.** Comparativo de Fiabilidad - Análisis

*Fuente: Autor*



**Figura III.31.** Comparativo de Fiabilidad – Resultados

*Fuente: Autor*

### **3.3.2. PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN.**

Disponibilidad.- La disponibilidad de la red es el porcentaje de tiempo que el servicio es ofrecido a un lugar dado con la calidad requerida. Es decir es la predisposición a obtener una conexión permanente y de excelente calidad, que es lo que al usuario en realidad le interesa, según norma de la SENATEL no debe ser menor al 98%, en el estudio se analizo al valor sobre 50.

Calidad de servicio.- QoS o Calidad de Servicio (*Quality of Service*, en inglés) los proveedores están en la obligación de garantizar la transmisión de cierta cantidad de información en un tiempo dado. Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio, evaluado 10 puntos.

Confiabilidad.- Como la continuidad de un servicio correcto, o como la capacidad de desempeñar una función requerida, según la norma de la senatel en el desempeño del SVA, establece que: el total de circuitos con averías no debe sobrepasar el 20%, en condiciones establecidas, por lo que en medida de importancia; se coloco para su análisis en 20 puntos.

Respuestas a errores.- como la importancia dada al cliente al momento de que este tenga algún tipo de problema, Cuyo objetivo es mantener la ausencia de alteraciones inadecuadas del sistema, los valores detallados pertenecen a la encuesta realizada por la SENATEL, estableciendo los tiempos de respuestas de los operadores. Valor de referencia 10 puntos

Mantenibilidad.- Como la habilidad de experimentar modificaciones y reparaciones, basado en la norma SVA de la SENATEL se estima tiempos de reparación menores a 8

horas y superiores a 8 horas, estos últimos no deben pasar del 5%. Valor de referencia 10 puntos

### **3.3.3 ESCALABILIDAD**

Se refiere a la facilidad de un sistema para expandir o disminuir su capacidad de acuerdo a la demanda del servicio

#### **3.3.3.1. ADSL**

**Escabilidad.-** ADSL no sufre una degradación por el número de usuarios, pero trabajara sobre un concentrador que puede congestionarse en horarios punta de utilización, aun así es más viable y sencillo añadir capacidad al concentrador, La escalabilidad por tanto depende del multiplexor de acceso (DSLAM) y de la red de transporte que hay detrás.

Cada nueva alta supone instalar un splitter, una unidad de cliente (módem ATU -R) y otra de central (nodo ATU-C). Cada cliente nuevo es otro ATU-C en el nodo de acceso o central local

#### **3.3.3.2. HFC**

**Escabilidad.-** La topología de las redes HFC permite la ampliación progresiva del sistema en función de la demanda de utilización del canal de retorno; la solución consiste en ir reduciendo el número de abonados que comparten cada canal de retorno a medida que crece el tráfico.

Así, por ejemplo, se puede partir de una situación inicial con 200 usuarios en la rama de cable coaxial. En caso de que aumente el volumen de tráfico en el canal de retorno, esta cantidad puede reducirse a 100 usuarios.

Para efectuar esta reducción, es necesario ir aproximando cada vez más la fibra óptica hacia los usuarios, con lo que el tamaño del nodo óptico se reduce y, por tanto, el número de abonados que comparten cada canal de retorno; esto es posible gracias a que en el despliegue de las ramas troncales se suelen emplear cables con múltiples fibras (cables de 48 ó 96 fibras), utilizándose inicialmente tan sólo dos (una para cada sentido.).

En caso de requerir ampliar la capacidad del sistema o proporcionar accesos de abonado dedicados, la solución consiste en hacer uso de las fibras sobrantes. En la figura 2.10 se ilustra la aplicación práctica de los conceptos que se acaban de describir.

Otra posible medida para aumentar el ancho de banda disponible para cada usuario sería llevar la fibra óptica hasta al hogar del abonado, a medida que la demanda de nuevos servicios multimedia (audio y video) así lo requieran.

### **3.3.3.3. PLC**

**Escalabilidad.** . Para el despliegue de una red PLC y en relación a este aspecto, el principal problema consiste en elegir la ubicación del equipo de cabecera donde se efectúa la conversión de la red de transporte de telecomunicaciones convencional a la tecnología BPL.

El costo del punto de conversión debe ser repartido entre el mayor número de usuarios posible.

Número de hogares servidos por transformador debido a que las señales de datos de PLC no sobreviven al pasar por un transformador, solo se utilizan en la última milla, en Europa se coloca un transformador por cada 150 hogares aproximadamente, mientras que en Ecuador se tiene un promedio de 50 hogares por transformador de baja tensión. Esto hace que sea necesario instalar una Unidad de Acondicionamiento por cada transformador del sistema eléctrico y cuanto menor sea el número de usuarios por cada transformador, más se elevarán las inversiones necesarias para establecer la red.

Sin embargo la falta de estándares que faciliten la interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes

**Tabla III.XV.** Comparativa de escalabilidad

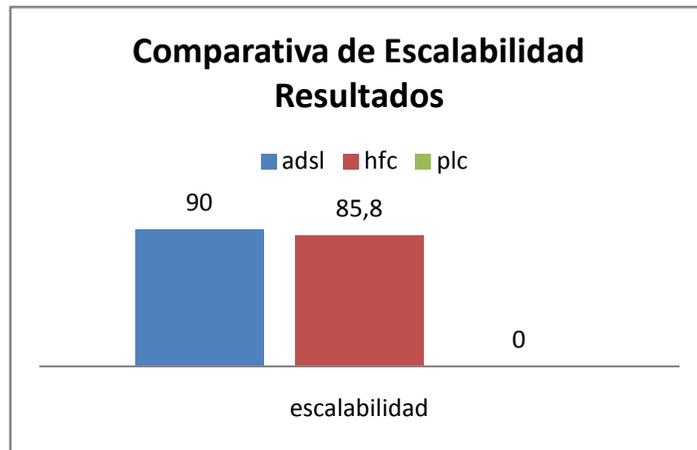
	Valor de referencia	Adsl	Hfc	Plc
Consumo promedio	%100	94	61	0
Reclamos por capacidad de canal	2%	0,301659125	0,452488688	0
Módems utilizados	100%	31,667	40,000	0

*Fuente: Autor, ISP del Ecuador*

**Tabla III.XVI.** Comparativa de escalabilidad, Resultados

	Ponderado	Adsl	Hfc	Plc
Consumo promedio	40	30	40	0
Reclamos por capacidad de canal	20	20	15	0
Módems utilizados	40	40	30,8	0
Total	100	90	85,8	0

*Fuente: Autor*



*Figura III.32. Comparativa de Escalabilidad – Resultados*

*Fuente: Autor*

#### **3.3.3.4. PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN.**

**Consumo promedio.-** Porcentaje de consumo mensual de la capacidad total del proveedor, calificado sobre 40 puntos dado que de la capacidad sin utilizar permite que podamos tener un crecimiento de usuarios sin que esto sature a la red.

**Reclamos por capacidad de canal.-** Según norma de la SENATEL SVA, este es un ítem necesario para medir la calidad del servicio, para nosotros nos ayuda con la escalabilidad, nosotros lo tomamos sobre 20 puntos, si hay muchos reclamos por capacidad entonces no podemos aumentar clientes.

**Módems utilizados.-** Es el porcentaje de módems utilizados del total de existentes, a menor uso mayor número de clientes nuevos podría soportar la red. 40 puntos

### **3.3.5. SERVICIOS**

#### **3.3.5.1. aDSL**

##### **Distribución de TV**

Como se ha indicado, la motivación original de ADSL era ofrecer televisión sobre el par telefónico. Hasta la fecha, sin embargo, esta idea no ha conseguido cuajar, a pesar de que han sido varios los intentos por relanzarla.

##### **Telefonía**

El ADSL, además de ser compatible con el servicio telefónico básico sobre el mismo par, puede proporcionar varias líneas adicionales dentro de la banda del ADSL. Esta técnica, conocida como Voz sobre ADSL, está pensada para proporcionar varias líneas de telefonía a pequeños negocios. El número de teléfonos puede alcanzar un máximo de 16, aunque las ofertas comerciales más comunes llegan a cuatro (hay que tener en cuenta que el ancho de banda hacia la red está limitado por la asimetría del ADSL).

En los locales del abonado se instala un IAD (Integrated Access Device), que ofrece una o varias terminaciones RJ45 para Ethernet (suele tener funciones de router e incluso de cortafuegos); y varias terminaciones RJ11 para terminales telefónicos normales.

##### **Acceso a Internet**

El acceso a Internet es principal aplicación del ADSL en la actualidad. Proporciona ancho de banda suficiente y su asimetría está, afortunadamente, en el sentido del tráfico de los usuarios de acceso a Internet (de la red al usuario).

### **Servicios interactivos (juegos,...)**

En servicios interactivos podemos englobar todas las clases de vídeo, música noticias, etc. bajo demanda, con diferentes grados de interactividad. Desde el punto de vista de acceso ADSL, lo que se requiere en estos casos es garantía de ancho de banda hacia el usuario, y unos tiempos de latencia adecuados, que son perfectamente alcanzables con la tecnología actual. En el caso de juegos en Red, el esquema del servicio con los jugadores conectándose a un servidor (game room) e intercambiando básicamente comandos de desplazamientos y acciones sobre escenarios previamente cargados, no suponen exigencias especiales (salvo mantener la latencia baja).

### **Otros (videoconferencia, VPN, etc.)**

Estos servicios generalmente son soportados a nivel IP por funciones de autenticación y seguridad del acceso que residen en los Servidores de Acceso a Banda Ancha. La videoconferencia y las aplicaciones peer to peer requieren adicionalmente simetría en los anchos de banda. Puesto que la calidad de la imagen requerida para una videoconferencia no tiene que ser extremadamente buena, las interfaces SHDSL son las más adecuadas

### **3.3.5.2. HFC**

**Distribución de TV.** Las redes HFC no sólo son adecuadas para este tipo de servicios, sino que además es la aplicación “estrella”.

**Servicio de telefonía o servicios de voz.** Este servicio también se puede integrar en las redes de cable debido a su bidireccionalidad.

**Servicios de Internet y datos.** Las redes HFC son adecuadas para los servicios de Internet y datos, adaptándose al crecimiento esperado de las aplicaciones punto a punto y multimedia, y con las limitaciones propias de la reparto del canal de retorno entre todos los usuarios que comparten el canal.

**Servicios interactivos.** Los servicios interactivos tales como juegos, teletexto interactivo, tele compra, videojuegos interactivos, requieren interactividad y tiempos de respuesta pequeños entre los usuarios de la red. Como se ha indicado, las redes de cable son capaces de proporcionar interactividad. En cuanto a los tiempos de respuesta, resulta factible mantenerlos dentro de los márgenes requeridos por este tipo de aplicaciones.

