

# IMPACTO Y MASIFICACIÓN DEL USO DE LAS REDES GPON EN COLOMBIA FRENTE A OTRAS TECNOLOGIAS

## Viviana S. Gutierrez

Ingeniera Electrónica, estudiante de la Especialización en Teleinformática en la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”.

stefany\_sol@hotmail.com

## Diana M. Espinosa

Ingeniera de Sistemas, estudiante de la Especialización en Teleinformática en la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”.

dianam.espinosa@gmail.com

## Cesar A. Hernández

Ingeniero Electrónico, MSc. en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Especialista en Interconexión de redes y servicios telemáticos, docente de planta de la Facultad de Tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

cahernandezs@udistrital.edu.co

**Tipo:** Artículo de reflexión

**Fecha de recepción:** Abril 14 de 2011

**Fecha de Aceptación:** Mayo 10 de 2011

## THE WIDESPREAD USE AND IMPACT OF GPON NETWORKS IN COLOMBIA COMPARED TO OTHER TECHNOLOGIES

### Abstract

This article mentions the advantages of carrying out data transmissions by fiber optics through GPON. Because fiber optics is a latest generation technology, it has allowed services such as high definition television, streaming and multimedia applications, to get to the users without interference, nor marked delays. This article is also aimed at raising awareness of the characteristics of GPON technologies, which are being implemented in Colombia with the purpose of providing access to converging services.

**Keywords:** GPON, WAN, FTTH, FTTX, BPON, EPON, OLT, ONT

### Resumen

En este artículo hace mención a las ventajas que posee el realizar transmisión de datos por medio de fibra óptica a través de GPON. Esta por ser una tecnología de última generación, ha permitido que servicios como televisión en alta definición, streaming y aplicaciones multimediales lleguen a los usuarios sin interferencias, ni retrasos marcados; también se pretenden dar a conocer las características de las tecnologías GPON que se están implementando en Colombia con el fin de poder brindar acceso a servicios convergentes.

**Palabras clave:** GPON, WAN, FTTH, FTTX, BPON, EPON, OLT, ONT

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad constante de implementar nuevas redes que faciliten la transmisión de datos y una mejor utilidad de ancho de banda, los diferentes proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones están definiendo nuevas redes convergentes de banda ancha basadas en la utiliza-

ción IP en el Core en la última milla, esto permite ofrecer más servicios sobre la misma infraestructura a unos precios competitivos, reduciendo la inversión necesaria en equipamiento de red.

## 2. MARCO TEÓRICO DE LA RED GPON

La creciente demanda de servicios sobre el

protocolo IP ha permitido que los métodos de acceso hasta el usuario final requieran un mayor ancho de banda, para poder soportarlos, los métodos actuales como xDSL pueden satisfacer estas necesidades pero su principal restricción es que no pueden cubrir grandes distancias desde el concentrador del operador hasta el usuario final utilizando los actuales tendidos de red de cobre. Con la demanda los operadores de acceso a Internet ISP están procurando extender sus tendidos de fibra lo más “cerca no posible al hogar”, con las redes ópticas pasivas GPON resulta una solución a tener en cuenta cuando las tasas de transmisión y el costo se convierten en un criterio de decisión para este mercado [1].

## 2.1 Antecedentes de las Redes GPON

El concepto de GPON inicia con FTTx conocido como (Fibre to the x), donde x puede denotar distintos destinos. Los más importantes son: FTTH (casa), FTTB (edificio), y FTTN (nodo). La elección de una arquitectura u otra dependerá fundamentalmente del costo unitario por usuario final y del tipo de servicios que quiera ofrecer el operador [1].

La arquitectura FTTH está basada en divisores ópticos pasivos que se definen como un sistema que no tiene elementos electrónicos activos en el bucle y cuyo elemento principal se denomina splitter que dependiendo de la dirección de luz, divide el haz entrante y lo distribuye hacia múltiples fibras o lo combina dentro de una misma. La filosofía de esta arquitectura se basa en compartir los costos del segmento óptico entre los diferentes terminales, de forma que se pueda reducir el número fibra óptica. Así, por ejemplo, mediante un splitter óptico, una señal de vídeo se puede transmitir desde una fuente a múltiples usuarios. Por el diseño de sus topología en estrella (Fig. 1) algunas fibras están dedicadas a un mismo usuario, proporcionando el mayor ancho de banda pero requiriendo cables con mayor número de fibras ópticas

en la central de comunicaciones y un mayor número de emisores láser en los equipos de telecomunicaciones [2]. La implantación de esta tecnología está tomando fuerza, especialmente en países como Estados Unidos y Japón, donde muchos operadores reducen la promoción de servicios ADSL en beneficio de la fibra con el objetivo de proponer servicios muy atractivos de banda ancha para el usuario (vídeos, aplicaciones multimediales en tiempo real, televisión de alta definición, etc) [2].

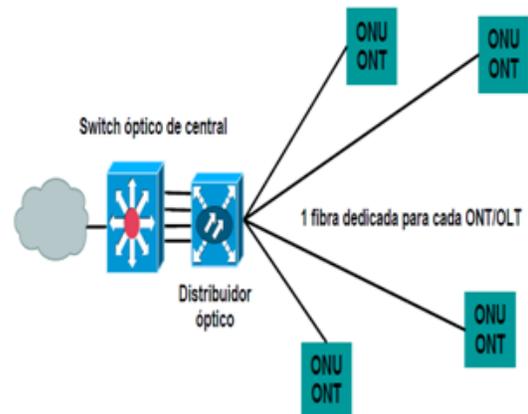


Fig. 1. Topología en estrella [25].

Desarrollando estas nuevas tecnologías los avances en el tratamiento digital de las señales han permitido que el ancho de banda se incremente en menos de una década, llegando hasta los 3Gbps o más y los servicios soportados lleguen cada vez más hasta los usuarios residenciales. Según el medio con el que se accede al core de ISP se pueden encontrar cuatro grupos principales: acceso por Par de cobre, en donde se destacan todas las tecnologías xDSL, acceso inalámbrico, tales como satélite, Wireless, celular, PCS, acceso por coaxial, fibra como HFC, SDV y finalmente el método de acceso PON [3].

