

Red óptica pasiva para proveer de Internet a la ciudad de Riobamba - Ecuador

Optic network to provide internet to the city of Riobamba-Ecuador

RADICELLI, Ciro D. 1; POMBOZA, Margarita del R. 2; SAMANIEGO, Nicolay S. 3 y VILLACRÉS, Edison P. 4

Recibido: 24/07/2019 • Aprobado: 04/11/2019 • Publicado 18/11/2019

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

Este artículo analiza las tecnologías de red de acceso fijo, específicamente las redes FTTH, donde se encuentran las tecnologías de acceso basadas en fibra xPON, de las cuales se estudiaron las características más importantes y se realizó un estudio comparativo entre tecnologías PON basadas en Ethernet y ATM. Se definieron los componentes y la arquitectura de una red GPON, y se propuso un diseño de red para proporcionar servicios de conectividad a Internet para la ciudad de Riobamba en Ecuador.

Palabras clave: ATM, Ethernet, FTTx, xPON

ABSTRACT:

This article analyzes fixed access network technologies, specifically FTTH networks, where xPON fiber-based access technologies are found, of which the most important characteristics were studied and a comparative study was conducted between Ethernet and ATM based PON technologies. The components and architecture of a GPON network were defined, and a network design was proposed to provide Internet connectivity services for the city of Riobamba in Ecuador.

Keywords: ATM, Ethernet, FTTx, xPON

1. Introducción

El tramo que conecta al equipo del usuario en su domicilio con el resto de la infraestructura de telecomunicaciones se lo conoce como red de acceso, existiendo dos tipos de conexión a nivel macro; acceso por cable que puede ser de cobre, fibra o la conexión híbrida coaxial-fibra; y el acceso inalámbrico que puede ser fijo o móvil.

Dentro de las redes de acceso por cable se tienen las conexiones mediante cable coaxial, así como las tecnologías de línea de suscriptor digital xDSL (*x Digital Subscriber Line*), en donde la x representa las variantes de conexión de esta tecnología en función de su velocidad y las aplicaciones a ser utilizadas, así se tienen por ejemplo SDSL conexión simétrica, ADSL conexión asimétrica, HDSL alta velocidad, VDSL muy alta velocidad, existiendo además conexiones de mayor velocidad como HDSL2 (SHDSL), ADSL2, ADSL2+, entre otras. En lo referente a fibra óptica, están las conexiones por fibra monomodo y multimodo, existiendo además una tercera opción de conexión que serían las redes de acceso por cable híbridas, en donde se encuentran las redes FTTX (*Fiber to the X*), que comprende muchas variantes de la infraestructura de acceso de fibra óptica como FTTC fibra hasta la acera, FTTP fibra hasta el punto de distribución, FTTB fibra hasta el edificio, y FTTH fibra hasta el hogar (FTTH Council, 2016).

Esta investigación se ha centrado en el estudio de las redes FTTH, dentro de las cuales están las tecnologías de acceso basadas en fibra, conocidas como xPON (*x-Passive Optical Network*).

Las especificaciones iniciales definidas para las redes ópticas pasivas (PON) fueron hechas por el comité de red de acceso de servicio completo (FSAN) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el cual utiliza el estándar de modo de transferencia asíncrona (ATM) como protocolo de señalización de la capa 2, así como por el grupo de Ethernet en la primera milla (EFM), del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE). De dichas especificaciones se desprenden algunos estándares, por ejemplo en el caso de la UIT se cuenta con la red óptica pasiva en modo de transferencia asíncrono (*APON - Asynchronous Transfer Mode PON*), la de banda ancha (*BPON - Broadband PON*), con capacidad Gigabit (*GPON - Gigabit PON*), así como versiones mejoradas de esta conocidas como redes de nueva generación (*NGPON - Next Generation PON*), entre las que se tiene dos variantes: red óptica pasiva Gigabit extendida (*XG-PON - eXtendend GPON*) o también llamada NG-PON1 y la red óptica pasiva por multiplexación por división de longitud de onda (*WDM-PON - Wavelength Division Multiplexing*) o conocida como NG-PON2. Por otro lado, en el caso de la IEEE, se tiene la red óptica pasiva con capacidad Ethernet (*EPON - Ethernet PON*), con sus mejoras G-EPON (*Gigabit Ethernet PON*), y 10G-EPON (*10 Gigabit Ethernet PON*). En la Figura 1, se muestra la distribución de las redes FTTx a nivel mundial.