### **3.3.5.3. PLC**

**Distribución de TV.** Teniendo en cuenta las tasas de bit que son factibles (entre 3 Mbit/s y un máximo de 27 Mbit/s en sentido descendente, obviamente estos son valores máximos, no ofertados), y que estas tasas deben repartirse entre decenas de usuarios, claramente esta tecnología no es válida ni para distribución de TV, ni para vídeo bajo demanda.

**Telefonía.** Sí, usando voz sobre IP. Existen algunos módems que incorporan una pasarela de voz sobre IP. Los sistemas se diseñan para proporcionar una calidad de servicio garantizada para esta aplicación.

**Acceso a Internet.** El acceso a Internet es la principal aplicación del PLC en la actualidad, ya que proporciona ancho de banda suficiente y la naturaleza a ráfagas de este tráfico permite una multiplexión eficaz. Parece además que los “segmentos de red

PLC” (número de usuarios que dependen de un transformador de media a baja multiplicado por el coeficiente de penetración) tienen unas magnitudes adecuadas y comparables con los segmentos de redes de área local.

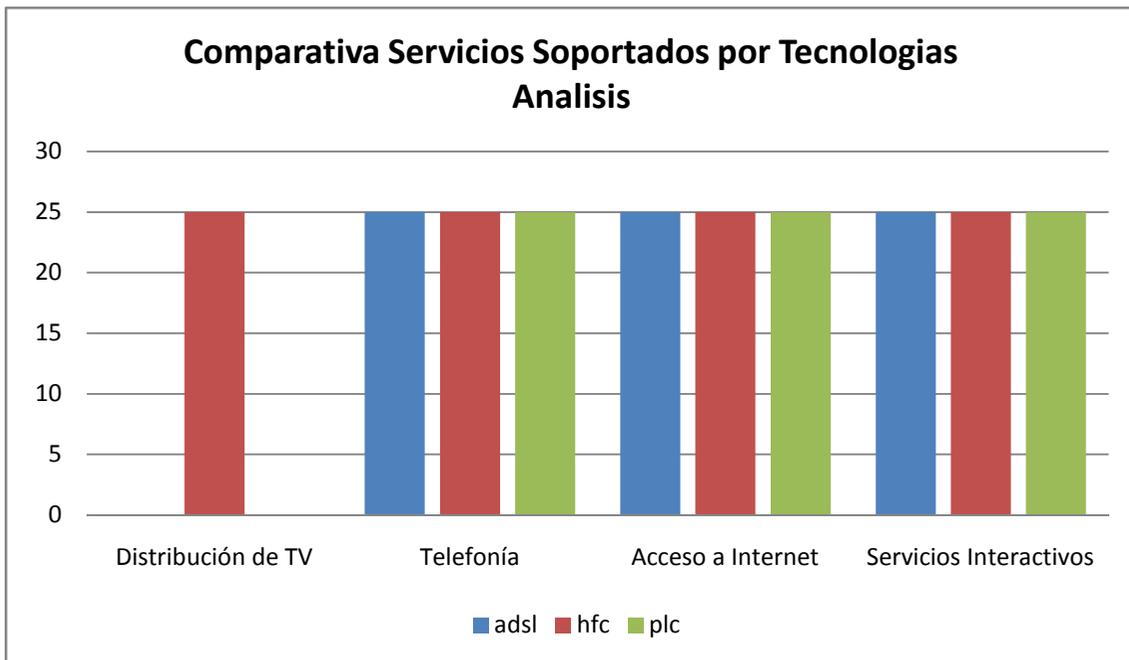
**Servicios interactivos.** Con el estado actual de la tecnología, PLC puede alcanzar anchos de banda y tiempos de latencia aceptables para servicios con diferentes grados de interactividad. En el caso de juegos en Red, el esquema del servicio con los jugadores conectándose a un servidor (game room) e intercambiando básicamente comandos de desplazamientos y acciones sobre escenarios previamente cargados no supone exigencias especiales (salvo mantener la latencia baja).

**Otros (videoconferencia, VPN, aplicaciones peer to peer,...).** Estos servicios generalmente son soportados a nivel IP por funciones de autenticación y seguridad del acceso que residen en los servidores de acceso a banda ancha. La videoconferencia y las aplicaciones peer to peer pueden necesitar anchos de banda excesivos para esquemas de compartición del medio de bajo voltaje como los descritos hasta aquí, si bien estas aplicaciones suelen ser demandadas por empresas de cierta envergadura, que en algunos casos tienen un transformador de media a baja para su uso exclusivo. Existen módems punto a punto de transmisión por líneas de medio voltaje de 2 Mbit/s simétricos, que pueden ser suficientes para estas aplicaciones, pero en cualquier caso los usuarios de las mismas suelen tener a su disposición alternativas de telecomunicación tradicionales a precios muy competitivos.

**Tabla III.XVII. Servicios soportados**

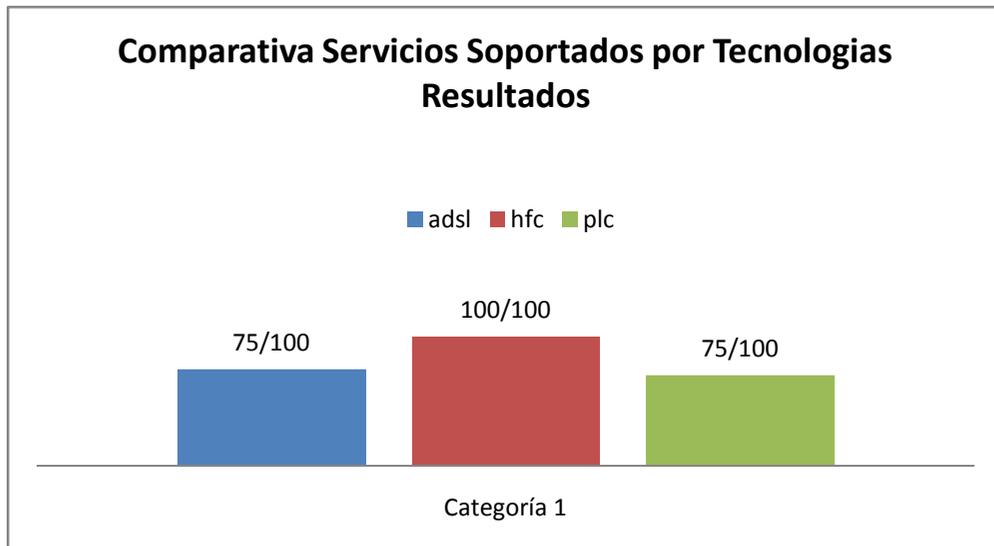
		<b>xdsl</b>	<b>hfc</b>	<b>plc</b>
		adsl	hfc	plc
Distribución de TV	25/100	0	25	0
Telefonía	25/100	25	25	25
Acceso a Internet	25/100	25	25	25
Servicios Interactivos	25/100	25	25	25
	100/100	75	100	75

*Fuente: Autor*



**Figura III.33. Comparativa de servicios soportados por tecnología Análisis.**

*Fuente: Autor*



*Figura III.34. Comparativo de servicios soportados por tecnología Resultados.*

*Fuente: Autor*

### **3.3.6. PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN.**

Para el análisis de los servicios que se desean prestar, todos los servicios tienen igual calificación y está evaluada sobre 25 puntos.

### **3.3.7. ACCESO**

Al hablar de acceso nos referimos al acceso a la tecnología, es decir a la cobertura en la provincia al servicio que brindaría la tecnología implantada.

#### **3.3.7. 1. ADSL**

Alrededor del 80% de los hogares con RTB

#### **3.3.7. 2. HCF**

Depende del despliegue realizado por la operadora de cable local

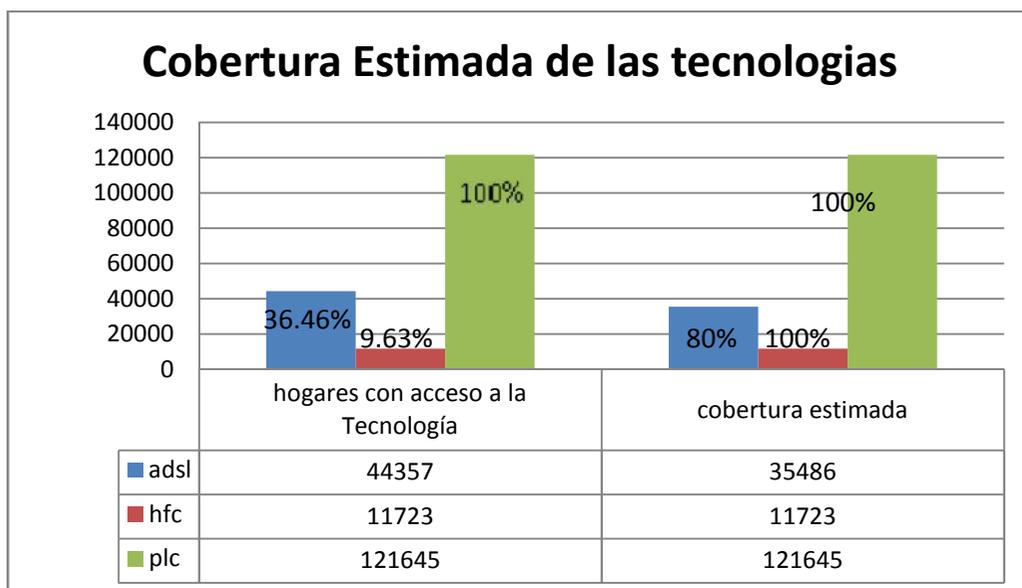
### 3.3.7. 3. PLC

100% de hogares con red eléctrica

**Tabla III.XVIII. Cobertura Estimada**

	xdsl	Hfc	plc
	Adsl	Hfc	plc
Hogares con acceso a tecnología	44357	11723	121645
Cobertura estimada	80%	100%	100%
	35486	11723	121645

*Fuente: Autor*



**Figura III.35. Cobertura Estimada**

*Fuente: Autor*

**Tabla III.XIX. Comparativa de cobertura estimada**

		<b>xdsl</b>	<b>hfc</b>	<b>plc</b>
		adsl	hfc	plc
Cobertura	100/100	36	9	98.5
	100/100	36	9	98.5

Fuente: Autor



**Figura III.36. Comparativa de cobertura estimada resultados**

**Fuente:**

INEC - Población de la provincia de Tungurahua proyección 2008

INEC – Condiciones de Vida Población de la provincia de Tungurahua 2007

Autor

### **3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En este proyecto de tesis se realizó un estudio de la tecnología ADSL, HFC, y PLC, es decir, los conceptos fundamentales en los cuales se basa su funcionamiento y se realizó un análisis comparativo entre estas tecnologías de acceso, cuyo fin ha sido el encontrar la tecnología cuyas características sean las mas optimas para brindar servicios de valor

agregado en la ciudad de Baños, con este fin hemos realizado un análisis cuantitativo y cualitativo entre cada una de ellas.