En la Fig. 2 se presenta el avance en cuanto al ancho de banda desde sus inicios; se observa que para satisfacer la demanda para los servicios convergentes se ha recurrido a arquitecturas de red en las cuales se extiende la cobertura, un ejemplo claro es

GPON.

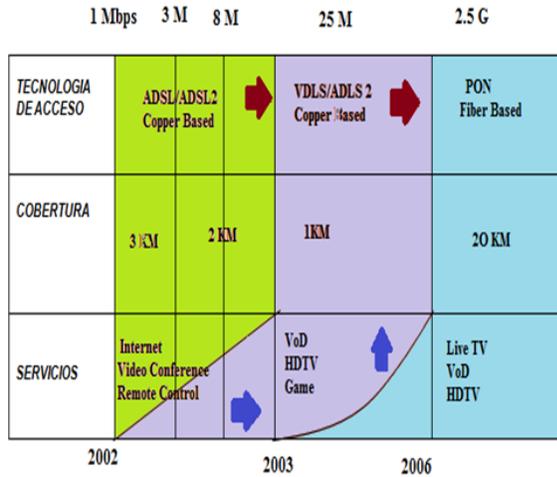


Fig. 2. Evolución de redes de acceso de banda ancha [1].

En la Fig. 3 y 4 se muestra el rendimiento y el retardo que posee la Red GPON, en donde se generan las estadísticas de Rendimiento (Throughput) y retardo (Delay) contra la carga ofrecida en la red para paquetes. Se observa que se presenta una mayor capacidad para realizar la transmisión de datos, aumenta la eficacia de las redes GPON con QoS de forma embebida garantizando los acuerdos de servicio a cada usuario, en un 128% comparado con el 94% del modelo usado actualmente en este caso ADSL. Así mismo se reduce el retardo en el paquete de subida por debajo de los 5ms permitiendo mantener la calidad a plena carga del ONU [4].

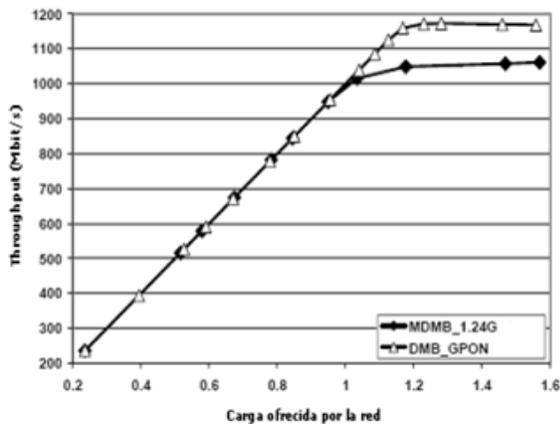


Fig. 3. Rendimiento de la red [4].

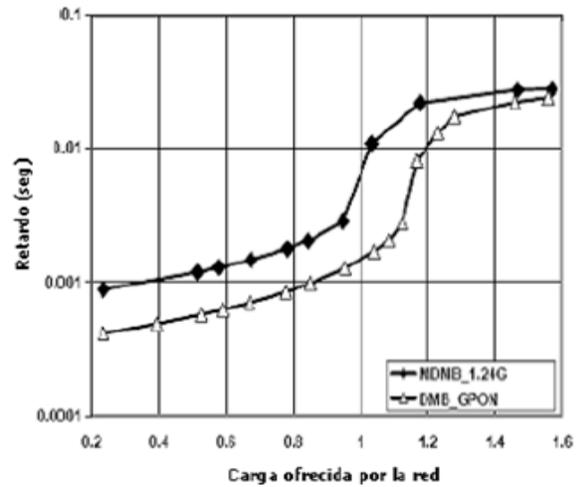


Fig. 4. Retardo de la red [4].

2.2 Clasificación de las redes PON

La red PON tiene sus inicios en la década de los 90, se vio como una solución para ofrecer acceso de fibra óptica a los usuarios por su funcionalidad de punto a multipunto, tiene como característica que no requiere de dispositivos electrónicos u opto-eléctrico activos para la conexión entre el abonado y el operador; esto permite una menor inversión y gastos de mantenimiento considerablemente menores. Esta nueva arquitectura es una evolución de menor costo a alternativas tradicionales como las redes punto a punto o las redes conmutadas, puesto que reducen el equipamiento necesario para la conversión. Con la invención de nuevas técnicas de transmisión de datos y el furor en el cual se encontraba la red PON, se empezó a establecer nuevas clases de esta red el cual se mencionan en la tabla 1 [5]:

Tabla 1. Comparación GPON BPON EPON [5].

CARACTERISTICAS	ITU-T GPON	ITU-T BPON	ITU-T EPON
Codificación en Línea	NRZ (+ Scramblina)	NRZ (+ Scramblina)	8b10b
Estándares	G984x	G983x	IEEE802 3ah
Soportes TDM	TDM Sobre ATM TDM sobre paquetes	TDM Sobre ATM	TDM Sobre Paquetes

Soporte Video RF	Si	No	No
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (SNMP Opcional)
Seguridad	AES	AES	No definida
Alcance Máximo	20 Km	60 Km. (con 20 Km. De distancia entre ONT)	20 Km
Relación de División Máximo	1:128 (1:64 en lo real)	1:32	1:32
Tasa de Bits	Up: 2.488, 1.244, 622, 155 Down: 2.488, 1.244	Up: 622, 155 Down: 1.244, 622, 155	Up: 1250 Down: 1250
Eficiencia Típica	Up: 94% y Down: 93%	Up: 80% y Down: 83%	Up: 61% y Down: 73%

Siguiendo estas clases, muchos fabricantes de equipos empezaron a brindar soluciones rápidas y confiables para el mercado. Los estándares fueron aprobados en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984, G.984.4 y G.984.5, lo cual hace que todos los desarrolladores deban cumplir para garantizar la interoperabilidad [6].