Figura 1
Distribución de redes FTTx en el mundo



GPON	USA, Canada, Russia, Singapore, India, Australia, Brazil, Argentina, Malaysia, ...
GPON+EPON	Japan, Korea, China

Fuente: (Grady, 2005)

1.1. Estándares PON

APON

Se muestra en el estándar ITU-T G.983 (*International Telecommunications Union – Telecommunication section G series*), definiendo una estructura simétrica para la transmisión de datos en el canal, (155 Mbps tanto para transmisión de subida (UL) como de bajada (DL)), aunque también puede trabajar en modo asimétrico (155 Mbps para transmisión ascendente y 622 Mbps para transmisión descendente). Utilizaba WDM, siendo su principal inconveniente la velocidad, y la no previsión de esta para transmisiones de difusión (broadcast).

BPON

Mejora de APON, contemplada al igual que su predecesor en el estándar ITU-T G.983, contempla varias especificaciones, desde la G.983.1 hasta la G.983.8. Siendo estas: (i) G.983.1, APON propiamente dicha; (ii) G.983.2, para la capa de gestión y mantenimiento; (iii) G.983.3, para calidad de servicios (QoS); (iv) G.983.4, para la asignación de ancho de banda dinámico; (v) G.983.5, para mecanismos de protección; (vi) G.983.6, para la capa de control de red óptica de transporte (OTN); (vii) G.983.7, para la capa de gestión de red para el ancho de banda dinámico; y (viii) G.983.8, para dar soporte al protocolo de internet (IP), Video, redes de área virtual local (VLAN) y circuitos virtuales (VC). BPON ya incorpora transmisión broadcast de TV analógica. El transporte se lo hace por medio de celdas ATM. La desventaja que presenta es su coste elevado y las limitaciones técnicas.

GPON

Es la evolución de BPON, este estándar contempla especificaciones de la ITU-T desde la G.984.1, hasta la G.984.4. Siendo estas: (i) G.984.1, características generales de una red GPON; (ii) G.984.2, especificaciones de parámetros de la red de distribución óptica (ODN), especificaciones de puertos ópticos a 2.488 Gbps, especificaciones de puertos ópticos a 1.244 Gbps, y la asignación de sobrecarga en la capa física; (iii) G.984.3, especificaciones de la capa de convergencia de transmisión (TC) de GPON, la arquitectura de multiplexación de la transmisión de convergencia de GPON (GTC) y protocolos, la trama de dicha transmisión de convergencia (GTC), el registro y activación de las terminaciones de red óptica (ONT), las especificaciones de la asignación dinámica de ancho de banda (DBA), y las alarmas y rendimiento; y (iv) G.984.4, formato de mensaje para la gestión y de control de la interfaz ONT (OMCI), trama de administración de dispositivos para dicha interfaz ONT, así como su principio de funcionamiento.

GPON que permite optimizar la transmisión del tráfico IP y ATM mediante celdas de tamaño variable, utilizando transmisión simétrica (2.5 Gbps tanto DL como para UL), o asimétrica (2.5 Gbps para DL y 1.25 Gbps para UL), siendo la más utilizada esta última. En lo referente al manejo del ancho de banda, este es asignado mediante multiplexación por división de tiempo (TDM), al igual que en las redes EPON.

NG-PON1, definido en el estándar ITU-T G.987, provee velocidades de conexión de 10 Gbps en DL y 2.5 Gbps en UL hasta para 128 usuarios concurrentes. Contempla una especificación imprescindible conocida como G.987.3, para poder convivir con redes NG-PON2.

NG-PON2, definido en el estándar ITU-T G.989, al utilizar DWM, posibilita tener de 40 hasta 80 Gbps en DL y 10, 40, u 80 Gbps en UL (Chang-Hee, Wayne, & Byoung, 2006). Y al igual que en los casos anteriores tiene algunas especificaciones como (i) G.989.1, que define los requerimientos generales; (ii) G.989.2, especifica los parámetros para la capa física como el plan de longitud de onda para DL y UL, sintonización de tiempo para la unidad de red óptica (ONU), codificación de línea, entre otras; G.989.3, capa de transmisión de convergencia para adaptarse a NG-PON1; maneja además una especificación genérica conocida como G.988, que controla la interfaz WDM-PON.