Como resultado del estudio comparativo descrito en este capítulo, encontramos que adsl en la actualidad es la tecnología más popular para ofrecer servicios multimedia de banda ancha, sin embargo, la tecnología HFC es su principal oponente en la carrera del mercado de servicios, sin olvidar que PLC es una tecnología que brinda también excelentes características sobre todo en lo que se refiere a cobertura e implementación.

Orientados a servicios de valor agregado que es lo que nos corresponde, la gran ganadora es HFC, para demostrar esto mostramos a continuación al detalle los resultados del estudio.

#### **3.4.1. Fiabilidad**

*Ver Figura III.2.*

Al analizar características de fiabilidad como disponibilidad, calidad de servicio, confiabilidad, respuesta a errores, mantenimientos la gran ganadora es HFC con 95,04 puntos sobre 87,73 puntos

#### **3.4.2. Escalabilidad**

*Ver Figura III.3.*

Como podemos observar luego del análisis de las tecnologías en características de escalabilidad visto esto desde la facilidad de un sistema para expandir o disminuir su capacidad de acuerdo a la demanda del servicio, y tomando en cuenta para ello el consumo promedio, reclamos por capacidad de canal y porcentaje de módems

utilizados, nos daría una percepción de la capacidad para el crecimiento de usuarios en la red, se analizaron 2 empresas de las cuales nos reservaremos el nombre, una de ellas proveedoras del servicio de internet bajo la tecnología HFC y la otra bajo ADSL.

Ganando la operadora con tecnología HFC con 95 puntos versus 90 puntos de ADSL, esto nos indica claramente que si bien HFC gana, su margen tampoco es muy amplio.

PLC tampoco pudo ser analizada en esta sección dado que información existente de redes con tecnologías PLC en el país es nula, después del fracaso de ELECTRONET que fue un proyecto de la Empresa Eléctrica Quito.

### **3.4.3. Servicios Soportados**

*Ver Figura III.8.*

Los servicios soportados por cada tecnología han sido los factores decisivos en este proyecto ya que como principal objetivo a sido encontrar la una tecnología que brinde servicios de valor agregado, de estas HFC es la tecnología que mejor se presenta ante este requerimiento, puesto que de manera real ADSL puro como se encuentra funcionando en la localidad donde se requiere de este estudio no presenta ningún otro servicio más que el de datos, e interactivo de acuerdo a la velocidad contratada. PLC es una tecnología que aplicada funcionaria muy bien pero lastimosamente en nuestro país existen intereses grandes por empresas estatales y no existe ninguna regulación para utilizar la red eléctrica como red de datos.

### **3.4.4. ACCESO**

*Ver Figura III.6.*

*Ver Figura III.7.*

Para el acceso a la tecnología realizamos las debidas limitaciones, es decir limitamos el acceso a la tecnología a la provincia de Tungurahua, por ser Baños un cantón de la provincia, así como también existen más datos disponibles para el estudio de la provincia que del cantón, para esto utilizamos como fuente la información del INEC con datos como:

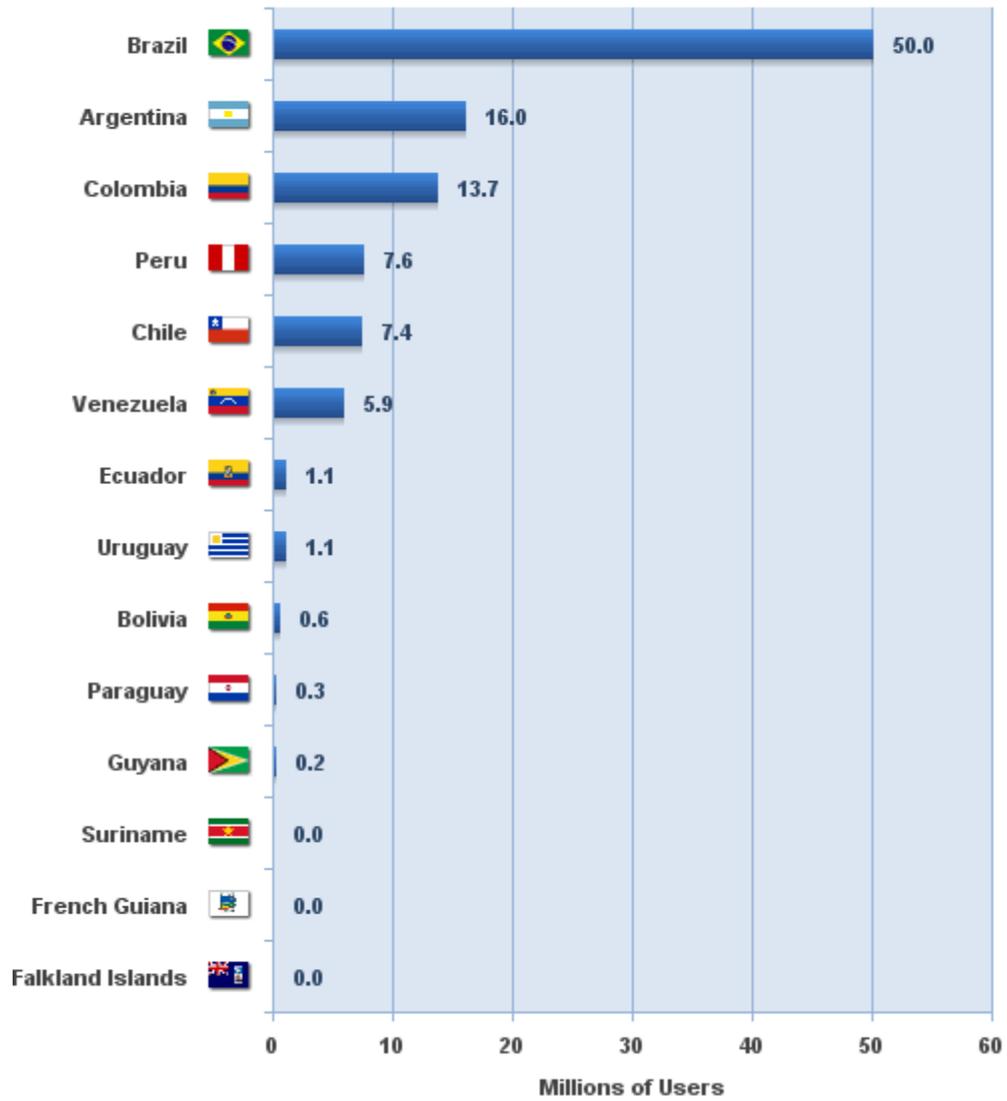
- NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO DE TV CABLE EN TUNGURAHUA
- NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO DE INTERNET EN TUNGURAHUA
- NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO TELEFONICO EN TUNGURAHUA

Con esta información se analizo y se determino una cobertura estimada de cada tecnología, la misma que brindaría un acceso a internet de banda ancha, con todo esto se determino que si existiera en la provincia el servicio de PLC, de forma global esta abarcaría el 69% posible del mercado de internet de la provincia, el caso de ADSL es bastante peculiar ya que cubre el 25% posible del mercado de internet, y HFC cubre apenas el 6% posible del mercado, pese a esto; si leemos desde otro punto de vista, descartamos PLC por las diferentes anomalías que se presentan en el proceso de implementación y nos quedamos con ADSL y HFC, con estas dos tecnologías procedemos a analizar la situación de cada una de ellas, sin bien es cierto tomando estadísticas, en el mercado de las telecomunicaciones tenemos que en la provincia de Tungurahua el 36.46% tiene servicio telefónico, de los cuales se estima que el 80% de estos hogares podrá disponer de servicio adsl, en otras palabras, algo así como el 80% estará en área de cobertura de la tecnología. Sin contar que existirán personas que no

podrán encontrarse con un servicio de calidad por encontrarse en el límite de distancia. Ahora bien si pasemos a HFC en la provincia el 9.63% de la población cuenta con el servicio de tv cable, de ellos el 100% podrá contar con el servicio de internet en sus hogares, es casi la 4 parte del total de personas que podría acceder a adsl, pero si analizamos que el servicio telefónico es básico, entonces se puede decir que es un mercado heterogéneo ya que servicio telefónico lo puede tener gente de cualquier estrato social; la televisión por cable no es servicio básico, es más bien un servicio de valor agregado, por ello me atrevería a decir que es más probable que de ese 80 % de usuarios con cobertura adsl solo una parte usaría este servicio, mientras que la gente que usa servicio de televisión por cable cuenta con un 100% de cobertura del cual un alto porcentaje gusta de la tecnología, por lo que lograríamos más clientes.

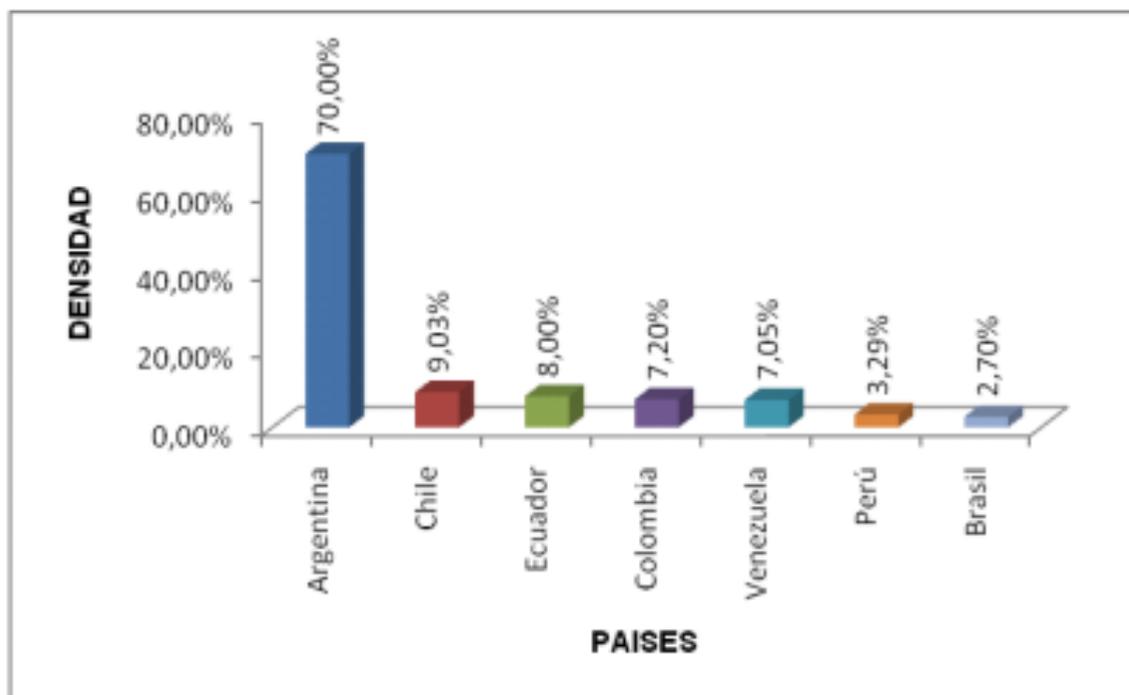
A continuación mostramos datos de penetración de internet y de hogares con servicio de televisión por cable en el ecuador.