La idea básica de la red GPON es conectar una cantidad de usuarios a la oficina central CO a través de una fibra, que se puede dividir, lo más cerca posible de los usuarios finales, en líneas separadas, las cuales cada una conecta un equipo de abonado. Estas redes constan de un elemento activo OLT (Terminal de línea Óptica) ubicado generalmente en el operador, un elemento pasivo ONU (Unidad Óptica de redes) y un elemento de distribución ODN (Distribución de red Óptica) así como se muestran en la Fig. 5, que corresponde al diagrama general de una red basada en redes ópticas [7].

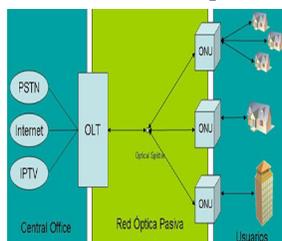


Fig. 5. Diagrama general red GPON [7].

### 2.3 Componentes de Red GPON

Una red óptica pasiva está formada básicamente por:

- Un módulo OLT (Unidad Óptica Terminal de Línea) que se encuentra en el nodo central [9].
- Uno o varios divisores ópticos (splitter) que sirven para ramificar la red de fibra óptica [9].
- Tantas ONUs (Unidad Óptica de Usuario) como viviendas [8].

La transmisión se realiza entre la OLT y la ONU. GPON trabaja compartiendo la capacidad entre las ONU de los usuarios, para lo que necesita utilizar dos frecuencias, una para el canal ascendente y otra para el descendente [9].

La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT. Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar hasta 7.168 ONTs en el mismo espacio que un DSLAM. En las arquitecturas FTTN las ONT son sustituidas por MDU (Multi-Dwelling Units), que ofrecen habitualmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado [10].

Para conectar la OLT con la ONT, se emplea un cable para transportar una longitud de onda Downstream. Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico Downstream originado en la OLT puede ser distribuido [30]. Puede haber una serie de divisores pasivos 1xn (donde n = 2, 4, 8, 16, 32, o 64) con distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto [11]. Los datos Upstream desde la ONT hasta la OLT (que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión Downstream) son agrega-

dos por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico [12].

Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico Downstream [13]. Partiendo desde la oficina central se conecta por medio de una fibra monomodo hacia un Splitter cercano a los usuarios finales. Es en este punto donde se realiza la división de la fibra en N rutas a los suscriptores como se muestra en la Fig. 6 [14].

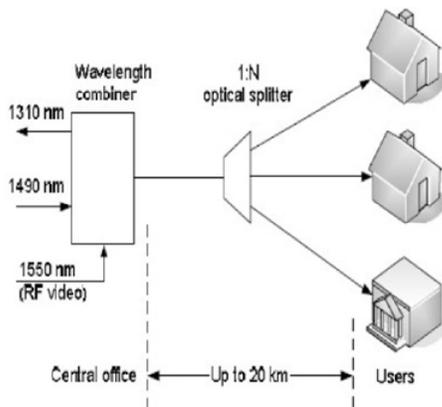


Fig. 6. Diagrama general red GPON [28].

## 2.4 Características de una Red GPON

La red GPON tiene muchas ventajas sobre otro tipo de redes que utilizan fibra óptica los cuales son:

- Su rango de alcance es de cerca de 20 Km (aunque bajo el estándar se puede llegar a 60Km) entre el proveedor y el cliente final [15].
- Se reduce la cantidad de tendido de fibra, tanto entre las distancias distribuidoras como entre los circuitos de llegada al cliente [15].
- Se manejan elevados niveles de ancho de banda para sus servicios.

También se conservan respecto a sus tec-

nologías predecesoras, tal como BPON y las antes mencionadas, por tener una capa de transmisión completamente nueva; la red de acceso es la parte más interesante que se puede manejar porque se obtiene una comunicación más rápida y eficiente entre el operador y el usuario. El cliente obtiene acceso a su información con una mayor rapidez, mejorando la calidad del servicio debido a la inmunidad que presenta frente a ruidos electromagnéticos [16].

Utiliza un método de encapsulamiento denominado GEM, el cual permite soportar cualquier tipo de servicio como Ethernet, TDM, ATM. GEM es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 milisegundos, este se basa en el estándar GEP (Genérico Procedimiento-Enmarcados) con modificaciones menores para ser utilizada sobre redes PON [17]. Define un estándar de tasas de transmisión de Upstream y Downstream, dependiendo de la dirección del tráfico (ver tabla 2).

Tabla 2. Tasas de transmisión GPON [18].

Dirección de Transmisión	Rata Bits
Upstream	155.52 Mbit/s
	622.08 Mbit/s
	1244.16 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s
Downstream	1244.16 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s

El funcionamiento de la trama Downstream es en modo broadcast, lo cual permite que la información llegue a todos los elementos de la red, como la información llega a todos los usuarios es necesario utilizar un sistema de encriptamiento para mantener la privacidad de las comunicaciones. La OLT envía el tráfico donde cada ONT verifica la dirección en el encabezado de los frames; debido a que las ONTs reciben todo el tráfico, la OLT determina y le notifica a las ONTs

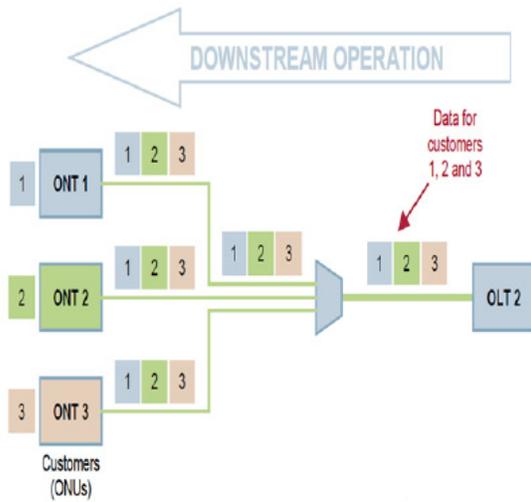


Fig. 7. Transmisión downstream red GPON [20].

