

**CRITERIOS DE MIGRACIÓN PARA UNA RED DE ACCESO EN EL  
CONTEXTO DE REDES DE NUEVA GENERACIÓN**



**RICARDO JOSÉ GAMBOA IBARRA  
AICARDO ENRIQUE SÁNCHEZ BARONA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
GRUPO I + D NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2006**

**CRITERIOS DE MIGRACIÓN PARA UNA RED DE ACCESO EN EL  
CONTEXTO DE REDES DE NUEVA GENERACIÓN**



**RICARDO JOSÉ GAMBOA IBARRA  
RICARDO ENRIQUE SÁNCHEZ BARONA**

Trabajo de Grado para optar el título de  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Directora

**Ing. VIRGINIA SOLARTE MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
GRUPO I + D NUEVAS TECNOLOGÍAS EN TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES  
POPAYÁN  
2006**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan especiales agradecimientos a:

La ingeniera Virginia Solarte, docente de Facultad de la Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, por sus comentarios y oportunas respuestas durante la realización de este proyecto.

El ingeniero Oscar J. Calderón Cortés, docente de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, por sus invaluable orientaciones y recomendaciones, importantes para la elaboración del proyecto.

La ingeniera Diana M. Benavides, Ingeniera de Huawei Technologies, por sus inestimables explicaciones tecnológicas que ampliaron enormemente el conocimiento de los autores y permitieron profundizar en el desarrollo del proyecto de grado.

El ingeniero Khaled Abed Safa, Ingeniero de Huawei Technologies, por proporcionar información vital para el estudio realizado.

El ingeniero Guillermo Munévar, Ingeniero de ZTE Corporation, por sus aportes de conocimiento y proporcionar información vital para desarrollo del proyecto.

El ingeniero George Sebek, Ingeniero del Focus Group NGN de la ITU, por sus inapreciables aportes de conocimiento y por proporcionar información vital para el estudio realizado.

El ingeniero Bernardo Urbano, Gerente Técnico de EMTEL SA. ESP., por su colaboración en la realización de este proyecto y proporcionar información vital para su desarrollo.

El ingeniero Jorge Enrique Potes, Gerente de Conmutación de EPM Bogotá, por sus inapreciables aportes de conocimiento y suministro de información para el desarrollo del mismo.

## **ABSTRACT**

This project, at its initial stage, carries out a study and an analysis of the access networks of fixed-telephony operators in Colombia in order to give a further diagnosis of their network state and also implement a general access network model that gathers the common characteristics of operators. Afterward, a general description will be done about architecture, features, advantages, disadvantages and access network services NGN. Later on, a migration model is presented for the access network proposed by the ITU and some migration criteria are determined. These criteria will be used as a reference to the operators in their evolving process toward NGN. At last, a transition process is performed for the general model of access network using the solution of a technological provider and a service model is also performed according to the characteristics of the next generation networks.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. REDES DE ACCESO DE LOS OPERADORES TELEFÓNICOS EN COLOMBIA</b>	<b>3</b>
2.1 MERCADO DE LA BANDA ANCHA EN COLOMBIA	3
2.2 ESTUDIO DE LA RED DE ACCESO DE LOS OPERADORES DE TELEFONÍA FIJA	6
2.2.1 Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá	7
2.2.2 Empresa de Telecomunicaciones de Popayán Emtel	8
2.2.3 EPM Bogotá	8
2.2.4 Emcali	9
2.3 ANÁLISIS DE LAS REDES DE ACCESO DE LOS OPERADORES	10
2.4 DIAGNÓSTICO DE LAS REDES DE ACCESO	12
2.5 MODELO GENERAL DE RED DE ACCESO	13
<b>3. REDES DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN</b>	<b>15</b>
3.1 REDES DE NUEVA GENERACION	15
3.1.1 ARQUITECTURA NGN	16
3.1.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA RED DE NUEVA GENERACIÓN	17
3.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ACCESO NGN	18
3.3 LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA (ADSL - ASYMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE)	19
3.3.1 INTRODUCCIÓN	19
3.3.2 ARQUITECTURA ADSL	20
3.3.3 ADSL2 y ADSL2+	22
3.3.4 VENTAJAS	24
3.3.5 DESVENTAJAS	25
3.3.6 APLICACIONES Y SERVICIOS	25
3.4 LÍNEA DE ABONADO DIGITAL DE MUY ALTA VELOCIDAD (VDSL - VERY HIGH RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE)	26
3.4.1 INTRODUCCIÓN	26
3.4.2 ARQUITECTURA	27
3.4.3 VDSL2	28
3.4.4 VENTAJAS	29
3.4.5 DESVENTAJAS	29
3.4.6 APLICACIONES Y SERVICIOS	30
3.5 REDES OPTICAS PASIVAS (PON - PASSIVE OPTICAL NETWORK)	30
3.5.1 INTRODUCCIÓN	30
3.5.2 CONCEPTO DE PON	31
3.5.3 ARQUITECTURA	31
3.5.4 BPON	36
3.5.5 GPON	35
3.5.6 EPON	35
3.5.7 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS TECNOLOGÍAS PON	36
3.5.8 VENTAJAS	38
3.5.9 DESVENTAJAS	39
3.5.10 APLICACIONES Y SERVICIOS	39
3.6 WIMAX (WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS)	40
3.6.1 INTRODUCCIÓN	40
3.6.2 ARQUITECTURA	40
3.6.3 VENTAJAS	42

3.6.4 DESVENTAJAS	42
3.6.5 APLICACIONES Y SERVICIOS	43
3.7 RESUMEN DE LAS TECNOLOGIAS DE ACCESO	44
<b>4. CRITERIOS DE MIGRACIÓN PARA LA RED DE ACCESO</b>	<b>45</b>
4.1 MODELO DE MIGRACIÓN PARA LA RED DE ACCESO	45
4.2 PRINCIPIOS DE EVOLUCIÓN	49
4.3 PUNTOS CRÍTICOS	49
4.4 CRITERIOS DE MIGRACIÓN	50
4.4.1 REQUERIMIENTOS GENERALES DE LA RED DE ACCESO NGN	50
4.4.2 ESTADO ECONÓMICO DE LA EMPRESA	50
4.4.3 CONDICIONES DE ADAPTACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE ACCESO DE ACUERDO AL ESTADO SOCIO ECONÓMICO DE LOS USUARIOS	52
4.4.4 MIGRACIÓN ESCALONADA	54
4.4.5 ADOPCIÓN DE MEDIDAS PARA GARANTIZAR LA QoS EN LA RED DE ACCESO NGN	55
4.4.6 SELECCIÓN DE EQUIPOS	59
<b>5. PROCESO DE MIGRACIÓN DE LA RED DE ACCESO DEL OPERADOR DE TELEFONÍA FIJA NACIONAL</b>	<b>63</b>
5.1 ESTADO ACTUAL DEL OPERADOR	63
5.2 PROCESO DE MIGRACIÓN	64
5.2.1 Condiciones generales de red	65
5.2.2 Migración escalonada	66
5.2.3 Definición de tecnología de acceso por tipo de usuario	67
5.2.4 Acercamiento del nodo de acceso al usuario	68
5.2.5 Diseño de requerimientos de tráfico	68
5.2.6 Solución para la red de acceso NGN	70
5.2.7 Validación de los criterios técnicos	73
5.2.8 Integración de la gateway de acceso a la red	75
<b>6. MODELO DE SERVICIOS</b>	<b>81</b>
6.1 ENTORNO DE SERVICIOS ABIERTO PARA EL DESPLIEGUE DE APLICACIONES DE TERCEROS	81
6.2 PRINCIPALES TIPOS DE SERVICIOS	82
6.2.1 USUARIOS RESIDENCIALES	82
6.2.2 USUARIOS EMPRESARIALES	84
6.3 MODELO DE SERVICIOS NGN	84
6.3.1 CLIENTES RESIDENCIALES	85
6.3.2 CLIENTES EMPRESARIALES	86
6.3.3 ESQUEMA TARIFARIO	87
6.3.4 DEFINICIÓN DE SLA's	88
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>93</b>
<b>ACRÓNIMOS</b>	<b>94</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>97</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Distribución de suscriptores conmutados	5
Figura 2.2. Distribución de usuarios de Internet por medio de acceso	5
Figura 2.3. Evolución de usuarios de Internet en Colombia por medio de acceso	6
Figura 2.4. Estructura de protocolos y tecnologías de un operador de telefonía fija	10
Figura 2.5. Modelo general de red de acceso	14
Figura 3.1. Arquitectura NGN	16
Figura 3.2. Arquitectura ADSL	20
Figura 3.3. Arquitectura VDSL	27
Figura 3.4. Arquitectura FTTCab	31
Figura 3.5. Arquitectura FTTB/C	32
Figura 3.6. Arquitectura FTTH	33
Figura 3.7. Arquitectura de WIMAX	41
Figura 4.1. Introducción del Acceso Banda Ancha	46
Figura 4.2. Integración de Nodo de Acceso Multiservicio con Gateway de Acceso	47
Figura 4.3. Servicios Multimedia e Interacción Usuario Red	48
Figura 5.1. Proceso evolutivo de la red de acceso en la fase 1	76
Figura 5.2. Gateway de acceso UA 5000	77
Figura 5.3. Proceso evolutivo de la red de acceso en la fase 2	79
Figura 5.4. Proceso evolutivo de la red de acceso en la fase 3	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Distribución de suscriptores de Internet en Colombia a Junio de 2005	4
Tabla 3.1. Características BPON	34
Tabla 3.2. Características GPON	35
Tabla 3.3. Características EPON	36
Tabla 3.4. Principales características de las tecnologías de acceso	44
Tabla 5.1. Comparación técnica de los MSAN	71
Tabla 6.1. Servicios básicos	85
Tabla 6.2. Servicios banda ancha	86
Tabla 6.3. Planes de servicios para clientes empresariales	87

## **LISTA DE ANEXOS**

**Anexo A.** DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA GATEWAY UA5000

**Anexo B.** PRINCIPALES EQUIPOS DE LA SOLUCIÓN NGN DE ACCESO

**Anexo C.** Paper: Migración de una red de acceso a NGN para un operador de telefonía fija

## 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios realizados durante los últimos años al mercado de las telecomunicaciones pronostican un futuro no muy prometedor para los operadores de telefonía fija que pretenden mantenerse en el mercado ofreciendo únicamente el servicio de voz tradicional. La fuerte competencia entre operadores, y la rápida penetración de la telefonía móvil esta haciendo que día a día los ingresos por el servicio de voz disminuyan considerablemente. Por otro lado la tendencia del mercado indica que los servicios de datos presentan un mayor crecimiento y cada vez más tendrán un mejor posicionamiento.

Para contrarrestar la disminución de sus ingresos los operadores telefónicos han ido incursionando en el mercado de los datos acoplando sus redes para ofrecer estos servicios. Sin embargo continuamente aparecen nuevas aplicaciones con mayores exigencias de rendimiento y calidad, lo que hace insostenible continuar adaptando las redes. Esto ha llevado a los operadores a buscar alternativas definitivas de evolución que permitan mejorar su infraestructura de tal forma que soporte los requerimientos de los actuales y futuros servicios.

Esta evolución deberá llevar a una infraestructura de red multiservicios basada en el protocolo IP, con capacidades banda ancha en el acceso y con los niveles de QoS exigidos. Las Redes de Nueva Generación (NGN) están concebidas bajo estas características, por lo que actualmente se presentan como la mejor opción para los operadores que buscan una alternativa de evolución.

Dentro de esta evolución se debe incluir la red de acceso ya que es una de las porciones más importantes en la infraestructura de un operador, encargada de conectar los usuarios al resto de la red, y de sus características depende en gran parte la capacidad de ofrecer a los clientes cualquier clase o tipo de servicio.

Este trabajo de grado contiene en su parte inicial un estudio sobre los operadores de telefonía fija en el cual se determina el estado actual de sus redes de acceso. Considerando la tendencia del mercado, se realiza un estudio a las redes de acceso de

nueva generación con el fin de comprender claramente el concepto de la tecnología a la cual debe llegar el proceso evolutivo.

El enfoque principal de este proyecto es definir criterios de migración que servirán de guía a los operadores de telefonía fija nacionales que vayan a llevar a cabo un proceso evolutivo hacia NGN en su red de acceso.

El documento continúa con la realización del proceso evolutivo en la red de acceso de un operador utilizando la solución de un proveedor tecnológico. Finalmente se propone un modelo de servicios acorde con las exigencias del mercado, y las nuevas características de la red de acceso, de tal forma que el operador pueda beneficiarse económica y comercialmente

## **2. REDES DE ACCESO DE LOS OPERADORES TELEFÓNICOS EN COLOMBIA**

La masificación de las tecnologías banda ancha trae consigo significativos beneficios económicos y sociales que contribuyen al desarrollo de un país, por esta razón conocer el estado actual de las redes de acceso de los operadores de telefonía fija cobra gran importancia, ya que permite determinar cuan necesario es llevar a cabo un proceso de evolución.

En este capítulo se realizará un diagnóstico de las redes de acceso de algunos operadores de telefonía fija en Colombia y se detallará su situación, destacando principalmente las tecnologías utilizadas, servicios ofrecidos, los tipos de clientes, entre otros. Con base en lo anterior, se definirá un Modelo General de Red de Acceso que abarque las principales características comunes de estas redes.

### **2.1 MERCADO DE LA BANDA ANCHA EN COLOMBIA [1][2]**

Las necesidades de ancho de banda están ligadas al desarrollo de las TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), siendo los países más adelantados en este campo aquellos que presentan las mayores penetraciones de servicios de banda ancha. Por lo anterior, las cifras de acceso a Internet son un indicador importante para medir que tan desarrollado se encuentra un país o una región en este campo.

En Colombia según estudios de CINTEL y la CRT la evolución de los servicios de Internet muestra principalmente el comportamiento de sustitución de tecnologías, en el cual los suscriptores conmutados disminuyen en forma importante y los accesos de banda ancha presentan una tendencia al incremento. Ver Tabla 2.1.

Medio de acceso	Junio 2005	Diciembre 2004	Variación
Acceso conmutado por suscripción	370.213	370.001	0.1%
Acceso conmutado por demanda	222.281	236.595	-8.0%
Acceso conmutado prepago	50.159	35.552	41.1%
Acceso conmutado vía RDSI	4.057	4.086	-0.7%
<b>SUBTOTAL CONMUTADO</b>	<b>646.710</b>	<b>646.234</b>	<b>0.1%</b>
Acceso dedicado (Cobre/uo/sat)	9.255	6.657	39.0%
Acceso dedicado cable (fibra/coaxial)	112.352	84.987	32.2%
Acceso dedicado xDSL	60.948	35.489	71.8%
<b>SUBTOTAL DEDICADO</b>	<b>182.555</b>	<b>127.113</b>	<b>43.6%</b>
<b>TOTAL SUSCRIPTORES</b>	<b>829.265</b>	<b>773.347</b>	<b>7.2%</b>

Tabla 2.1. Distribución de suscriptores de Internet en Colombia a Junio de 2005 [3]

Durante el año 2005 se presentó un crecimiento importante en el uso de tecnologías xDSL, así como en el uso de acceso vía cable, lo cual representa una importante señal del despegue de la banda ancha, a pesar que la penetración continua siendo baja en comparación con países de características similares en América Latina. La penetración de banda ancha en Colombia es baja y cercana a 0.25% mientras Chile alcanza una penetración de 3.2%, Argentina de 1.1%, Brasil de 1%, Perú de 0.75% y México de 0.6% [2].

De otra parte, se observa un estancamiento en el número de suscriptores que utilizan acceso conmutado en el país en comparación con el período inmediatamente anterior. Sin embargo en la modalidad de acceso conmutado por demanda y acceso conmutado vía RDSI se disminuyó significativamente el número de suscriptores durante el último semestre.

En cuanto a la distribución geográfica, se mantiene una alta concentración de suscriptores en las principales ciudades del país. Sin embargo, es también notorio el crecimiento de la penetración de los servicios en el ámbito regional, alcanzando cada vez un número mayor de municipios con suscriptores de Internet. Cabe anotar en este punto que la mayoría de dichos accesos siguen siendo conmutados, mientras que la banda ancha continua siendo casi desconocida en este segmento. Ver Figura 2.1.

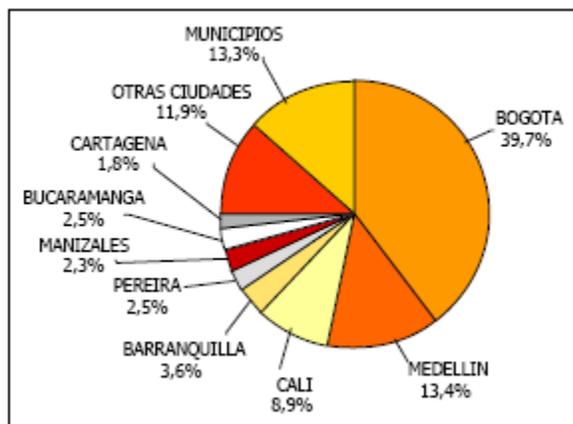


Figura 2.1. Distribución de suscriptores conmutados [2]

El principal punto a resaltar se centra en el despegue que muestran los accesos de banda ancha, tanto a través de cable módem como de tecnologías xDSL. Cabe mencionar que ambas tecnologías han tenido un importante desarrollo, aunque al comparar las cifras en el ámbito internacional la penetración continua siendo baja.

La CRT estima que Colombia cuenta actualmente con 3.8 millones de usuarios de Internet. Por primera vez los usuarios dedicados, incluyendo las tecnologías de banda ancha (xDSL y Cable) se acercan al número de usuarios conmutados, lo cual ratifica el concepto de migración de los suscriptores hacia este tipo de accesos. Ver Figura 2.2

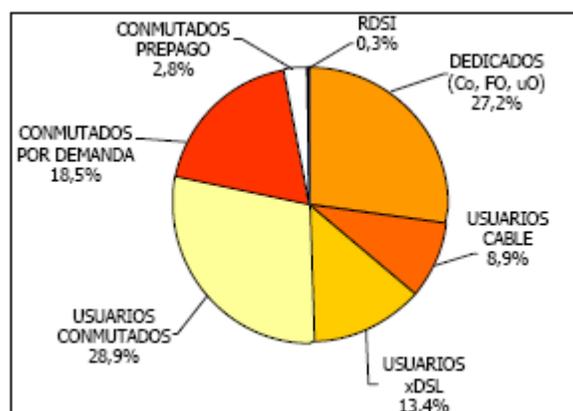


Figura 2.2. Distribución de usuarios de Internet por medio de acceso [2]

En lo referente a la evolución en el consumo, se observa que durante el primer semestre de 2005 el número efectivo de usuarios de Internet se incrementó en un

valor cercano al 18%. Bajo este contexto, la penetración en el acceso a la red sigue manteniendo su tendencia al crecimiento, y se espera un aumento importante especialmente en banda ancha. Ver Figura 2.3

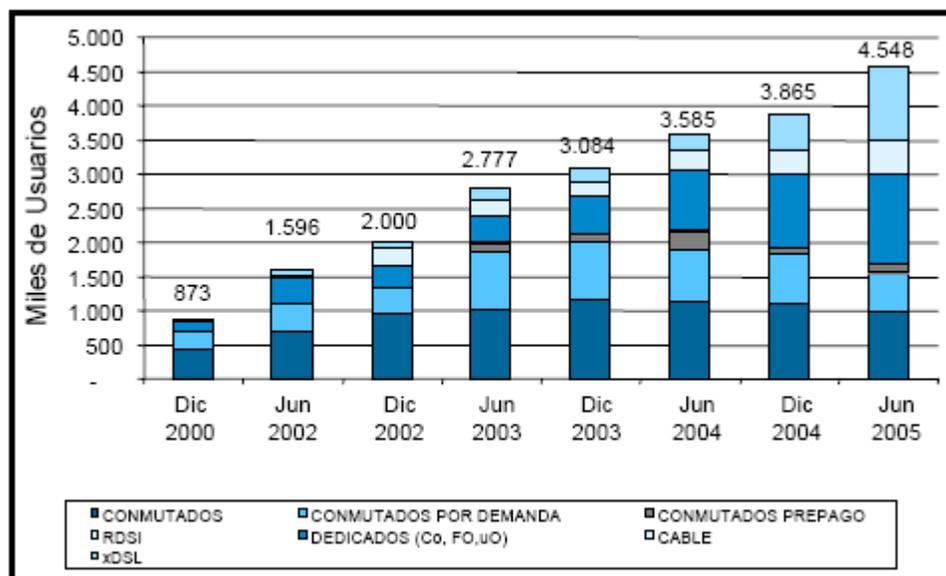


Figura 2.3. Evolución de usuarios de Internet en Colombia por medio de acceso [3]

Se puede concluir que en los últimos años se mantiene la tendencia en el aumento de usuarios de Internet y banda ancha, presentándose una migración de tecnologías de acceso conmutado hacia tecnologías como Cable y xDSL. Esto es un indicador importante para que los operadores telefónicos que no han migrado o están en este proceso decidan evolucionar o mejorar su infraestructura de telecomunicaciones con tecnologías de acceso que les permitan ofrecer servicios y aplicaciones con requerimientos de banda ancha.

## 2.2 ESTUDIO DE LA RED DE ACCESO DE LOS OPERADORES DE TELEFONÍA FIJA

Para realizar el estudio de las redes de acceso de los operadores, se debe conocer sus principales características como son tecnologías utilizadas, servicios ofrecidos y tipos de clientes, lo que permitirá identificar sus capacidades y limitaciones.

Para la selección de los operadores a los cuales se les realizó el estudio de la red de acceso, se tuvieron en cuenta factores como posicionamiento de la empresa en el mercado e importancia de la ciudad, de acuerdo a esto fueron escogidas ETB, EPM

Bogotá y EMCALI. EMTel Popayán fue seleccionada por ser la empresa de telecomunicaciones ubicada en la ciudad donde se desarrolló este proyecto.

### **2.2.1 Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá**

La Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá (ETB) es una empresa suscrita al sector público cuyo objetivo es la prestación de servicios de telefonía local, de larga distancia nacional e internacional, Internet y datos. Aunque su principal mercado es Bogotá, en donde cuenta con más de dos millones de clientes de telefonía local, hoy en día ETB es considerada, dentro del sector de telecomunicaciones, como una de las empresas más grandes y sólidas de Colombia.

#### **Tecnologías de acceso**

Con el fin de ofrecer una gran variedad de servicios, ETB posee varios tipos de acceso dentro de los que se destacan:

- Línea telefónica.
- Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) básico y primario.
- Enlace E1 (2048 Kbps).
- ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line).
- HDSL (High bit rate DSL)

#### **Servicios ofrecidos**

Los principales servicios ofrecidos por ETB son: telefonía local, servicios de transmisión de datos, Internet conmutado, Internet banda ancha, Internet dedicado, videoconferencia y red privada virtual.

#### **Tipos de clientes**

ETB ha dividido el mercado básicamente en cuatro sectores para la prestación de sus servicios.

- Hogar.
- Microempresas.
- Pequeñas y medianas empresas (PYMES).
- Grandes empresas.

### **2.2.2 Empresa de telecomunicaciones de Popayán EMTel**

La Empresa de Telecomunicaciones de Popayán (EMTEL) es una empresa que presta el servicio de telefonía local, Internet y datos a la ciudad de Popayán. La empresa tiene una experiencia de 17 años y cuenta con una participación en el mercado del 51.7% con respecto a sus competidores, y continua día a día evolucionando para lograr mantenerse y desarrollarse de una forma eficiente en el mercado local y regional.

#### **Tecnologías de acceso**

Con el fin de ofrecer una gran variedad de servicios, EMTel posee varios tipos de acceso dentro de los que se destacan:

- Línea telefónica.
- RDSI.
- ADSL.
- HDSL.

#### **Servicios ofrecidos**

Los principales servicios ofrecidos por EMTel son: telefonía local, servicios de transmisión de datos, Internet conmutado, Internet banda ancha, Internet dedicado.

#### **Tipos de clientes**

EMTEL posee básicamente dos tipos de clientes para la prestación de sus servicios.

- Clientes residenciales.
- Clientes corporativos.

### **2.2.3 EPM Bogotá**

Constituida hace menos de 10 años, EPM Bogotá es una empresa de telecomunicaciones perteneciente al grupo empresarial Empresas Públicas de Medellín que ofrece servicios de telefonía fija y transmisión de datos. Aunque cuenta con una infraestructura de red relativamente nueva constantemente adelanta procesos de modernización.

#### **Tecnologías de acceso**

Con el fin de ofrecer una gran variedad de servicios, EPM Bogotá posee varios tipos de acceso dentro de los que se destacan:

- Línea telefónica.
- RDSI Acceso Básico BRI.
- RDSI Acceso Primario PRI.
- Acceso ADSL.
- Acceso HDSL.
- Acceso inalámbrico fijo CDMA 1X.

### **Servicios ofrecidos**

Los principales servicios ofrecidos por EPM Bogotá son: telefonía local, servicios de transmisión de datos, Internet conmutado, Internet banda ancha, Internet dedicado.

### **Tipos de clientes**

EPM Bogotá posee básicamente dos tipos de clientes para la prestación de sus servicios.

- Clientes residenciales
- Clientes empresariales

### **2.2.4 EMCALI**

Esta empresa de telecomunicaciones, es el principal operador de telefonía en Cali, segunda ciudad del país, lo que la ubica como la más grande en el sur occidente colombiano, cuenta con más de 500.000 abonados. Dentro de sus proyectos de modernización, esta el migrar sus redes a NGN.

### **Tecnologías de acceso**

Con el fin de ofrecer una gran variedad de servicios, EMCALI posee varios tipos de acceso dentro de los que se destacan:

- Acceso POTS.
- RDSI Acceso Básico BRI.
- RDSI Acceso Primario PRI.
- Acceso ADSL.

### **Servicios ofrecidos**

Los principales servicios ofrecidos por EMCALI son: telefonía local, servicios de transmisión de datos, Internet conmutado, Internet banda ancha.

### Tipos de clientes

EMCALI posee básicamente dos tipos de clientes para la prestación de sus servicios.

- Clientes residenciales
- Clientes comerciales

### 2.3 ANÁLISIS DE LAS REDES DE ACCESO DE LOS OPERADORES

Basados en el estudio de las redes de acceso, sus servicios y tipos clientes de los operadores nacionales es posible determinar que todos los operadores ofrecen los servicios de telefonía, datos e Internet, estos servicios se suministran a través de dos redes independientes, la red PSTN y la red de datos. La red PSTN esta conformada por centrales telefónicas TDM interconectadas a través de anillos de fibra óptica SDH. La red de datos se basa en switches ATM conectados a través de fibra óptica.