### Internet Users in South America



*Figura III.37. Porcentaje de usuarios con servicio de internet en Sudamérica*

*Fuente: [www.internetworldstats.com/stats15.htm](http://www.internetworldstats.com/stats15.htm)*



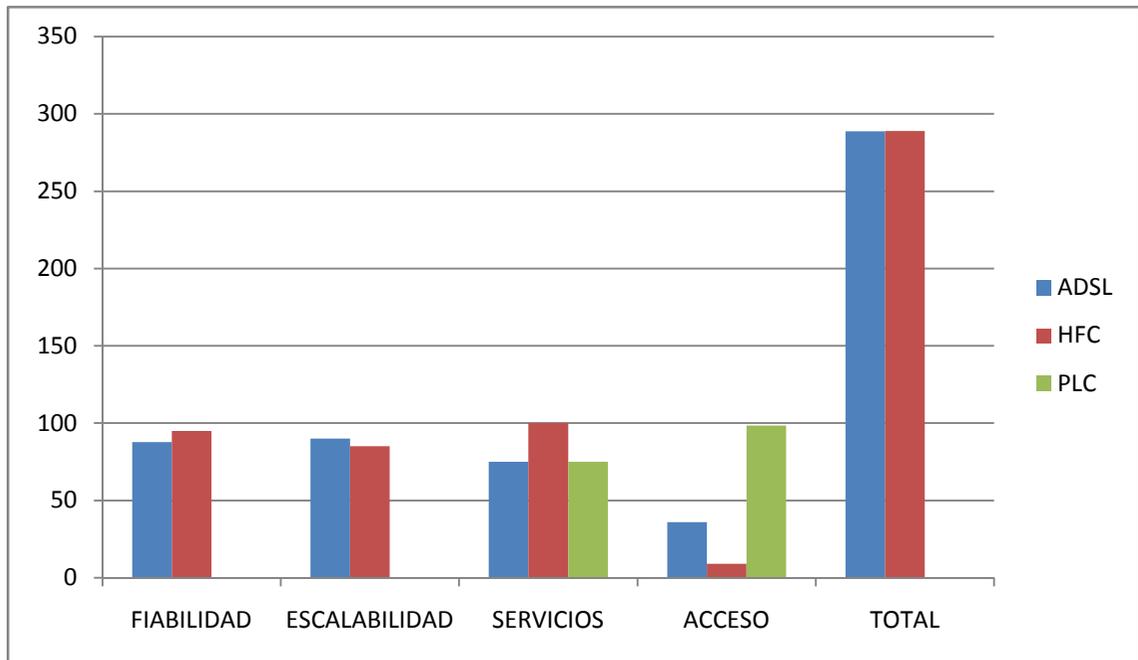
*Figura III.38. Porcentaje de usuarios con servicio de TV cable en Sudamérica*

*Fuente: www.internetworldstats.com*

*Tabla III.XX. Resultados del Análisis.*

<b>Tecnología</b>	<b>ADSL</b>	<b>HFC</b>	<b>PLC</b>
<b>Características.</b>			
FIABILIDAD	87.73	95.04	0
ESCALABILIDAD	90	85	0
SERVICIOS	75	100	75
ACCESO	36	9	98.5
<b>TOTAL</b>	<b>278.73</b>	<b>289.04</b>	<b>168.5</b>

*Fuente: Autor*



*Figura III.39. Resultados del Análisis.*

*Fuente: Autor*

Como podemos observar en la tabla V.16. Los resultados del análisis cuantitativo dan como ganadora a la tecnología HFC con un total **289.04** de puntos, en segundo lugar con **278.73** puntos tenemos a redes ADSL, y en tercer lugar con **168.5** puntos PLC.

HFC es una tecnología que en nuestro país está siendo utilizada por varias empresas en ciudades grandes, dando excelentes resultados sobre todo en calidad debido a su backbone de fibra que si bien es costoso, garantiza fiabilidad de la red, además algo importante y que ha pesado en el estudio es los servicios que en esta plataforma permite obtener.

ADSL es una tecnología bien posicionada, sin embargo en las comparativas de fiabilidad, las mismas que incluyen entre otras calidad y respuesta a errores, la misma cuenta resultados por debajo de HFC que hace que se pierda peso, y más aun comparada

con servicios soportados donde obtuvo una gran pérdida con casi el doble, ganando incluso PLC.

Sin embargo, debemos tomar en cuenta que PLC, la empresa que se encontraba implementándola ELECTRONET no dejó ninguna información que sirva de guía para el desarrollo de este trabajo, sin embargo según datos teóricos y cálculos de cobertura estimada, el sistema podría tener, una gran oportunidad puesto que la mayoría de la población cuenta con luz eléctrica, este es un parámetro que da ganancia a esta tecnología y no dudamos que esta sea una excelente tecnología, que permita ayudar en mucho a la masificación de la tecnología de internet en el país, pero es solo en papel, ya que existen intereses que no permitirán su expansión de ahí los fracasos obtenidos en varios lugares del mundo donde fue aplicada y el más reciente en nuestro país. Si bien es cierto esta tecnología es interesante y marcaría un hito revolucionario en la tecnología.

## CONCLUSIONES

1. Al realizar el estudio comparativo de tecnologías de acceso residencial, encontramos que la tecnología óptima y ganadora de esta contienda es HFC con **289.04** seguida por ADSL con **278.73** puntos. Y PLC con **168.5**.
2. Se demostró en base a estadísticas de dos empresas que operan en el país con tecnologías ADSL y HFC, que esta ultima ofrece mayor fiabilidad y escalabilidad que ADSL. Lastimosamente ELECTROTEL que fue la única operadora con pruebas de PLC ya no existe por lo que no pudimos conseguir estadísticas de esa tecnología en el país.
3. Para el análisis se ha estudiado características de redes tales como: fiabilidad, escalabilidad, seguridad, servicios, y acceso a la red.
4. En fiabilidad ADSL obtuvo 87.73, hfc 95,04, y plc 0 puntos sobre 100, obedeciendo esto a que HFC gana en calidad, confiabilidad y respuestas a eventuales errores por parte de los usuarios, ADSL pierde en esas características, pero aun asi, siendo muy fuerte en la población debido adaptación del mercado a esta red, hace que en el ecuador existan muchos productos para esta red así como empresas monopolizadoras que hay hecho que esta cubra la mayoría de hogares del país, sobretodo en ciudades grandes.
5. El análisis teórico de las tecnologías existentes permite tener un amplio conocimiento para escoger la tecnología que mejor se acopla a los requerimientos de la empresa que auspicia el presente trabajo
6. La rápida evolución tecnológica y las exigencias cada vez más altas de los usuarios de telecomunicaciones han impulsado el desarrollo de los servicios

integrados, que brindarán mayores beneficios al usuario permitiéndole estar comunicado siempre y en todo momento, gracias a las características de ubicuidad y movilidad que la tecnología ofrecerá, constituyéndose en una herramienta fundamental para el desarrollo de las naciones en todos los aspectos.

7. En escalabilidad encontramos los siguientes resultados: ADSL 90 puntos, HFC con 85,8 puntos sobre 100 y PLC con 0 puntos lo que obedece específicamente a la carencia de información sobre dicho tema, dichos valores obedecen a la facilidad de un sistema para expandir o disminuir su capacidad de acuerdo a la demanda del servicio,
8. La tecnología de red de acceso PLC muestra la menor calificación en escalabilidad (vista desde el punto de vista capacidad de red vs número de usuarios) pese a que infraestructura basada en red eléctrica (cuyo servicio no tiene ningún problema con la cobertura peor aun con los usuarios), es la mayor acceso en el país, obedeciendo este singular valor a que en nuestro país y en forma general en el resto del mundo esta tecnología es inmadura y costosa.
9. En cuestiones de seguridad, se analizo: autenticación, encriptación, integridad y seguridad, estos parámetros si bien son los más comunes a analizar resultaron insuficientes para realizar la comparación y encontrar un óptimo resultado
10. En servicios se analizaron servicios como, distribución de tv, telefonía, Acceso a internet, servicios interactivos, en este sentido, aquella que fue capaz de ofrecer de manera integrada un mayor número de servicios y aplicaciones resulto ser HFC con 100 puntos sobre 100, seguida por PLC con 75 puntos, y ADSL 75 puntos.

11. En acceso a la red el estudio se focalizo en la cobertura de la tecnología, es decir primero se estudio la infraestructura base existente para obtener una fácil implementación, arrojando lo siguientes resultados: adsl 80% de cobertura sobre la red telefónica, hfc 100% sobre la red desplegada, plc 100% sobre la red eléctrica.
12. En parámetros generales de cobertura se encontró que la ganadora es PLC con 98,5 puntos sobre 100, seguida por ADSL con 36, y HFC con 9 puntos.
13. La comparación entre tecnología HFC, PLC y tecnologías ADSL únicamente puede hacerse dentro del marco de referencia de los servicios concretos que los clientes demandan, no existe de todas formas, un claro vencedor, y el éxito de cada una no dependerá tanto de la tecnología empleada para llegar a los usuarios como de los esfuerzos económico, de marketing y estandarización que se lleven a cabo en ambos bandos.
14. La tecnología PLC, es una tecnología emergente, muy buena si llegara a implementar, sin embargo el sistema tiene un número de problemas complejos, siendo el primero que las líneas de energía intrínsecamente constituyen ambientes muy ruidosos
15. Se sugiere la implementación de la red HFC ya que, es una tecnología que se a demostrado que es robusta, confiable que si bien es costosa y generara errores, tampoco serán tan catastróficos, dependiendo del estudio y del diseño de la red, además es una tecnología probada en otras ciudades.
16. Se ha demostrado que Ecuador es un país donde existe una fuerte penetración del servicio de televisión pagada, entonces lo único que lograríamos seria añadir un servicio donde el mercado ya es probado y fiel.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda una participación dinámica de todos los miembros que conforman el sector de las telecomunicaciones (organismos de regulación, control y ejecución, proveedores, operadores y usuarios) para un desarrollo eficaz de las reglamentaciones o normativas que guiarán el sector.
2. La enseñanza del manejo y uso de los medios y tecnologías electrónicos para acceder a la información debería ser una obligación del Estado, garantizando de esta manera el progreso y desarrollo de la sociedad y asegurando así la inserción de esta en los nuevos caminos de la sociedad de la información.
3. Para la prestación de servicios convergentes en el país se recomienda que el organismo encargado entregue un título habilitante integrado, que permita y facilite la prestación de servicios convergentes a través de la red de un mismo operador y no como en la actualidad se necesita un título habilitante por servicio.
4. Al ser los avances tecnológicos un bien de elevados costos, los nuevos servicios que esta brinda son accesibles solamente para un determinado grupo de personas, el Estado de cada País y en el caso de nuestro, donde solo un pequeño porcentaje de personas cuenta con servicios de internet, con relación a países vecinos se debería buscar métodos que garanticen que la tecnología esté a disposición de todos los ciudadanos sin ninguna clase de distinción.