EPON

Se rige bajo la norma de Ethernet IEEE 802.3ah, que es una extensión del estándar IEEE 802.3 (IEEE, 2018). EPON transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar de tráfico ATM. Como ventajas se mencionan la optimización del tráfico IP, la mejora en la seguridad y que soporta mayores velocidades de transmisión de datos. Así se tiene que la tasa de transmisión tanto de subida como de bajada es de 1.25 Gbps. Además de que la interconexión de nodos EPON es mucho más sencilla que la interconexión de tecnologías como APON ó BPON.

G-EPON

Al igual que EPON, se rige bajo la norma de Ethernet IEEE 802.3, y considera a los siguientes estándares: (i) IEEE 802.3ah, EPON propiamente dicho; (ii) IEEE802.3u, par trenzado a 100 Mbps (Fast Ethernet) y autonegociación; (iii) IEEE 802.3x, full dúplex; (iv) IEEE802.3z, 1000 Mbps (Gigabit Ethernet) sobre fibra óptica; (v) IEEE802.1p, prioriza el tráfico, permite multicast dinámico, proporcionando un mecanismo para implementar (QoS) a nivel de MAC; (vi) IEEE.1q, permite a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas (trunking); (vii) IEEE802.1x, controla el acceso a red,

basado en puertos. Esta tecnología está ampliamente desplegada en Japón para brindar servicios Triple Play (voz, datos, y video) para cada usuario conectado a la red.

10G-EPON

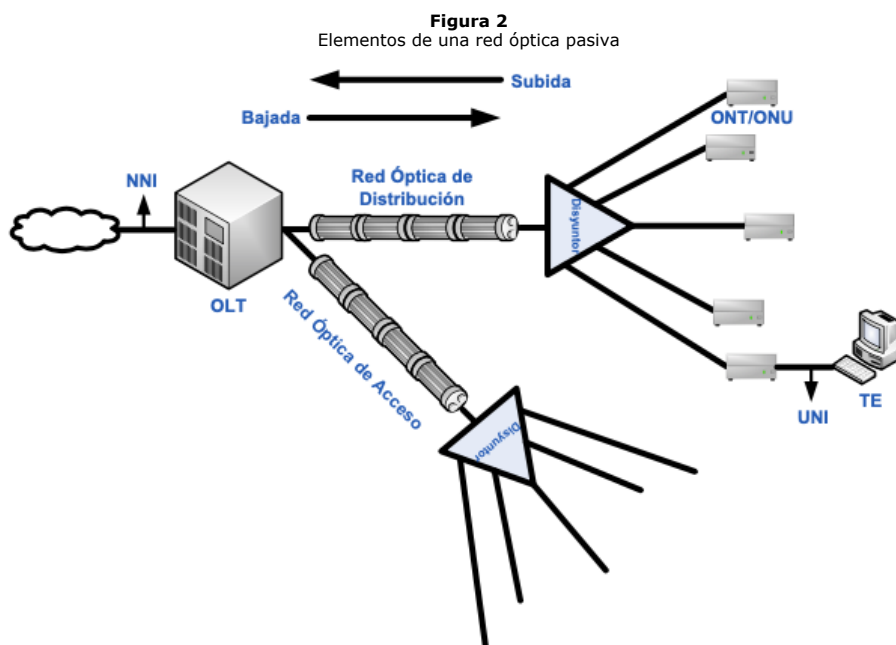
Identificado por el estándar IEEE 802.3av, en modo asimétrico presenta tasas de transmisión con 10 Gbps para DL y 1Gbps para UL, y en modo simétrico con 10 Gbps tanto para DL como para UL, esta última fue creada para proveer un ancho de banda adecuado tanto en canal descendente como ascendente a ser utilizado en las unidades multi vivienda (*DMU- Multi Dwelling Unit*), con lo cual se puede conectar a una sola ONU, cientos de suscriptores.

1.2. Componentes y arquitectura de una red PON

a. Componentes

En una red óptica pasiva existen elementos ópticos en lugar de eléctricos, esto debido a que se reemplaza el tramo de red que utiliza cable coaxial por fibra óptica monomodo, teniendo de esta manera una red PON los componentes que se ilustran en la Figura 2.