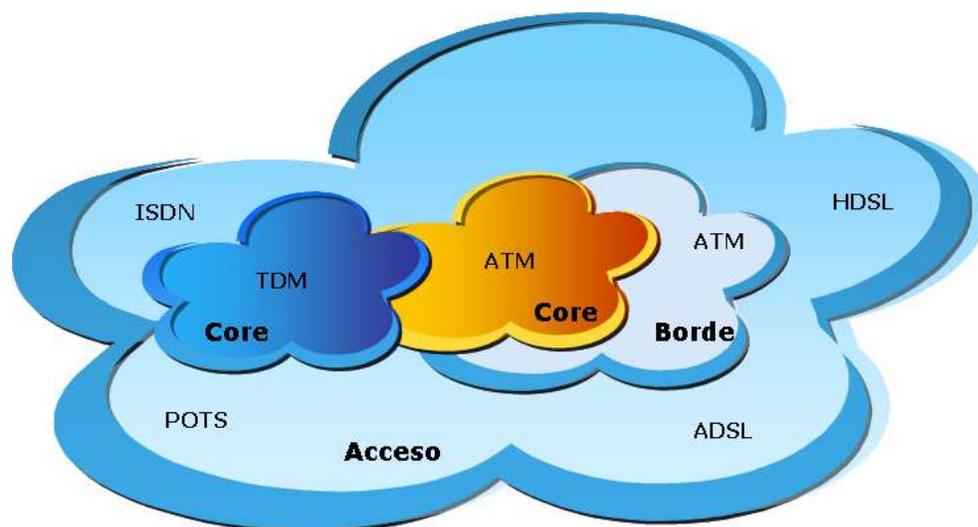


Figura 2.4. Estructura de protocolos y tecnologías de un operador de telefonía fija

El medio de acceso físico más utilizado por los operadores para acceder a la red PSTN y a la red de datos es el par de cobre, sobre este medio físico han sido implementadas diversas tecnologías de acceso, dentro de las cuales se tiene:

- Acceso conmutado.
- Acceso Básico BRI RDSI.
- Acceso Primario PRI RDSI.
- Acceso ADSL.
- Acceso HDSL.

Otras tecnologías de acceso diferentes a las anteriores también se han implementado por los operadores debido a circunstancias tales como: que no ha sido posible realizar el tendido del par de cobre o que los requerimientos del cliente no se logran satisfacer con tecnologías de acceso que utilizan como medio físico el par de cobre,

- Acceso inalámbrico fijo CDMA 1X.
- Acceso por fibra óptica para enlaces punto a punto.

Los servicios y planes ofrecidos por los operadores a través de estas tecnologías de acceso, son descritos a continuación:

El acceso conmutado permite conectar a los usuarios a la PSTN para recibir el servicio de telefonía. Actualmente los operadores ofrecen diferentes planes para los usuarios como planes de tarifa fija local en el cual el número de llamadas locales es ilimitado, planes personalizados donde se paga una tarifa fija por un determinado número de minutos, y el plan básico en el cual se cobra de acuerdo al consumo.

En el acceso conmutado a Internet los operadores ofrecen diversos planes de conexión como acceso ilimitado donde el usuario paga una tarifa fija y puede acceder el tiempo que desee, planes personalizados donde el usuario paga una tarifa fija y tiene acceso por un número determinado de horas, y plan de Internet por demanda donde el usuario paga por el tiempo de consumo. En el servicio de acceso conmutado la máxima velocidad de transmisión es de 56 Kbps y disminuye de acuerdo a factores como estado de la línea y al uso compartido del canal.

Para el acceso RDSI los operadores ofrecen dos opciones de conexión, a través del acceso básico BRI y primario PRI donde la velocidad es de 128 Kbps y 2048 Kbps respectivamente.

En el acceso ADSL los operadores ofrecen diversos planes de servicio, los cuales varían de acuerdo a la velocidad de conexión que esta en un rango entre los 128Kbps y los 2Mbps para el enlace descendente. En este tipo de acceso los operadores no garantizan una velocidad fija ya que esta varía de acuerdo a factores como el estado de la línea, longitud del bucle de abonado y al uso compartido del canal cuya relación

en la mayoría de los casos es de 4 a 1 para usuarios residenciales y de 1 a 1 para usuarios comerciales.

El acceso HDSL es ofrecido a clientes empresariales que requieren una conexión con velocidad simétrica. Los planes ofrecidos van desde 64Kbps hasta 2.048Kbps. La velocidad de transmisión de un sistema HDSL está condicionada por la distancia y condiciones de la línea como el calibre del par trenzado y la presencia de ruido.

La velocidad de conexión a Internet que ofrecen los operadores no solo depende de la capacidad de transferencia de la tecnología de acceso utilizada, sino también del uso compartido del canal y del ancho de banda del canal internacional que tiene contratado el proveedor del servicio de Internet.

## **2.4 DIAGNÓSTICO DE LAS REDES DE ACCESO**

El estudio del mercado de telecomunicaciones en Colombia muestra que se viene presentando un aumento significativo en el número de usuarios banda ancha, esto demuestra que existe un interés por parte del cliente en la utilización de nuevas tecnologías para obtener mejores y nuevos servicios.

Igualmente los operadores están buscando ofrecer nuevos servicios que les permita generar ingresos adicionales, ya que últimamente el servicio de voz su principal fuente de ingreso se esta viendo amenazado por la telefonía celular.

Luego de analizar las características de las redes de acceso de los operadores telefónicos se observa que estas aún no están en la capacidad de soportar nuevos servicios o aplicaciones, debido a que las tecnologías de acceso implementadas actualmente, no cumplen con ciertos requerimientos que exigen los nuevos servicios tales como tasas de transferencia, calidad del servicio, soporte de protocolos como IP sobre los cuales se están generando las nuevas aplicaciones, etc.

Por tal razón los operadores tienen la necesidad de mejorar o evolucionar su infraestructura de acceso a partir de un proceso de migración paulatino que permita asegurar la inversión, que aproveche al máximo la infraestructura disponible y que respete los servicios ofrecidos a los clientes actuales.

## **2.5 MODELO GENERAL DE RED DE ACCESO**

En el estudio de las redes de acceso, se observan varias características comunes que pueden reunirse para obtener un modelo generalizado de red de acceso del operador de telefonía fija nacional. Sobre este modelo será posible realizar un proceso de migración que sirva a los operadores como referencia para llevar a cabo su respectiva evolución.

Como características comunes obtenidas en el estudio a la red de acceso de los operadores se tienen:

- La red de acceso conecta a los usuarios a las redes PSTN y de datos utilizando como medio físico el par de cobre.
- Las tecnologías de acceso utilizadas por los operadores son: acceso conmutado, ISDN básico y primario, ADSL y HDSL.
- La conexión de los usuarios a la PSTN se hace a través del acceso conmutado, conectando directamente equipos como aparato telefónico, fax y módem a la central de conmutación.
- En el acceso ISDN los usuarios por medio del NT se conectan a través del cobre con las centrales TDM encargadas del suministro de este servicio.
- Para los usuarios ADSL y HDSL, se cuenta con módems en las premisas de usuario, los cuales se conectan por medio del par de cobre al DSLAM encargado de concentrar y multiplexar los usuarios para conectarlos a la red de datos ATM por medio de enlaces E1/E4.

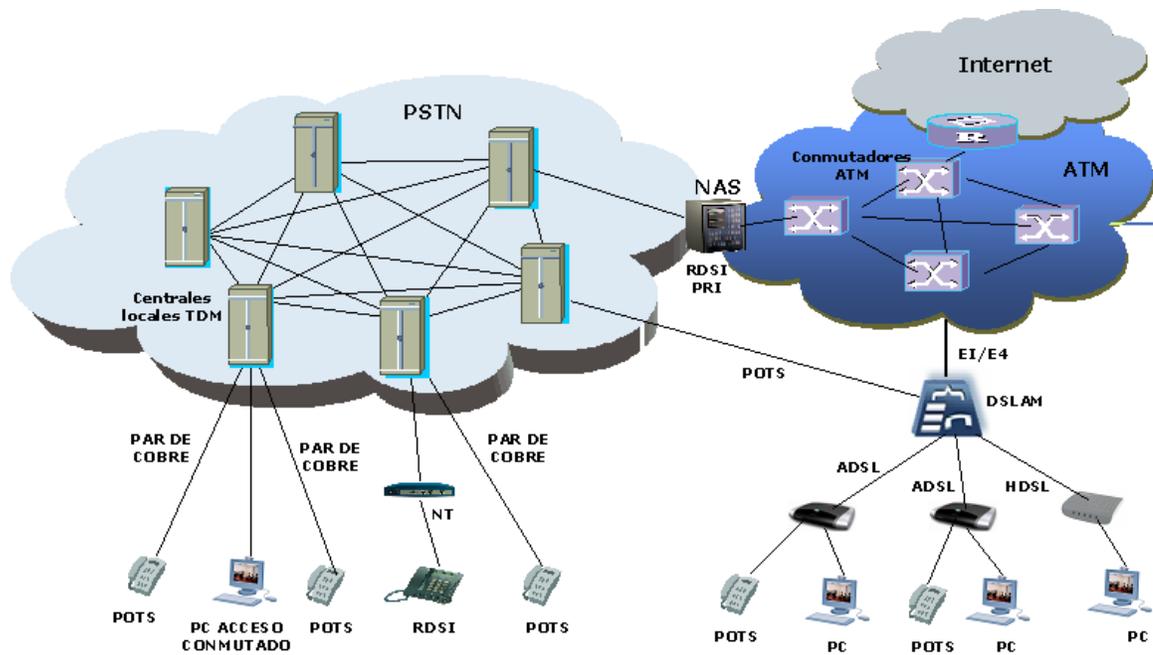


Figura 2.5. Modelo general de red de acceso

### **3. REDES DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN**

Las redes de nueva generación por las características y beneficios que presentan se están convirtiendo en la mejor opción para los operadores de telefonía fija que necesiten migrar sus redes a una infraestructura multiservicio. Por tal razón para llevar a cabo un proceso de migración a NGN es necesario realizar un estudio sobre su arquitectura y características.

#### **3.1 REDES DE NUEVA GENERACIÓN**

Una Red de Nueva Generación (NGN) es una red de paquetes capaz de proveer servicios de telecomunicaciones y de hacer uso de tecnologías banda ancha y tecnologías de transporte con capacidades de QoS en donde las funciones de servicio son independientes de las tecnologías de transporte. Ofrece acceso no restringido a usuarios de diferentes proveedores de servicio y soporta movilidad generalizada la cuál permite ofrecer servicios permanentes a los usuarios [4].

NGN representa la convergencia de múltiples redes independientes incluyendo voz, video y datos dentro de una red única, unificada y de banda ancha. Es la evolución en telecomunicaciones que combina la confiabilidad y accesibilidad de la red telefónica con el alcance y flexibilidad de Internet.

NGN define algunas características fundamentales [4]:

- Transporte basado en paquetes,
- Control distribuido e independiente del transporte, recursos, sesión y servicios,
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de bloques de servicio (incluyendo tiempo real, streaming y multimedia),
- Capacidades banda ancha con calidad del servicio extremo a extremo,
- Interworking con redes heredadas vía interfaces abiertas,
- Movilidad generalizada,
- Acceso no restringido a usuarios de diferentes proveedores de servicio,
- Una variedad de esquemas de identificación,
- Servicios convergentes entre fijo y móvil,

- Independencia de las funciones relacionadas con el servicio de las tecnologías de transporte,
- Soporte de múltiples tecnologías de última milla y
- Cumplimiento con todos los requerimientos regulatorios.

### 3.1.1 ARQUITECTURA NGN [5]

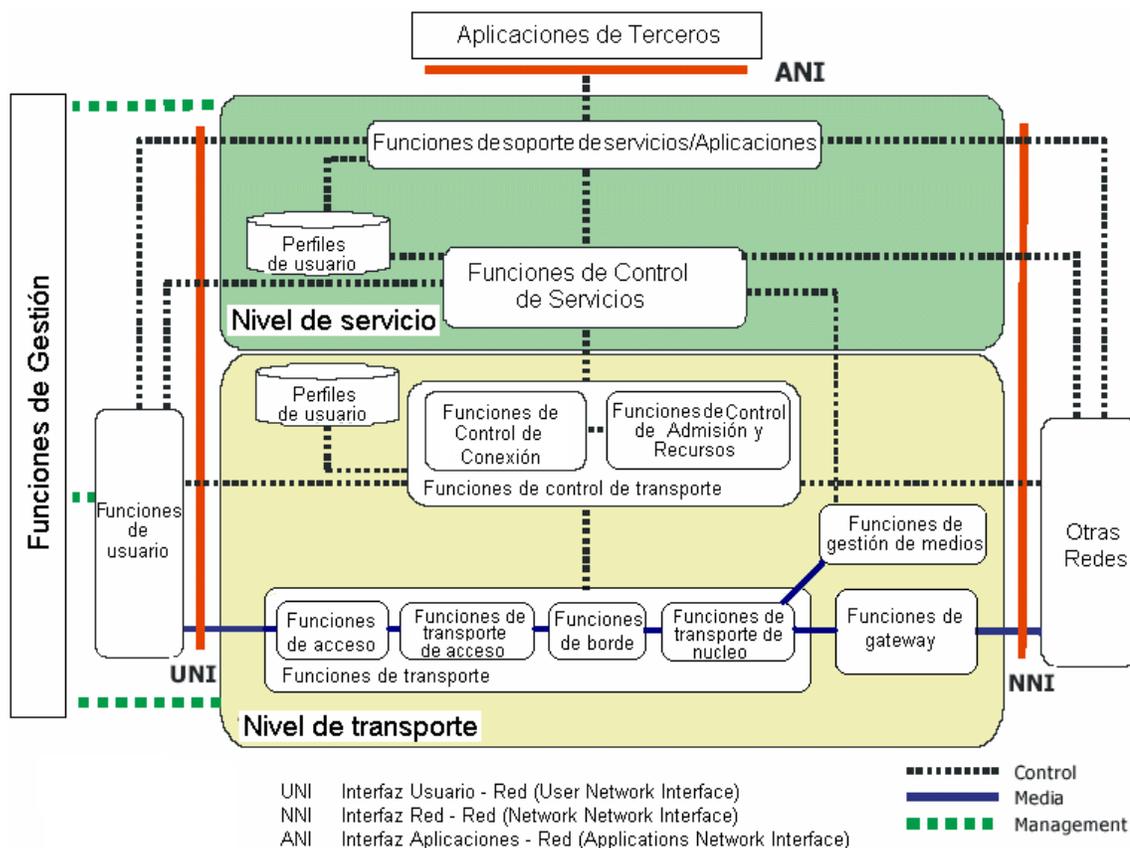


Figura 3.1 Arquitectura NGN [6]

La Figura 3.1 muestra un esquema general de la arquitectura NGN, donde aparece claramente la división de los estratos ó niveles de servicio y transporte, tal como se especifica en la definición de NGN. A continuación se describen las funciones de los principales bloques de la arquitectura.

**NIVEL DE SERVICIOS:** Las funciones del nivel de servicio se encargan de proveer servicios basados en sesión tales como telefonía IP, video conferencia y video chatting. Y servicios no basados en sesión tales como difusión de video y video streaming.

También deben suministrar toda la funcionalidad asociada con las redes PSTN/ISDN, como servicios, capacidades e interfaces [6].

**NIVEL DE TRANSPORTE:** Las funciones del nivel de transporte proveen conectividad para todos los componentes y funciones separados físicamente dentro de la NGN. IP es reconocida como la más promisoría tecnología de transporte para NGN. Así, el nivel de transporte proveerá conectividad IP a los usuarios. También es responsable de proveer QoS extremo a extremo, la cual es una característica importante de NGN. La capa de transporte es dividida en red de acceso y backbone, con una función de borde enlazando las dos redes [6].

**GESTIÓN:** El soporte de gestión de red es fundamental para la operación de una NGN. Las funciones de gestión permiten al operador gestionar la red y proveer servicios NGN con la calidad, seguridad y confiabilidad esperada [6].

### **3.1.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA RED DE NUEVA GENERACIÓN [7]**

Una red NGN esta formada por algunos elementos principales que se encargan de su funcionamiento y su interoperabilidad con otras redes. Estos elementos se describen a continuación [8]:

**Softswitch:** llamado también Call Server, servidor de telefonía o servidor de llamadas, es un servidor que ejerce el control de las llamadas, controla el tráfico de paquetes, el tráfico hacia o desde la red PSTN existente. El softswitch también controla la prestación de servicios para los clientes de la PSTN y los clientes conectados a la red de paquetes.

**Gateway de Acceso:** o también conocida como MSAN es el principal elemento de una red de acceso NGN. Tienen las funciones básicas de conectar a los clientes a través de la red de cobre a la red de paquetes (core) a través de la Red de Borde. Provee líneas POTS, RDSI, LAN, puertos xDSL, etc., para el lado cliente e interfaces FE/GE en el lado de la red de paquetes.

**Gateway Troncal:** conjunto de elementos software y hardware que convierten la información TDM en información de paquetes y viceversa e interconectan la red PSTN existente con la red de paquetes.

**Gateway de Señalización:** se define como una entidad hardware/software que permite la interconexión de un softswitch con la red de señalización número 7 (SS7). La Gateway de señalización recibe y envía las instrucciones de control de llamada necesarias entre la red de señalización 7 (SS7) y el softswitch usando el protocolo de transmisión de flujo de control (SCTP) y el protocolo MTP (Message Transfer Part) de nivel 3, capa de adaptación de usuario (M3UA). Así se permite que el softswitch procese y transmita instrucciones de control de llamada a la Gateway Troncal.

**Servidor de Gestión:** es el conjunto de elementos software y hardware que gestionan en forma integrada todos los elementos de red y los servicios de la red de nueva generación o red multiservicios. Realiza gestión de fallas, configuración, contabilidad, desempeño y seguridad.

**Servidor de Aplicaciones:** son los equipos encargados de ofrecer servicios enfocados a los puntos terminales de una llamada (tales como correo de voz, conferencia entre más de dos abonados, llamadas prepago, etc.) o entrega de servicios o información al usuario final. Éste servidor se puede combinar con redes de datos (por ejemplo Internet) para lograr acceso a sistemas de información que faciliten la prestación de servicios al usuario final.

**Terminales de Usuario:** son los equipos instalados o ubicados en las instalaciones del cliente con el fin de permitir el acceso y el suministro de servicios y aplicaciones.

### **3.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ACCESO NGN**

La red de acceso es la porción de la Red de Nueva Generación (NGN) que conecta los nodos de acceso a los suscriptores individuales a través de un medio físico como cobre y fibra óptica, utilizando tecnologías de acceso como xDSL, FTTx o WiMAX. También se puede definir como el último tramo en una red entre las premisas de usuarios y el primer punto de conexión en la infraestructura de la red. Para la red de acceso, la arquitectura NGN define dos bloques funcionales:

**FUNCIONES DE ACCESO:** Las funciones de acceso controlan el acceso del usuario final a la red. Son dependientes de las tecnologías de acceso, tales como WCDMA y línea de abonado digital xDSL. Las redes de acceso incluyen funciones relacionadas con las tecnologías de acceso por cable, tecnologías xDSL, tecnologías Ethernet, y acceso por fibra óptica [6].

**FUNCIONES DE TRANSPORTE DE ACCESO:** Estas funciones son responsables de transportar información a través de la red de acceso. También proveen mecanismos de control de QoS que tratan directamente con el tráfico de usuario, incluyendo gestión de buffers, encolamiento y planificación, filtrado de paquetes, clasificación, marcación y monitoreo de tráfico [6].

Además, aparece un bloque funcional que no hace parte de la red de acceso, pero que tiene una relación directa con esta y se conoce como borde de red.

**FUNCIONES DE BORDE:** Estas funciones se utilizan para procesar el tráfico, cuando el tráfico de acceso es incorporado al core de la red [6].

Dentro de las características definidas para una red NGN, se especifica que ésta debe soportar múltiples tecnologías de última milla con capacidades banda ancha y calidad del servicio extremo a extremo sobre las cuales se le brinde una conexión confiable al usuario final para acceder a la red y que soporte servicios de nueva generación. Según esto, la ITU ha recomendado algunas tecnologías de acceso que tienen cabida dentro de los requerimientos de NGN, como son xDSL, HFC, redes de acceso de fibra óptica y redes de acceso inalámbrico de banda ancha como WIMAX. A continuación se realizará una descripción de las tecnologías de acceso sugeridas por la ITU para ser implementadas en una red NGN.

### **3.3 LÍNEA DE ABONADO DIGITAL ASIMÉTRICA (ADSL – ASYMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE)**

#### **3.3.1 INTRODUCCIÓN [9]**

ADSL es una tecnología de acceso a Internet que permite una transmisión de datos en forma digital a alta velocidad sobre el par de cobre de la línea telefónica. Esta

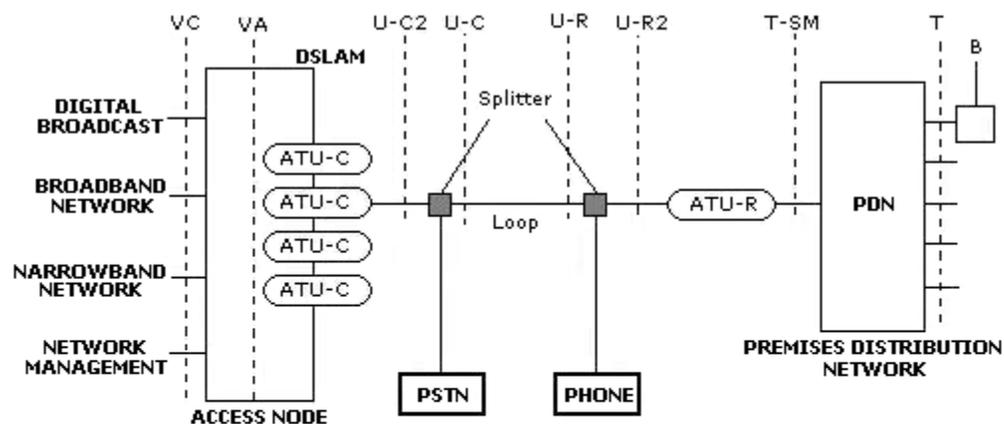
tecnología utiliza espectros de frecuencia distintos a los que utiliza la voz, por lo que por una misma línea telefónica se puede utilizar para el servicio de telefonía y estar conectado a Internet al mismo tiempo. La especificación de esta tecnología esta consignada en la recomendación ITU-T G.992.1. A continuación se explica el porque de sus siglas en inglés:

A (Asymmetric = Asimétrico) Es asimétrico porque la velocidad de transmisión en sentido descendente es diferente a la velocidad en sentido ascendente, con esta clase de DSL se tiene una mayor velocidad de bajada que de subida.

D (Digital = Digital) Es digital porque las señales eléctricas transmitidas entre la ubicación del usuario y el terminal ubicado en la central representan información digital, al contrario de las señales analógicas que se transmiten en un enlace telefónico típico.

SL (Subscriber Line = Línea de abonado) Esta tecnología aprovecha el tendido telefónico basado en pares de cobre, y esta pensada para utilizar la línea telefónica de un usuario común.

### 3.3.2 ARQUITECTURA ADSL [10]



- VC - Interfaz entre el Nodo de Acceso y la Red (WAN)
- VA - Interfaz lógica entre la ATU-C y el Nodo de Acceso
- U-C2 - Interfaz entre el splitter y la ATU-C
- U-C - Interfaz entre el bucle y el splitter en el lado de la red
- U-R - Interfaz entre el bucle y el splitter en el lado de las premisas de usuario
- U-R2 - Interfaz entre el splitter y la ATU-R
- T-SM - Interfaz entre la ATU-R y la PDN
- T - Interfaz entre la PDN y los módulos de servicio
- B - Entrada auxiliar de datos al módulo de servicios

Figura 3.2 Arquitectura ADSL [10]

La arquitectura de la red ADSL es muy simple (Figura 3.2) y esta compuesta por las siguientes partes:

**Unidad Transceptora ADSL en el terminal Remoto (ATU-R – ADSL Transceiver Unit Remote):** Este es el módem digital que se instala en la ubicación del cliente y que esta conectado a la línea telefónica y al computador, los datos son modulados mediante el uso de modulación Multi-Tono Discreto (DMT – Discreto Multi-Tone), según la recomendación ITU-T G.992.1, sobre una banda de frecuencia superior a la del servicio telefónico común, ó sea, arriba de los 4 KHz.

**Splitter:** Es el elemento que divide las señales de voz y de los datos, y evita las interferencias provocadas sobre la transmisión de datos cuando se cuelga (on hook) o se levanta (off hook) el auricular del teléfono del lado del usuario. El splitter consiste básicamente en un par de filtros que van a dividir el espectro de la señal en dos bandas, una banda de frecuencias bajas de 0 a 4 KHz para el servicio de voz y una banda para datos que esta compuesta por las frecuencias mayores a 4 KHz, hasta los 1100 KHz. Al filtrar las frecuencias bajas se separa la voz y se eliminan las interferencias provocadas por la transmisión de datos, de la misma forma al filtrar las frecuencias altas se separan los datos.

**Unidad Transceptora ADSL en la Oficina Central (ATU-C – ADSL Transceiver Unit Central Office):** Es el módem digital que esta ubicado del lado de la central (Operador de Red), este debe utilizar el mismo tipo de modulación que el ATU-R. Generalmente es una tarjeta que se inserta en el equipo que concentra y multiplexa el tráfico de datos (DSLAM).

**Multiplexor de Acceso de DSL (DSLAM – Digital Subscriber Line Access Multiplexer):** Este es el componente que concentra y multiplexa el tráfico de los usuarios DSL. Antes del DSLAM esta el cableado proveniente del splitter de la central que separa la información de voz y datos provenientes del usuario, y del otro lado del DSLAM se encuentra la red de datos, que puede ser una red tipo Modo de Tránsito Asíncrono (ATM – Asynchronous Transfer Mode) o una Red de Nueva Generación (NGN) que proveerá el camino para llegar a los diferentes Proveedores de Internet (ISPs).

### **3.3.3 ADSL2 y ADSL2+ [11]**

ADSL2 y ADSL2+ son unas tecnologías preparadas para ofrecer tasas de transferencia sensiblemente mayores que las proporcionadas por el ADSL convencional, haciendo uso de la misma infraestructura telefónica basada en cables de cobre. Así, mientras con ADSL se tienen tasas máximas de bajada/subida de 8/1 Mbps, con ADSL2 se consigue 12/2 Mbps y con ADSL2+ 24/2 Mbps. Además de la mejora del ancho de banda, este estándar contempla una serie de implementaciones que mejoran la supervisión de la conexión y la calidad de servicio (QoS) de los servicios demandados a través de la línea.

La migración de ADSL a ADSL2 sólo requiere establecer entre la central telefónica y el usuario un terminal especial que permita el nuevo ancho de banda, lo que no supone un enorme gasto por parte de los proveedores de servicio.