5. La integración y normalización tecnológica deberá ceder el protagonismo a quien debería tenerlo desde el principio: el cliente, los servicios y los contenidos.
6. Se recomienda hacer un estudio de demanda basado en encuestas, entrevistas, que se enfoquen en las necesidades de los potenciales clientes, para tener datos más reales de la cantidad de suscriptores que se tendrían para la red
7. El estado ecuatoriano debería implementar una programa de masificación para el acceso a internet, que permitiría masificar el uso de la tecnología, así como también crear políticas donde microempresas se conviertan en los masificadores del internet y de los servicios de telecomunicaciones, los que nos mostraría como una país que investiga mas, y mira menos televisión.
8. El apoyo del estado con créditos de la corporación financiera o del banco de fomento no debería hacerse esperar para que microempresas se formen y brinden el servicio a lugares donde a las empresas estatales no les “conviene”.
9. Se debería vigilar de manera particular que en las construcciones nuevas, urbanizaciones, las instalaciones eléctricas se realice por técnicos calificados, con esto lograríamos que tecnologías útiles, probadas, de fácil implementación no dejen de ser una opción en un país pobre de tecnología como el nuestro

## **RESUMEN**

Se realizó un estudio comparativo de redes de banda ancha de acceso residencial que provea de servicios de valor agregado para el Internet Service Provider Arrobanet (ISP Arrobanet) de la ciudad de Baños de Agua Santa provincia de Tungurahua. Se efectuó el análisis de las tecnologías de acceso residencial, con ayuda del método investigativo, se desarrolló cuadros comparativos de características: como fiabilidad, escalabilidad, acceso; analizando y comparando cada una de ellas para encontrar la que mejor se adapte a las necesidades de la empresa. Se estudió 3 tipos de tecnologías, con distintos medios de transmisión, estas son:

- 1) ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica) que es un tipo de Línea de abonado digital (DSL). La cual Consiste en una transmisión analógica de datos digitales apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional. La misma que es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha, lo que implica una velocidad superior a una conexión tradicional por módem en la transferencia de datos.
- 2) HFC (Híbrido de Fibra y Coaxial), que es una red que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha. Esta tecnología permite el acceso a internet de banda ancha utilizando las redes CATV existentes. Y, además, que comienza a implementarse a través de operadores de CATV, brindando el servicio de televisión por cable incorporando transportar por el mismo medio la señal de internet de banda ancha. A través del uso de cada una de estas tecnologías, la red es capaz de aprovechar los beneficios y minimizar el impacto de las limitaciones inherentes a cada

una de ellas. 3) PLC (comunicaciones mediante cable eléctrico); que se refiere a la tecnología que utiliza las líneas de energía eléctrica convencional para transmitir señales de radio con propósitos de comunicación. La tecnología PLC aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre otras cosas, el acceso a Internet mediante banda ancha. De las estas 3 tecnologías en el país se encuentran funcionando tan solo 2, mientras que PLC ha sido probada solamente a nivel experimental. Luego de estudiar las tecnologías antes mencionadas, resultó ser HFC la tecnología que permitirá brindar mayor número de servicios de valor agregado; al mismo tiempo que constituirse en el principal requerimiento del ISP Arrobanet. El estudio efectuado concluye entonces: que por capacidad de línea, eficiencia, calidad, fiabilidad y servicios, la tecnología que se debe implementar es HFC. Se recomienda, consecuentemente, tanto al ISP Arrobanet como a empresas interesadas en migrar su red, para que implementen la tecnología HFC; pues, dada su estructura con fibra óptica se convierte en una gran plataforma de navegación; sea esta de datos, telefonía y/o video.

## **SUMMARY**

We conducted a comparative study of networks of residential broadband access that provides value-added services for Internet Service Provider Arrobanet (ISP Arrobanet) from the city of Baños de Agua Santa, Tungurahua province. Analysis was performed on residential access technologies, assisted by the research method was developed comparative tables of features, such as reliability, scalability, access, analyzing and comparing each to find which best suits the needs of the company.

We studied 3 types of technologies, with different modes of transmission, these are:

- 1) ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) is a type of digital subscriber line (DSL). Which consists of an analog transmission of digital data supported by the symmetric pair copper telephone line carries. It is an access technology to broadband Internet, which means faster than a traditional modem connection transferring data.
- 2) HFC (Hybrid Fibre and Coaxial), which is a network that incorporates both optical fiber and coaxial cable to create a broadband network. This technology allows access to broadband internet using the existing CATV networks. And also starting to be implemented by CATV operators, providing the cable television service incorporating transported by the same media signal broadband internet. Through the use of each of these technologies, the network is able to reap the benefits and minimize the impact of the inherent limitations of each.
- 3) PLC (communication, cord), which refers to technology that uses conventional power lines to transmit radio signals for communication purposes. PLC technology uses the electricity grid to make it a high-

speed digital line data transmission, allowing, among other things, access to broadband Internet.

Of these 3 technologies in the country are running only 2, while the PLC has been tested only experimentally.

After studying the aforementioned technologies, proved HFC technology that will allow for more value-added services, at the same time become the main requirement Arrobanet ISP.

The study then concludes: that line capacity, efficiency, quality, reliability and services, technology to be implemented is HFC. It is recommended, therefore, both the ISP Arrobanet and businesses interested in migrating its network to implement HFC technology, for, given its optical fiber structure becomes a great platform for navigation is that of data, telephony and / or video.

## GLOSARIO

**DES:** Estándar de Encriptación de Datos. Conocido sistema de criptografía de clave secreta. El DES es un mecanismo de encriptación de datos muy utilizado y del cual existen varias implementaciones tanto en software como en hardware. El DES transforma información de texto llano en datos encriptados, llamado texto cifrado mediante un algoritmo especial y un valor semilla llamado clave. Si el receptor conoce la clave, puede usarla para convertir el texto cifrado en los datos originales.

**FTP (File Transfer Protocol):** Provee la habilidad de enviar archivos de un host a otro, corre sobre TCP. Existen dos aspectos que hacen de FTP muy particular en su uso: su capacidad para transferir archivos entre computadores completamente distintos y su facilidad de compartir archivos públicos.

**IP (Internet Protocol):** Es el protocolo que utiliza direcciones de 32 bits (4 octetos). Es responsable de la transmisión de los datos en el nivel de red. Es en este nivel que se enrutan los paquetes en función de las direcciones.

**IPSec:** Internet Protocol Security.

**SMTP (Simple Mail Transfer Protocol):** Contiene los mecanismos para el intercambio de correo electrónico entre máquinas, corre sobre TCP.

**SNMP (Simple Network Management Protocol):** Una centralizada estación de administración utiliza SNMP para obtener información de otros hosts y routers TCP/IP.

SNMP define el formato para la data de administración y el tipo de intercambios que puede tomar lugar entre la estación de administración y otros dispositivos de la red.

**SSL:** Capa de conexión segura (Secure Sockets Layer).

**TCP/IP:** Nombre común aplicado a una familia de protocolos de comunicación de datos que permiten conectar computadoras y redes. Los datos se transmiten en pequeños trozos de información llamados paquetes. Es muy usado en Internet, como también en ambientes LAN y WAN por sus facilidades de enrutamiento.

**Telnet:** Es un protocolo de acceso de terminal remoto. Que corre sobre TCP. Permite a un terminal attacharse a un servidor de terminales o a un host de comunicaciones.

**WWW: World Wide Web:** Posiblemente, el servicio más conocido de Internet: una serie de páginas de información, con texto, imágenes (a veces, incluso otras posibilidades, como sonido o secuencias de video), y enlazadas a su vez con otras páginas que tengan información relacionada con ellas.

**MAC:** Es un numero único que asignan los fabricantes a los dispositivos de red (adaptadores de red o puntos de acceso). Es permanente a nivel de hardware y viene grabado en el propio dispositivo para poder identificarlo de forma inequívoca. Formado por 12 caracteres hexadecimales.

**DNS (Domain Name Server):** Sistema de nombres de dominio. Es el encargado de traducir los nombres de dominio de los ordenadores conectados a Internet en direcciones IP públicas.

**Dirección IP pública:** Es una cadena numérica que identifica a los ordenadores conectados a Internet

**Dirección IP privada:** Es una cadena numérica que identifica a los ordenadores conectados a una red local

**DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol):** Protocolo de Configuración Dinámica del Host. Es un protocolo que permite que un servidor asigne directamente las direcciones IP a los ordenadores clientes conforme estos las van necesitando. La mayoría de los routers inalámbricos incluyen la función de servidor DHCP.

**Filtrado de MAC:** Método de configuración de seguridad en puntos de acceso que restringe a determinadas direcciones MAC la posibilidad de unirse a la red y autenticarse.

**WIFI (Wireless Fidelity):** Fidelidad Inalámbrica. Es una marca creada por la asociación WECA con el objetivo de fomentar la tecnología inalámbrica y asegurarse la compatibilidad entre equipos. Todos los equipos con la marca "WIFI" son compatibles entre sí.

**WEP (Wireless Equivalent Privacy):** Es un mecanismo de cifrado de datos utilizado por el protocolo de comunicación WiFi. Surgió con la idea de ofrecerle a las redes inalámbricas un estado de seguridad similar al que tienen las redes cableadas.

Utiliza claves de 64bits, de 128bits o de 256 bits. Su uso debería ser rápidamente substituido por las redes wireless con encriptación WPA.

**WPA (Wi-Fi Protected Access):** Es un sistema para corregir la seguridad de WEP. WPA implementa la mayoría del estándar IEEE 802.11i, y fue creado como una simple medida intermedia para ocupar el lugar de WEP mientras se preparaba el estándar 802.11i. era preparado. WPA fue diseñado para utilizar un servidor de autenticación (normalmente un servidor RADIUS), que distribuye claves diferentes a cada usuario (a través del protocolo

## **ANEXOS**

ANEXO A.