- Terminal de línea óptica (OLT), provee enlaces de fibra óptica hacia la red del operador y hacia los usuarios.
- Red óptica de distribución (ODN), consta de fibras ópticas, disyuntores (splitters), empalmes y conectores.
- Red óptica de acceso (OAN), son todas las conexiones que provienen de un mismo OLT.
- Equipos terminales de red (MDU), proveen interfaces de fibra óptica hacia la red ODN, a la vez de interfaces xDSL a los usuarios.
- Terminal de red óptica (ONT), o Unidad de red óptica (ONU), se encuentra en las instalaciones del cliente, y le provee de diversas interfaces de conexión como fibra óptica, FastEthernet, GigabitEthernet, televisión por cable, conexiones de telefonía analógica (POTS), entre otras (FTTH Council, 2016).
- Equipos terminales de usuario (TE), dispositivo de acceso a Internet propio del cliente.
- Interfaz usuario red (UNI), presente en el equipo ONT
- Interfaz red a red (NNI), presente en el equipo OLT



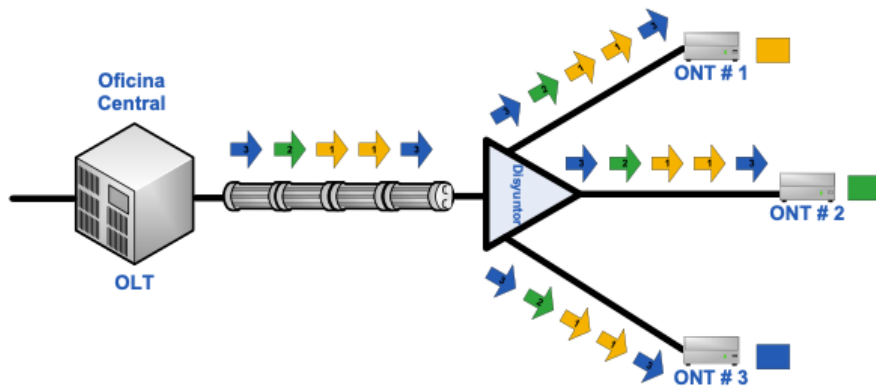
b. Arquitectura

En una PON, se comparte fibra entre un conjunto de usuarios, siendo el componente principal de este tipo de redes el divisor óptico o splitter, el cual divide el haz de luz entrante y lo distribuye hacia diferentes fibras, o en su defecto combina dichos haces de luz en dirección opuesta dentro de una fibra, actuando de esta manera como multiplexador/demultiplexador de la señal, y permitiendo así la compartición de fibra, utilizando para esto un esquema de multiplexado por longitud de onda (WDM). Sin embargo, el uso de dichos divisores ópticos introduce pérdidas en la transmisión por lo que el alcance de una red PON, se ve limitado.

Una red PON puede transferir la información en dos sentidos; en forma descendente (DL) en donde la transmisión se lo hace desde el equipo concentrador – terminal de línea óptica (OLT) hacia los equipos terminales de usuario (ONT/ONU), y de forma ascendente (UL) en donde la transmisión se efectúa en el sentido contrario.

En la transmisión descendente, la OLT envía tráfico a través de la ODN, utilizando difusión y multiplexación por división de tiempo (TDM), para determinar los instantes de tiempo en la transmisión de datos, esta información es comunicada a cada ONT, quien a su vez captura los datos destinados a su dirección y desecha todos los demás. Debido a que cada ONT recibe todo el tráfico, se utiliza encriptación para asegurar la privacidad. La Figura 3, ejemplifica esta descripción.