A continuación se mencionan algunos aspectos interesantes acerca de la tecnología ADSL2 y ADSL2+ [11].

#### **Mejora de la velocidad de la conexión**

ADSL2 provee una mayor tasa de transferencia haciendo uso de mecanismos factibles frente a las atenuaciones y los fenómenos de diafonía presentes en los pares de los cables del tendido telefónico. Para conseguir esto, ADSL2 tiene una mejor eficiencia de modulación/codificación (codificación Trellis de 16 estados y modulación QAM con constelaciones de 1 bit) y una serie de algoritmos mejorados de tratamiento de la señal que los ofrecidos por ADSL, mejorando la calidad de la señal y aumentando la cantidad de información que se puede recibir por el medio analógico. ADSL2+ amplía enormemente la frecuencia utilizada para la transferencia de datos en sentido descendente hasta los 2,2 MHz. Esto es lo que permite una tasa de transferencia a una velocidad de hasta los 24 Mbps en líneas telefónicas de gran alcance. ADSL2 alcanzaría los 12 Mbps de bajada con 1,1 MHz.

#### **Diferentes servicios conectados a una misma línea**

La auténtica revolución de la nueva generación de conexiones es la capacidad de conectar todos los servicios a una misma línea ADSL. En un futuro será posible que cualquier usuario establezca una videoconferencia, disfrute de un juego 'online' y

utilice un servicio de voz por IP y todo al mismo tiempo, gracias al nuevo ancho de banda.

### **Supervisión del estado de la conexión**

El sistema ADSL2 contempla una mejora en los elementos encargados de proveer el servicio, destinados a añadir una serie de facilidades que permiten realizar diagnósticos durante la fase de instalación, uso o mejora del servicio. Esta serie de mejoras consisten en permitir medir la potencia de la señal de ruido en la línea, la relación señal/ruido (SNR) y la atenuación del bucle. Esto sirve para monitorizar el estado de la conexión lo cual ayuda a prevenir funcionamientos poco óptimos, evaluar si a un terminal se le pueden ofrecer mayores tasas de transferencia y evaluar el estado de la infraestructura.

### **Adaptación de la velocidad de la conexión**

En el ADSL convencional uno de los problemas generados a la hora de aumentar la tasa de transferencia era la alta diafonía producida en los cables de tendido telefónicos. ADSL2 mejora estos aspectos supervisando la cantidad de distorsión/ruido en el medio, variando la tasa de transferencia al máximo posible sin perder la calidad de la conexión y previniendo los errores. Este ajuste de velocidad se hace de forma transparente de cara al usuario, utilizando mecanismos que permiten el cambio de velocidad sin que se produzcan errores de sincronismo a la hora de procesar las tramas de información.

### **Mejora en la gestión de energía**

ADSL2 también introduce una serie de mejoras orientadas a disminuir el consumo de energía por parte de los proveedores del servicio. Esta mejora consiste en optimizar los recursos energéticos desaprovechados por ADSL; si con el ADSL convencional los aparatos encargados de dar servicio estaban continuamente conectados, ahora se pueden inducir unos estados de reposo o stand by en función de la carga que está soportando dicho dispositivo, lo cual supone un ahorro monetario por parte de los proveedores.

### **Canalización sobre ADSL2, QoS y CVoDSL**

ADSL2 añade la posibilidad de dividir el ancho de banda en distintos canales, suministrando a cada aplicación un canal con características independientes. Esto

supone una gran mejora en QoS, pudiendo asignar prioridades de ancho de banda y latencia a las aplicaciones según su funcionalidad, lo cual supone un salto cualitativo a la hora de trabajar con aplicaciones que demandan de servicios en tiempo real como puede ser la videoconferencia.

Una aplicación derivada de la canalización es CVoDSL (voz canalizada sobre DSL). Con ADSL2 se pueden usar distintas señales de voz en distintos canales, pudiendo establecer más de una conversación sobre una línea. Éste puede ser un servicio independiente del proporcionado por el ISP dando a las operadoras de telefonía un sistema que permite una transmisión más flexible, de mayor calidad y de menos costo.

### **Otras mejoras**

Otra característica de ADSL2 que hace que se obtenga una mayor velocidad de transferencia se refiere a la optimización en el uso de los buffers encargados de almacenar tramas en caso de congestión (Overhead Framming), siendo ésta fija en el ADSL convencional. Ahora ADSL2 aprovecha el espacio no usado en los buffers para conseguir un aumento de hasta 50kbps en la velocidad de bajada.

ADSL2 también permite hacer uso del ancho de banda reservado para telefonía empleándolos para la transmisión de datos obteniendo 256kbps más en velocidad de subida.

Incluso ahora el tiempo empleado para realizar la conexión inicial desde el terminal al proveedor es de 3 segundos, siendo de 10 segundos en el ADSL convencional.

Otra ventaja con las mejoras introducidas por ADSL2 es que es capaz de dar cobertura a bucles más largos que los posibles con ADSL. Ello también implica que ADSL2 proporcione mayores velocidades a puntos alejados con respecto a ADSL.

### **3.3.4 VENTAJAS [9]**

- Ahorro de costos, ya que elimina la necesidad de instalar fibra óptica en el bucle de abonado para suministrar servicios de alta velocidad, por lo tanto, no se requiere de ingeniería civil para tender nuevos cables.

- ADSL puede introducirse con base en la demanda por usuario individual, esto es interesante para los operadores de la red porque significa que su inversión en ADSL es proporcional a la aceptación de los servicios multimedia de altas velocidades por parte del usuario.
- Para los usuarios, los servicios ADSL aportan nuevas posibilidades de acceso de alta velocidad para soportar una gran variedad de aplicaciones, desde multimedia hasta conexión de Redes de Área Local (LAN - Local Área Network) y acceso a Internet.

### **3.3.5 DESVENTAJAS [9]**

- La distancia desde la central telefónica hasta la ubicación del cliente debe tener un máximo, cuanto mayor sea la distancia menor será la velocidad o incluso no se podrá desplegar ADSL.
- Aún a pesar de que las condiciones anteriores se cumplan, quizás no se pueda montar ADSL debido a un exceso de interferencias en la línea telefónica.
- Debe contratarse el servicio al operador telefónico correspondiente. Esto no sucede con los módem habituales, puesto que basta con conectarlos a la red, sin aviso al operador.
- Otro inconveniente importante es la saturación de los servidores al conectarse muchos usuarios con ADSL.

### **3.3.6 APLICACIONES Y SERVICIOS [9]**

Comunicaciones de datos de alta velocidad, fundamentalmente el acceso a Internet y el acceso remoto a redes de área local. El mercado principal para esta tecnología está compuesto por pequeñas y medianas empresas (Pymes), el segmento SOHO (Small Office Home Office), y los usuarios residenciales que deseen acceder a servicios banda ancha.

Provisión de video, con tendencia a ser interactivo. También aparecen otras aplicaciones como cine bajo demanda, o videojuegos con múltiples jugadores, programas de TV o aplicaciones de extracción de información en forma de vídeo.

Con las versiones mejoradas de ADSL se puede prestar el servicio Triple Play (telefonía, datos y video) y casi cualquier tipo de servicio de nueva generación (NGS).

### **3.4 LÍNEA DE ABONADO DIGITAL DE MUY ALTA VELOCIDAD (VDSL – VERY HIGH RATE DIGITAL SUBSCRIBER LINE)[13]**

#### **3.4.1 INTRODUCCIÓN**

VDSL es la más rápida de las tecnologías xDSL. Se trata de un tipo de conexión que puede ser simétrica, y puede alcanzar velocidades de 1,5 a 6 Mbps en sentido ascendente y 13 a 55.2 Mbps en sentido descendente sobre un simple par trenzado, utilizando modulación DWMT (Discrete Wavelet MultiTone). Su alcance esta entre 300 y 1.500 metros. VDSL está destinada a ser utilizada en conjunto con tecnologías que utilizan fibra óptica, tales como Fibra hasta el Armario (FTTCab – Fiber To The Cabinet) o Fibra hasta el Edificio (FTTB – Fiber To The Building).

La conexión local al backbone de datos a grandes velocidades es hecha mediante fibra óptica. Existe un punto de acceso en la vecindad (FTTCab) o en el sótano del edificio (FTTB) que es propiedad del operador de telecomunicaciones (por lo general un armario), que utiliza VDSL para alcanzar la ubicación del cliente utilizando el bucle local existente (par trenzado). Este tipo de arquitectura es llamada Área de Servicio de Portador (CSA – Carrier Service Area), en la cual se concentra el tráfico de varios usuarios y se transporta a través de la fibra óptica hasta la central.

Es también posible el funcionamiento simultáneo de VDSL y de los servicios de banda estrecha tradicionales (POST o RDSI) sobre una única línea telefónica. Esto requiere un divisor en cada extremo de la línea para separar la señal VDSL de mayor frecuencia de la señal POST o RDSI de menor frecuencia. De forma alternativa, los servicios de banda estrecha pueden transmitirse dentro de la banda formando parte de los datos digitales.

VDSL es un estándar consignado en la norma ITU-T G.993.1, la cual incluye planes de frecuencia mundiales que permiten servicios asimétricos y simétricos sobre pares de cobre. Los transceptores deben superar muchos tipos de interferencia de entrada tales como las mismas frecuencias, similarmente, los niveles de potencia de transmisión de G.993.1 han sido diseñados para minimizar la potencial interferencia de salida que puede afectar a otros sistemas de transmisión.

### 3.4.2 ARQUITECTURA [14]

La Figura 3.3 muestra la configuración de referencia utilizada para VDSL. Esta es esencialmente una arquitectura de FTTCab, con una Unidad de Red Óptica (ONU – Optical Network Unit) situada en la red de acceso alamburada existente para llevar señales desde y hacia la ubicación del cliente.

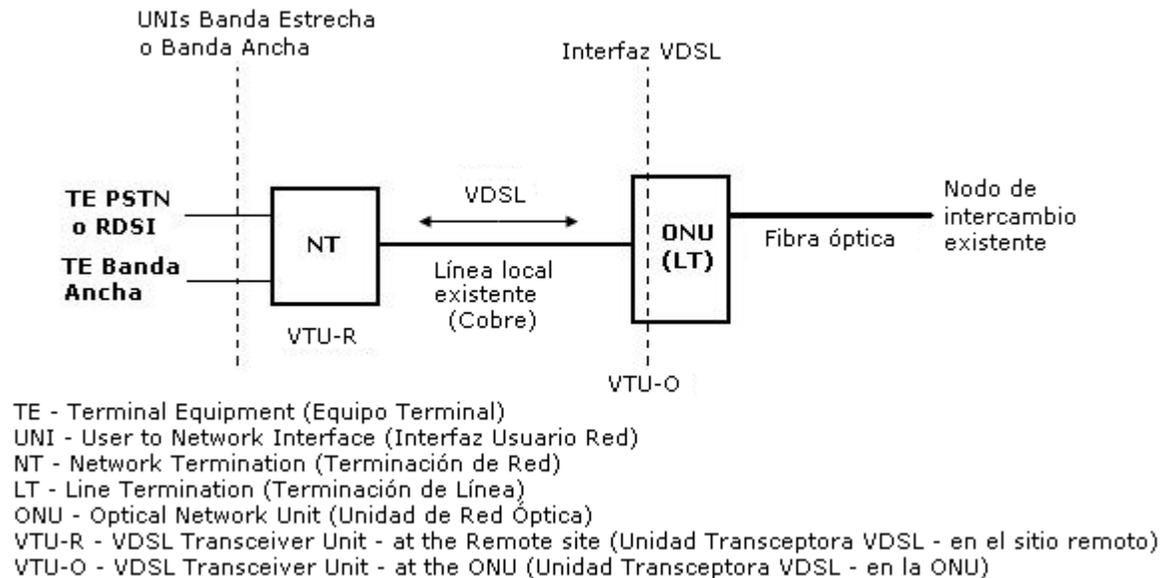


Figura 3.3. Arquitectura VDSL [14]

La configuración de referencia proporciona dos o cuatro caminos de datos, consistiendo en uno o dos caminos en sentido descendente y uno o dos caminos en sentido ascendente. Un solo camino en cada dirección puede tener una latencia alta (con menor BER esperada) o menor latencia (con mayor BER esperada). Caminos duales en cada dirección proporcionan un camino de cada tipo. La configuración dual está pensada para que tenga latencia mínima y sea capaz de soportar un amplio conjunto de servicios. El modelo asume que se necesita una FEC en la carga útil y se requerirá entrelazado profundo (Interleaving) para proporcionar protección adecuada contra el ruido impulsivo.

El servicio VDSL debe coexistir con los servicios de banda estrecha en el mismo par trenzado. Una falla de potencia en el ancho de banda de la NT o una falla del servicio VDSL no afectarán ningún servicio de banda estrecha existente. Esto puede implicar que el filtro divisor (splitter) sea de naturaleza pasiva y que no requiera de potencia

externa para proporcionar separación de frecuencia de VDSL y las señales de banda estrecha. La conformación espectral debe asegurar la compatibilidad espectral con otros servicios heredados (T1/E1, RDSI, ADSL, HDSL, etc.) en el mismo grupo de cables (grupo de pares trenzados de cobre). La máxima potencia de transmisión que los sistemas VDSL pueden inyectar en la línea en cualquiera de sus extremos es de 11.5 dBm, en comparación con los 20 dBm y los 13 dBm, respectivamente, para la transmisión en sentido descendente y ascendente en ADSL.

### **3.4.3 VDSL2[15]**

La Recomendación de la ITU-T sobre la línea de abonado digital de velocidad muy alta 2 (VDSL2) comprende una velocidad de hasta 100 Mbps tanto en sentido ascendente como descendente, es decir, 10 veces superior a la velocidad de la ADSL clásica. Así, provee la denominada "extensión de fibra", que consiste en proporcionar un ancho de banda semejante al de la fibra óptica en instalaciones no directamente conectadas al segmento de fibra óptica de la red de un operador de telecomunicaciones.

El sistema VDSL2 permite alcanzar hasta 100 Mbps en ambos sentidos a una distancia de unos 150 metros desde la central del operador hasta el cliente. Incluso si el cliente está a 500 metros de la central, la velocidad de acceso es bastante más rápida que con ADSL2+.

La mejora de la velocidad se ha conseguido a base de utilizar frecuencias más altas del espectro. La velocidad global decae con la distancia al cuadrado de cada frecuencia, lo que hace que la ganancia sea muy considerable a distancias cortas e inapreciables respecto a ADSL2+. Se puede poner un equipo VDSL2 en la acera, para servir a un conjunto de edificios con cobre, y desde la acera a la central con fibra óptica.

Otra ventaja de VDSL2 (Very High Data Rate Digital Subscriber Line 2) es que se puede programar para que la velocidad del operador al cliente sea la misma o diferente que la del cliente al operador. La nueva normativa es totalmente compatible con VDSL, ADSL2+ y ADSL, con lo que en una misma red se podrán poner distintos equipos de acceso, según las necesidades de cada cliente y lo lejos que se encuentre de la central del operador.

Al tiempo que responde a la creciente demanda de los consumidores de servicios de alta velocidad, VDSL2 proporciona a los operadores una solución adaptada a los equipos DSL ya en uso, acelerando la adopción por parte de los clientes de los nuevos productos VDSL2. Además, VDSL2 puede funcionar tanto en las redes ATM heredadas como en Redes de Nueva Generación (NGN).

La nueva norma sobre la VDSL2 facilitará la competencia entre los operadores y los proveedores de servicios por cable y por satélite, al poder ofrecer servicios tales como televisión de alta definición (TVAD), vídeo por demanda, videoconferencia, acceso a Internet de alta velocidad y otros servicios de voz avanzados como VoIP a través de los tradicionales cables telefónicos de cobre.

El conjunto de especificaciones para VDSL2 están reunidas en la Recomendación ITU-T G.993.2 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. La norma asegura mayor calidad y seguridad en transmisión de datos.

#### **3.4.4 VENTAJAS [13]**

- VDSL es utilizado junto con una red de fibra óptica. La fibra óptica es extendida lo más cerca a las áreas residenciales. Desde allí, el servicio de cableado telefónico es utilizado (gracias a VDSL) para transmitir la información a los hogares.
- En su versión VDSL2 puede alcanzar los 100 Mbps, lo cual permite ofrecer cualquier tipo de aplicación o servicio de nueva generación.

#### **3.4.5 DESVENTAJAS [13]**

- VDSL es sensible a las interferencias de radio, al igual que ADSL. Un largo bucle local actúa como transmisor y como antena receptora a estas frecuencias. Si los niveles de la señal VDSL son demasiado bajos, los efectos de la antena introducen ruidos procedentes de radio en la línea.
- Como ocurre en la mayoría de las ocasiones, el costo puede ser la mayor de las preocupaciones. El hecho es que existen sólo unos pocos clientes que obtienen servicios de pequeñas configuraciones ONU, al menos comparado con sistemas de TV por HFC (híbrido fibra-coaxial). ADSL tiene un costo mucho menor que

VDSL ya que ADSL puede suministrarse directamente desde un panel de distribución de una central local.

### **3.4.6 APLICACIONES Y SERVICIOS [13]**

Además de las aplicaciones soportadas por ADSL, VDSL puede soportar TVAD (TV de alta definición), múltiples canales de TV, trabajo desde el hogar a altas velocidades, ATM al hogar, servicios interactivos (TV, multimedia, aplicaciones médicas, telecompras, educación a distancia), acceso a WAN. En el canal upstream puede ser transmitida cualquier aplicación E1 o T1 (o una combinación de servicios de varias velocidades de datos).

## **3.5 REDES OPTICAS PASIVAS (PON – PASSIVE OPTICAL NETWORK)**

### **3.5.1 INTRODUCCIÓN**

Durante años se ha venido hablando sobre la posibilidad de llegar hasta el usuario a través de la fibra y alcanzar una arquitectura de red completamente óptica que permita ofrecer sin limitaciones de ancho de banda una variedad de servicios de comunicación y entretenimiento incluyendo telefonía, acceso a Internet a altas velocidades, televisión y servicio de video en ambas direcciones.

La tardanza en el despliegue de la fibra óptica en la red de acceso se debe a aspectos económicos relacionados con los costos de esta tecnología. Con los avances de la fibra en las redes de transporte, ha disminuido la complejidad para su desarrollo y mantenimiento, así como también se viene presentando una reducción en los costos de los equipos, lo que ha llevado a que en países como Japón y Estados Unidos los operadores estén desplegando fibra óptica cada vez más cerca de sus clientes.

Las redes de acceso de fibra óptica se clasifican de acuerdo a los elementos de red entre sus extremos como Pasivas o Activas. Las redes de fibra óptica pasivas PON, por sus ventajas económicas con respecto a las redes activas, son las que hasta ahora se están desplegando como solución de acceso y sobre las cuales se han generado estándares de la ITU y la IEEE, por lo que a continuación se presentan las principales variantes de PON que pueden ser utilizadas como solución de última milla en NGN, su arquitectura, sus características, ventajas y desventajas, y servicios prestados.

### 3.5.2 CONCEPTO DE PON [16]

Un sistema de red óptica pasiva es utilizado para entregar servicios de acceso banda ancha a empresas o clientes residenciales. El principio fundamental de PON radica en que a través de un único hilo de fibra, se distribuyen servicios desde la central a los usuarios. PON brinda un entorno de recursos compartidos lo que se traduce en una reducción de costos, dicha capacidad de transporte compartido por los abonados de la PON utiliza protocolos de acceso al medio con el fin de asignar dinámicamente el ancho de banda por demanda. Una PON es una red óptica donde no existen adicionales elementos electrónicos u optoelectrónicos entre sus extremos finales y únicamente hace uso de dispositivos pasivos, tales como, divisores o splitters y combinadores, lo que reduce los costos de mantenimiento de la planta externa.

### 3.5.3 ARQUITECTURA [16] [17]

Una red de acceso PON puede tener diferentes arquitecturas dependiendo de la proximidad de la fibra al usuario. Las arquitecturas disponibles, van desde la fibra hasta el armario (FTTCab, fibre to the cabinet), pasando por la fibra hasta el edificio/a la acometida (FTTB/C, fibre to the building/curb), hasta la fibra hasta la vivienda (FTTH, fibre to the home). A continuación se muestran cada una de estas arquitecturas.

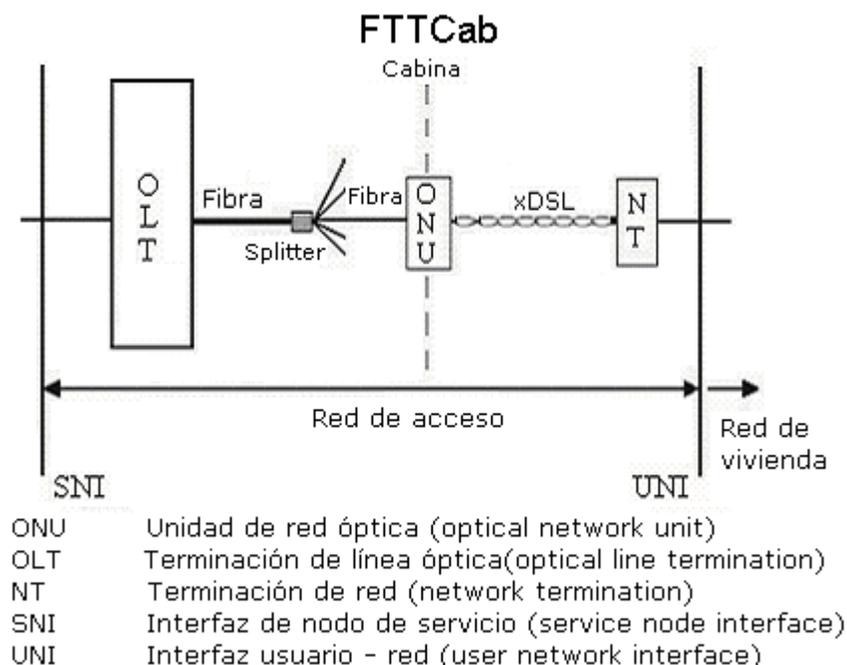


Figura 3.4 Arquitectura FTTCab[16]

Para el escenario FTTCab (Figura 3.4), la fibra es desplegada hasta la cabina o nodo, donde las señales ópticas son convertidas al dominio eléctrico, y distribuidas por par de cobre, a través de tecnologías xDSL como ADSL2, ADSL2+ y VDSL. Este tipo de arquitectura se implementa en redes donde el despliegue de la fibra hasta el usuario se va a realizar en forma escalable, lo que permite al operador el aprovechamiento de recursos existentes como la red de cobre.

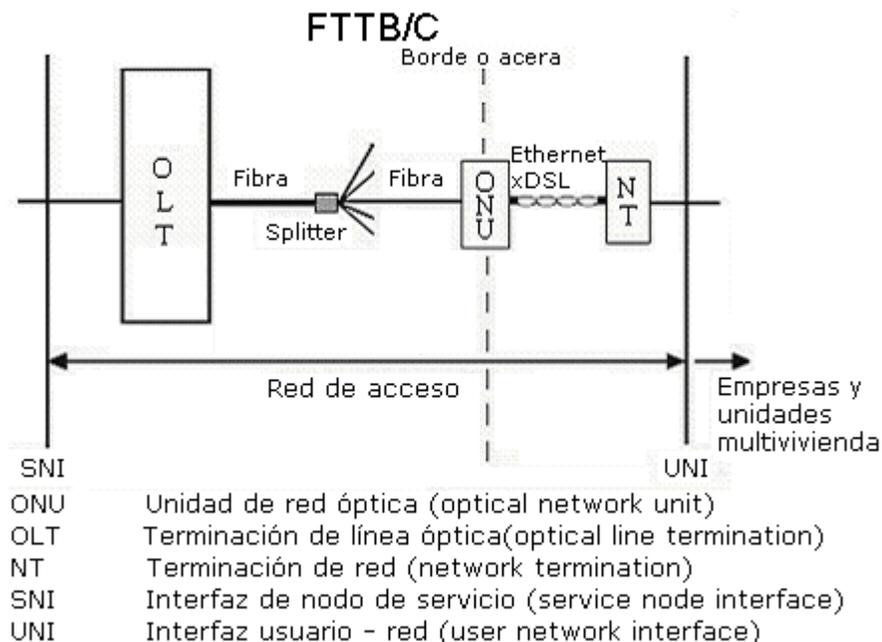


Figura 3.5 Arquitectura FTTB/C[16]

La arquitectura FTTB/C (Figura 3.5), se divide en dos escenarios, uno para empresas, y otro para unidades multivivienda, en este caso la fibra llega hasta la acometida del edificio o unidad residencial, y de ahí, es distribuido a cada usuario vía Ethernet o DSL, este tipo de arquitectura se adecua a aquellas compañías que ya tienen instaladas sus redes Ethernet dentro de sus instalaciones, y donde la instalación de la fibra hasta la oficina se dificulta.

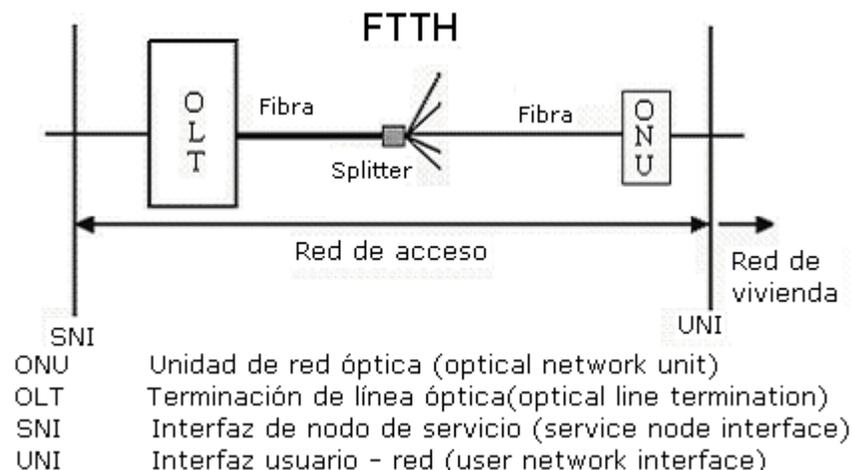


Figura 3.6 Arquitectura FTTH[16]

La arquitectura FTTH (Figura 3.6) realmente representa la red de acceso de fibra óptica, donde la fibra es desplegada desde la central hasta el interior de la vivienda u oficina, permitiéndole al usuario disfrutar absolutamente de todos los servicios y ventajas que ofrece la fibra. Por otro lado, la implementación de esta arquitectura es la más costosa, ya que implica cambiar totalmente la red de cobre instalada, que representa el 80% del valor de la red.

Las arquitecturas FTTx tienen varios componentes comunes los cuales se describen a continuación:

**OLT (Terminación de línea óptica):** Este componente ubicado típicamente en la central, termina cada uno de los enlaces sobre fibra y provee una interfaz entre PON y los diferentes proveedores de servicio tales como telefonía, datos y video.