**ESTADISTICAS, NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO DE TV CABLE**

<b>NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO DE TV CABLE EN TUNGURAHUA</b>			
<b>AREA # 118</b>	<b>TUNGURAHUA</b>		
<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>
<b>Si</b>	11723	9	9
<b>No</b>	111774	91	100
<b>Total</b>	123498	100	100
<b>RESUMEN</b>			
<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>
<b>Si</b>	11723	9	9
<b>No</b>	111774	91	100
<b>Total</b>	123498	100	100
<b>Procesado con Redatam+SP</b>			
<b>CEPAL/CELADE 2003-2007</b>			

## ANEXO B

### ESTADISTICAS, NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO DE INTERNET

<b>NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO DE INTERNET EN TUNGURAHUA</b>			
<b>AREA # 118</b>		<b>TUNGURAHUA</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>
<b>Si</b>	2291	2	2
<b>No</b>	121206	98	100
<b>Total</b>	123498	100	100
<b>RESUMEN</b>			
<b>Categorías</b>	<b>Casos</b>	<b>%</b>	<b>Acumulado %</b>
<b>Si</b>	2291	2	2
<b>No</b>	121206	98	100
<b>Total</b>	123498	100	100
<b>Procesado con Redatam+SP</b>			
<b>CEPAL/CELADE 2003-2007</b>			

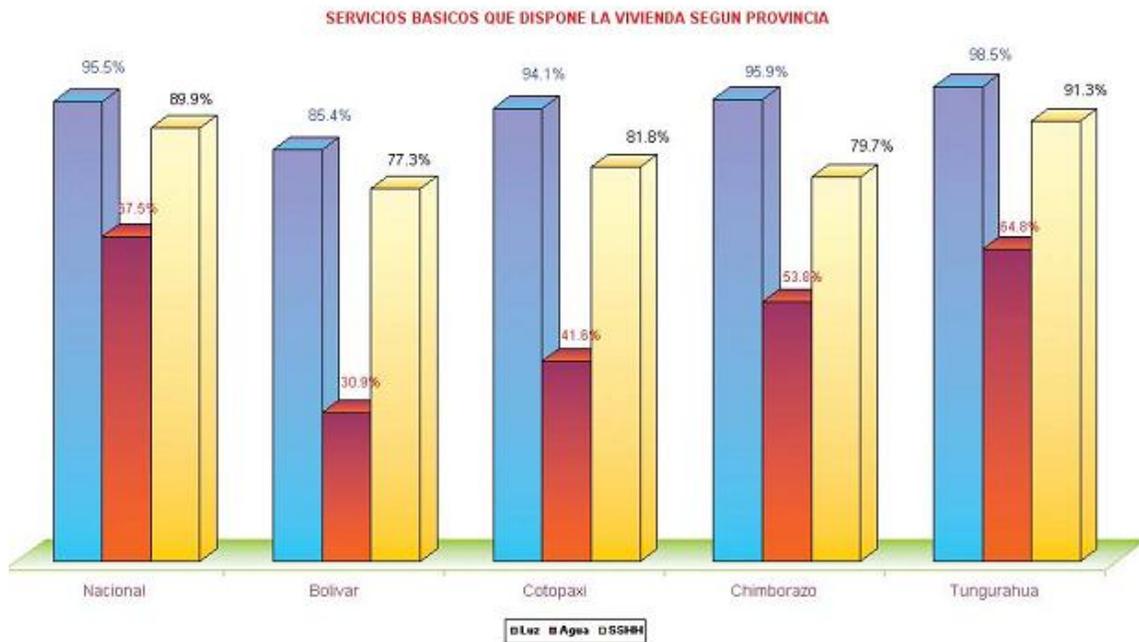
## ANEXO C

### ESTADISTICAS, NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO DE TELEFONICO

NUMERO DE HOGARES CON SERVICIO TELEFONICO EN TUNGURAHUA			
AREA # 118 TUNGURAHUA			
Categorías	Casos	%	Acumulado %
Si	44357	36	36
No	79141	64	100
Total	123498	100	100
RESUMEN			
Categorías	Casos	%	Acumulado %
Si	44357	36	36
No	79141	64	100
Total	123498	100	100
Procesado con Redatam+SP			
CEPAL/CELADE 2003-2007			

## ANEXO D

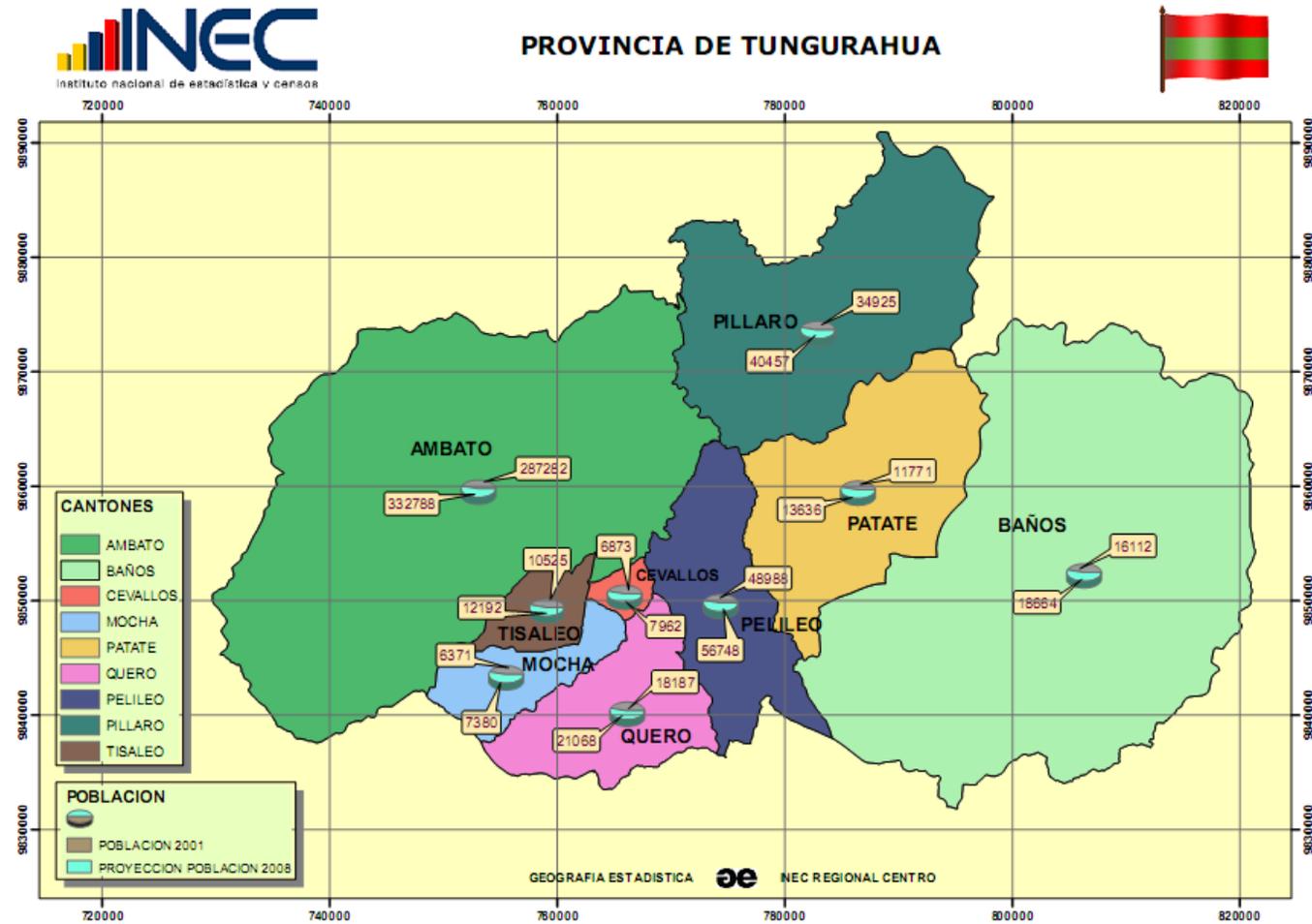
### ESTADISTICAS, PORCENTAJE DE HOGARES CON SERVICIO DE LUZ ELECTRICA



FUENTE: INEC, Encuesta de Condiciones de Vida, Quinta Ronda

## ANEXO E

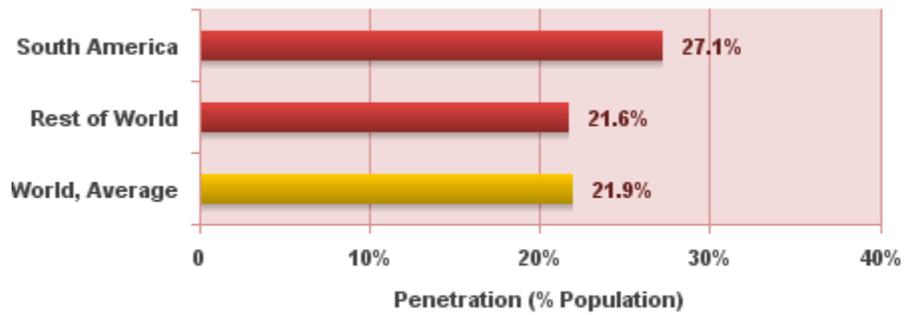
### ESTADISTICAS, NUMERO DE HABITANTES POR CANTON DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA



## ANEXO F

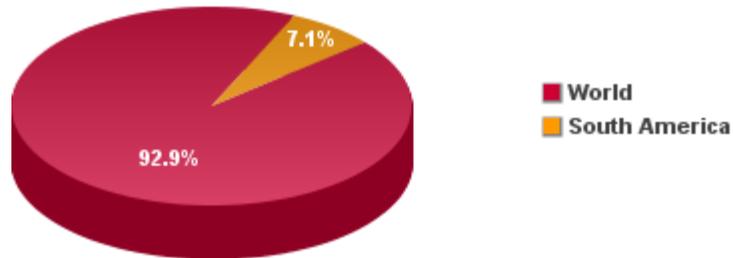
### ESTADISTICAS, PENETRACION DE INTERNET EN SUD AMERICA

#### Internet Penetration in South America



Source: [www.internetworldstats.com/stats15.htm](http://www.internetworldstats.com/stats15.htm)  
104,037,293 estimated Internet Users in South America for 2Q 2008  
Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group