La trama Downstream consiste de un bloque de control físico PCB (bloque de control físico) y la partición GEM. Provee una referencia común de tiempo para el PON y un control de señalización común para el Upstream. La duración de la trama GPON es de  $125\mu s$  para ambas tasas de datos. La longitud del PCB es la misma para ambos y depende de la velocidad y del número de estructuras de asignación por trama. Si no hay datos para el envío, la trama es transmitida y utilizada por el tiempo de sincronización. En la Fig. 8 se muestra la trama Downstream [20].

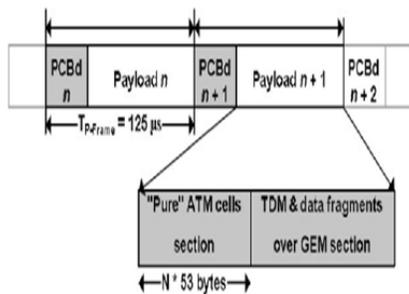


Fig. 8. Formato trama downstream [20].

En modo Upstream, la transmisión es realizada utilizando un protocolo de acceso múltiple TDMA, en donde cada elemento tiene un periodo de tiempo específico para transmitir, permitiendo que un mismo ca-

nal de transmisión, en este caso la misma longitud de onda, sea compartido por varios usuarios. De este modo GPON ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales como Voz basada en TDM, líneas alquiladas sin tener que cambiar equipos instalados en las dependencias del cliente [21].

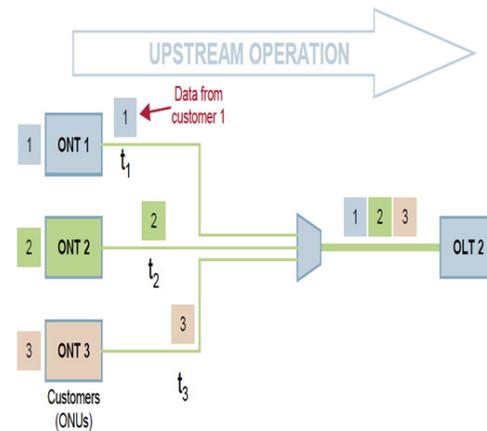


Fig. 9. Transmisión upstream [21].

En la Fig. 9, el tráfico Upstream utiliza TDMA, bajo el control sobre la OLT situado en la CO, el cual asigna un time Slot para cada ONU y sincroniza la transmisión de las ráfagas de datos. La longitud de la trama es la misma, como en Downstream, para todas las tasas de transmisión. Cada trama contiene un número de transmisiones desde uno o más ONUs. Durante cada asignación de período de acuerdo con el control de la OLT, la ONU puede enviar desde 1 hasta 4 overhead PON y datos de usuario [22]. En la Fig. 10, se muestra el formato del frame Upstream.

## 2.5 Capacidad de utilización del Canal de una Red GPON

En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos (Internet, VoIP, IPTV, etc.) downstream ( $1.490\text{ nm}$ ) y otra para el tráfico upstream ( $1.310\text{ nm}$ ). Además, a través del uso de WDM (Multiplexa-

cion por División de Longitud de Onda), se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el broadcast de vídeo RF (analógico, digital, HDTV, y vídeo de baja demanda). De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (radio frecuencia) e IPTV. Mediante RF las operadoras de cable pueden hacer una migración gradual hacia IPTV. En este caso, las ONT dispondrán de una salida para vídeo RF coaxial que irá conectada al STB tradicional [24]. Con IPTV la señal de vídeo, que es transformada por la cabecera en una cadena de datos IP se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a Internet de banda ancha. El STB conectado mediante Gigabit Ethernet al ONT, convertirá de nuevo la cadena de datos en una señal de vídeo. Mediante IPTV y GPON los equipos incorporan capacidades de QoS y multicast IP avanzadas, los operadores puede ofrecer varios canales de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados, lo cual no es factible con vídeo RF [25].

Las longitudes de onda están relacionadas con el Upstream y el Downstream 1310nm y 1490nm respectivamente, para video RF 1550nm. El número de rutas o caminos puede variar desde 2 hasta 64 desde el Splitter de modo único hasta cada usuario [7].

A continuación se hace mención de las ecuaciones que se utilizan para el cálculo de la capacidad de utilización del canal; donde uno de los principales factores que determina la utilización de esta tecnología es la capacidad que tiene para transportar datos útiles al usuario final contra los datos que son utilizados para la señalización, y encabezados de las tramas utilizadas en el protocolo de transporte [28].

Para una red de acceso basada en GPON la utilización del canal en downstream está dada por la Ec. 1 [28]:

$$\tau_{Gd} = \frac{l_{Erp}}{l_{GEMfo} + l_{Erp}} \left[ t_f \cdot R_{Gnl} - l_{Cfo} - l_a \cdot \left[ \frac{N_{ONU} \cdot t_f}{t_{ct}} \right] \right] \quad (1)$$

En donde la longitud de la trama es la misma en Downstream como en Upstream, para todas las tasas de transmisión. Cada trama contiene un número de envíos desde uno o más ONUs. Durante cada asignación de período de acuerdo con el control de la OLT, la ONU puede enviar desde 1 hasta 4 overhead PON y datos de usuario [28].

La utilización del canal en Upstream está dada por la Ec. 2:

$$\tau_{Gu} = \frac{l_{Erp}}{l_{GEMfo} + l_{Erp}} \left[ t_f \cdot R_{Gnl} - \left[ \frac{N_{ONU} \cdot t_f}{t_{ct}} \right] (l_{ptou} + \overline{l_{dbru}}) \right] \quad (2)$$

$l_{Erp}$  Longitud de carga útil Ethernet

$l_{GEMfo}$  Longitud del encabezado de tramas GEM para la carga útil Ethernet.