**ONU (Unidad de red óptica):** La ONU, ubicada en las instalaciones del usuario en el caso de la arquitectura FTTH. Proporciona directa o remotamente la interfaz entre el usuario y la red de acceso óptico, en ella se realiza la conversión de señales de eléctrico a óptico en sentido ascendente y desarrolla el proceso contrario en sentido descendente.

**NT (Terminación de red):** Este equipo es utilizado para las arquitecturas FTTB/C y FTTCab en donde la ONU no se encuentra ubicada en el sitio del cliente, provee la interfaz entre el equipo de la premisa del cliente y el medio de transmisión.

**Splitter:** Este dispositivo divisor óptico, que dependiendo de la dirección del haz de luz, divide el haz entrante y lo distribuye hacia múltiples fibras, o los combina en la dirección opuesta dentro de una sola fibra.

Las arquitecturas FTTx se implementan sobre redes PON, actualmente existen tres estándares diferentes para este tipo de red:

- BPON (Red óptica pasiva de banda ancha), estándar, serie ITU G.983.
- GPON (Red óptica pasiva con capacidad de Gigabits), estándar serie ITU G.984.
- EPON (Ethernet PON), estandarizado por la IEEE como 802.3ah.

#### 3.5.4 BPON

BPON es una mejora del estándar de la ITU G.983 APON (ATM PON). Presenta la adición de un canal óptico que permite soportar servicios de video. Tanto APON como BPON están basados en ATM como protocolo portador, lo que hace que estas redes presenten las ventajas y desventajas que posee una red ATM.

Actualmente es la más desplegada y madura de las soluciones de acceso de fibra óptica, pero su futuro no es muy prometedor, debido a las falencias que presenta ATM en el manejo de paquetes IP. La Tabla 3.1 muestra las principales características técnicas y funcionales de una red BPON.

<b>Tasa de transferencia Mbit/s</b>	Descendente:1244,622,155 Ascendente: 622,155
<b># de usuarios x OLT</b>	Hasta 32
<b>Alcance Máximo de la fibra</b>	20 Km
<b>Protocolos de Capa 2</b>	ATM
<b>Soporte TDM</b>	TDM sobre ATM
<b>Soporte de gestión</b>	PLOAM + OMCI
<b>Seguridad Descendente</b>	AES
<b>Código de línea</b>	NRZ

Tabla 3.1 Características BPON [19]

### 3.5.5 GPON

GPON surge como iniciativa de la FSAN (Full Service Access Network) por estandarizar redes PON que operen con tasas de bits superiores a 1 Gbit/s, ofreciendo un tasa de bits sin precedentes, que le permite soportar los actuales y futuros servicios con una alta eficiencia. GPON mantiene algunos requisitos de BPON, para garantizar la máxima continuidad de los sistemas y la infraestructura de fibra óptica existentes.

Además de trabajar con ATM como protocolo de transporte, adiciona Ethernet, lo que ubica a GPON, como una tecnología de acceso enfocada a soportar servicios de futura generación. Las principales características técnicas y funcionales de una red GPON, se resumen en la Tabla 3.2.

<b>Tasa de transferencia Mbit/s</b>	Descendente: 2488,1244 Ascendente: 2488,1244,622,155
<b># de usuarios x OLT</b>	Hasta 64
<b>Alcance Máximo de la fibra</b>	20 Km
<b>Protocolos de Capa 2</b>	Ethernet, TDM sobre GEM (GPON encapsulation mode), ATM.
<b>Soporte TDM</b>	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes
<b>Soporte de gestión</b>	PLOAM + OMCI
<b>Seguridad Descendente</b>	AES (Modo contador)
<b>Código de línea</b>	NRZ

Tabla 3.2 Características GPON [19]

### 3.5.6 EPON

Ethernet sobre redes de acceso, combina un mínimo de extensiones del estándar IEEE 802.3 MAC (Media Access Control) con las redes de fibra óptica pasiva. EPON estandarizado como IEEE 802.3ah, promete ser primero en el mercado debido a la simplicidad de su protocolo y a la facilidad de las especificaciones hardware. La Tabla 3.3 muestra las principales características técnicas y funcionales de una red EPON.

<b>Tasa de transferencia Mbit/s</b>	Descendente: 1250 Ascendente: 1250
<b># de usuarios x OLT</b>	Hasta 32
<b>Alcance Máximo de la fibra</b>	10 Km, 20 Km
<b>Protocolos de Capa 2</b>	Ethernet
<b>Soporte TDM</b>	TDM sobre paquetes
<b>Soporte de gestión</b>	Ethernet OAM (+ SNMP opcional)
<b>Seguridad Descendente</b>	No definido
<b>Código de línea</b>	8b/10b

Tabla 3.3 Características EPON [19]

### 3.5.7 Características generales de las tecnologías PON [18] [21] [22]

Algunas características de las redes PON como mecanismos de calidad del servicio, gestión de red, seguridad, se describen a continuación.

#### WDM (Wavelength Division Multiplexing)

En la capa física, las actuales normas PON incluyen WDM para separar los canales ascendentes (1310 nm) y descendentes (1490 nm) y para proporcionar un canal de superposición adicional (1555 nm, por ejemplo para vídeo).

#### Calidad del servicio (QoS)

PON utiliza medidas que no son inherentes a él para suministrar QoS, como el mecanismo DBA (Dynamic Bandwidth Allocation), el cual es un algoritmo que asigna flexiblemente el ancho de banda de acuerdo a la cantidad de tráfico de bajada, por lo tanto el ancho de banda que no se este utilizando puede ser asignado a otras ONUs, permitiendo que el ancho de banda disponible sea utilizado eficientemente. Los desarrollos en los algoritmos de asignación de ancho de banda permiten:

- Control de Ancho de Banda: Es posible configurar el ancho de banda mínimo y máximo garantizado de cada ONU. El ancho de banda es distribuido a las ONUs de acuerdo al ancho de banda mínimo garantizado de cada ONU.
- Control de Retardo: Existen dos clases de control de retardo, bajo retardo o retardo normal, de acuerdo a lo requerido. Bajo retardo puede ser utilizado para servicios susceptibles a retardos como VoIP o video comunicaciones.

ATM es una tecnología que ofrece un tratamiento del tráfico de alta calidad, por lo que BPON aprovecha estas características para el suministro de sus servicios. ATM combina los beneficios de la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos, reservando ancho de banda bajo demanda de una manera eficaz y de coste efectivo, a la vez que garantiza ancho de banda y calidad de servicio para aquellas aplicaciones sensibles a retardos.

GPON tiene integrado el manejo de la QoS; dentro del encabezado de su protocolo existen unos campos que realizan estas funciones.

- El campo Port ID no solo identifica a que ONU pertenece determinado paquete sino que también señala que servicio contiene, lo cual permite diferenciar y por lo tanto priorizar algún servicio.
- El campo PLI (Payload Length Indicador), especifica la longitud de la carga útil, este dato es importante para los algoritmos de planificación que a su vez son importantes para QoS.
- El campo PTI (Payload Type Indicador), indica si determinado paquete requiere un manejo especial. Puede ser utilizado por ejemplo para dar una importancia adicional a la información o para indicar la fragmentación de algún paquete.

EPON define como mecanismo de QoS el estándar IEEE 802.p, el cual es un mecanismo de control del tráfico, que define un campo en el encabezado de acceso al medio (MAC) de los paquetes Ethernet, que puede transportar uno de los ocho valores preferentes. Los paquetes transmitidos deben ser marcados con el valor de preferencia adecuado, para que luego sean tratados de acuerdo a su marcación.

### **Gestión de red**

Los estándares de la ITU BPON y GPON definen para sus redes los siguientes mecanismos de gestión:

- PLOAM (Physical Layer Operation, Administración and Maintenance): A través de estos campos, que viajan en medio de la información en sentido ascendente y descendente, se realizan los procesos de control de ancho de banda, sincronización, control de errores, seguridad, medición y mantenimiento.

- OMCI (ONT Management and Control Interface): Es un interfaz que provee un método uniforme para gestión de fallas, configuración, funcionamiento y seguridad de las ONUs.

Para el estándar EPON la IEEE definió como mecanismo de gestión a Ethernet OAM, el cual trae muchas de las funciones típicas de gestión de redes, cómo gestión de errores, gestión del funcionamiento de red, así como capacidades de monitorización de enlaces, señalización de fallas, lo cual permite mantener y monitorear la red consistentemente.

### **Seguridad y Encriptación**

Debido a la arquitectura punto – multipunto de las redes PON, los datos que provienen de la OLT hacia una ONU, llegan a todas las ONUs pudiendo ser escuchados por cualquiera de ellas, convirtiéndose esto en un grave problema de seguridad. La solución para esto es encriptar la carga útil, usando una clave la cual es conocida únicamente por la ONU destino. De este modo sólo el destino podrá desencriptar los datos.

EPON no especifica ningún mecanismo de encriptación para la seguridad de sus redes. BPON y GPON utilizan un método de encriptación llamado AES, AES es un algoritmo que utiliza un código de bloque simétrico, que permite encriptar y desencriptar información, con claves de longitud de hasta 256 bits, actualmente este algoritmo es considerado por importantes organismos de estandarización como la NIST, como el mejor estándar de encriptación.

### **3.5.8 VENTAJAS [21] [22]**

Las redes PON proporcionan numerosas ventajas a los operadores y usuarios finales desde el punto de vista operacional y de servicio. Los beneficios se detallan a continuación:

- PON está basada en una planta exterior óptica completamente pasiva. En general, la planta de fibra requiere menos mantenimiento que la planta de cobre. La vida esperada de la fibra es más larga que la del cobre desde el punto de vista físico y de capacidad, por lo que los operadores se benefician al reducir sus costos, permitiendo bajar los precios a los abonados.

- Al no haber componentes activos entre la central y el usuario, la fiabilidad de la red es alta y los costes de mantenimiento bajos.
- Una única fibra puede ser compartida por hasta 64 usuarios en una implementación PON, proporcionando de este modo importantes ahorros de costos.
- Desde la perspectiva de la central, PON es una tecnología punto a multipunto, que reduce el número de interfaces ópticas requeridas en la OLT en un factor de hasta 64, en comparación con los sistemas punto a punto.
- El ancho de banda ilimitado que presentan las redes de acceso de fibra óptica hace que esta solución sea la más apropiada para el suministro de servicios de voz, video y datos, lo que hoy es llamado servicios triple play, que se ha convertido en el modelo de negocio universal para operaciones de telecomunicaciones.
- WDM se utiliza para separar los canales ascendente y descendente de PON, sin embargo WDM, podría, ser usado también para mejorar la capacidad de cada usuario proporcionando un canal punto a punto óptico de alta velocidad especializado y/o realizar varias redes PON sobre una única fibra de alimentación usando diferentes pares de longitudes de onda para diferentes PONs.

### **3.5.9 DESVENTAJAS [21] [22]**

- La principal desventaja que presentan estas redes es de tipo económico, ya que desplegar la fibra óptica hasta los usuarios implica la realización de obras civiles, además si ya existe infraestructura de cobre hasta el usuario, cambiarla por fibra, implica desechar el 80% del valor de la red.
- Actualmente estas tecnologías se encuentran en desarrollo, lo cual genera cierta incertidumbre en los operadores.

### **3.5.10 APLICACIONES Y SERVICIOS [18]**

Para este caso no se consideran los servicios suministrados por la arquitectura FTTCab, ya que en esta, la tecnología utilizada es VDSL, la cual hace parte de otro análisis dentro de este capítulo. Una red PON con arquitectura FTTH, suministra los siguientes tipos de servicios:

- Servicios de banda ancha asimétricos (por ejemplo, servicios de difusión CATV y digital, vídeo por demanda, etc.).
- Servicios de banda ancha simétricos (por ejemplo, difusión de contenidos, correo electrónico, intercambio de ficheros, teleeducación, telemedicina, juegos en línea, etc.).
- Servicio telefónico ordinario (POTS) y red digital de servicios integrados (RDSI).

### **3.6 WIMAX (WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS)**

#### **3.6.1 INTRODUCCIÓN [25]**

WiMAX es una tecnología inalámbrica basada en estándares, que proporciona conexiones de banda ancha y alta velocidad a largas distancias. El estándar 802.16 puede alcanzar una velocidad de comunicación de más de 100 Mbit/s en un canal con un ancho de banda de 28 MHz (en la banda de 10 a 66 GHz), mientras que el 802.16a puede llegar a los 70 Mbit/s, operando en un rango de frecuencias más bajo (<11 GHz).

Estas velocidades tan elevadas se consiguen gracias a utilizar la modulación OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing) con 256 subportadoras. Esta técnica de modulación es la que también se emplea para la TV digital, sobre cable o satélite, así como para Wi-Fi (802.11a) por lo que está suficientemente probada.

Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como a ráfagas, siendo independiente del protocolo; así, transporta IP, Ethernet, ATM etc. y soporta múltiples servicios simultáneamente ofreciendo Calidad de Servicio (QoS) en 802.16e, por lo cual resulta adecuado para voz sobre IP (VoIP), datos y vídeo.

#### **3.6.2 ARQUITECTURA [23][24]**

La arquitectura WiMAX se estructura de manera similar a las redes celulares tradicionales, con una arquitectura punto a multipunto. Dispone de una cobertura teórica de 50 Km, bajo visión directa, aunque varía en función del tipo de terreno, rango de frecuencias utilizadas, potencia de transmisión y sensibilidad del receptor. En condiciones de no visión directa, se basa en una arquitectura que aprovecha las más

modernas técnicas de procesamiento de señal y diseño de antenas, que le permiten utilizar los rebotes de la señal y conseguir mantener la conectividad. En estos casos se consiguen conexiones hasta 3-5 kilómetros.

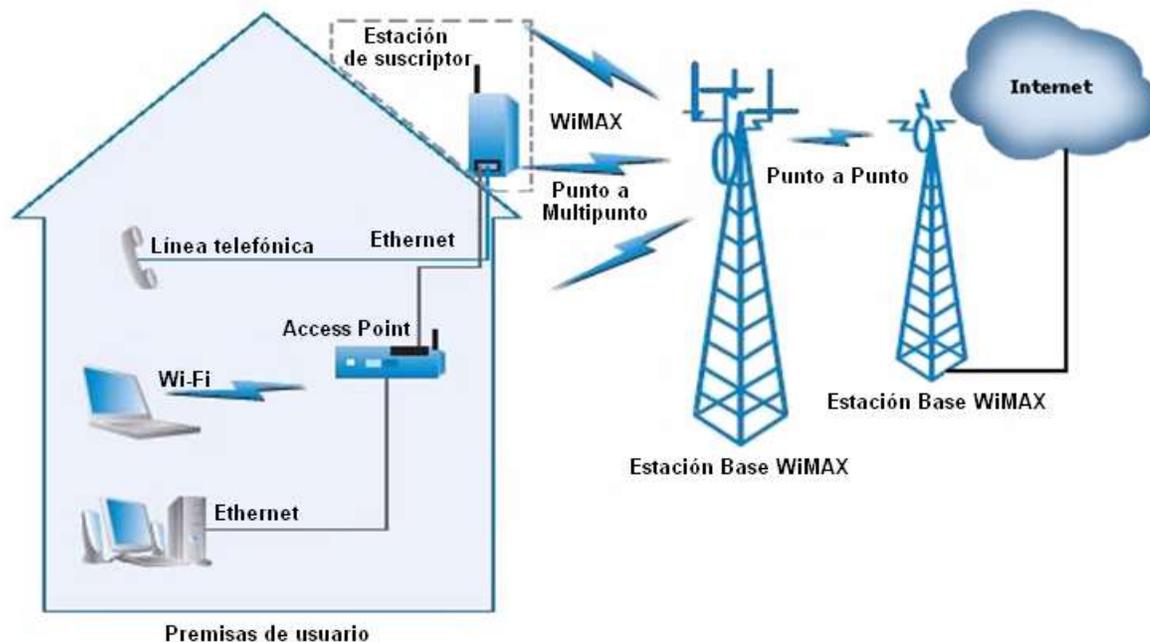


Figura 3.7. Arquitectura de WIMAX [24]

El rendimiento de los sistemas depende en gran manera de las características del equipamiento utilizado. En la actualidad cerca de 30 fabricantes están desarrollando sistemas de comunicación, que tras la aprobación del estándar y su certificación serán interoperables. Es decir, será posible utilizar estaciones base de un fabricante y terminales de otro.

Otro de los condicionantes del funcionamiento del sistema vendrá dado por el espectro utilizado. En general se dispone de tres bandas de frecuencias: 2.4 Ghz, 3.5 Ghz y 5.4/5.8 Ghz. La selección de la banda a operar vendrá dada en primer lugar por la disposición de una licencia o no en las bandas habilitadas. Otro condicionante será el mayor alcance de la banda de 2.4 Ghz, respecto a la mayor limpieza (menor interferencia) de la banda de 5.4/5.8 Ghz.

### **3.6.3 VENTAJAS [26]**

Sus principales ventajas son:

- La gran mayoría de los fabricantes de equipamiento inalámbrico están actualmente desarrollando esta tecnología y haciendo pruebas de interoperabilidad. La competencia sana en este caso es una garantía de éxito tecnológico.
- Se obtiene un ancho de banda mayor a distancias mayores (hasta 50 km) permitiendo por tanto mayores coberturas y en consecuencia se necesitan menos puntos de acceso para dar cobertura a una zona extensa que con Wi-Fi.
- Sistema escalable. El sistema está diseñado para que escale a varios cientos de usuarios cómodamente y además permite un uso flexible de frecuencias para poderse adaptar a cualquier tipo de legislación.
- Cobertura. Permite la conexión de puntos que no están en la línea de visión directa.
- Calidad de servicio. El sistema permite TDMA dinámico en función de tipos de servicio (voz o datos) e incluso diferentes sistemas de calidades, por ejemplo un E1 para una empresa con reserva de ancho de banda y best-effort para el tráfico residencial.
- Permite la expansión de la cobertura en la última milla integrando los centros Wi-Fi instalados y en producción en la actualidad.

### **3.6.4 DESVENTAJAS [25]**

- Es una tecnología que está en pleno proceso de maduración.
- Puede ser afectada por puntos de interferencia que intervendrían desfavorablemente en su cobertura y tasa de transferencia.
- Las previsiones de las economías de escala en los primeros años, no van a permitir a WiMAX, a pesar de sus ventajas, acercarse a las economías que puede disfrutar WiFi en el mismo período de tiempo. De esta manera se prevé que WiMAX sea aplicable en el segmento de acceso principalmente, donde el diferencial de economías con el WiFi no es tan alto, y sus ventajas técnicas son más evidentes.

### **3.6.5 APLICACIONES Y SERVICIOS [23][26]**

Las primeras versiones de WiMAX están pensadas para comunicaciones punto a punto o punto a multipunto, típicas de los radio enlaces por microondas. Las próximas ofrecerán total movilidad, por lo que competirán con las redes celulares.

Los primeros productos que están empezando a aparecer en el mercado se enfocan a proporcionar un enlace de alta velocidad para conexión a las redes fijas públicas o para establecer enlaces punto a punto.

Así, WiMAX puede resultar muy adecuado para unir hotspots WiFi a las redes de los operadores, sin necesidad de establecer un enlace fijo. El equipamiento Wi-Fi es relativamente barato pero un enlace E1 o DSL resulta costoso y a veces no se puede desplegar, por lo que la alternativa radio parece muy razonable. WiMAX extiende el alcance de Wi-Fi y provee una seria alternativa o complemento a las redes 3G, según como se mire.

Para las empresas, es una alternativa a contemplar, ya que el coste puede ser hasta 10 veces menor que en el caso de emplear un enlace E1 o T1. La combinación de WiFi, WiMAX y la telefonía por IP (VoIP) permitirá el despliegue de más líneas de telecomunicaciones hacia zonas apartadas, con ancho de banda suficiente para la integración de servicios multimedia: voz, imagen y datos.

Otra de sus aplicaciones encaja en ofrecer servicios a zonas rurales de difícil acceso, a las que no llegan las redes cableadas. Es una tecnología muy adecuada para establecer radio enlaces, dado su gran alcance y alta capacidad, a un coste muy competitivo frente a otras alternativas.

En los países en desarrollo resulta una buena alternativa para el despliegue rápido de servicios, compitiendo directamente con las infraestructuras basadas en redes de satélites, que son muy costosas y presentan una alta latencia.

La instalación de estaciones base WiMAX es sencilla y económica, utilizando un hardware que llegará a ser estándar, por lo que por los operadores móviles puede ser visto como una amenaza, pero también, es una manera fácil de extender sus redes y

entrar en un nuevo negocio en el que ahora no están, lo que se presenta como una excelente oportunidad.

### 3.7 RESUMEN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO

Las principales características de una tecnología de acceso son sus tasas de transferencia, el alcance, el tipo de medio físico que utiliza y el costo; se muestran en la Tabla 3.4.

<b>Tecnología de Acceso</b>	<b>Medio Físico</b>	<b>Tasa de transferencia ascendente</b>	<b>Tasa de transferencia Descendente</b>	<b>Alcance máximo</b>	<b>Costo</b>
<b>ADSL2+</b>	Cobre	Hasta 2Mbps	Hasta 24Mbps	8 Km	Bajo
<b>VDSL</b>	Cobre	Hasta 6Mbps	Hasta 55Mbps	1.5 Km	Moderado
<b>VDSL2</b>	Cobre	Hasta 100Mbps	Hasta 100Mbps	150 Mts.	Moderado
<b>EPON</b>	Fibra óptica	Hasta 64Mbps	Hasta 64Mbps	10 Km	Elevado
<b>GPON</b>	Fibra óptica	Hasta 64Mbps	Hasta 64Mbps	10 Km	Elevado
<b>WiMAX</b>	Inalámbrico	Hasta 22Mbps	Hasta 22Mbps	7 Km	Moderado

Tabla 3.4 Principales características de las tecnologías de acceso

## **4. CRITERIOS DE MIGRACIÓN PARA LA RED DE ACCESO**

Migrar hacia redes de nueva generación se está convirtiendo en algo necesario para todo operador que quiera permanecer y hacerse más competitivo en el mercado de las telecomunicaciones, es por eso importante definir una estrategia que permita llevar a cabo la migración adecuadamente y minimizar cualquier tipo de riesgos durante su ejecución.

En este capítulo se presenta un modelo de migración para un operador telefónico planteado por el grupo de evolución del FGNGN de la ITU en el cual únicamente se detalla la parte relacionada a la red de acceso teniendo en cuenta que el resto de la red ha evolucionado a NGN o realiza este proceso paralelamente. A partir de este modelo, y de acuerdo a algunos principios que se deben considerar al realizar la migración hacia NGN, se establecen unos puntos críticos que finalmente permitirán definir los criterios a considerar para el desarrollo de dicho proceso.

### **4.1 MODELO DE MIGRACION PARA LA RED DE ACCESO [7]**

Este modelo define inicialmente una infraestructura de red actual que se puede apreciar en la Figura 4.1, y sobre la cual se va a efectuar el proceso de migración. En esta configuración la PSTN es el principal medio de acceso a Internet, que se realiza a través del acceso conmutado utilizando llamadas telefónicas normales o por medio de la tecnología de acceso banda ancha DSL, en ambos casos utilizando como medio físico de transporte el par de cobre. El servicio de voz se suministra de manera convencional por la PSTN con los servicios asociados de red inteligente a través de la infraestructura TDM y el sistema de señalización SS7.

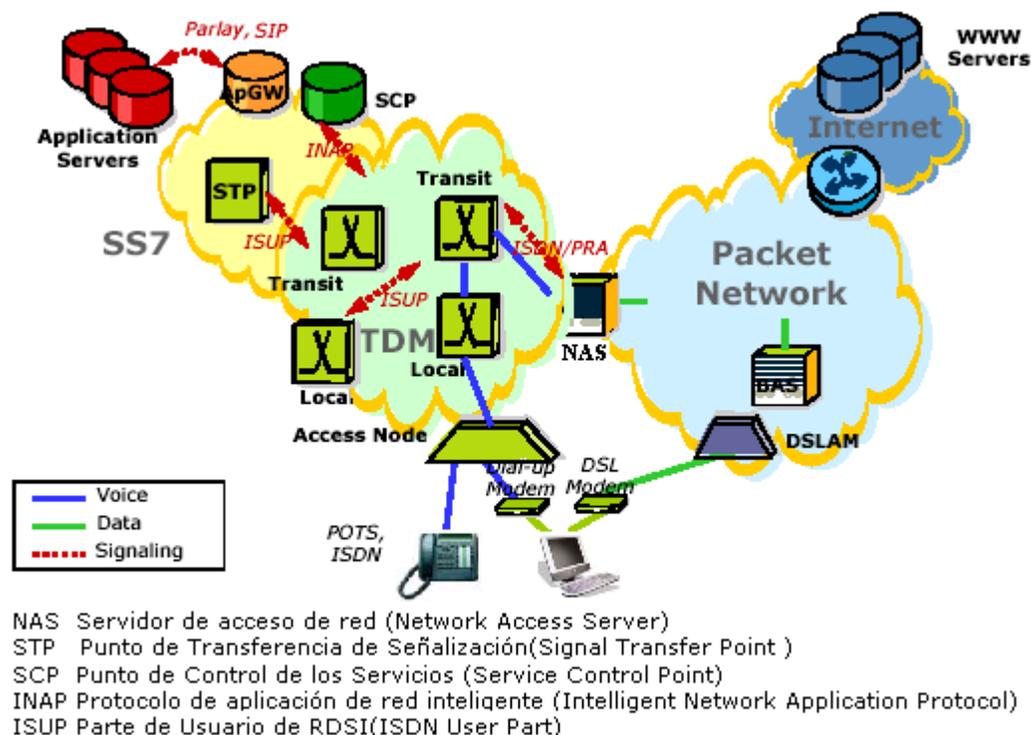


Figura 4.1 Introducción del Acceso Banda Ancha [27]

La conectividad entre los usuarios de la PSTN e Internet por acceso conmutado es realizada a través del NAS (Network Access Servers) que interconecta la infraestructura TDM con una red de paquetes que lleva al servidor de Internet. El NAS se puede interconectar con cualquiera de los switches de transporte y los locales de la red TDM, para evitar congestionar el tránsito TDM con las llamadas de Internet que tienen mayor duración que las llamadas normales de voz, el NAS se conecta con cualquier switch a través de los protocolos ISDN/PRA (Primary Rate Access), o a través de SS7/IMT (Inter Machines Trunks) como muestra la Figura 4.1.

El acceso DSL no solo ofrece mayores capacidades de ancho de banda para el usuario final y permanente conectividad a Internet sino que evita la congestión de la PSTN dado que el tráfico de Internet es llevado de la PSTN por el equipo de concentración de acceso DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) que envía el tráfico a Internet por la red de datos a través del BAS (Broadband Access Servers).