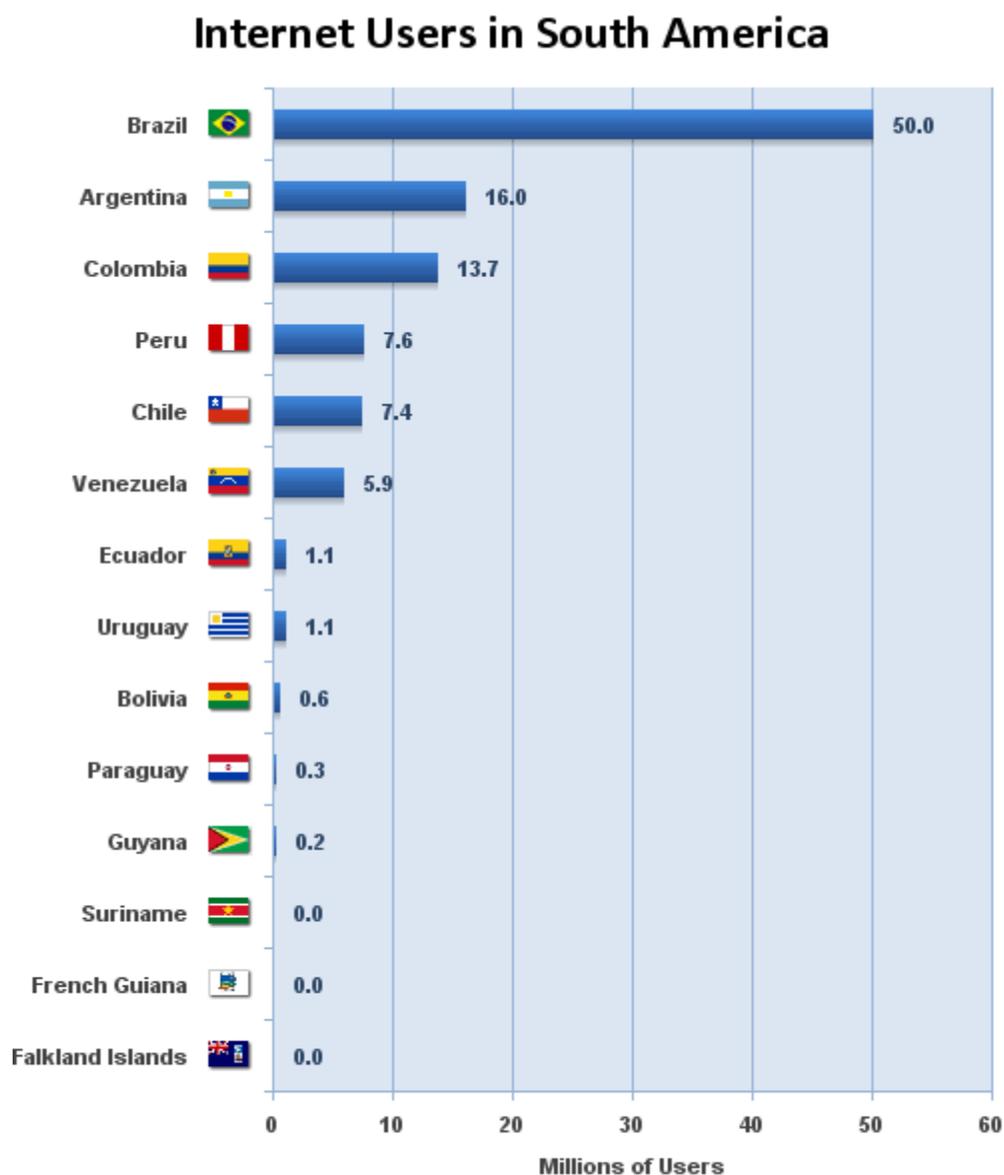
#### Internet Users in South America



Source: [www.internetworldstats.com/stats15.htm](http://www.internetworldstats.com/stats15.htm)  
104,037,293 Internet users estimated for South America on  
2Q 2008 - Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group

## ANEXO G

### ESTADISTICAS, NUMERO DE USUARIOS DE INTERNET EN SUD AMERICA



Source: [www.internetworldstats.com/stats15.htm](http://www.internetworldstats.com/stats15.htm)  
104,037,293 Internet users in South America estimated for 2Q 2008  
Copyright © 2008, Miniwatts Marketing Group

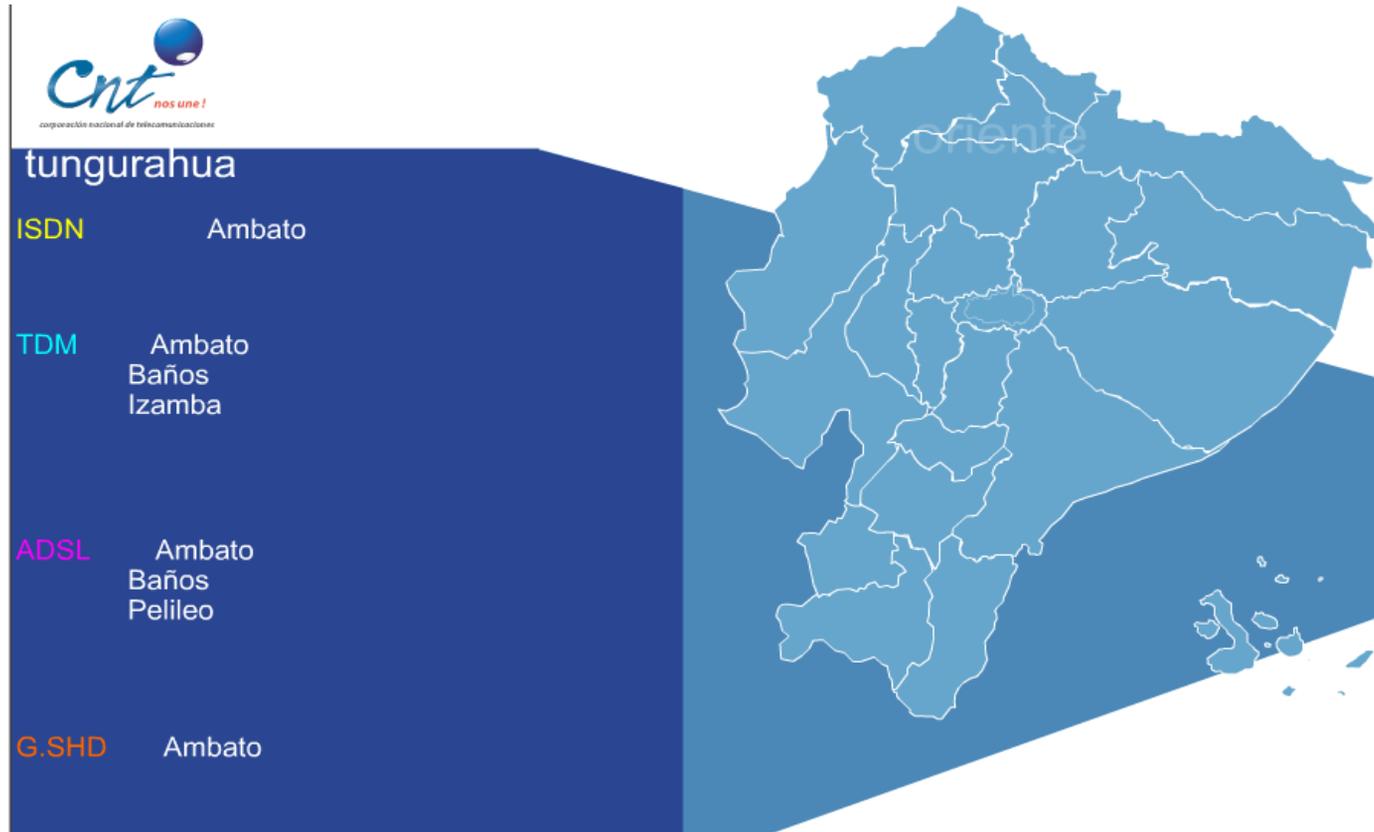
## ANEXO H

### ESTADÍSTICAS, EL USO DE INTERNET Y ESTADÍSTICA DE POBLACIÓN PARA AMÉRICA DEL SUR

<b>Internet Usage and Population Statistics for South America</b>						
<u>SOUTH AMERICA</u>	Population ( 2009 Est. )	% Pop. S. A.	Internet Usage, Latest Data	% Population (Penetration)	Growth (2000- 2009)	% Users S. A.
<a href="#"><u>Argentina</u></a>	40,913,584	10.4 %	20,000,000	48.9 %	700.0 %	14.9 %
<a href="#"><u>Bolivia</u></a>	9,775,246	2.5 %	1,050,000	10.7 %	775.0 %	0.7 %
<a href="#"><u>Brazil</u></a>	198,739,269	50.6 %	72,027,700	36.2 %	1,340.6 %	50.3 %
<a href="#"><u>Chile</u></a>	16,601,707	4.2 %	8,369,036	50.4 %	376.2 %	5.8 %
<a href="#"><u>Colombia</u></a>	43,677,372	11.1 %	20,788,818	47.6 %	2,267.7 %	14.5 %
<a href="#"><u>Ecuador</u></a>	14,573,101	3.7 %	1,840,678	12.6 %	922.6 %	1.3 %
<a href="#"><u>Falkland Islands</u></a>	2,483	0.0 %	2,483	100.0 %	0.0 %	n/a %
<a href="#"><u>French Guiana</u></a>	228,604	0.1 %	54,000	23.6 %	2,600.0 %	0.0 %
<a href="#"><u>Guyana</u></a>	752,940	0.2 %	205,000	27.2 %	6,733.3 %	0.1 %
<a href="#"><u>Paraguay</u></a>	6,995,655	1.8 %	894,200	12.8 %	4,371.0 %	0.6 %
<a href="#"><u>Peru</u></a>	29,546,963	7.5 %	7,636,400	25.8 %	205.5 %	5.3 %
<a href="#"><u>Suriname</u></a>	481,267	0.1 %	50,000	10.4 %	327.4 %	0.0 %
<a href="#"><u>Uruguay</u></a>	3,494,382	0.9 %	1,340,000	38.3 %	262.2 %	0.9 %
<a href="#"><u>Venezuela</u></a>	26,814,843	6.8 %	8,846,535	33.0 %	831.2 %	6.2 %
<b>TOTAL SOUTH AM.</b>	<b>392,597,416</b>	<b>100.0 %</b>	<b>143,104,850</b>	<b>36.5 %</b>	<b>901.3 %</b>	<b>100.0 %</b>