$l_{Cfo}$  Longitud del encabezado de la trama downstream GPON.

$l_a$  Longitud del encabezado de asignación de upstream.

$R_{Gnl}$  Bit rate nominal de GPON.

$t_f$  Duración de la trama downstream GPON.

$t_{ct}$  Tiempo de ciclo.

$l_{ptou}$  Tamaño del encabezado de la capa física en upstream.

$l_{dbru}$  Tamaño promedio del campo DBRu en upstream.

Una característica determinante para las soluciones GPON es la eficiencia, este proporciona el ancho de banda, puede ser utilizado por los diferentes servicios a través

del sistema. Una red 100% eficiente puede proveer anchos de banda hasta de 1.25Gbps efectivos si no se tienen en cuenta los encabezados utilizados por el protocolo de transporte, si estos encabezados llegan al 50% como es el caso de la tecnología EPON el ancho de banda efectivo que se puede entregar al usuario final es de 622Mbps [29].

## 2.6 Ancho de Banda de la Red GPON

Debido a la arquitectura de las redes de acceso GPON en Upstream el desempeño, en términos de retraso, y el throughput dependen en gran medida de la función de asignación de ancho de banda DBA (Asignación de ancho de banda dinámico) y la relación con el control de acceso al medio MAC (Medios de control de acceso) los cuales se realizan exclusivamente en la OLT [30].

La asignación dinámica se realiza utilizando los mensajes de mapeo para el ancho de banda BWMAP (Asignación de ancho de banda) el cual se construye con la asignación dinámica de cada una de las ONT, información implícita en los contenedores de transmisión T-CONT. Cada asignación es un mensaje para la ONT con el fin de que se transmita en un periodo de tiempo determinado. La ONU solicita una capacidad de transporte, enviando la longitud de la cola almacenada en el buffer y basado en esta información la OLT asigna un periodo de tiempo determinado. El esquema de asignación tiene un alto impacto en la eficiencia de la red y del retardo debido a la frecuencia de envío de datos [30].

La asignación estática se realiza utilizando en esquema de multiplex acción por división de tiempo TDM, en donde a cada ONT se le define un ancho de banda fijo bien sea que se utilice o no, este desperdicio de recursos hace que la red sea ineficiente, aunque es ideal para servicios que requieren una transmisión constante de datos tal como VoIP [31].

## 2.7 Protocolo de transporte

La red GPON puede utilizar los siguientes protocolos de transporte:

**ATM:** Es utilizado por las versiones anteriores como APON y BPON por lo que no aporta mucho [32].

**MPLS:** También se encuentra soportado dentro de la tecnología [32].

**GEM:** (GPON Método de Encapsulación) se trata de un nuevo protocolo definido únicamente para utilizarse en GPON [32].

Como se había dicho anteriormente, la ventaja de utilizar el protocolo GEM es que soporta cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas cada 125 microsegundos. Se basa en el estándar GFP (Procedimiento de entramado genérico) del ITU-T G.7041 con algunas modificaciones para las tecnologías PON. Soporta transporte de voz, video y datos sin tener que añadir ningún nivel de encapsulamiento adicional. En la Fig. 11 se observa la pila de protocolos.

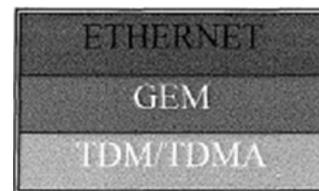


Fig. 11. Pila de Protocolos para una red GPON [32].

## 3. RED GPON VS OTRAS TECNOLOGÍAS

### 3.1 ADSL de Segunda Generación Vs Red GPON

ADSL es una de las arquitecturas más comunes en el mundo para la conexión de Internet. Sin embargo, las redes de nueva generación basadas en fibra y en especial GPON, han acaparado la atención de los operadores, medios de comunicación y usuario por su velocidad de transmisión de datos y demás características como se ob-

serva en la tabla 3:

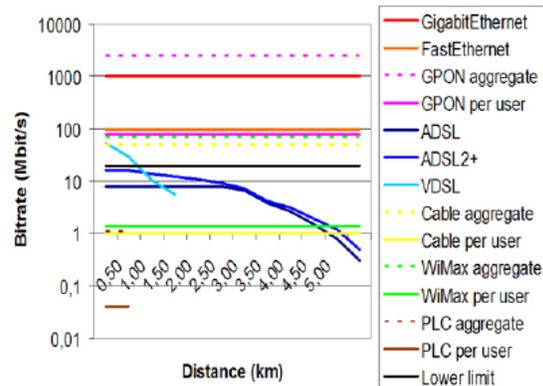
**Tabla 3.** Ventajas de Red GPON Sobre ADSL 2 Generación [33].

	GPON	ADSL2
QOS	GPON facilita herramientas y los servicio de QoS el cual es robusto	Asigna 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 videoconferencia
VELOCIDAD	Las velocidades de transmisión desde 155Mbps, 1.25 Gbps o 2.5 Gbps.	1.544 a 6.1 Mbps Bajada. 16 a 640 Kbps Subida
ANCHO DE BANDA	Simétrico/Asimétrico hasta 2,5 Gb/s según norma UIT-T. Según acordó FSAN e implementan generalmente los fabricantes: 2,5 Gbps downstream y 1,2 Gb/s upstream	20 Mbps en sentido descendente 1 Mbps en sentido ascendente
DISTANCIA	20 Km a 60 Km (Fig 11)	3000 Metros

Al analizar la tabla 3 se observa que GPON es superior a ADSL porque garantiza un número de usuarios por nodo de acceso mucho mayor (por ser atractivo en ancho de banda), mayores distancias hasta el abonado reduciendo el número de centrales y permitiendo que todos los usuarios tengan acceso a todos los servicios, distribución basada en punto a multipunto reduciendo el tendido de cables, reducción de costos en mantenimiento, infraestructura de acceso totalmente pasiva reduciendo la alimentación y puntos de fallos, etc [33].