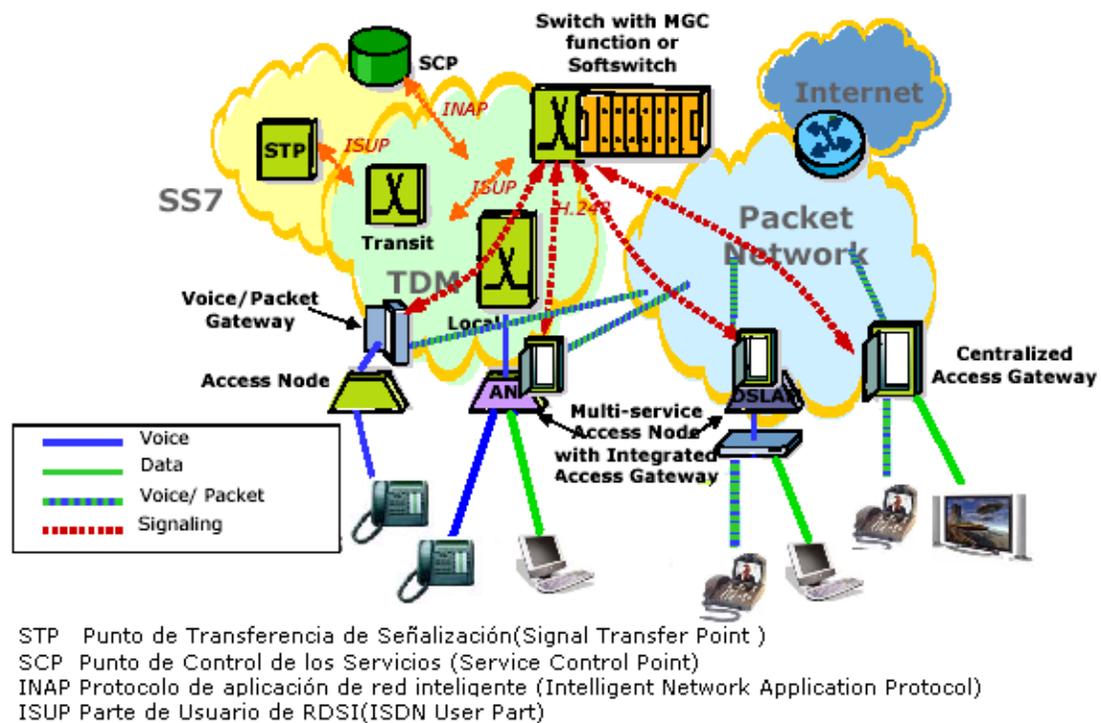
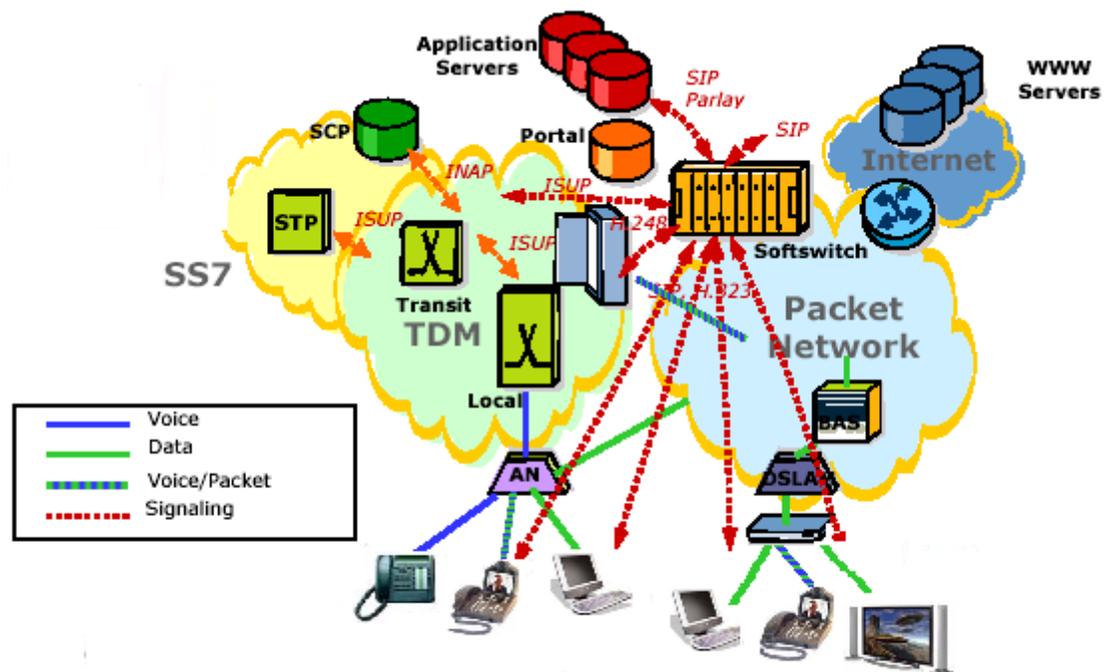


Figura 4.2 Integración de Nodo de Acceso Multiservicio con Gateway de Acceso [27]

La Figura 4.2 ilustra una evolución donde los nodos de acceso multiservicio MSAN (Multi-Services Access Nodes) son introducidos. Un MSAN permite a los usuarios finales tener acceso a la red en modo de acceso banda ancha para servicios de voz y datos. Además se le integran funcionalidades de una gateway de acceso, que permite ofrecer servicios de voz sobre paquetes con la misma calidad y confiabilidad de la red PSTN, a través del control de un softswitch vía señalización H.248. La ventaja de este esquema es que transporta la voz en forma de paquete y la conduce directamente sobre una red unificada manejando conjuntamente el tráfico de voz y datos.

La MSAN continuará con la evolución en sus interfaces, para el soporte de nuevas tecnologías de acceso, como ADSL2+ o WiMAX, y la introducción de mecanismos que permitan brindar QoS, y el suministro de mejores y más avanzados servicios.



STP Punto de Transferencia de Señalización(Signal Transfer Point )  
 SCP Punto de Control de los Servicios (Service Control Point)  
 INAP Protocolo de aplicación de red inteligente (Intelligent Network Application Protocol)  
 ISUP Parte de Usuario de RDSI(ISDN User Part)

Figura 4.3 Servicios Multimedia e Interacción Usuario Red [27]

La figura 4.3 finalmente ilustra el caso donde la funcionalidad del nodo de acceso, ha sido enfocada a la admisión y control del ancho de banda con la asociada calidad del servicio la cual es negociada entre el softswitch y el equipo en las premisas del cliente (CPE). Contrario a los casos anteriores, aquí el tráfico depende de la naturaleza del servicio solicitado y sus componentes (video, texto, voz) que son solicitados por el usuario para una sesión de comunicación dada, y donde el nodo de acceso reserva los recursos necesarios siguiendo las instrucciones recibidas desde el softswitch.

En este caso la tecnología de acceso debe soportar una alta velocidad de transmisión para el suministro de todo tipo de flujo de datos y servicios, como difusión de televisión, video sobre demanda, voz sobre IP, y para ello se recomienda el reemplazo de las líneas de cobre por alguna arquitectura de fibra óptica, como FTTC combinado con VDSL o FTTH.

## **4.2 PRINCIPIOS DE EVOLUCIÓN**

La evolución hacia NGN deberá posibilitar la continuidad de las capacidades de red existentes y en adición facilitar la implementación de nuevas capacidades, además respetar la integridad de los servicios prestados actualmente y permitir la introducción de nuevos servicios. Considerando la construcción de NGN como un proceso evolutivo es necesario definir una estrategia que lleve paso a paso hacia este objetivo. En esta estrategia se deberán considerar los siguientes principios [7]:

- Separación de las funciones de transporte, control, gestión y servicio.
- Reducción de costos en la infraestructura de red y su mantenimiento.
- Máxima reutilización de los recursos existentes.
- Asegurar niveles de calidad del servicio como los proveídos en las redes actuales.
- Óptima utilización de las nuevas tecnologías.
- Rápida implementación de nuevos servicios y tecnologías, haciendo posible la introducción de nuevas aplicaciones.
- Suministro de mecanismos que permitan una total utilización de las aplicaciones y los recursos de red.

## **4.3 PUNTOS CRITICOS**

En el proceso de transición hacia la red NGN, es importante determinar los puntos críticos para el proceso de evolución, que básicamente son aspectos de suma importancia que deben ser tenidos en cuenta para establecer los criterios que aseguren al operador telefónico una migración exitosa. Los puntos críticos definidos para la migración a una Red de Acceso de Nueva Generación son los siguientes:

- Elementos de red involucrados en el proceso de evolución.
- Capacidad de inversión del operador durante la migración.
- Entorno social, económico y geográfico de los clientes.
- Compatibilidad de estándares.
- Continuidad de equipos y servicios existentes.
- Introducción de servicios NGN.

Con base en estos puntos críticos se definen a continuación los criterios de migración para el proceso de evolución de la red de acceso del operador de telefonía fija.

#### **4.4 CRITERIOS DE MIGRACIÓN**

##### **4.4.1 REQUERIMIENTOS GENERALES DE LA RED DE ACCESO NGN**

Es importante determinar las condiciones necesarias de la red de acceso con el fin de ubicarla en el contexto de las redes NGN, de esta manera el operador podrá definir sus objetivos en el proceso de migración.

La red de acceso NGN deberá estar prevista para soportar una amplia variedad de servicios y aplicaciones, especialmente servicios multimedia banda ancha incluyendo video conferencia, streaming y avanzados servicios de telefonía. Estos servicios se acceden por el usuario a través de la red de acceso, que deberá satisfacer un número de requerimientos que permitan hacer uso de dichas aplicaciones. En particular [7]:

- Soporte de comunicaciones en tiempo real y en no tiempo real.
- Soporte de diferentes patrones de comunicación tales como uno a uno, uno a varios, varios a varios, varios a uno.
- Suministro de niveles adecuados de rendimiento, confiabilidad, disponibilidad y escalabilidad.
- Soporte de funciones de transporte de acceso de diversas tecnologías y capacidades.
- Todas las funciones de transporte de acceso, deberán ser capaces de proveer conectividad IP en el nivel de transporte entre el usuario final y las funciones de transporte del core.
- Parámetros relacionados a la red de acceso deberán ser gestionables y controlables (con el fin de llevar a cabo funcionalidades tales como QoS, seguridad, contabilidad) que permitan la selección de un modo de transmisión de datos óptimo. Por ejemplo velocidad, compresión y conversión.

##### **4.4.2 ESTADO ECONÓMICO DE LA EMPRESA**

Una red de próxima generación es la respuesta esperada por aquellos operadores que buscan reducir en forma notable los costos de desarrollo de nuevos servicios, acelerar

el tiempo de su comercialización, disminuir los costos operativos (OpEx) y a la vez optimizar la inversión de capital o CaPex.

Para conseguir estos objetivos los operadores de telefonía fija deben tener en cuenta ciertos aspectos económicos antes de aventurarse a realizar una determinada inversión, que en vez de beneficios podría traer problemas, y por supuesto sin olvidar las ventajas que también traerá una evolución de su red en un futuro casi inmediato. Algunos de estos aspectos a tener en cuenta se mencionan a continuación.

No se debe omitir que los flujos de inversión en redes de telefonía son altamente dependientes del crecimiento económico y demográfico del espacio geográfico en que se desarrollan. Estas variables están fuera del control empresarial y apalancan positiva o negativamente la rentabilidad esperada de estos proyectos.

Por lo tanto, los proyectos de inversión en redes para múltiples servicios de nueva generación deben diseñarse en función de la capacidad productiva de la región objetivo, teniendo en cuenta que las expectativas de mejoras económicas probablemente acarrearán flujos inmigratorios interregionales que incrementarán aún más la rentabilidad del negocio.

Otro punto importante a tener en cuenta es que medios de transmisión deben contemplar las nuevas inversiones para maximizar la rentabilidad del proyecto. Para ello es preciso profundizar en las necesidades de tráfico de voz y datos que tienen los actuales usuarios de servicios de telecomunicaciones a nivel nacional.

Las redes de acceso representan más del 50% del total de la red en términos de inversiones, es por eso que se deben proteger y utilizar. Algunas soluciones de acceso pueden satisfacer la demanda de servicios emergentes pero podría estar limitado debido a sus elevados costos. Por lo tanto, las soluciones de acceso integrado deben ser capaces de proteger y utilizar las redes existentes y suavemente migrar a redes NGN.

El costo de las tecnologías con relación a lo que éstas darán a cambio, determinará su aceptación. La implicación financiera sobre otras tecnologías ya implementadas debe

ser tomada en cuenta para prever los efectos de una posible sustitución. Pueden hacerse cálculos financieros, combinando las ganancias por la prestación de servicios, las inversiones, los costos de operación y la inversión en general, para obtener un reporte financiero apropiado que se adapte a la realidad nacional. Pueden utilizarse índices económicos como el NPV, IRR y el de período de amortización para evaluar si es conveniente la implementación de una nueva tecnología de acceso.

Por último, las tecnologías son aplicables solamente si existe o se percibe una demanda para los servicios ofrecidos. Un estudio de la demanda de servicios de telecomunicaciones en nuestro país sería altamente relevante.

#### **4.4.3 CONDICIONES DE ADAPTACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE ACUERDO AL ESTADO SOCIO ECONÓMICO DE LOS USUARIOS**

En el proceso de migración, es muy importante para el operador realizar previamente un análisis de tipo social y económico de los usuarios, que le permita identificar cuales son las necesidades que estos presentan y que otras se pueden generar, también conocer cual es su capacidad económica para satisfacer estas necesidades, con esto es posible determinar cual es el tipo de acceso apropiado para un tipo de usuario y que servicios se pueden ofrecer a un sector determinado. Además se reducirán los riesgos de sobredimensionar la red y la posibilidad de efectuar inversiones innecesarias.

Dentro del estudio que respecta a los usuarios debe realizarse una diferenciación de estos que permita identificar fácilmente cuales van a ser sus requerimientos y de esta manera generar un paquete de servicios. Los usuarios comerciales irán de acuerdo al tipo de negocio, como financieros, hoteleros, instituciones educativas, etc. Los usuarios residenciales por su parte, de acuerdo a su nivel de ingreso podrán acceder a los distintos planes de conexión.

Vale aclarar que el propósito de este criterio no es realizar dicho estudio, pero si definir bajo que condiciones, de acuerdo al entorno social, económico y geográfico de los usuarios, se adaptan las tecnologías de acceso de nueva generación y comentar cuales son las limitantes que existen para su implementación.

Las tecnologías de última milla por cobre han ido evolucionando a la par con la demanda del mercado, por lo que ahora tecnologías como ADSL2+ permiten el suministro de servicios NGN. Su despliegue no requiere de grandes inversiones, ya que permite hacer uso de recursos disponibles, por lo que resulta muy conveniente tanto para el operador como para sus clientes. Gracias a que DSL permite conexiones a diversas velocidades, y que de esto depende el valor de las tarifas, los usuarios podrán ir desde clientes de bajos recursos hasta de altos ingresos. Para su implementación se debe considerar algunos requisitos de calidad en el par de cobre, lo que puede limitar a algunos usuarios que no cumplan con estos, también se debe tener en cuenta la distancia entre el nodo de acceso y el usuario, que determina el ancho de banda máximo. Aunque en este país el porcentaje de usuarios banda ancha es mínimo aún, las tecnologías DSL, serán la solución de acceso que permita la masificación del mercado banda ancha.

Las tecnologías de fibra óptica, por las características técnicas que presentan, son la mejor solución de acceso para usuarios comerciales y residenciales que tengan altos requerimientos de ancho de banda. Aunque sus costos de implementación han ido disminuyendo como en el caso de las redes PON, no dejan de ser una solución más costosa que las otras. El despliegue de la fibra se está considerando para zonas en las que por primera vez se vaya a realizar el tendido de la red de acceso o sea necesario efectuar un recambio del tendido, teniendo en cuenta que los usuarios sean de ingresos altos, por lo que estas se adaptarían muy bien a modernos edificios en sectores comerciales y residenciales, y nuevos conjuntos residenciales de estratos altos.

Las tecnologías de acceso inalámbrico son una buena solución de acceso para zonas en donde el despliegue del cobre o la fibra se dificultan y también como complemento para las redes existentes. Actualmente WiMAX se está imponiendo como la mejor solución de las tecnologías inalámbricas ya que alcanza altas velocidades de conexión con buena cobertura. Hay que considerar que en Colombia, las zonas rurales en su mayoría están habitadas por personas de escasos recursos, en este caso WiMAX sería una opción de acceso comunitario. Por otro lado existen zonas cercanas a las ciudades donde sus habitantes son familias de altos ingresos los cuales también serían un buen mercado para las redes inalámbricas.

La selección de un equipo en el nodo de acceso con características de flexibilidad, adaptabilidad y escalabilidad, permitirán al operador brindarle a sus clientes múltiples oportunidades de conexión a la NGN que se adapten a sus preferencias y a sus ingresos.

#### **4.4.4 MIGRACIÓN ESCALONADA**

A fin de minimizar las inversiones requeridas durante la fase de transición, es esencial definir una estrategia para una evolución suave desde las redes actuales a la nueva estructura de red, que permita, al mismo tiempo, aprovechar lo más pronto posible las ventajas de la arquitectura NGN. Por consiguiente, cualquier paso tomado durante esta transición, debería facilitar la evolución final de la red a la arquitectura NGN basada en paquetes. Cualquiera que sea el camino elegido, los sistemas tradicionales de conmutación y acceso deberán coexistir con elementos de la nueva tecnología de red durante un determinado número de años.

Como se ha resaltado previamente los criterios generados en este proyecto son exclusivamente para la migración de la red de acceso, sin embargo para una evolución de la red de acceso otras partes y características de la red ya deberán estar evolucionadas o en proceso. La primera etapa de un proceso completo de migración podría pasar por dotar de gran capacidad al núcleo de las redes. Una vez completada, se debe seguir, ya de manera paralela, introduciendo cambios en los servicios, aumentando los niveles de calidad de servicio que las redes van a ser capaces de ofrecer y dotando al acceso de una mayor velocidad y capacidad que haga extensibles los servicios hasta el usuario final.

Cada operador, debe analizar de manera meticulosa cuál es su situación actual para identificar en qué punto se encuentra dentro de la citada propuesta de migración y, a partir del mismo, ser capaz de determinar cuáles deben ser las directrices que gobiernen su futura evolución particular.

Los nuevos operadores no tienen la necesidad de desarrollar una estrategia de migración, ya que desde el principio pueden optar por una solución convergente de voz/datos NGN para proporcionar servicios avanzados en ambas áreas. Por el contrario, los proveedores de servicio establecidos tienen que considerar su base instalada TDM

(Multiplexación por División en el Tiempo) y, por consiguiente, enfrentarse con la difícil decisión de actualizar los conmutadores de circuitos instalados (si el fabricante ofrece esta opción), finalizar las inversiones en equipamiento de conmutación de circuitos, y construir una red superpuesta NGN o, incluso, con el tiempo, remplazar los conmutadores de circuitos con nueva tecnología. Para continuar siendo competitivos, estos operadores necesitan encontrar la manera de proporcionar nuevos servicios a sus clientes durante el periodo de transición, antes de que sus redes hayan evolucionado totalmente a NGN.

Tomar la estrategia de migración equivocada le supondrá al operador de red cargar con las consecuencias durante años, debido a los costos de la inversión realizada. Por el contrario, tomando la estrategia adecuada el operador estará a la cabeza en la entrega de nuevos servicios NGN a sus clientes. La estrategia hacia la NGN dependerá del estado de la red instalada, los requisitos de los clientes objetivo del operador de red, y de sus planes futuros de expansión.

#### **4.4.5 ADOPCIÓN DE MEDIDAS PARA GARANTIZAR LA QoS EN LA RED DE ACCESO NGN [28]**

Según la recomendación de la ITU Y.2001 en la cual se definen las principales características de una red NGN, esta debe contar con una red de transporte de la cual hace parte la red de acceso, que cuente con capacidades QoS y atributos como rendimiento garantizado, mínimos retardos, bajas pérdidas de paquetes que garanticen un adecuado suministro de los servicios a los usuarios finales.

Los requerimientos generales para QoS en una red NGN son:

- Soportar una amplia variedad de servicios con QoS.
- Proveer QoS extremo a extremo dentro de su dominio.
- Tener una arquitectura de QoS flexible capaz de soportar diferentes mecanismos de control de QoS.
- Tecnologías de acceso independientes de las clases de QoS.
- Mecanismos de calidad del servicio para control de tráfico y congestión.
- Para enlaces entre dominios NGN la QoS será soportada a través de acuerdos de nivel de servicio.

Es muy importante para el operador conocer cuales son las principales medidas y técnicas para que su red brinde QoS e identificar en que punto de la red se deben ejecutar para que sean aprovechados de la mejor manera. Existen tres procesos fundamentales que se deben realizar para garantizar la QoS en una red.

A continuación se describirá en que consisten y con que técnicas y/o protocolos se desarrollan.

**Clasificación:** Este proceso permite identificar qué aplicación ha generado determinado paquete. Sin el, la red no puede determinar qué hacer con dicho paquete. La clasificación se realiza utilizando las siguientes técnicas.

- **Source IP Address:** Muchas aplicaciones son identificadas por su dirección Source IP. A veces algunos servidores están dedicados exclusivamente a soportar una sola aplicación como por ejemplo el correo electrónico, el análisis de la dirección Source IP de un paquete permite identificar qué aplicación lo ha generado.
- **Physical Port Number:** Al igual que las direcciones Source IP, el número de puerto físico puede indicar qué servidor está enviando determinado paquete.

**Marcación:** Tras su identificación, el paquete se “marca” de modo que otros dispositivos de la red puedan realizar el respectivo tratamiento de QoS por flujo. Como este proceso puede resultar intensivo y complejo, sólo debe realizarse una vez. La marcación se realiza con protocolos que permiten diferenciar los servicios, los más utilizados son los siguientes:

- **IEEE 802.1p:** Es un mecanismo de control de tráfico que define un campo en el encabezado de acceso al medio (MAC) de los paquetes Ethernet, que puede transportar uno de los ocho valores preferentes. Estos valores permiten que los paquetes tengan un tratamiento diferente de acuerdo a su marcación.
- **Differential Services Code Point (DSCP):** Punto de código de servicios diferenciados (DSCP) es un campo en el paquete IP que permite la asignación de distintos niveles de servicio al tráfico de red. Para ello, cada paquete de la

red se marca con un código DSCP y se le asocia el nivel de servicio correspondiente.

**Priorización:** Permite que los paquetes que vengan marcados con un nivel de prioridad sean manejados y enviados de acuerdo a su correspondiente marcación. Puesto que la red es capaz de diferenciar, por ejemplo, una conversación telefónica de una navegación Web, la priorización deberá asegurar que una gran descarga desde Internet no interrumpa la conversación telefónica.

En la red de acceso, los procesos descritos anteriormente deben ser implementados en el nodo de acceso, ya que en este se realiza la recepción del tráfico ascendente para ser enviado hacia la red de agregación, y por otro lado, tiene un conocimiento total de las características del acceso para flujos descendentes. También en el nodo de acceso debe realizarse una planificación de red que permita una correcta asignación del ancho de banda que permite optimizar los recursos de la red y reducir los costos de operación.

#### **QoS en el nodo de acceso:**

Este punto de red debe suministrar QoS tanto para el tráfico ascendente como para el descendente.

- Tráfico Ascendente:

Para el flujo ascendente el nodo de acceso debe contar con medidas que permitan la clasificación y filtrado, para identificar el tráfico que requiere tratamiento QoS. También con el filtrado se logra reforzar la seguridad, ya que se puede eliminar tráfico no deseado.

Posterior a la clasificación es realizada la marcación de los paquetes por medio de 802.1p ó DSCP de modo que a estos se les asigne un nivel de prioridad para ser enviados.

En el enlace ascendente del nodo de acceso el envío se debe realizar a través de encolamiento y planificación de clases por QoS basados en 802.1p ó DSCP. En el nodo de acceso deben estar definidas las políticas de ingreso que especifiquen el tráfico que puede enviar el usuario a la red.

- Tráfico Descendente:

Debido a que el tráfico descendente llega a este punto de la red debidamente marcado por los servidores de aplicación o por los enrutadores del servicio, a demás de venir también con políticas de acceso, hace que en el nodo de acceso no se realice ninguna de estas funciones. Por lo tanto el nodo de acceso debe encargarse de los siguientes aspectos:

Limitación de la velocidad de egreso: De forma similar a las políticas de ingreso, se usa para hacer cumplir los contratos de tráfico que están asociados con los servicios a los que se han suscrito los usuarios.

Encolamiento y planificación de clase por QoS en las líneas de acceso basadas en 802.1p o DSCP: para el uso de múltiples colas de QoS por línea de acceso y para hacer corresponder el tráfico con una cola específica basada en 802.1p o DSCP.

### **Planificación de red:**

La planificación de la red incluye el particionado del ancho de banda disponible en los diferentes enlaces en un presupuesto de ancho de banda para cada clase de QoS. Si las garantías de ancho de banda se dan por diferentes clases de tráfico, entonces los presupuestos de ancho de banda de estas clases no deben exceder los presupuestos de ancho de banda planificados.

El método más seguro de planificación consiste en basar los presupuestos de ancho de banda en la mínima velocidad garantizada. Si la velocidad aumenta, este exceso de ancho de banda ya se puede usar por aplicaciones de mejor esfuerzo, tales como el tráfico Web.

### **Control de admisión de recursos:**

El control de admisión de recursos es un mecanismo que permite verificar si un nuevo servicio puede ser soportado por la red; es efectuado en el nodo de acceso que debe determinar si a un flujo nuevo se le puede acreditar la QoS sin impactar a los ya garantizados, y para bloquearlo si no.

#### **4.4.6 SELECCIÓN DE EQUIPOS**

Un operador de telefonía fija debe tener en cuenta criterios importantes a la hora de escoger correctamente los productos o equipos para migrar a una Red de Acceso de Nueva Generación (NGAN). Los aspectos que se deben tener en cuenta en el proceso de selección de equipos son:

- **Características**

A la hora de adquirir un nuevo equipo NGN, es importante que la empresa prestadora del servicio de telecomunicaciones sea muy explícita a cerca de sus propias necesidades y que confirme que éstas sean soportadas por el producto bajo consideración, verificando funcionamiento y aceptación por parte de los usuarios.

- **Continuidad de los equipos existentes**

En el momento de integrar los nuevos equipos a una red de telecomunicaciones existente, será necesario interconectarse con los formatos de transmisión y estándares de señalización de los equipos actuales. Estos formatos y estándares incluyen elementos tales como líneas RDSI, troncales digitales, sistemas de transmisión digital y sistemas de tonos multifrecuenciales así como los sistemas de señalización. Por eso, antes de adquirir un equipo NGN deberá asegurarse su compatibilidad con los equipos existentes mediante el estudio de protocolos e interfaces.