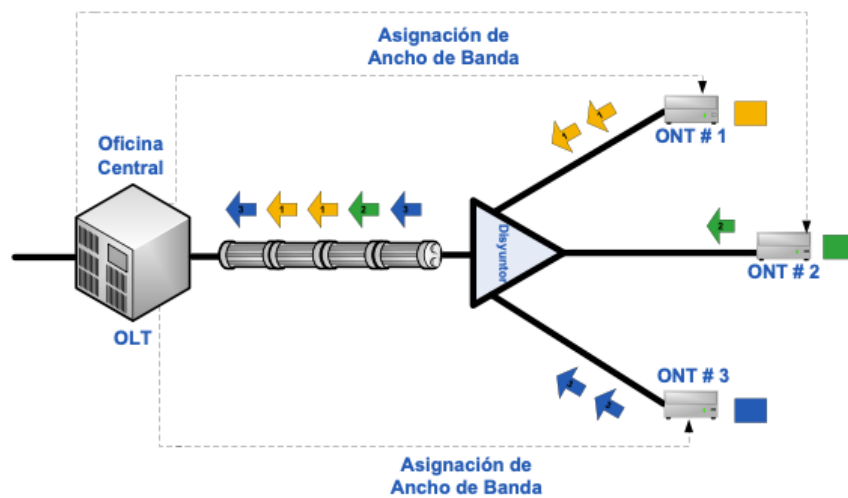
Figura 3
Funcionamiento red
PON descendente



Fuente: Elaboración propia

En la transmisión ascendente, La ONT mapea el tráfico de usuario, y usa acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), para la transmisión de los datos, lo que requiere de un sincronismo extremo para evitar colisiones, además de un método de asignación de ancho de banda (DBA), mismo que es realizado por la OLT, y del cual existen dos formas; (i) DBA estático, en donde las ONTs reportan el estado de las colas de tráfico cuando se transmiten en UL; y (ii) DBA dinámico, en donde la OLT verifica los patrones de tráfico de las ONTs. La Figura 4 ilustra este procedimiento.

Figura 4
Funcionamiento red PON ascendente



Fuente: Elaboración propia

2. Metodología

En primer lugar se realizará una comparativa entre los diferentes estándares PON, a fin de proponer una solución de red lo más acertada posible para la ciudad de Riobamba en Ecuador. En este sentido, las soluciones de redes PON basadas en Ethernet o ATM, han sido implementadas a nivel mundial, siendo ambas soluciones aceptables en el mercado. Sin embargo la elección de una u otra solución viene marcada por ciertos parámetros, como la disponibilidad de los equipos para cierta tecnología en determinada región del globo terráqueo, costos de instalación, infraestructura instalada previamente, entre otros.

A continuación se realizará una comparativa entre las características más importantes de las tecnologías PON basadas en Ethernet como (EPON, G-EPON, 10G-EPON), con las tecnologías que utilizan el estándar ATM (GPON, NG-PON-1, NG-PON2), considerando arquitectura y tasas de transmisión soportadas, método de encapsulación, servicios ofertados, distancia cubierta, entre otras.

Estándar

Las redes EPON y sus variantes, están basadas en el estándar IEEE, mientras que las redes GPON conjuntamente con sus variantes se basan en el estándar ITU-T.

Arquitectura de transmisión

Los estándares EPON y G-EPON trabajan únicamente en modo síncrono, mientras que su nueva versión 10G-EPON, así como los estándares de GPON lo hacen en modo síncrono o asíncrono.

Tasa de transmisión

Al hablar de tasa de transmisión, se puede notar que la diferencia es marcada, así la eficiencia de los sistemas basados en Ethernet es baja en comparación con las tecnologías basadas en ATM. Vale la pena destacar que estas tecnologías soportan televisión por cable (CATV), lo que demanda altas tasas de transmisión en DL, debido a la demanda en difusión que tiene la implementación de esta solución, siendo en este caso más adecuadas aunque más costosas las tecnologías basadas en ATM.

Distancia

Los estándares basados en Ethernet, soportan solamente dos tipos de redes de distribución óptica (ODN): tipo A (5dB hasta 20dB de pérdidas) y tipo B (10dB hasta 25dB de pérdidas), cubriendo distancias de hasta 20 KM, mientras que el estándar GPON por soportar también ODN tipo C (15dB hasta 30dB de pérdidas), puede extenderse hasta los 37 Km como máximo. Sin embargo las tecnologías mejoradas NG-PON1 y NG-PON2, pueden llegar hasta los 40 Km, e incluso está última puede alcanzar los 60 Km, con un dispositivo para la extensión del alcance (ITU-T, 2013).