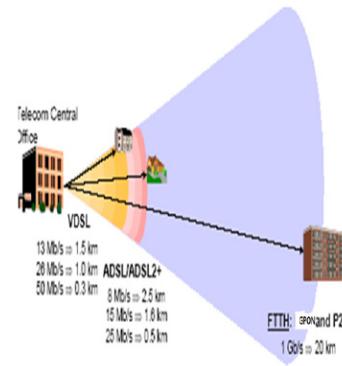
En la Fig. 12 se observa la comparación entre distancia vs Velocidad transmisión con las diferentes arquitecturas que soportan y entregaran de manera eficiente, sin pérdida alguna los servicio como: IPTV, TDM, VOD. Este estudio se realizó en telefónica. Al analizar los resultados de dicha comparación se concluye que GPON se mantiene constante en la transmisión de los

datos mientras que ADSL pierde la consistencia en determinada distancia. A raíz de varios estudios de esta misma índole, se ha comenzado la migración de ADSL a GPON [33].



**Fig. 12.** Comparación estadística tecnología entre GPON y xDSL [34].

En la Fig. 13 se observa la diferencia a nivel de distancia soportada por xDSL y GPON:



**Fig. 13.** Alcance red GPON vs ADSL [34].

### 3.2 GPON Vs SDH

El principal objetivo en la definición de SDH (jerarquía digital síncrona) es la adopción de una norma mundial que posibilite una compatibilidad máxima entre diferentes suministradores y operadoras. Este estándar especifica velocidades de transmisión, formato de las señales (tramas de 125 microsegundos), estructura de multiplexación, codificación de línea, parámetros ópticos, etc; así como normas de funcionamien-

to de los equipos y de gestión de red. Por otro lado, SDH dota a la red de una mayor flexibilidad, un mejor aprovechamiento del ancho de banda potencial de la fibra óptica, y mayor capacidad de monitorización de la calidad y gestión centralizada [35].

La desventaja que presenta utilizar SDH en el transporte de la información, comparado con Red GPON, es la limitación de tecnología al tratar de soportar velocidades de 10Gbps a 40Gps (o superiores). Esto es debido a que por debajo de los 10 Gbps las características de la fibra óptica monomodo convencional (o G.652) tienen un impacto relativamente bajo sobre la calidad de la transmisión; pero por encima de los 10 Gbps, sus efectos deben ser tenidos muy en cuenta [35]. Por otro lado, SDH sólo utiliza la fibra óptica como medio de transmisión y toda su funcionalidad (amplificación, reencaminamiento, etc.) las implementa en el dominio eléctrico; es decir, mediante SDH no será posible conseguir redes totalmente ópticas [35].

En la tabla 4 se hace un cuadro, donde se evidencia que el uso de GPON facilita el transporte de información [35].

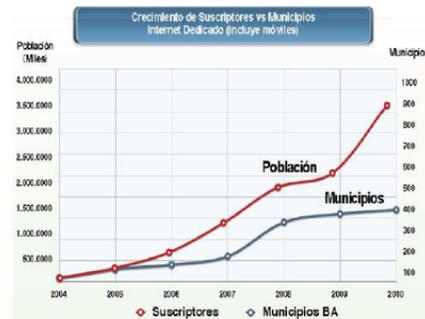
**Tabla 4.** Características Red GPON y Red SDH [35].

	GPON	SDH
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Su rango de alcance es de 20Km</li> <li>Bajo el estándar se puede llegar a 60Km entre el proveedor y el cliente final.</li> <li>Reduce la cantidad de fibra entre las distancias distribuidoras y en los circuitos de llegada del cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capaz de combinar transporte y aplicaciones de datos en una forma única con el apoyo de operaciones de punto a punto, servicios multipunto, multiplexación de servicios.</li> <li>Posee dos modelos uno basado en un paquete puro infraestructura de MPLS y otro basado en un modelo de transmisión Sonet SDH de la nueva generación con realces para el apoyo de servicios de datos.</li> <li>Velocidad de transferencia muy altos.</li> </ul>

#### 4. AVANCE DE LAS REDES GPON EN COLOMBIA

Durante los últimos años, el país ha crecido

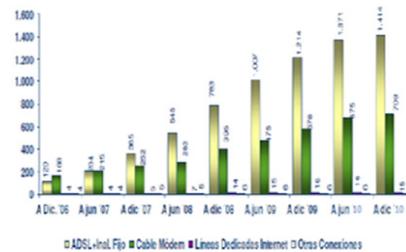
en materia de acceso a los servicios de telecomunicaciones de última generación, incluido servicios de voz, datos y video. En la Fig. 14 se observa el crecimiento en los últimos años de los suscriptores de Internet dedicado frente al número de municipios que ofrecen este servicio (Internet) [34].



**Fig. 14.** Crecimiento de Suscriptores Vs Municipios [36].

En atención a lo anterior, es necesario implementar una red capaz de satisfacer las necesidades de los abonados (los cuales van aumentando) y que a su vez pueda proveer de manera eficiente los servicios que van a la vanguardia de la tecnología (IPTV, VoIp, etc); esta perfectamente podría ser GPON.

En el contenido del artículo, previamente se hizo mención a las características de la reducción del costo al momento de hacer migración de cualquier tecnología a GPON, como se observa en la Fig. 15, esta característica es bastante atractiva porque en Colombia la gran mayoría de abonados utilizan ADSL para el acceso a Internet [36]:



**Fig. 15.** Distribución total de conexiones por tecnologías (miles de conexiones) [36].

De la anterior figura se puede apreciar que las conexiones ADSL experimentaron un crecimiento del 3.7% en el último semestre

del 2010.

Por esta razón, Colombia al estar a la vanguardia de la tecnología a fin de ofrecer mayores velocidades a los abonados, está llevando a cabo, por medio de licitaciones, proyectos para extender la fibra óptica a 700 municipios y se está evaluando si GPON sería la tecnología adecuada para llevar servicios de alta velocidad hasta los usuarios finales.