La entrada de nuevos equipos no debe afectar la prestación de los servicios que viene ofreciendo el operador y menos si estos presentan buena acogida. Desde el punto de vista del usuario, otro aspecto importante es mantener los equipos terminales que venía utilizando el cliente, e introducir los nuevos equipos de manera gradual y prestando soporte para el manejo, de tal forma que el usuario se adapte fácilmente a ellos.

Como se trata de la migración de una porción de la red en este caso la red de acceso, es necesario conocer en que condiciones de evolución se debe encontrar el resto de la red de tal manera que la nueva red de acceso o los nuevos equipos de acceso puedan adaptarse correctamente y funcionar de la manera esperada.

- **Compatibilidad con estándares**

Lo que dificulta la compatibilidad entre estándares es el hecho que mientras algunos estándares importantes son publicados y alcanzan cierto grado de estabilidad, otros están siendo todavía desarrollados.

La compatibilidad cobra especial importancia en las siguientes áreas:

- Línea telefónica e interfaces troncales, incluyendo señalización.
- RDSI.
- Estándares DSL.
- Estándares básicos de voz sobre IP.
- Estándares para pasarelas, incluyendo control de la pasarela de medios.
- Conferencia Multimedia.
- Mecanismos de QoS.
- Gestión de Red y Seguridad.

- **Capacidad y Escalabilidad**

Con el fin de definir si los equipos cumplen con las necesidades actuales y futuras de red, se debe considerar la capacidad de los equipos, la cual esta relacionada con la cantidad y tipo de interfaces que soportan, capacidad de los enlaces de usuario y de red.

La escalabilidad depende de la capacidad de los equipos para ampliar el número de usuarios y permitir la adaptación de nuevas tecnologías. Al seleccionar un equipo se deberá comparar la capacidad de este con el crecimiento proyectado de la red de acceso de banda ancha, con relación al aumento de las capacidades de la red (ancho de banda, número de usuarios y de servicios, etc.).

- **Confiabilidad y Servicios de Soporte**

Las características específicas con las que deben contar los equipos para alcanzar un nivel de confiabilidad aceptable incluyen tolerancia a fallos, redundancia, tarjetas intercambiables en caliente y la capacidad de mantener las llamadas establecidas bajo condiciones extremas tales como catástrofes o emergencias.

El sistema o los equipos deben ofrecer elevadas condiciones de disponibilidad a fin de que el servicio suministrado a los clientes no se vea afectado. La disponibilidad total del sistema o los equipos no debe ser inferior a 99.999%.

Cuando un operador compra un equipo debe tener en cuenta no solo las características del mismo, sino también el soporte ofrecido por el proveedor. Existen tres factores importantes para decidir que proveedor constituye la mejor elección:

- Entrenamiento: para el personal que estará encargado del equipo, esto incluye labores de configuración y mantenimiento.
- Ingeniería/Configuración/Planeación de red: algunos ofrecen dentro de su portafolio, servicios de planeación y dimensionamiento de la red, basándose en información acerca de la demanda de tráfico o en la base de usuarios, o servicios de soporte vía telefónica o Web.
- Operación de Red: existen operadores que ofrecen éste servicio, el cual incluye la operación y mantenimiento de los elementos de red desde centros de operación remotos.

- **Operación, Administración y Mantenimiento**

Las funcionalidades de OAM son importantes para facilitar las operaciones y verificar el funcionamiento de la red, reducir costos operacionales y minimizar interrupciones del servicio. Los siguientes son algunos requerimientos de OAM que se deberán satisfacer:

- La capacidad para el operador de red de cambiar las funciones de OAM de acuerdo a sus necesidades.
- La aplicabilidad de funciones de OAM en aplicaciones punto – punto, multipunto – multipunto.
- La posibilidad de diagnosticar, localizar y notificar a las entidades de gestión de red los defectos y fallas, y tomar las apropiadas acciones correctivas.

- **Seguridad**

Los requerimientos más importantes de seguridad y privacidad para los equipos de la red de acceso NGN se resumen a continuación:

- Protección contra el uso no autorizado de recursos de red y acceso no autorizado a flujos de información y aplicaciones.

- Integridad de los datos para asegurar que no serán alterados o destruidos por medios no autorizados.
- Disponibilidad y accesibilidad a la red bajo cualquier circunstancia para usuarios autorizados.

Dichos requerimientos deberán tener en cuenta factores como encriptación y validación segura de usuarios, entre otros.

## **5. PROCESO DE MIGRACIÓN DE LA RED DE ACCESO DEL OPERADOR DE TELEFONÍA FIJA NACIONAL**

Partiendo del resultado obtenido en el estudio de la red de acceso de los operadores de telefonía fija, teniendo en cuenta el estudio de las redes de acceso de nueva generación, y con el objetivo de validar los criterios de migración, se plantea para este capítulo un ejercicio de transición para un operador con las mismas características del modelo general de red de acceso que quiera migrar a NGN y tener la capacidad de ofrecer un paquete de servicios de nueva generación.

### **5.1 ESTADO ACTUAL DEL OPERADOR**

El operador de telefonía fija necesita empezar a introducir nuevos servicios que demandan mayor ancho de banda y mejor tecnología, que les permita obtener nuevos ingresos y fortalecerse en el negocio de las telecomunicaciones y frente a la competencia; su red de acceso no tiene la capacidad de soportar estos nuevos servicios, por lo que es necesario realizar un proceso de migración hacia una infraestructura capaz de soportarlos. Por las ventajas que ofrecen las redes NGN, estas se presentan como la mejor solución, por ello el operador ha decidido optar por migrar su red a NGN.

La infraestructura de red del operador telefónico se describe a continuación:

- El operador telefónico cuenta actualmente con centrales telefónicas de tecnología TDM, a través de las cuales se suministra el servicio POTS, RDSI y el acceso conmutado a Internet
- El operador tiene una red de datos formada por switches ATM interconectados a través de fibra óptica.
- Para el suministro de servicios banda ancha el operador cuenta con equipos DSLAM ATM, con puertos ADSL y HDSL, conectados a los switches ATM de la red de datos a través de enlaces E1/E3.

El ejercicio de migración de la red de acceso se realizará en una de las centrales locales del operador, teniendo en cuenta que para las otras el proceso se hará de manera similar. Las características a considerar de la central y de su zona de cobertura son:

- La central local cuenta con 18000 líneas activas de usuarios POTS.
- Los usuarios de la central están distribuidos entre usuarios residenciales y comerciales en un 95% y 5% respectivamente.
- El número de usuarios banda ancha en la zona que abarca la central es de 600 utilizando tecnologías ADSL y HDSL.
- La longitud máxima del bucle de abonado es de 3000 metros.

Debido a que se trata de un operador de telefonía fija que tiene características similares a las que arrojó el estudio de las redes de acceso de los operadores, se utiliza el modelo general de red de acceso para llevar a cabo la migración hacia NGN en el acceso.

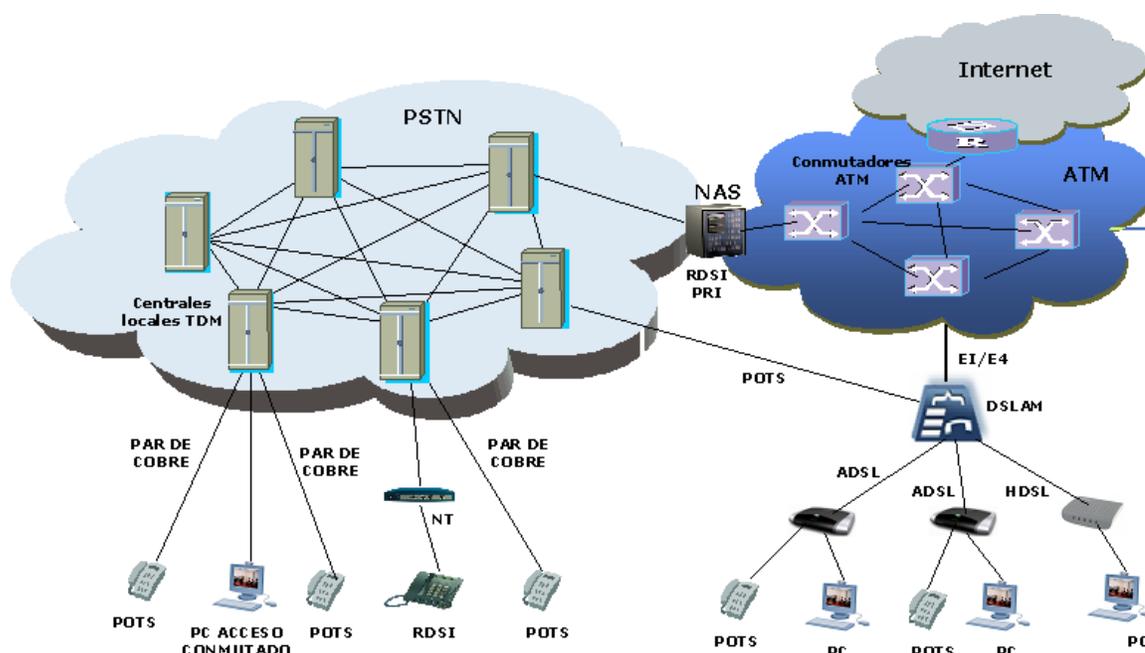


Figura 5.1. Modelo general de red de acceso

## 5.2 PROCESO DE MIGRACIÓN

Para el desarrollo del proceso de migración se van a considerar los criterios planteados en el capítulo anterior, el criterio relacionado con la parte económica del operador no se tiene en cuenta en este proceso debido a que representaría realizar un estudio de toda la parte financiera involucrada en la evolución lo cual no es objeto de este proyecto.

Analizando las características de la red de acceso del operador telefónico se observa que se asemejan a la infraestructura de red inicial que define la ITU cuando propone la migración para una red de acceso hacia NGN. De este modo el proceso evolutivo que se va a llevar a cabo seguirá algunos de los planteamientos de la migración propuestos en dicho modelo.

La migración de la red de acceso a NGN se realiza con la introducción de Nodos de Acceso Multiservicio MSAN para conectar los usuarios a la red de paquetes a través de diversas tecnologías de acceso tales como ADSL2+, VDSL2, EPON, GPON y tecnologías de acceso inalámbrico como WiMax, que soportan los requerimientos que exigen los servicios de nueva generación.

Por el lado del usuario es necesaria la ubicación de equipos terminales para soportar tanto tecnologías como aplicaciones. Existen diferentes tipos de CPE (Customer Premises Equipment), que van de acuerdo a sus utilidades y se pueden clasificar de la siguiente manera: IADs (Integrated Access Devices), Módems xDSL, terminales de suscriptor, y STB (Set Top Box) para IPTV.

### **5.2.1 Condiciones generales de red**

El primer paso a seguir por el operador en su proceso evolutivo es la transformación del core ATM de su red a un core IP/MPLS que permita al operador ofrecer sin limitaciones todo tipo de servicios IP.

De forma paralela en la red de control se debe introducir el softswitch encargado de controlar el tráfico de voz paquetizada, tráfico banda ancha, tráfico de Internet y el tráfico hacia o desde la red PSTN existente y controlar la prestación de servicios para los clientes de la PSTN y los conectados a la red de paquetes.

Además se debe introducir la plataforma de gestión que se encargue de realizar la operación, mantenimiento y aprovisionamiento de los servicios en forma integrada al igual que la plataforma de servicios o aplicaciones para los servicios nuevos y existentes.

Instalado el softswitch pueden ser instaladas las gateways de señalización, y las gateways troncales necesarias para interconectar la red PSTN y la red de paquetes garantizando la continuidad e integración de los equipos, redes, y servicios existentes con la NGN, así como también se introducen las gateways de acceso o MSAN necesarias para interconectar los usuarios a la red de paquetes.

De esta manera se puede apreciar que para llevar a cabo la migración de la red de acceso a NGN, elementos de red como la red de paquetes, el softswitch y las plataformas de gestión y servicio deben instalarse previamente ya que son necesarios para el funcionamiento de la gateway de acceso. Equipos como gateways troncales y gateways de señalización pueden encontrarse instaladas o instalarse conjuntamente con las gateways de acceso.

### **5.2.2 Migración escalonada**

La transición de la red de acceso a NGN debe ser paulatina, ya que introducir gateways de acceso multiservicio significa mover las líneas conectadas a las centrales, lo que finalmente lleva al reemplazo de las centrales por las MSAN. Por lo tanto se debe pensar en realizar este proceso por etapas donde no se vean afectados aspectos tan importantes como la prestación de los servicios, la economía del operador y las inversiones realizadas.

Al iniciar el proceso el operador debe analizar cuales de sus centrales están demandando una pronta actualización, ya que estas son las que generan mayores costos de inversión, mantenimiento y operación. Por lo tanto estas serían las primeras en ser sustituidas por las gateways, siendo este el caso de la central local del ejercicio de migración propuesto. La sustitución de una central por gateways de acceso debe ejecutarse gradualmente teniendo en cuenta que:

- La capacidad económica del operador no permita una sustitución inmediata.
- El número de líneas que maneja una central es elevado y moverlas hacia las gateways involucra planeación y tiempo.
- Deben realizarse pruebas al sistema para verificar su correcto funcionamiento.

En su fase inicial de migración el operador debe aprovechar su infraestructura existente de cobre utilizando tecnologías xDSL como ADSL2+ y SHDSL que permitan aumentar la capacidad de transferencia mejorando el grado de satisfacción de sus clientes, e introducir gradualmente los servicios que estas tecnologías soportan.

La tendencia de las redes de acceso es llegar hasta el usuario con fibra óptica pero su despliegue implica grandes inversiones para el operador. Este iniciará el proceso implementando la arquitectura FTTN que permite acercar la fibra al usuario con la ubicación de nodos de acceso por fuera de la central y conectando a los clientes por par de cobre con tecnologías xDSL como ADSL2+ y VDSL2 mejorando la capacidad de la red de acceso y suministrando más y mejores servicios. Esta segunda fase se complementará con la tecnología inalámbrica WiMAX que permitirá cubrir zonas donde no sean factibles las tecnologías alambradas.

Finalmente se introducirán tecnologías de acceso por fibra óptica como EPON y GPON hasta el hogar o edificio, brindándole al usuario todas las ventajas y posibilidades en cuanto a servicios y aplicaciones que ofrecen estas tecnologías.

El proceso de sustituir las centrales por las gateways no significa continuar prestando el servicio tradicional a través de otra red, ya que un usuario POTS conectado a la gateway podrá convertirse fácilmente a un usuario banda ancha y acceder a los servicios que ofrece la NGN. Este cambio irá aumentando de acuerdo a la capacidad del operador de ofrecer nuevos servicios y aplicaciones, y a medida que los usuarios conozcan cada vez más las ventajas que ofrece la red.

### **5.2.3 Definición de tecnología de acceso por tipo de usuario**

El operador debe definir el tipo de tecnología de acceso que va a ofrecer a un cliente determinado basándose en estudios previamente realizados que permitan conocer acerca de sus necesidades de servicios y su poder adquisitivo, así por ejemplo podrá determinar cuantos puertos ADSL2+ y SHDSL requiere para un determinado sector, o cual necesita VDSL2.

También es muy importante tener en cuenta las proyecciones de crecimiento del mercado realizadas por el mismo operador o por organismos especializados con

relación al número de usuarios banda ancha, tecnologías de acceso utilizadas, demanda de nuevos servicios, con el fin de dimensionar la capacidad de la red de acceso y permitir futuras ampliaciones.

Para el ejercicio de migración propuesto se tienen en cuenta las proyecciones del mercado de las telecomunicaciones en Colombia realizadas por la CRT y CINTEL que indican que el número de líneas telefónicas y de accesos banda ancha aumentarán por año en un 2% y 100% respectivamente durante los próximos 3 años. Por lo cual se debe considerar para este periodo 1100 nuevos usuarios POTS y 2000 nuevos usuarios xDSL.

Para determinar el número de puertos ADSL2+ y SHDSL se considera la distribución de usuarios comerciales y residenciales en el área de cobertura de la central que es del 5% y 95% respectivamente. Para los 2000 nuevos usuarios banda ancha, 1900 serán ADSL2+ y 100 SHDSL.

#### **5.2.4 Acercamiento del nodo de acceso al usuario**

Un aspecto fundamental en el rendimiento de las tecnologías xDSL es la longitud del par de cobre especialmente en VDSL2 y ADSL2+ donde su tasa de transferencia empieza a disminuir sustancialmente para distancias superiores a los 500 metros y 1500 metros respectivamente. Considerando que en el ejercicio de migración se tienen longitudes de bucle de abonado de hasta 3000 metros el operador debe pensar en la ubicación de cabinas outdoor que permitan instalar las gateways de acceso a una distancia más corta al usuario y así disminuir la longitud del bucle de abonado.

#### **5.2.5 Diseño de requerimientos de tráfico**

El diseño de los requerimientos de tráfico se divide en varias partes: una para el ancho de banda de la señalización H.248, una para la transmisión de paquetes de VoIP y el otro para el servicio banda ancha xDSL.

- **Para el ancho de banda de la señalización H.248:**

El tráfico de señalización resulta de los mensajes para el establecimiento y terminación de llamadas entre el softswitch y la gateway de acceso. Se obtiene de la siguiente forma.

Hay 32 mensajes entre el softswitch y la gateway de acceso para cumplir con una llamada de originación y una de terminación, y el flujo de la señalización H.248 es de 5428 Bytes. Incluyendo la tara UDP/IP/Ethernet MAC(18B)/IP(20B)/UDP(8B), el ancho de banda total para el flujo de la señalización H.248 se obtiene con la siguiente fórmula:

$$BW_{H248} = ((5428 + 32 * 46) * 8) * (T_{ORI} + T_{TER})$$

Para un tráfico total de abonado de 0.115 Erlangs, se tiene un tráfico de originación  $T_{ORI} = 6.15 * 10^{-4}$  y un tráfico de terminación  $T_{TER} = 5.97 * 10^{-4}$ . Por lo que el tráfico de señalización para N usuarios es:

$$BW_{H248} = 66,97 * N_{POTS} \text{ bps; } N_{POTS} = \# \text{ de usuarios POTS}$$

- **Para el ancho de banda de VoIP:**

Para VoIP, las gateways generalmente soportan las recomendaciones de compresión de voz G.711 G.723.1 y G.729. En estas recomendaciones, la G.711 tomará más ancho de banda para la transferencia de VoIP mientras que la G.723.1 tomará menos.

Para la G.711, incluyendo la tara para MAC (18B) / IP(20B) / UDP(8B) / RTP(12B) y los requerimientos de ancho de banda de RTCP, el ancho de banda total para VoIP será de 164.64 Kbps. El ancho de banda de VoIP para N usuarios se obtiene con la siguiente fórmula:

$$BW_{VoIP} = BW_u * Tr * N$$

Donde:

$BW_u$  significa el requerimiento simple del abonado de banda ancha para VOIP con el método de compresión G.711.

- $Tr$  significa el tráfico total de abonado para cada servicio. Para un tráfico total de abonado de 0.115 Erlangs se tiene que  $Tr = 0,14$

$$BW_{VoIP} = 164,64 * 0,14 * N \text{ Kbps}$$

$$BW_{VoIP} = 23,05 * N \text{ Kbps; } N = \# \text{ de usuarios POTS}$$

- **Para el ancho de banda xDSL**

Para determinar el ancho de banda necesario para soportar el servicio xDSL, se debe considerar lo siguiente:

- En el servicio ADSL2+ el ancho de banda por usuario es compartido a razón de 1:4 o 1:2, y el tráfico descendente es mayor que el tráfico ascendente. El ancho de banda para el servicio ADSL2+ se calcula de la siguiente manera:

$$BW_{ADSL2+} = (BW_{Desc} + BW_{Asce}) * N/R ; R = \text{Reuso} ; N = \# \text{ de usuarios}$$

- En el servicio SHDSL el ancho de banda por usuario no es compartido, y tráfico descendente es igual al tráfico ascendente. El ancho de banda para el servicio SHDSL se calcula de la siguiente manera:

$$BW_{SHDSL} = (2 * BW_{Plan}) * N ; BW_{Plan} = \text{Ancho de banda ofrecido} \quad N = \# \text{ de usuarios}$$

### **5.2.5 Solución para la red de acceso NGN**

En la selección de la solución para NGN el operador debe realizar un estudio técnico y económico comparativo de la solución de cada proveedor de tal forma que se ajuste adecuadamente al proceso de migración. A nivel mundial los grandes fabricantes de equipos cuentan con sus respectivas soluciones NGN, dentro de los que se destacan Alcatel, Ericsson, Siemens, Huawei y ZTE. (Ver Anexo B).

Para el ejercicio de migración que se viene llevando a cabo, en la Tabla 5.1 se muestra la comparación técnica del equipo de acceso MSAN de los fabricantes Alcatel, Huawei y ZTE.

Características		ALCATEL LITESPAN 1540	HUAWEI UA5000	ZTE ZXA10
Interfaces de red	FE	✓	✓	✓
	GE	✓	✓	✗
	ATM	✓	✓	✓
Interfaces suscriptores banda ancha	ADSL	✓	✓	✓
	ADSL2	✓	✓	✓
	ADSL2+	✓	✓	✓
	SHDSL	✓	✓	✓
	VDSL	✗	✓	✓
Interfaces suscriptores banda estrecha	POTS	✓	✓	✓
	RDSI	✓	✓	✓
Topologías	Estrella	✓	✓	✓
	Anillo	✓	✓	✓
	Árbol	✓	✓	✓
Protocolos de control	MGCP	✓	✓	✓
	H.248	✓	✓	✓
Codecs	G.711	✓	✓	✓
	G.723	✓	✓	✓
	T.38	✓	✓	✓
	MoIP	✓	✓	✓
Cabinas	Indoor	✓	✓	✓
	Outdoor	✓	✓	✓
Capacidad de usuarios POTS		2556	1920	1984
Capacidad de usuarios ADSL		1310	976	1024

Tabla 5.1. Comparación técnica de los MSAN

La comparación técnica de los equipos muestra que el UA5000 de Huawei es el más completo entre las tres soluciones, cuenta con una mayor variedad de interfaces de suscriptor, y por sus características de modularidad y escalabilidad es el que mejor se adecua en la parte técnica al proceso de migración a realizar por el operador.

Desde el punto de vista económico, Huawei es el mayor proveedor de MSAN en el mercado mundial (Fuente: Infonetics Research, Inc.) debido a la gran competitividad de los precios en sus equipos. Por las características técnicas y ventajas económicas que presenta la UA5000 se selecciona como solución para el ejercicio de migración.

La gateway de acceso UA5000 (Universal Access 5000) hace parte de la solución U-SYS para NGN de Huawei, que además cuenta diversos equipos terminales de usuario para soportar diferentes tecnologías de acceso, aplicaciones y servicios.

### **Gateway de Acceso UA5000 [29]**

La UA5000 es un equipo de acceso multiservicios controlado por el agente controlador de llamadas mejor conocido como Softswitch a través de protocolos controladores de gateways, cuenta con diferentes tipos de interfaces hacia los usuarios lo que les permite conectarse a la NGN a través de diversas tecnologías de acceso, y provee conectividad IP hacia la red de paquetes cumpliendo así con los parámetros generales definidos para este tipo de redes.

### **Terminales de usuario (Ver Anexo B)**

- **Módems xDSL**

Este equipo ubicado en las premisas del cliente suministra el acceso a servicios sobre tecnologías xDSL. La solución de Huawei ofrece una serie de módems que varían de acuerdo a la tecnología xDSL que soportan y a la capacidad que brindan.

- **IADs**

Los IADs son un componente importante de la solución NGN de Huawei. Provee soluciones de VoIP y FoIP para empresas y otros tipos de usuarios. Los IADs tienen funciones de gateway de acceso y son controlados por el softswitch a través de los protocolos MGCP.

- **Home Gateways**

Las home gateways sirven como la extensión de los equipos de red del usuario, trabaja como un punto de control de servicio de la red banda ancha del cliente, facilitando la gestión de equipos, mantenimiento y actualización remota, provee autenticación garantizando la seguridad y QoS.

- **STB**

Los Set Top Box son equipos que permiten el suministro de servicios como VoD e IPTV a través de la red banda ancha IP y obtener información suministrada por el proveedor de servicio de Internet (ISP).

- **Terminales de suscriptor**

Los terminales de usuario son equipos que pueden ser video teléfonos, teléfonos H.323 o SIP e incluso programas para utilizar en el computador con diversas funcionalidades.

### **5.2.6 Validación de los criterios técnicos [29]**

Al momento de estudiar los equipos de las soluciones NGN para hacer una elección es importante que estos cumplan con los criterios técnicos necesarios para que el proceso de migración pueda llevarse a cabo satisfactoriamente. Para la UA5000 se tiene:

- **Compatibilidad con equipos y estándares existentes:**

La UA5000 cuenta con diversos tipos de interfaces tanto hacia el usuario como hacia la red de paquetes para un adecuado suministro de servicios y aplicaciones.

La UA5000 cuenta con interfaces de usuario POTS e RDSI para continuar prestando los servicios que se suministran a través de estas interfaces, de esta manera el usuario podrá seguir utilizando los mismos equipos terminales POTS e RDSI, así la UA5000 permite que los servicios que eran prestados por medio de la red TDM como voz, fax e Internet conmutado sean prestados transparentemente en forma de VoIP, FoIP y MoIP por la red de paquetes IP/MPLS.

La UA5000 trabaja con los protocolos H.248 y MGCP utilizados por el Softswitch para controlar las gateways, estos protocolos se encuentran estandarizados por la ITU de tal forma que haya compatibilidad entre equipos de diferentes proveedores.

- **Capacidad y Escalabilidad:**

La UA5000 permite variar fácilmente su capacidad en cuanto al número de usuarios debido a que cuenta con tarjetas de suscriptores que pueden ser insertadas o extraídas de acuerdo a los requerimientos del operador.

Por el lado de las interfaces hacia la red de paquetes, la UA5000 permite aumentar su capacidad cuando los requerimientos lo exijan, ya que soporta la adición de una tarjeta con 2 interfaces FE o GE por IPM.

La UA5000 tendrá la capacidad de adaptarse a nuevas tecnologías de acceso, como PON para ofrecer FTTH, ya que por el diseño de su arquitectura, en la cual las funciones de transporte están separadas de las de control, lo permiten. De esta manera una tarjeta para suscriptores PON podrá ser incorporada a la gateway.