Número de disyuntores soportados

Al soportar las redes EPON ODN Tipo A y B, se puede ofrecer servicio hasta 16 usuarios, sin embargo en redes GPON al soportar los mismo tipos de ODN, se puede soportar hasta 32 o 64 usuarios, aunque la versión mejorada 10G-EPON puede soportar hasta 256 ONTs. En lo referente a las tecnologías basadas en ATM, GPON al soportar ODN tipo C puede brindar servicio a 32, 64 y 128 usuarios, y sus versiones mejoradas hasta soportan hasta 256 usuarios.

Servicios

Los servicios ofertados por las redes EPON, G-EPON, y 10G-EPON están basados en el tráfico nativo de red Ethernet, mientras que las redes GPON, NG-PON1, y NG-PON2 ofrecen un amplio soporte de servicios, incluyendo voz, Ethernet, ATM, Frame Relay, entre otros, mediante el uso de un método de encapsulación de GPON, llamado GEM (ITU-T, 2012).

Método de encapsulación

El estándar IEEE 802.3ah desarrolló el protocolo de control multipunto (MPCP), mismo que fue heredado por 802.3av, y que facilita la implementación de varias asignaciones de banda en las redes basadas en Ethernet. Este protocolo fue desarrollado como una función de la subcapa de control (MAC). MPCP se encarga entre otras cosas de la comunicación entre la OLT y las ONUs. En cambio para encapsular la información, las tecnologías basadas en ATM, utilizan el método GEM, que permite soportar cualquier tipo de servicio, (Ethernet, ATM, TDM, entre otros) además de ofrecer más ancho de banda que sus tecnologías antecesoras (APON, BPON) (ITU-T, 2008).

Encriptación

El proceso de encriptación definido para las redes basadas en ATM, es el estándar de encriptación avanzado (AES), que forma parte del estándar ITU-T, pero solo lo utilizan en el canal de retorno, mientras que en las redes basadas en Ethernet, el mecanismo de encriptación no está definido en el estándar, pero existen vendedores que lo implementan mediante el Estándar de Encriptación de Datos (DES).

Técnicas de corrección de errores FEC

FEC es un mecanismo utilizado por las redes basadas en ATM para mejorar la calidad de transmisión, es negociado en forma individual para cada cliente, utiliza un código cíclico no binario conocido como Reed-Solomon (RS). Sin embargo para 10G-EPON existen estudios e implementaciones de esta técnica, como la descrita en (Li, Cao, Chen & Gao, 2013). En la Tabla I, se indican los parámetros anteriormente mencionados.

Tabla I
Comparativa redes xPON basadas en Ethernet y en ATM

TECNOLOGÍAS						
CARACTERÍSTICAS	ETHERNET			ATM		
	EPON	G-EPON	10G-EPON	GPON	NG-PON1	NG-PON2
Estándar	IEEE 802.3ah	IEEE 802.3ah	IEEE 802.3 av	ITU-T G.984.1	ITU-T G.987	ITU-T G.989
Arquitectura de transmisión	Simétrica	Simétrica	Simétrica y asimétrica	Simétrica y Asimétrica	Simétrica y Asimétrica	Simétrica y Asimétrica
Tasa de transmisión (DL/UL)	1.25 Gbps (DL y UL)	1.25 Gbps (DL y UL)	10Gbps (DL y UL) 10 Gbps DL / 1 Gbps UL	2.5 Gbps (DL/UL) 2.5 Gbps DL / 1.25 Gbps UL	10Gbps (DL y UL) 10 Gbps DL / 2.5 Gbps UL	10Gbps (DL y UL) 40 u 80 Gbps DL / 10, 40 u 80 Gbps UL
Distancia	20 Km	20 Km	20 Km	20 Km (37 Km máximo)	40 Km	40 Km y puede llegar hasta 60 Km
Número de Disyuntors soportados (Splitters)	16	Hasta 64	Hasta 256	Hasta 128	Hasta 256	Hasta 256
Servicios	Datos Ethernet	Datos Ethernet	Datos Ethernet	Voz, Ethernet, ATM, Frame Relay, etc	Voz, Ethernet, ATM, Frame Relay, etc	Voz, Ethernet, ATM, Frame Relay, etc
Método de encapsulación	MAC/MPCP	MAC/MPCP	MAC/MPCP	GEM	GEM	GEM
Encriptación	DES	DES	DES	AES	AES	AES
FEC	No	No	Si	Si	Si	Si