Como se observa en la tabla 5, la Comisión de Regulación de Comunicaciones, resolución 3067 de 2011, destaca los valores mínimos de velocidad desde el punto de vista de transporte de información, esto conlleva a que las Redes GPON cumplen con la disposición regulatoria de Colombia para su debida implementación [36] y para el soporte de servicios de valor agregado como Televisión.

**Tabla 5.** Requisitos mínimos de velocidad en Colombia [36].

Sentido de la conexión	Velocidad Efectiva Mínima
ISP hacia usuario o "Downstream"	1024 Kbps
Usuario hacia ISP o "Upstream"	512 Kbps

En Colombia el principal proveedor de GPON es Telefónica Telecom el cual incluye servicios de acceso a Internet de alta velocidad (GPON) entre los que se encuentran telefonía IP (ToIP) y televisión a través de la red de datos (IPTV). Con la implementación de esta nueva tecnología de fibra se han hecho pruebas no documentadas en las cuales la descarga de archivos de un tamaño de 50 megabytes (MB) dura menos de 10 segundos.

En cuanto al uso de IPTV en Colombia, se está desarrollando a través de las Empresas Públicas de Medellín, a través de su filial UNE-EPM Telecomunicaciones. Este nuevo servicio se puso en operación en julio de 2008. De esta manera, UNE se consolida como la primera compañía en

Colombia y cuarta en Latinoamérica en ofrecer el servicio de IPTV soportado en un 70% sobre estructuras GPON. La inversión para el primer año ascendió a 110 millones de dólares en tecnología, y permite prestar el servicio en una etapa inicial en la ciudad de Medellín y sus alrededores, así como en Bogotá a través de su filial EPM Bogotá, responsable del desarrollo del mercado más competido y de mayor potencial del país. Hasta el 2008, la empresa solo tenía un radio de alcance de 1.5 km desde cada central y la inversión mencionada posibilita cobertura en un 90% de los hogares [30].

UNE EPM Telecomunicaciones S.A. E.S.P, proporciona a clientes "especiales" (hablando a nivel de cobertura), el servicio de IPTV HD (definición alta), el cual viene con varios servicios adicionales como pausa en vivo, enciclopedia, películas, juegos, etc. La conexión se realiza por medio de un CPE (módem de 4 puertos), un decodificador por cada televisor y un control que permite la interactividad, soportado sobre parámetros de relación señal a ruidos mayor a 13 dB y baja atenuación (menos de 40db) soportada tanto por xDSL y GPON [25].

Es importante mencionar que en los últimos años el mercado de banda ancha en nuestro país ha tenido bastante impulso por parte de los diferentes operadores de servicios de telecomunicaciones así como del Gobierno el cual se encuentra interesado en posicionar a Colombia como uno de los primeros países en Latino América en migrar a la nueva tecnología GPON. En la Fig. 16 se observa la tendencia del mercado en banda ancha en el país dentro de los rangos de los años 2006 y 2010 además de esto, se observa el comportamiento de internet el cual está llegando a su cúspide debido a la falta de exploración de servicios y tecnologías que existen en el mercado, en cada año se observa la creciente conexión con ADSL hasta en diciembre de 2010, el cual se aprecia una leve disminución en la conexión [17], esto gracias a la aparición de

nuevas tecnologías.

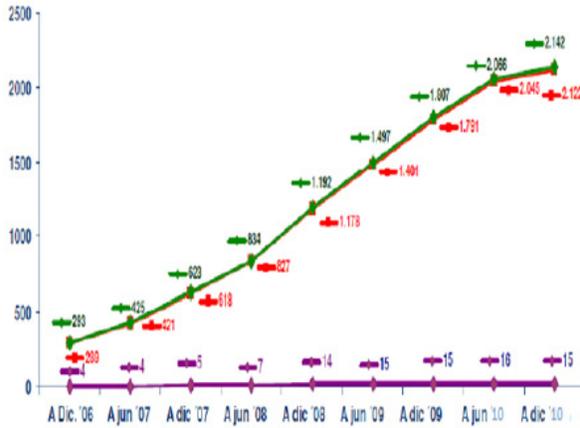


Fig. 16. Tendencia de mercado de conexión a Internet [18].

A nivel de medición con respecto al uso de banda ancha, Colombia se encuentra en 10° lugar a nivel mundial, como se observa en la Fig. 17, por la implementación de tecnologías como redes GPON [36]

PENETRACIÓN COMPARADA DE BANDA ANCHA (POR 100 HABITANTES)

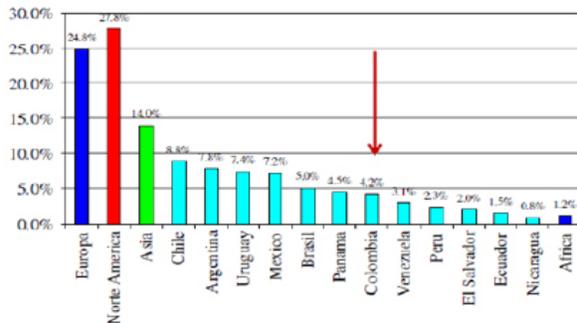


Fig. 17. Posición de mercado de banda ancha en Colombia [18].

### Referencias Bibliográficas

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, Laser Assisted Microtechnology, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] A. S. Tanenbaum, Redes de Computadoras, Editorial Prentice Hall, Tercera edición, 1997.
- [3] S. C. Grady, The book on FTTX From Design To Deployment: A Practical Guide To FTTX Infrastructure, ADC . Telecommunications INC, 2005.
- [4] ITU-T "Gigabit-capable Passive Optical Network (GPON): General characteristics", ITU-T Recommendation G.984.1, Marzo 2003.
- [5] Sheffer Amir, "Lightwave - Dynamic

Encontrar la tecnología correcta para cubrir la última milla de cualquier red siempre ha sido un desafío para las empresas operadoras. Hallar una solución óptima puede ser un proceso complejo con numerosos factores interviniendo y que deben ser tomados en cuenta.