- **Manejabilidad:**

La gestión del UA5000 se realiza a través del NMS por medio del estándar SNMP V2, permitiendo la configuración de los datos de la gateway, monitoreo de las operaciones en tiempo real y envío de alarmas sobre cualquier anomalía. Puede realizar estadísticas y análisis de todo tipo de parámetros de operación tales como tráfico, BHCA y utilización de recursos. Además provee funciones para el diagnóstico y prueba de la línea de suscriptor. Realiza monitoreo de temperatura, humedad y potencia, y cuando estos parámetros no reúnan las condiciones de operación se generaran alarmas de aviso.

- **Confiabilidad y Servicios de Soporte:**

La UA5000 cuenta con altas características de confiabilidad tales como:

- Capacidad de estar registrada en dos softswitch, de esta manera si la comunicación se interrumpe con el softswitch que la controla, pasara a ser controlada inmediatamente por el otro softswitch sin que las comunicaciones en marcha sean interrumpidas.
- Redundancia en las principales tarjetas de la gateway.
- Todas las tarjetas de la UA5000 son reemplazables mientras el equipo esta en funcionamiento.
- La UA5000 soporta completa protección contra anomalías, incluyendo protección contra fallas de potencia y mala operación de los interruptores de electricidad, protección contra tormentas eléctricas, protección contra alto y bajo voltaje y protección contra corto circuito en el suministro de potencia, así como también protección contra sobre corriente y sobre voltaje en las interfaces. Además el módulo de suministro de energía tiene ajuste automático de temperatura y funciones de protección.
- La UA 5000 tiene un sistema de respaldo de datos, los cuales son guardados en memoria y pueden ser usados cuando el sistema necesite ser restablecido en caso de eventuales fallas.

- Tiene protección contra sobrecarga del sistema restringiendo los servicios cuando la CPU de la gateway esta sobrecargada para que se pueda prevenir la interrupción del servicio por sobrecarga en la CPU. Cuando la CPU alcanza el umbral de rendimiento, se genera una alarma de sobrecarga, y los servicios demandados por los suscriptores serán negados de acuerdo a sus prioridades.

- **Seguridad:**

La gateway de acceso reúne altos requerimientos de seguridad, dentro de estos aparecen diversas estrategias de gestión de seguridad como son autenticación de suscriptores y equipos, filtrado de paquetes y protección contra ataques. Autoriza y autentica suscriptores, y registra sus operaciones para prevenir que realicen procedimientos no autorizados. Realiza registros de mantenimiento del sistema e información de operaciones.

- **Suministro de medidas para garantizar QoS:**

La UA5000 cuenta con varias medidas para garantizar QoS, entre ellas:

- Reglas de tráfico basadas en el filtrado de paquetes.
- Redireccionamiento de tráfico.
- Mediciones de tráfico.
- Monitoreo de tráfico.
- Planificación de colas.
- Limitación de tasa de bit por puerto.
- Estrategias basadas en prioridades.
- CoS a través de 802.1p

### **5.2.7 Integración de la gateway de acceso a la red**

De acuerdo a las fases planteadas en la migración escalonada se realiza la integración de la gateway de acceso a la red.

- **FASE 1**

En la Figura 5.2 se muestra la infraestructura de red propuesta para el operador telefónico. En esta configuración se han introducido algunas gateways de acceso a la red para reemplazar la central, como se puede observar tanto usuarios POTS como banda ancha son conectados a las gateways y el tráfico de voz y datos son enviados

conjuntamente a través de interfaces FE y GE a la red de paquetes multiservicio. Los usuarios banda ancha utilizan tecnologías de acceso avanzadas como ADSL2+ y SHDSL que aumentan el rendimiento de la red de acceso. Nuevos terminales de usuario se han incorporado con el fin de ofrecer un mayor ancho de banda e introducir nuevos servicios.

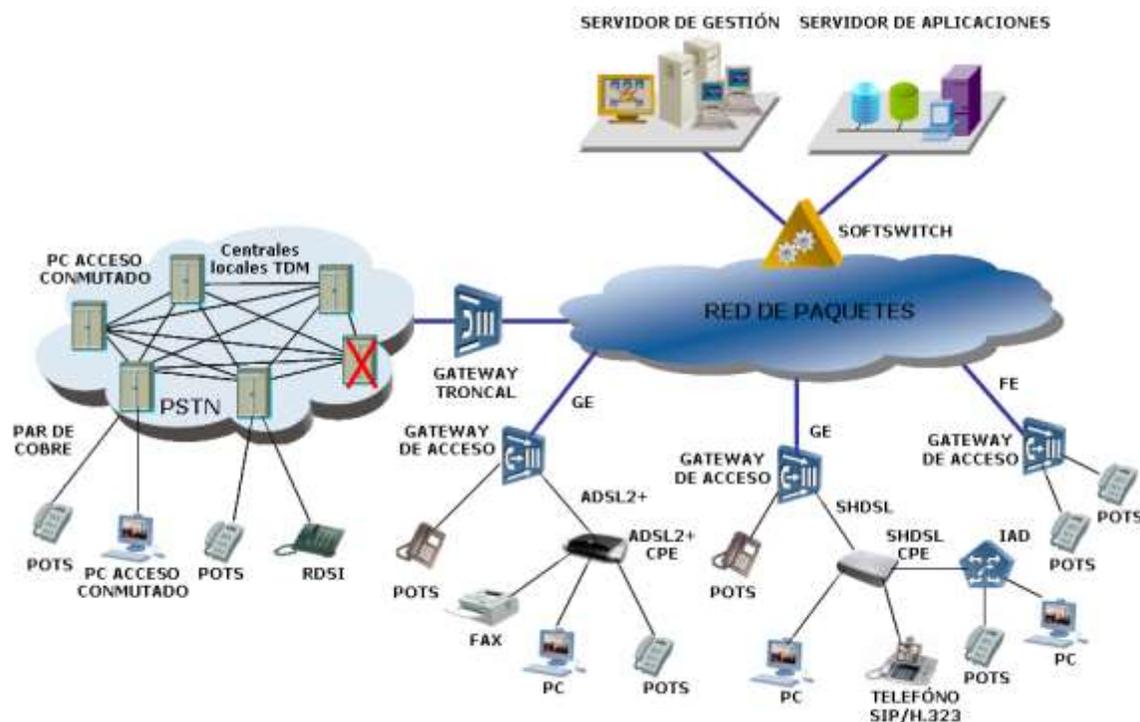


Figura 5.1. Proceso evolutivo de la red de acceso en la fase 1

Para el ejercicio de migración se debe sustituir la central que cuenta con 18000 líneas POTS más los 1100 nuevos usuarios POTS proyectados, además se deben considerar los 1900 puertos ADSL2+ y los 100 puertos SHDSL proyectados como crecimiento de clientes banda ancha.

La UA5000, se compone en su estructura por una cabina que contiene 5 tramas de servicio encargadas de albergar las tarjetas de suscriptores. Cada una de estas tramas aloja 12 tarjetas. Estas tarjetas tienen 32 usuarios POTS o 16 usuarios ADSL2+ o 16 usuarios SHDSL. Para sustituir las líneas POTS de la central e introducir lo nuevos clientes tanto POTS como banda ancha se debe contar con 12 cabinas UA5000.

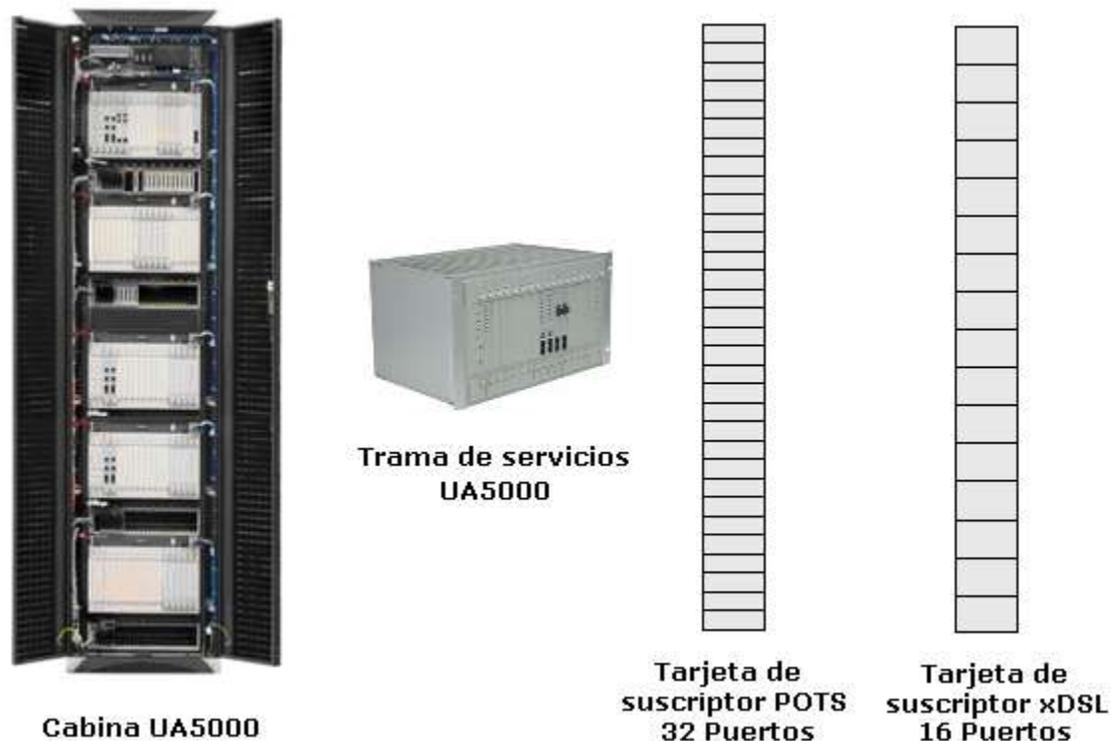


Figura 5.2. Gateway de acceso UA5000

Para los 1900 puertos ADSL2+ y los 100 puertos SHDSL son necesarias 119 tarjetas de suscriptores ADSL2+ y 7 tarjetas de suscriptores SHDSL, que serán distribuidas uniformemente en las 12 MSAN.

### **Cálculo de la capacidad del enlace ascendente en la UA5000**

Basado en las formulas del diseño de requerimientos de tráfico, se calcula la capacidad necesaria del enlace ascendente para las gateways en el ejercicio de migración. Como los usuarios POTS, ADSL2+ y SHDSL están distribuidos uniformemente en las MSAN, se realiza el cálculo en una de las gateways.

Se considera una gateway con una tarjeta de suscriptores SHDSL, 11 tarjetas de suscriptores ADSL2+, y 48 tarjetas de suscriptores POTS. Luego la gateway de acceso tiene en total 16 usuarios SHDSL, 176 usuarios ADSL2+ y 1536 usuarios POTS.

El tráfico necesario para el enlace de la gateway sería:

- **POTS**

$$BW_{H248} = 66,97 * N_{POTS}$$

$$BW_{H248} = 66.97 * 1536$$

$$BW_{H248} = 103 \text{ Kbps}$$

$$BW_{VoIP} = 23,05 * N \text{ Kbps}$$

$$BW_{VoIP} = 36 \text{ Mbps}$$

$$TBW_{POTS} = 37 \text{ Mbps}$$

- **ADSL2+**

$$BW_{ADSL2+} = (BW_{Desc} + BW_{Asce}) * N/R$$

$$BW_{ADSL2+} = (2054 \text{ Kbps} + 256 \text{ Kbps}) * 176/4$$

$$BW_{ADSL2+} = 102 \text{ Mbps}$$

- **SHDSL**

$$BW_{SHDSL} = (2 * BW_{Plan}) * N$$

$$BW_{SHDSL} = (2 * 4 \text{ Mbps}) * 16$$

$$BW_{SHDSL} = 128 \text{ Mbps}$$

El tráfico total que tiene que soportar el enlace para esta gateway es de 267Mbps.

• **FASE 2**

La evolución de las interfaces de acceso debe continuar ya que nuevos servicios con mayores requerimientos aparecen constantemente, por tal razón las MSAN deben incorporar nuevas interfaces con tecnologías de acceso de mayor capacidad como VDSL2 implementando la arquitectura FTTN. Al incluirse estas nuevas tecnologías es necesario contar con nuevos equipos terminales como STB y home gateways.

En esta fase de evolución se introduce la tecnología WiMAX a la red de acceso como complemento para las tecnologías alambradas. En la Figura 5.3 se muestra el proceso evolutivo llevado a cabo en la fase 2.

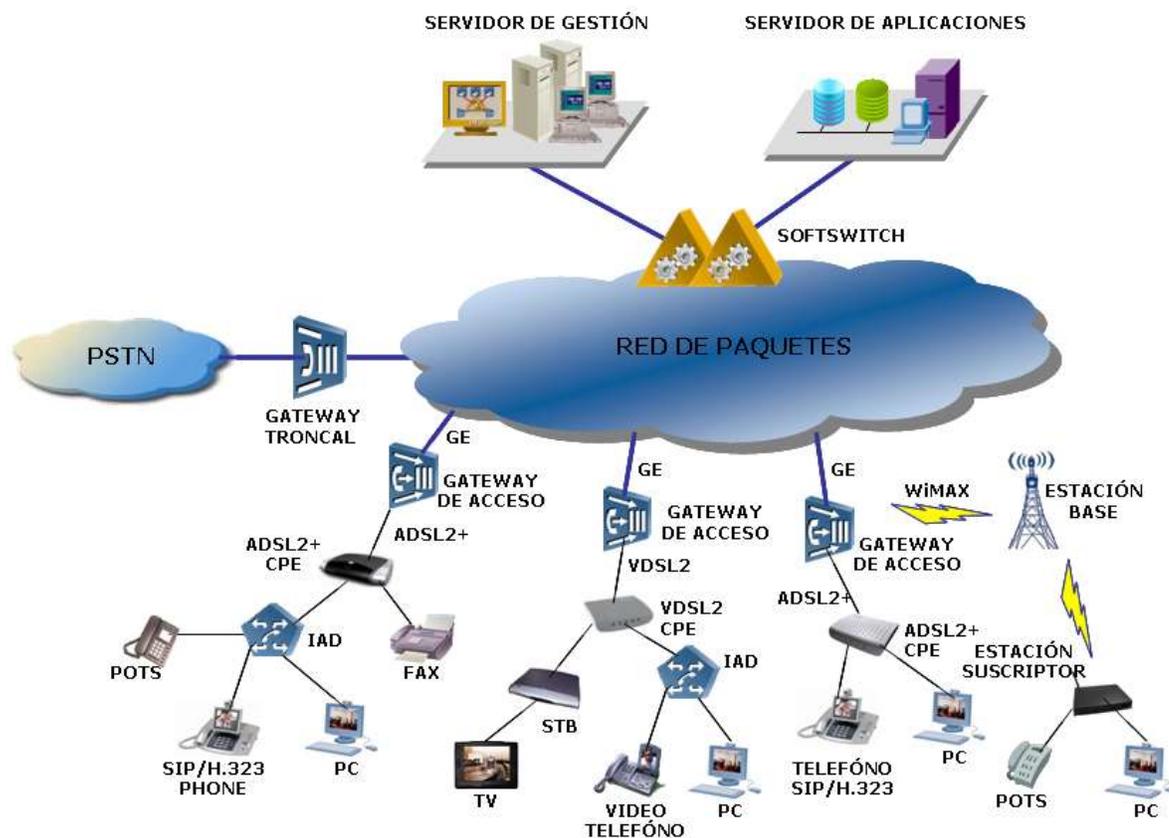


Figura 5.3. Proceso evolutivo de la red de acceso en la fase 2

### • FASE 3

Finalmente se muestra la última fase del proceso en donde se introducen tecnologías de fibra óptica hasta el hogar u oficina como GPON, con el fin suministrar un portafolio de servicios sin limitaciones de ancho de banda. En la figura 5.4 se muestra la evolución desarrollada en esta fase.

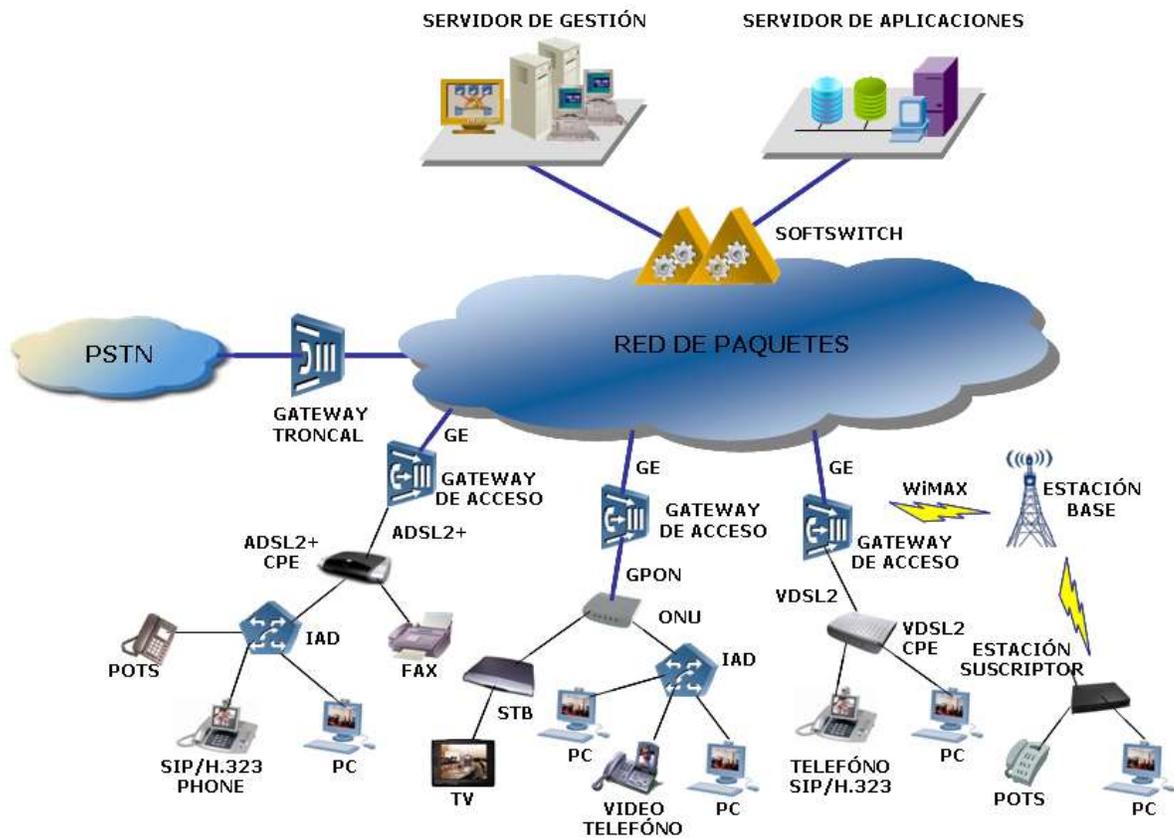


Figura 5.4. Proceso evolutivo de la red de acceso en la fase 3

## **6. MODELO DE SERVICIOS**

Los proveedores de servicios están introduciendo Redes de Nueva Generación para la entrega de servicios, que serán la base para la extensión de las Aplicaciones de Nueva Generación (NGA) para los mercados de negocio y consumo, durante los próximos años. Estas redes necesitan ser altamente flexibles, ricas en servicios y basadas en un conjunto de recursos que permitan a los proveedores conseguir una rápida innovación y extensión de los servicios, sin requerir el rediseño completo de sus servicios o el despliegue de nuevos equipos. Los proveedores de servicios no deberían quedarse bloqueados en un modelo operacional, y deben ser capaces de avanzar hacia nuevos servicios y mejorar los ya existentes. Esto se traduce en la necesidad de evolución del ancho de banda, el establecimiento de políticas más sofisticadas, el aumento del número de abonados, el añadir inteligencia de servicio, y la necesidad de nuevos tipos de funciones de interconexión que deben ser activadas sin impacto de ningún tipo en los niveles de servicio, o cambios en el diseño y operación de red.

Además de lo anterior el proveedor de servicios u operador telefónico debe contar con un modelo de servicios que contenga claramente los diferentes paquetes de servicios con sus respectivas características y beneficios, que permita a los clientes ya sean residenciales o empresariales elegir la clase o paquete de servicios acorde a sus necesidades y presupuesto. De esta forma los proveedores pueden enseñar su portafolio de aplicaciones al mercado permitiéndole diferenciarse de sus competidores aumentando su número de clientes e incrementando los ingresos de su empresa.

### **6.1 ENTORNO DE SERVICIOS ABIERTO PARA EL DESPLIEGUE DE APLICACIONES DE TERCEROS [7]**

Implementar nuevas funcionalidades en las redes actuales puede ser limitado o imposible debido a las capacidades de los equipos instalados. La implementación de nuevas aplicaciones en los equipos está restringido por los proveedores tecnológicos debido a que las interfaces de programación son típicamente propietarias, además los servicios actualmente se encuentran sobre diferentes plataformas cada uno con su propia base de datos, funcionalidades e interfaces, lo cual genera problemas técnicos al introducir nuevos servicios, volviendo cada vez más complejos los sistemas de gestión y control.

Hoy en día los proveedores de servicio buscan ofrecer una amplia gama de servicios que los usuarios pueden seleccionar de acuerdo a sus necesidades, así como mejorar la forma de provisión y gestión de sus nuevos productos y reducir la integración y el desarrollo requerido cuando estos se implementan. Para que la NGN pueda generar nuevos servicios con avanzadas y complejas funcionalidades, es importante el desarrollo de un entorno de servicios abierto que permita el suministro de aplicaciones, servicios y capacidades desarrolladas por terceros.

Los beneficios de un entorno de servicios abierto incluyen:

- Los servicios podrán ser fácilmente desarrollados tanto por los operadores de red como por terceros.
- Los servicios podrán ser transportables y/o reutilizables en todas las redes.

Un entorno de servicios abierto debe contar con algunas características que permitan el despliegue de las aplicaciones de terceros, estas características incluyen:

- Independencia de servicios: funcionalidad, operación y gestión de las aplicaciones y servicios de valor agregado de terceros deberá ser totalmente independiente de las tecnologías e infraestructura de red.
- Transparencia: Acceso a las aplicaciones de terceros desde cualquier lugar a través de una variedad de redes de acceso, también deberá soportar transparencia con respecto a protocolos.
- Coordinación de identidades, sesiones y servicios.
- Registro de servicios: deberá proveer mecanismos de configuración, instalación, activación, publicación y retiro de servicios.

## **6.2 PRINCIPALES TIPOS DE SERVICIOS [30]**

Todas las aplicaciones de una red de nueva generación se pueden clasificar en 5 clases de servicios tanto para usuarios residenciales como para empresariales. A continuación se describe cada una de ellas.

### **6.2.1 USUARIOS RESIDENCIALES**

- **Servicios de datos: Acceso Internet**

Estas aplicaciones tienen que ver con el acceso Internet, la descarga de archivos y el uso en línea de aplicaciones ó servicios. Incluyen todos los servicios de llamada

operados por los ISPs (proveedores de servicios de Internet). Los servicios de datos permiten el establecimiento de conectividad en tiempo real entre terminales, junto con varios atributos de valor agregado (por ejemplo ancho de banda bajo demanda, gestión de ancho de banda y control de admisión de llamada).

- **Servicios de conversación: Llamadas de voz/vídeo y conferencias**

Esta clase de aplicaciones se dirigen a la necesidad de la gente de comunicarse en tiempo real ó casi en tiempo real con uno ó más usuarios, utilizando voz, vídeo ó mensajería. La clave para estas aplicaciones es la capacidad de suministrar alcance continuo sobre una variedad de tecnologías de acceso mientras el usuario se está desplazando. Estos servicios se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Llamadas de voz y vídeo y conferencias en tiempo real, tanto basadas en conmutación de circuitos como en VoIP (protocolo de transmisión de voz por Internet). Una transferencia rápida es crucial para asegurar una buena experiencia de usuario. También es importante un retardo aceptable en el trayecto de ida y vuelta para ofrecer calidad de operador en todas las circunstancias.
- Servicios de llamadas casi en tiempo real, tales como la mensajería instantánea, herramientas de pulsar para hablar, de pulsar para ver, y de conferencias.

- **Servicios de video: Emisión de TV, video y música**

Las aplicaciones de este tipo tratan la necesidad de los usuarios para acceder a los servicios de vídeo, tales como TV y vídeo a petición, y a los contenidos multimedia, en la mayoría de los casos usando un modo de emisión. La red de acceso debe cumplir varios criterios para soportar este tipo de servicio:

- Ancho de banda suficiente para transportar el tráfico requerido.
- QoS (calidad de servicio) y control de admisión de recursos para asegurar una buena experiencia de usuario (baja tasa de celdas perdidas, fluctuación de fase limitada, etc.).

- **Servicios de juegos**

Este tipo de aplicación involucra a muchas personas que hacen interacción con otras a través de un servidor central. Los requisitos de la red de acceso incluyen:

- Buena QoS orientada a la interactividad (retardo del trayecto de ida y vuelta, tasa de celdas perdidas, prioridad de tráfico).
- Transferencia rápida de igual forma que en las comunicaciones en tiempo real de voz/vídeo.

La transferencia uniforme de una sesión de juegos de múltiples jugadores en curso es de primordial importancia. Un jugador involucrado en un juego no quiere sufrir ninguna interrupción mientras juega, ó tener que volver a empezar el juego (con el riesgo de molestar a otros jugadores) cuando se desplaza de un sitio a otro.

### **6.2.2 USUARIOS EMPRESARIALES**

- **Servicios corporativos VPN: acceso a intranet/e-mail**

Este grupo de aplicaciones ofrece a los usuarios de empresas exactamente los mismos servicios que se han detallado antes para usuarios residenciales. Las restricciones a ser tratadas por las redes de acceso incluyen:

- Las VPNs (redes privadas virtuales) de voz y datos deben "seguir" al empleado a donde quiera que vaya. Así todas las tecnologías que un empleado debe usar en situaciones diferentes tienen que interactuar para proporcionar esta facilidad.
- Los niveles de seguridad, QoS y rendimiento deben cumplir los rigurosos requisitos corporativos.
- La transferencia es obligatoria. Debería ser rápida para las llamadas establecidas de voz/vídeo, pero es menos rigurosa para las sesiones de datos.

### **6.3 MODELO DE SERVICIOS NGN**

El desarrollo de productos de un operador de redes de nueva generación debe prever la creación de planes de servicio (Paquetes de productos) y comunicarlos al segmento de clientes apropiado. La "paquetización" son los productos de mayor aceptación en el mercado de las telecomunicaciones actualmente.

La configuración de los nuevos productos y servicios de un operador de Telecomunicaciones suelen contener un sin número de atributos que se diferencian muchas veces por sus características, restricciones y descuentos asociados.

Ahora, debido a la alta segmentación por el lado de la demanda, y a la alta oferta de nuevos servicios que se avecinan, cada uno con atributos y características particulares, los operadores de redes de próxima generación deben pensar en un sistema de configuración de paquetes de servicios que ofrezca un alto nivel de flexibilidad para lograr implementar las expectativas del área comercial sin mayores contratiempos.