## ANEXO I

### COBERTURA DE CNT EN TUNGURAHUA



FUENTE : <http://www.andinadatos.com.ec/cobertura.html>

## ANEXO J

### Porcentaje de Reclamos por la Capacidad del Canal de Acceso Contratado por el Cliente Adsl.

		
<b>FORMATO SVA-INT-QoS-4.7</b>		
<b>PORCENTAJE DE RECLAMOS POR LA CAPACIDAD DEL CANAL DE ACCESO CONTRATADO POR EL CLIENTE</b>		
<b>PERMISIONARIO: S.A.</b>		
<b>AÑO: 2010</b>		
<b>MES: Julio</b>		
<b>VALOR OBJETIVO: PORCENTAJE DE RECLAMOS POR LA CAPACIDAD DEL CANAL DE ACCESO CONTRATADO POR EL CLIENTE (%Rc 2%, 4%)</b>		
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	VALOR OBTENIDO
Porcentaje de reclamos procedentes por incumplimientos de la capacidad del canal de acceso contratado	%Rc	0,301659125
Total de reclamos procedentes generados en el mes, por proveer una capacidad de canal de acceso < p8%	Rc	663
Total de clientes que dispone ese mes el proveedor de internet	Tcl	12535

## ANEXO K

### Porcentaje de Reclamos por la Capacidad del Canal de Acceso Contratado por el Cliente Hfc.

		
<b>FORMATO SVA-INT-QoS-4.7</b>		
<b>PORCENTAJE DE RECLAMOS POR LA CAPACIDAD DEL CANAL DE ACCESO CONTRATADO POR EL CLIENTE</b>		
<b>PERMISIONARIO: S.A.</b>		
<b>AÑO: 2010</b>		
<b>MES: Julio</b>		
<b>VALOR OBJETIVO: PORCENTAJE DE RECLAMOS POR LA CAPACIDAD DEL CANAL DE ACCESO CONTRATADO POR EL CLIENTE (%Rc 2%, 4%)</b>		
DESCRIPCIÓN	VARIABLE	VALOR OBTENIDO
Porcentaje de reclamos procedentes por incumplimientos de la capacidad del canal de acceso contratado	%Rc	0,452488688
Total de reclamos procedentes generados en el mes, por proveer una capacidad de canal de acceso < p8%	Rc	663
Total de clientes que dispone ese mes el proveedor de internet	Tcl	11448

## ANEXO L

**Tabla Porcentaje De Modems Utilizados Adsl**

				
<b>FORMATO SVA-INT-QoS-4.6</b>				
<b>PORCENTAJE DE MODEMS UTILIZADOS</b>				
<b>PERMISIONARIO: S.A.</b>				
<b>AÑO: Julio - Septiembre 2010</b>				
<b>VALOR OBJETIVO: PORCENTAJE DE MODEMS UTILIZADOS (%M<sub>utilizados</sub> 100, durante el 98% del día)</b>				
<b>1) DATOS DE LA CONSULTA</b>				<b>2) OBSERVACIONES</b>
MES	MÓDEMS EXISTENTES	MÓDEMS UTILIZADOS	% MODEMS UTILIZADOS	
JULIO	120	38	31,667	
AGOSTO	120	29	24,167	
SEPTIEMBRE	120	36	30,000	

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	VALOR OBTENIDO
Porcentaje de modems utilizados	%M <sub>utilizados</sub>	31,667

**ANEXO M**

**Tabla Porcentaje De Modems Utilizados Hfc**

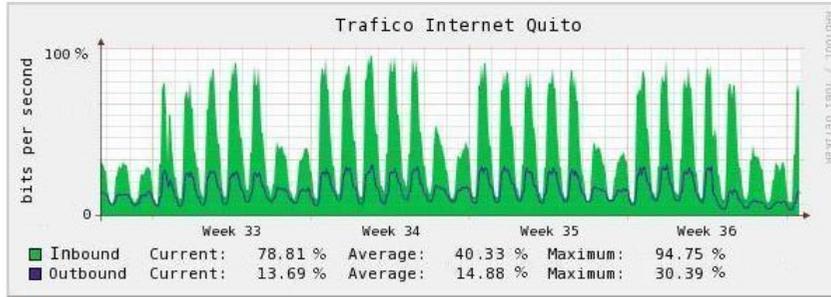
				
<b>FORMATO SVA-INT-QoS-4.6</b>				
<b>PORCENTAJE DE MODEMS UTILIZADOS</b>				
<b>PERMISIONARIO: S.A.</b>				
<b>AÑO: Julio - Septiembre 2010</b>				
<b>VALOR OBJETIVO: PORCENTAJE DE MODEMS UTILIZADOS (%M<sub>utilizados</sub> 100, durante el 98% del día)</b>				
<b>1) DATOS DE LA CONSULTA</b>				<b>2) OBSERVACIONES</b>
MES	MÓDEMS EXISTENTES	MÓDEMS UTILIZADOS	% MODEMS UTILIZADOS	
JULIO	100	40	40,000	
AGOSTO	100	39	39,000	
SEPTIEMBRE	100	40	40,000	

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	VALOR OBTENIDO
Porcentaje de modems utilizados	%M <sub>utilizados</sub>	40,000

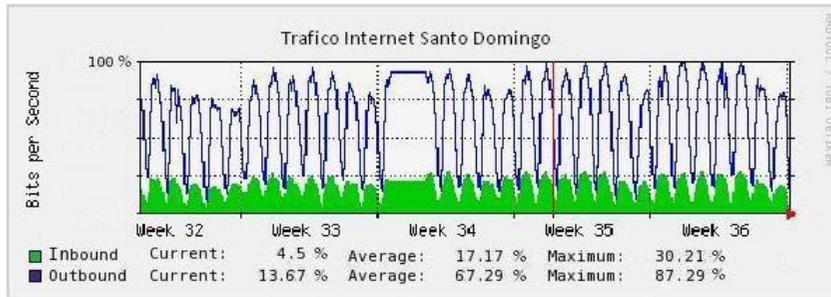
# ANEXO N

## Consumo Promedio Mensual De Capacidad De Internet Adsl

### QUITO



### SANTO DOMINGO



## ANEXO O

### Consumo Promedio Mensual De Capacidad De Internet Hfc

#### Consumo promedio diario del mes en curso

Fecha: Octubre 2010



#### Consumo promedio meses anteriores

Mes	Promedio (%)
Septiembre 2010	56.78
Agosto 2010	49.61
Julio 2010	52.68

## **BIBLIOGRAFIA**

1. ABDEL FATTEH Haidine, Halid Hrasnica, Ralf Lehnert. Broadband Powerline Communications Networks. Alemania. University of Technology Wiley & Sons. 2004. pp. 7-37.
2. ABELLÁN, Daniel Pastor. Sistemas de comunicaciones ópticas. España. Universidad Politécnica de Valencia. 2007. 307 p
3. BOQUERA, María Carmen. Servicios avanzados de telecomunicación. España. Díaz de Santos. 2003. 816 p
4. BOQUERA, María Carmen. Comunicaciones ópticas. España. Díaz de Santos, 2005. 390 p
5. CAPMANY, José. Redes Ópticas/ Optical Networks. España. Universidad Politécnica de Valencia. 2007. 380 p.
6. GORALSKI, Walter. Tecnologías ADSL y Xdsl. Hill Associates. España. McGraw Hill. 2000. 392 p.
7. HERRERA, Enrique. Tecnologías y redes de transmisión de datos. México. LIMUSA Noriega. 2003. 312 p.
8. MARTÍN, José Antonio. Sistemas y redes ópticas de comunicaciones. España. Universidad Politécnica de Valencia. 2004. 580p
9. STAIR, Ralph M, REYNOLDS, George W. Principios de sistemas de Información. 3. ed. Thomson. 2000. pp. 180-190.

10. SUMMERS, Charles K. ADSL: Standards, Implementation, and Architecture.

2. ed. EEUU. Wiley & Sons. 2004. pp. 117-137.

11. TANENBAUM, Andrew S. Redes de computadoras. 4. ed. México.

Pearson Educación. 2003. 891p.

12. TAMARIT, Beatriz Ortega. Redes ópticas. España. Universidad Politécnica de

Valencia. 2007. 376p.

## RECURSOS WEB

### ESTADISTICAS DE INTERNET

13. [www.supertel.gov.ec](http://www.supertel.gov.ec) Superintendencia de Telecomunicaciones  
2010/07/22
14. [http://www.conatel.gov.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_content&view=category&id=41&Itemid=167](http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=category&id=41&Itemid=167)  
2010/07/23
15. [http://www.conatel.gov.ec/site\\_conatel/index.php?option=com\\_phocagallery&view=detail&catid=72:comparativo-internacional&id=286:comparativo-internacional-tf-tm-ba&tmpl=component&Itemid=1](http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_phocagallery&view=detail&catid=72:comparativo-internacional&id=286:comparativo-internacional-tf-tm-ba&tmpl=component&Itemid=1)  
2010/01/08
16. <http://www.internetworldstats.com/south.htm>  
2010/01/08
17. <http://redatam.inec.gov.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>  
2010/02/02

### INFORMES DE OPERADORES DE INTERNET.

18. [http://www.panchonet.net/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=717](http://www.panchonet.net/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=717)  
2010/03/22
19. [http://www.elnuevoempresario.com/noticia\\_935\\_pdf.pdf](http://www.elnuevoempresario.com/noticia_935_pdf.pdf)  
2010/03/22
20. [http://www.aethra.com/media/files/288\\_adsl\\_tester\\_d2061\\_manual\\_de\\_usuario\\_1p80.pdf](http://www.aethra.com/media/files/288_adsl_tester_d2061_manual_de_usuario_1p80.pdf)  
2010/03/22
21. <http://correo.platino.gov.ve/~nvitti/UNEXPO/Transmision%20de%20Datos/Redes%20Publicas%20de%20Datos/Teoria%20CATV.doc>  
2010/03/22

### PLC

22. <http://www.profecarolinaquinodoz.com/alumnos/colegio/tipoconexion.pdf>  
2010/02/22
23. [http://www.ingenieria.cl/tesis/ing\\_\(c\)\\_elec/5\(2007\)/1.pdf](http://www.ingenieria.cl/tesis/ing_(c)_elec/5(2007)/1.pdf)

2010/02/22

24. <http://www.uv.es/montanan/redes/trabajos/PLC.doc>

2010/02/22

25. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/salvador\\_s\\_g/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/salvador_s_g/capitulo2.pdf)

2010/02/22

## REDES DE ACCESO

26. <http://www.eie.fceia.unr.edu./~comunica/TBAApub/RedesdeAccesoTransp.pdf>

2010/07/22

27. [http://www.bandaancha.es/Informacion/Documents/librotaba28\\_1\\_de\\_3.pdf](http://www.bandaancha.es/Informacion/Documents/librotaba28_1_de_3.pdf)

2010/07/22

28. [http://oa.upm.es/2697/2/BERROCAL\\_LIBRO\\_2009\\_01.pdf](http://oa.upm.es/2697/2/BERROCAL_LIBRO_2009_01.pdf)

2010/07/22