### 5. CONCLUSION

En el constante desarrollo de nuevas tecnologías que permitan obtener un acceso más rápido y brinden una mejor calidad de servicio al usuario final ha aparecido GPON, el cual permite una conexión a servicios de voz, video y datos de una forma más rápida y eficiente eliminando todos los componentes activos existentes entre el proveedor de servicios de telecomunicaciones y el cliente, introduciendo en su lugar elementos ópticos pasivos para encaminar el tráfico por la red; por lo tanto la utilización de estos sistemas pasivos, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico como es el Splitter reduce considerablemente los costos de instalación y mantenimiento.

En Colombia se ha ido migrando a este modelo de Red el cual se espera en un tiempo no muy lejano cubra sitios remotos donde es costoso la implementación de redes de cobre.

La infraestructura de la red GPON es más robusta y posee mayor capacidad para el transporte de grandes volúmenes de información debido al ancho de banda ofrecido.

- bandwidth allocation sets GPONs apart” PMC Sierra January 2008.
- [6] IEEE 802.3 Grupo de estudio EFM “Ethernet PON (EPON), 2008.
- [7] “Introduction to Optical Transmission in a Communications Network”, The International Engineering Consortium, New York, 2007.
- [8] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, “A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT,” *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [9] A. Takada, Jin Hun Park, “Architecture of Ultrafast Optical Packet Switching Ring Network”, *Oflightwave Technology*, Vol. 20, No. 12, Diciembre 2002.
- [10] F. Callegati, W. Cerroni, G. Corazza, C. Raffaelli, “MPLS over Optical packet Switching, 2007
- [11] “Deploying Optical Ethernet”, Nortel Networks, 2007.
- [12] D. Awduche, A. Chiu, A. Elwalid, I. Widjaja, X. Xiao, “RFC 3272, Vision y Principios de la ingeniería de Tráfico en Internet”.
- [13] J. Hecht, “Short history of fiber optics”, Boston December 2006.
- [14] J. R. Swami, “Optical fiber Communication From Transmission To Networking”, *IEEE Communications Magazine* • 50th Anniversary Commemorative Issue/May 2002.
- [15] ITU-T Estándar G.984.4 “ Gigabit capable passive optical networks (GPON): ONT management and control interface specification” 2005.
- [16] ITU-T, PON-Standards,[en línea]. Consultado en Marzo 18 de 2011, disponible en: [www.itu.int](http://www.itu.int).
- [17] H. Herrera, *Tecnologías y redes de transmisión de datos*, editorial Editores, 2006.
- [18] [en línea]. Consultado en Marzo 18 de 2011, disponible en: <http://www.aciem.org>
- [19] From FTTH pilot to pre-rollout in France”, France Telecom presentation, 26 June 2007.
- [20] A. Vukovic, K. Maamoun, H. Hua, M. Savoie “Performance Characterization of PON Technologies Communications Research Centre (CRC), Ottawa, ON, Canada, 2009.
- [21] J. Angelopoulos, Helen-C. Leligou, T. Argyriou. S. Zontos “Prioritized Multiplexing of Traffic Accessing an FSAN-Compliant GPON” National Technical University of Athens, 2004.
- [22] G. P. Sotiropoulos, D. K. Styliaras, E. A. Kosmatos, C. A. Papagianni, N. D. Tselikas and I. S. Venieris “Triple Play Service Simulation and Packet Scheduling Performance Evaluation”. Intelligent Communications and Broadband Networks Laboratory School of Electrical and Computer Engineering, National Technical University of Athens 2006.
- [23] G. Santos-Boada, J. Domingo-Pascual “Quality of Service in Multioperator GPON Access Networks with Triple-Play Services” *World Academy Of Science, Engineering And Technology Volume 18* December 2006.
- [24] Alcatel White Paper. “GPON versus EPON”,[en línea]. Consultado en Enero 13 de 2011, disponible en: [www.alcatel.com](http://www.alcatel.com). 2005.
- [25] L. Rujian “Next Generation PON in Emerging Networks” R&D Center of Modern Comm. Eng., Shanghai University, 2008.
- [26] Y. Mochida, “Technologies for Local- Access Fiber”, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 32 , pp. 64-73 (1994).
- [27] Westnet, Pty, “EPON vs. GPON A Comparative Study”, November 2004.
- [28] M. Lattanzi, A. Graf, “Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones “IEEE Communication Society”, Canada, 2008
- [29] T. Orphanoudakis<sup>1</sup>, H.C. Leligou, E. Kosmatos and J.D. Angelopoulos Performance evaluation of GPON vs EPON for multi-service access” *International Journal of Communications Systems*. October 2008.
- [30] O. Haran, A. Sheffer “The Importan-

- ce of Dynamic Bandwidth Allocation in GPON Networks” PMC Sierra Inc, January 2008
- [31] A. Sheffer, “Lightwave - Dynamic bandwidth allocation sets GPONs apart” PMC Sierra, January 2008
- [32] O. Kawata, I. Sankawa, K. Okada “Access Network Evolution Scenario and Key Technological Concepts for the Broadband Network” NTT Access Network Systems Laboratories. 1997.
- [33] I. Cale, A. Salihovic, M. Ivekovic “Gigabit Passive Optical Network – GPON” Int Conference of Information Technology Interfaces June 2007 University of Zagreb, Croatia.
- [34] CISCO Systems, Inc White Paper “Fiber to the Home Architectures” 2007.
- [35] A. Naveh, Broadlight, Flexlight Networks “Comparing Gigabit PON Technologies ITU-T G984 GPON vs IEEE 802.3ah EPON” 2006
- [36] [en línea]. Consultado en Marzo 13 de 2011, disponible en: <http://www.crcom.gov.co/>
- [37] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Std. 802.11, 1997.