Razón por la cual a continuación se presenta un modelo de servicios que podría comercializar un operador telefónico propuesto para clientes residenciales y empresariales. El modelo contiene diferentes clases de servicios diferenciados según el segmento al cual podría ir dirigido según sus necesidades. El modelo fue diseñado según la red de acceso de nueva generación propuesta en el capítulo anterior.

### 6.3.1 CLIENTES RESIDENCIALES

El modelo de servicios propuesto para los usuarios residenciales consta de dos partes. La primera ofrece servicios básicos que son aquellos servicios tradicionales que se vienen prestando a través de la PSTN. Ver Tabla 6.1.

SERVICIOS BÁSICOS	APLICACIONES
<b>Telefonía convencional</b>	- Telefonía - Servicios de valor agregado
<b>Acceso conmutado a Internet</b>	- Internet hasta 56 Kbps - VoIP

Tabla 6.1. Servicios básicos

La segunda parte del modelo consta de servicios banda ancha y esta basado en las fases del proceso de migración de la red de acceso. En la tabla 6.2 se muestra la evolución del modelo de servicios.

ACCESO BANDA ANCHA	VELOCIDAD DE CONEXIÓN	APLICACIONES
<b>Fase 1</b>		
<b>Plan 200</b>	Down hasta 256 kbps Up hasta 64 kbps	- Conexión a Internet - 1 canal para VoIP
<b>Plan 400</b>	Down hasta 512 kbps Up hasta 128 kbps	- Conexión a Internet - 1 canal para VoIP
<b>Plan 1M</b>	Down hasta 1 Mbps Up hasta 256 kbps	Conexión a Internet - Juegos en línea - 2 canales para VoIP
<b>Plan 2M</b>	Down hasta 2 Mbps Up hasta 256 kbps	- Conexión a Internet - Juegos en línea - 2 canales para VoIP
<b>Fase 2</b>		
<b>Plan Silver</b>	Down hasta 8 Mbps Up hasta 512 kbps	- 1 canal de video para TV - 3-5 canales para VoIP - Juegos en línea - Conexión Internet 1Mbps - Soporte de aplicaciones e-learning, e-commerce - Incluye SLA
<b>Plan Gold</b>	Down hasta 12 Mbps Up hasta 1 Mbps	- 2 canales de video para TV - 3-5 canales para VoIP - Juegos en línea - Conexión Internet 1Mbps - Soporte de aplicaciones e-learning, e-commerce - Incluye SLA
<b>Fase 3</b>		
<b>Plan Diamond</b>	Down hasta 20 Mbps Up hasta 2 Mbps	- 2 canales de video para TV - 1 canal HDTV - Juegos en línea - 3-5 canales para VoIP - Conexión Internet 2Mbps - Soporte de aplicaciones e-learning, e-commerce - Incluye SLA

Tabla 6.2. Servicios banda ancha

### 6.3.2 CLIENTES EMPRESARIALES

El modelo propuesto para los clientes empresariales contiene cuatro planes de servicios con sus respectivas aplicaciones, características y servicios. En la Tabla 6.3 cada plan de servicio el cual se sugiere a un posible segmento de clientes.

<b>PLANES DE SERVICIOS</b>	<b>POSIBLES CLIENTES</b>	<b>APLICACIONES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS Y SERVICIOS INCLUIDOS</b>
<b>Básico</b>	SOHO	VPN, HSI.	Soporte 5 sesiones/mes, Navegación a Internet 2 Mbps simétrico
<b>Premium</b>	SOHO/Pequeñas Empresas	VPN, HSI.	Soporte 10 sesiones/mes, Navegación a Internet 4 Mbps simétrico (SLA), QoS, disponibilidad de red, seguridad, priorización de tráfico
<b>Silver</b>	PYMES	VPN, HSI.	Soporte 7*24, Navegación a Internet 8 Mbps simétrico (SLA), QoS, disponibilidad de red, seguridad, priorización de tráfico
<b>Gold</b>	Grandes Empresas	VPN, HSI.	Soporte 7*24, Navegación a Internet 20 Mbps simétrico (SLA), QoS, disponibilidad de red, seguridad, priorización de tráfico

Tabla 6.3. Planes de servicios para clientes empresariales

### 6.3.3 ESQUEMA TARIFARIO

Dentro de una red de comunicaciones, el esquema de tarificación juega un papel fundamental en dos formas: además de ser el mecanismo mediante el cual el operador de la red obtiene ganancias y recupera la inversión, a nivel técnico y de operación de la red, una política de tarificación adecuada, contribuye con el control de acceso y de tráfico de la red, para evitar la congestión de la misma.

La principal característica de una red de banda ancha es la presencia simultánea de muchos tipos de tráfico, cada uno con requerimientos diferentes. En general, se encuentran básicamente tres tipos de tráfico en una red de banda ancha: voz, datos y video. De esta forma, el operador de la red debe encontrar la forma de optimizar sus recursos, para prestar servicios que garanticen la calidad de servicio requerida por cada uno de sus clientes. La tendencia en las telecomunicaciones hacia la unificación de servicios, ha llevado a incrementar cada vez más la importancia de las redes de banda ancha, y por lo tanto el interés en su análisis y modelamiento se ha vuelto fundamental para los operadores de la red. En este tipo de redes, la presencia de

muchas clases de tráfico, hace que el análisis sea mucho más complejo que en aquéllas que sólo prestan un tipo de servicio. Dentro de este análisis, la definición de una política de tarificación cobra especial importancia. La principal característica de una política de tarificación adecuada es que el cargo asignado a los clientes debe reflejar el uso que éstos han hecho de los recursos de la red.

En general, los esquemas de tarifas en las redes de comunicaciones se clasifican en dos tipos: el primero corresponde a aquel en el que se cobra una tarifa fija por paquete de servicio y el segundo en el cual se realiza cobro por volumen. En el cobro de tarifa de acuerdo al paquete de servicios se le da un valor fijo correspondiente a las características y servicios que este incluya, si el usuario desea un servicio adicional dentro de su paquete este tendrá un valor fijo establecido. En el esquema tarifario en donde se cobra por volumen, se establece un valor para la cantidad de la información y se cobra de acuerdo al consumo del usuario.

Para el modelo de servicios propuesto el esquema tarifario que se va a utilizar es el cobro de tarifa por paquete de servicio el cual se viene manejando por la mayoría de los operadores debido a las ventajas que presenta, ya que este facilita su implementación al operador y es más fácil de asimilar por el usuario. De otra parte el esquema tarifario por volumen, aunque promete ser el más utilizado a futuro aún se encuentra en su fase de desarrollo.

Para el servicio de telefonía convencional el cobro seguirá efectuándose basado en el consumo realizado, además se podrán incluir planes prepago con minutos preestablecidos.

#### **6.3.4 DEFINICIÓN DE SLA's**

Un aspecto muy importante a considerar en la realización de un modelo de servicios es la especificación de acuerdos de nivel de servicio dentro de los planes ofrecidos. Un SLA es una definición formal de la relación contractual entre el proveedor de servicio y el usuario final, en el que se especifica lo que el usuario desea y lo que el proveedor se compromete a suministrar. Define el nivel de calidad del servicio y los objetivos de rendimiento que el proveedor deberá asegurar. También define el procedimiento y los reportes que deben ser proporcionados para asegurar el cumplimiento del SLA [7].

Para este modelo de servicios se ha incluido SLA's dentro de algunos planes ofrecidos, lo cual le brindará al usuario la posibilidad de poder incluir requerimientos de funcionamiento específicos, como por ejemplo, ancho de banda, tiempos de entrega en cada aplicación, y le exigirá al proveedor garantizar el suministro de servicios con la calidad establecida en el acuerdo.

Establecer un completo y diverso portafolio de servicios acorde con las exigencias de los usuarios y basado en una consolidada infraestructura de red es para los operadores de telefonía fija la garantía para mantener su competitividad frente a sus más fuertes rivales en el mercado de las telecomunicaciones.

El estudio realizado en el proyecto "Criterios de migración para una red de acceso en el contexto de las Redes de Nueva Generación" ofrece al operador de telefonía fija una guía para llevar a cabo el proceso de migración de su red de acceso a una red con la capacidad suficiente de brindar a los usuarios los servicios de hoy y del futuro.

## 7. CONCLUSIONES

- A través del estudio de las redes de acceso de los principales operadores de telefonía fija colombiana, se ha concluido que su infraestructura no es apta para soportar los requerimientos de los nuevos servicios por ello surge la necesidad de realizar un proceso de evolución hacia una red de acceso con las características necesarias para ofrecer un portafolio de servicios más amplio al mercado de las telecomunicaciones.
- Proponer un modelo general de red de acceso para los operadores de telefonía fija es de gran ayuda para llevar a cabo el proceso de migración, reúne sus características comunes y permite ubicar la situación actual del operador dentro de un modelo evolutivo.
- Las redes de nueva generación son la opción más apropiada para los operadores que quieran modernizar sus redes, permiten ofrecer en una sola red todo tipo de servicios tradicionales y banda ancha con mayor velocidad y calidad, facilitan la incorporación de nuevos servicios, y reducen los costos de inversión, operación y mantenimiento.
- La red de acceso NGN al soportar múltiples tecnologías de acceso brinda al operador telefónico la posibilidad de expandir dinámicamente su negocio, y da a los usuarios mayor libertad para seleccionar el tipo de acceso según sus propios requerimientos.
- Actualmente las tecnologías ADSL continúan mejorando y evolucionando para soportar los exigentes requerimientos de los nuevos servicios, en particular tecnologías como ADSL2/ADSL2+ han llegado a ser maduras y comercialmente aplicables, por lo que se presentan como la mejor alternativa de acceso para el operador que quiera mantener su infraestructura de cobre.
- Las tecnologías de acceso de fibra óptica poseen las mejores condiciones y ventajas para ofrecer servicios de nueva generación pero su despliegue aún no es factible por las circunstancias actuales en el entorno socioeconómico del país. Su

implementación depende del contexto económico y social, la aparición de aplicaciones y servicios que requieran de las características de la fibra y por lo tanto del crecimiento del mercado banda ancha.

- La proyección de los operadores telefónicos que ofrecen servicios banda ancha es llegar con fibra óptica hasta las premisas del cliente, por los costos que acarrea el despliegue de la fibra este proceso debe realizarse de manera gradual. Por tal razón tecnologías como VDSL y VDSL2 que ofrecen un mayor ancho de banda son una excelente opción para ofrecer tasas de transferencia elevadas utilizando el par de cobre hasta el nodo de acceso.
- WiMAX es un buen complemento para la red de acceso en entornos donde no sea posible tender la infraestructura de cobre o fibra, pero su despliegue no es recomendable aún ya que esta tecnología se encuentra en pleno proceso de maduración.
- Definir adecuadamente los criterios de migración en los cuales se abarque todos aspectos y condiciones técnicas, económicas y sociales a tener en cuenta para la transición, garantiza y facilita el éxito del proceso evolutivo que llevará a cabo el operador.
- Durante el proceso de migración cada fase en la ejecución de la transformación y construcción de la red necesita estar sujeta a rigurosos controles y basada en análisis económicos detallados. Estrictas pruebas, evaluaciones y predicciones son esenciales para un óptimo desarrollo.
- La CRT muestra en sus estudios que el mercado de la banda ancha en Colombia está en un proceso de crecimiento, los accesos dedicados están empezando a reemplazar el acceso conmutado, sin embargo la penetración de los servicios banda ancha continúa siendo muy baja en comparación con otros países. Para acelerar este crecimiento es necesario incentivar al usuario a través del lanzamiento de nuevos y mejores servicios con tarifas más razonables.

- Crear un modelo de servicios orientado a satisfacer las necesidades de los diferentes tipos de clientes es de gran dificultad para el operador debido a la alta segmentación del mercado de consumo y que cada tipo de cliente tiene unos requerimientos específicos de servicios.
- La creación de un modelo de servicios flexible y capaz de adaptarse a las necesidades y exigencias de cada cliente permite al operador abarcar completamente el mercado lo que genera un aumento en el número de usuarios y por lo tanto en sus ingresos.
- El entorno de servicios abierto en la arquitectura NGN posibilita la creación de nuevas empresas desarrolladoras de aplicaciones orientadas a satisfacer los requerimientos específicos de los clientes, generando beneficios tanto para los operadores como para los usuarios, además de contribuir al crecimiento económico del país.
- El apoyo por parte de proveedores, fabricantes y operadores en cuanto a información, conocimiento y experiencia a proyectos académicos en el área de las telecomunicaciones es fundamental para la validación de resultados y para el desarrollo de éstos en entornos reales de aplicabilidad e interacción.
- Las tecnologías ADSL2+ y SHDSL son las de mejor adaptación en el contexto nacional debido a que la gran mayoría de los usuarios cuentan con el par de cobre para el servicio telefónico, lo que facilita la implementación de estas tecnologías banda ancha.

## RECOMENDACIONES

- El mundo de las telecomunicaciones esta girando en torno a NGN, los proveedores tecnológicos y los organismos internacionales concentran sus esfuerzos en el desarrollo y estandarización, y los operadores buscan la transformación eficaz de sus redes, por lo que el estudio e investigación de este nuevo concepto es de vital importancia en la formación como ingenieros de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones.
- Se deben establecer convenios entre la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones con los proveedores tecnológicos y los operadores de telecomunicaciones con el fin de facilitar el suministro de información y el desarrollo de prácticas que sean necesarias para la realización de proyectos e investigaciones.
- Las redes de nueva generación están pasando por un proceso de desarrollo y aun existen varios temas relacionados a ellas que requieren de estudio y análisis, dentro de los que alcanzan a mencionarse están:
  - Simulaciones de las tecnologías de acceso de nueva generación con el fin de evaluar su desempeño.
  - Impulsar el desarrollo de aplicaciones y servicios de nueva generación en la facultad.
  - Desarrollo de esquemas de tarificación por volumen para redes multiservicio.
  - Estrategia de transición para redes fijas a un ambiente convergente fijo móvil.
  - Realizar un modelo de negocios para un operador NGN.

## ACRÓNIMOS

AES	Estándar de Encriptación Avanzado ( <i>Advanced Encryption Standard</i> )
ADSL2+	Línea de Abonado Digital Asíncrona ( <i>Asynchronous Digital Subscriber Line 2+</i> )
AG	Gateway de Acceso ( <i>Gateway Access</i> )
NA	Nodo de Acceso ( <i>Access Node</i> )
ANI	Interfaz de Aplicación de Red ( <i>Application Network Interface</i> )
APON	Red Óptica Pasiva ATM ( <i>ATM Passive optical Network</i> )
BAS	Servidor de Acceso Banda Ancha ( <i>Broadband Access Servers</i> )
BPON	Red óptica pasiva de banda ancha ( <i>Broadband PON</i> )
BRI	Interfaz de Velocidad Básica ( <i>Basic Rate Interface</i> )
ATM	Modo de Transferencia Asíncrona ( <i>Asynchronous Transfer Mode</i> )
BER	Tasa de Bits Erróneos ( <i>Bit Error Rate</i> )
BTB	Emisión De Televisión ( <i>Broadcast TV</i> )
CAPEX	Gastos de Capital ( <i>Capital Expend</i> )
CATV	Televisión por Cable ( <i>Cable TV</i> )
CDMA	Acceso múltiple por división de código ( <i>Code Division Multiple Access</i> )
CINTEL	Centro de Investigación de las Telecomunicaciones
CoS	Clase de Servicio ( <i>Class of Service</i> )
CPE	Equipo terminal del abonado ( <i>Customer Premises Equipment</i> )
CRT	Comisión de Regulación de Telecomunicaciones
CSA	Área de Servicio de Portador ( <i>Carrier Service Area</i> )
CVoDSL	Voz canalizada sobre DSL ( <i>Channelized Voice over DSL</i> )
DBA	( <i>Dynamic Bandwidth Allocation</i> )
DSLAM	Multiplexor de Acceso DSL ( <i>DSL Access Multiplexer</i> )
DWMT	Multitonos Discretos Wavelet ( <i>Discrete Wavelet MultiTone</i> )
EPM	Empresas Públicas de Medellín
EPON	Red óptica pasiva Ethernet ( <i>Ethernet PON</i> )
ETB	Empresa de Telecomunicaciones de Bogotá
FE	Fast Ethernet
FEC	Corrección del primer error ( <i>Forward Error Correction</i> ).
FGNGN	Grupo de Enfoque NGN ( <i>Focus Group NGN</i> )
FoIP	Fax sobre IP ( <i>Fax over IP</i> )
FSAN	Red de Acceso de Servicio Completo ( <i>Full Service Access Network</i> )
FTTB	Fibra hasta el Edificio ( <i>Fiber To The Building</i> )
FTTCab	Fibra hasta la cabina ( <i>Fiber To The Cabinet</i> )
FTTH	Fibra hasta el hogar ( <i>Fiber To The Home</i> )
GE	Gigabit Ethernet
GEM	Mode de Encapsulamiento para GPON ( <i>GPON encapsulation mode</i> )
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de Gigabits ( <i>Gigabit PON</i> )
HDSL	Línea de Teléfono Digital Simétrica ( <i>High bit rate DSL</i> )
HDTV	Televisión de alta definición ( <i>High Definition TV</i> )
HFC	Red Híbrida Fibra y Coaxial ( <i>Hybrid Fiber Coax</i> ).
HTTP	Protocolo de Transmisión del Hipertexto ( <i>HyperText Transfer Protocol</i> )
IAD	Dispositivo de Acceso Integrado ( <i>Integrated Access Devices</i> )
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> )
IMT	Inter Machines Trunks

---

INAP	Protocolo de aplicación de red inteligente ( <i>Intelligent Network Application Protocol</i> ).
IP	Protocolo de Internet ( <i>Internet Protocol</i> )
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones ( <i>International Telecommunications Union</i> )
ISDN	Red Didital de Servicios Integrados ( <i>Integrated Services Digital Network</i> )
ISP	Proveedor de Servicios de Internet (Internet Service Provider)
ISUP	Parte de Usuario RDSI (ISDN User Part)
LAN	Redes de Área Local (Local Área Network)
MAC	Control de Acceso al Medio ( <i>Media Access Control</i> )
MGC	Controlador de Pasarelas de Medios ( <i>Media Gateway Controller</i> )
MGCP	Protocolo de Control de Pasarela de Medios ( <i>Media Gateway Control Protocol</i> )
MoIP	Modem sobre IP ( <i>Modem over IP</i> )
MPLS	Conmutación por Etiquetas Multiprotocolo ( <i>Multi Protocol Label Switching</i> )
NAS	Servidor de Acceso de Red ( <i>Network Access Servers</i> )
NGAN	Red de Acceso de Nueva Generación ( <i>Next Generation Access Network</i> )
NGN	Red de Nueva Generación ( <i>Next Generation Network</i> )
NGS	Servicio de Nueva Generación ( <i>Next Generation Service</i> )
NMS	Sistema de Gestión de Red ( <i>Network Management Subsystem</i> )
NPV	Valor neto actual ( <i>NetPpresent Value</i> )
NT	Terminación de Red ( <i>Network Termination</i> )
NZR	No Retorno a Cero ( <i>Non Zero Return</i> )
M3UA	Adaptación de Usuario a MTP3 ( <i>MTP Layer 3 User Adaptation</i> )
MSAN	Node de Acceso Multiservicio (Multi-Services Access Node)
MTP	Parte de Transferencia de Mensajes ( <i>Message Transfer Part</i> )
NNI	Interfaz de Nodo de Red (Network-Node Interface)
OAM	Operación, Administración y Mantenimiento ( <i>Operation, Administration and Maintenance</i> )
OFDM	Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal ( <i>Orthogonal Frequency División Multiplexing</i> )
OLT	Terminal de Línea Óptico ( <i>Optical Line Terminal</i> )
OMCI	Interfaz de Gestión y Control de ONT ( <i>ONT Management and Control Interface</i> )
ONU	Unidad de Red Óptica ( <i>Optical Network Unit</i> )
OPEX	Gastos Operativos ( <i>Operative Expend</i> )
PBX	Minicentral telefónica ( <i>Private Branch Exchange</i> )
PLOAM	Capa Física de Operación, Administración y Mantenimiento ( <i>Physical Layer Operation, Administration and Maintenance</i> )
PLI	Indicador de Longitud de Carga Util ( <i>Payload Length Indicador</i> )
PON	Red Óptica Pasiva ( <i>Passive Optical Network</i> )
POTS	Servicio Telefónico Tradicional ( <i>Plain Old Telephony Service</i> )
PRI	Interfaz de Velocidad Primaria ( <i>Primary Rate Interface</i> )
PSTN	Red Telefónica Pública Conmutada ( <i>Public Switched Telephone Network</i> )
PTI	Indicar de Tipo de Carga Útil (Payload Type Indicador)
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresas
QAM	Modulación de Amplitud en Cuadratura ( <i>Quadrature Amplitude Modulation</i> )
QoS	Calidad de Servicio ( <i>Quality of service</i> )

---

---

RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
SIP	Protocolo de Iniciación de Sesión ( <i>Session Initiation Protocol</i> )
SCP	Punto de Control de Servicio ( <i>Service Control Point (SS7)</i> )
SCTP	Protocolo de Transmisión de Flujo de Control ( <i>Stream Control Transmission Protocol</i> )
SLA	Acuerdo de Nivel de Servicio ( <i>Service Level Agreement</i> )
SNMP	Protocolo para la Administración Simple de una Red ( <i>Simple Network Management Protocol</i> )
SNR	Relación señal/ruido ( <i>Signal to Noise Ratio</i> )
SOHO	Oficina pequeña/ Oficina domiciliaria ( <i>Small Office/Home Office</i> )
SS7	Sistema De Señalización Número 7 ( <i>Signalling System No. 7</i> )
STB	Caja de Usuario para Televisión ( <i>Set Top Box</i> )
STP	Punto de Transferencia de Señal ( <i>Signal Transfer Point</i> )
TDM	Multiplexación por División de Tiempo ( <i>Time Division Multiplexing</i> )
TICs	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
TVAD	TeleVisión de Alta Definición
UA	Acceso Universal ( <i>Universal Access</i> )
VoD	Video sobre Demanda ( <i>Video on Demand</i> )
VoIP	Voz sobre IP ( <i>Voice Over IP</i> )
VPN	Red Virtual Privada ( <i>Virtual Private Network</i> )
WAN	Red de Área Extensa ( <i>Wide Area Network</i> )
WCDMA	Acceso Múltiple por División de Código Banda Ancha ( <i>Wideband Code Division Multiple Access</i> )
WDM	Multiplexación por División de Longitud de Onda ( <i>Wavelength Division Multiplexing</i> )
VDSL	DSL de Muy Alta Velocidad ( <i>Very High-speed Digital Subscriber Line</i> )
Wi-Fi	Fidelidad Inalámbrica ( <i>Wireless Fidelity</i> )
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>
xDSL	Tecnologías de Líneas de Abonado Digital ( <i>Digital Subscriber Line</i> )

## REFERENCIAS

- [1] COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES CRT. Promoción y masificación de los servicios de banda ancha en Colombia. Versión II. Marzo 2005.
- [2] COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES CRT. Informe Sectorial de Telecomunicaciones. Bogotá D.C. Diciembre 2005.
- [3] COLOMBIA. COMISIÓN DE REGULACIÓN DE TELECOMUNICACIONES CRT. Informe Semestral Internet. Bogotá D.C. Febrero 2006.
- [4] Recomendación ITU-T Y.2001, "General Overview of NGN".
- [5] Recomendación ITU-T Y.2011, "General Principles and General Reference Model for Next Generation Network."
- [6] Knightson, K. et al., "NGN Architecture: Generic Principles, Functional Architecture, and implementation". IEEE Communications Magazine, October 2005.
- [7] NGN Focus Group ITU-T "Proceedings Book II". 2005.
- [8] RIOS Javier y GARCÍA Moraima. Softswitch. 2004.  
<http://www.monografias.com/trabajos14/softswitch/softswitch.shtml>
- [9] TELEDATA NETWORKS. Comprendiendo xDSL. White paper, Julio 2004.
- [10] ITU-T. Recomendación G.992.1. Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL).
- [11] AWARE. ADSL2 and ADSL2+: The new ADSL standards. White paper. 2004.
- [12] Wikipedia. ¿ Qué es el ADSL2/ADSL2+?. Año 2004.  
<http://www.adslzone.net/adsl2-faq.html>.

- [13] USBECK Carlos. VDSL – Nuevos retos para la planta externa. Año 2003.
- [14] ITU-T. Recomendación G.993.1. Very high speed digital subscriber line.
- [15] MARTOS Cristino. La ITU aprueba un sistema hasta diez veces más rápido que el ADSL. Junio 2005
- [16] Internacional Engineering Consortium. "FTTH Explained: Delivering Efficient Customer Bandwidth Enhanced Services", [http://www.iec.org/online/tutorials/fiber\\_home](http://www.iec.org/online/tutorials/fiber_home)
- [17] Recomendación ITU-T G.983.1, "Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)".
- [18] Recomendación ITU-T G.984.1, "Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales".
- [19] Pfeiffer, Th. et al., "Las fibras ópticas abren el camino a un acceso de banda ancha mas rápido". Revista de Telecomunicaciones de Alcatel 2º trimestre de 2005.
- [20] "FlexLight Optimate Technical Guide". FlexLight Networks, 2005.
- [21] Ochiai, K., "Development of a Gigabit Ethernet Passive Optical Network (GE-PON) System". NTT Technical Review Vol. 3 No. 5 May 2005.
- [22] Cleary, D., "EPON or GPON". White paper. Optical Solutions, 2005.
- [23] LAINE Philippe, BOSCHER Christophe. WiMAX, making ubiquitous high-speed data services a reality. Año 2004.
- [24] WiMAX Forum. Westech Communications. Can WiMAX Address Your Applications?. Octubre 2005.
- [25] MARWAY Charles. WiMAX, un Nuevo concepto de banda ancha. Enero 2005.

[26] HUIDOBRO José Manuel. WiMAX ¿El sustituto de Wi-Fi?. Año 2005. <http://www.monografias.com/trabajos16/wimax/wimax.shtml>.

[27] Marine, S., "NEXT GENERATION NETWORKS A view on migration paths from existing fixed and mobile networks" Alcatel, 2002.

[28] Ooghe, S., "Soporte de la calidad de servicio en redes de acceso de banda ancha". Revista de Telecomunicaciones de Alcatel 2º trimestre de 2005.

[29] "U-SYS UA5000 System Description". Huawei Technologies 2005.

[30] Lainé, Philippe. et al., "Hacer de la banda ancha orientada al usuario en acceso una realidad". Revista de Telecomunicaciones de Alcatel 2º trimestre de 2005.