Fuente: elaboración propia

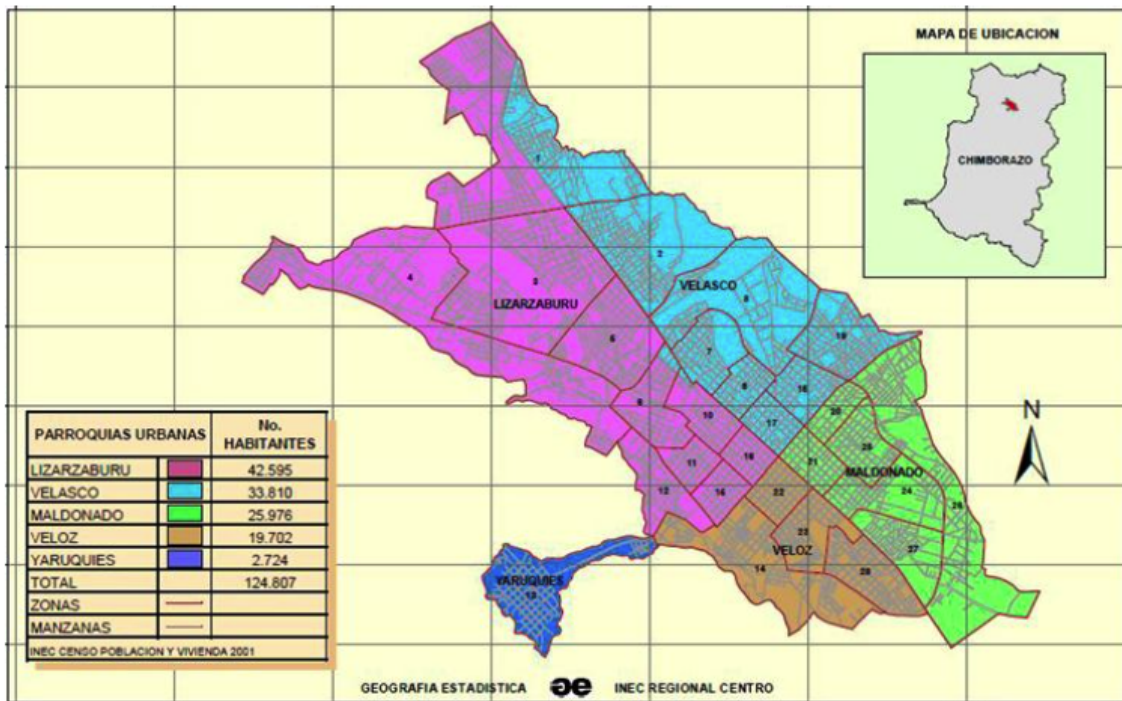
3. Resultados

3.1. Componentes y arquitectura de una red PON

De entre las tecnologías de redes PON propuestas en este artículo se realizó el diseño de una red PON para la ciudad de Riobamba, ubicada en la provincia de Chimborazo en la República del Ecuador, utilizando la tecnología GPON, debido a la existencia de equipamiento de dicha tecnología en el país, aunque si bien es cierto 10G-EPON presenta mayor capacidad de transferencia que GPON, tanto en DL como en UL, la tecnología GPON, puede ser actualizada a las nuevas tecnologías como NG-PON1 y NG-PON2, en donde entre otras cosas la capacidad de transmisión así como la cobertura aumentarían considerablemente, además de que dicha migración se la podría realizar de forma transparente para el usuario.

Para este diseño se consideró en primer lugar que la superficie del perímetro urbano de la ciudad de Riobamba es de 59,05 Km², y luego se utilizó la división territorial de esta ciudad (parroquias) para definir las oficinas centrales de la red PON en donde se instalaron las OLTs. Según los datos de la Tabla I, GPON cubre una distancia de 20 Km desde la OLT hasta el ONT, por lo tanto para el diseño de red se instalaron las terminales de línea óptica como siguen: una OLT para dar servicio a la parroquia Lizarzaburu, una OLT para la parroquia Velasco, y una OLT para brindar servicio a las parroquias Maldonado, Veloz y Yaruquíes. La Figura 5 muestra la división parroquial en la ciudad de Riobamba.

Figura 5
División parroquial ciudad de Riobamba -Ecuador

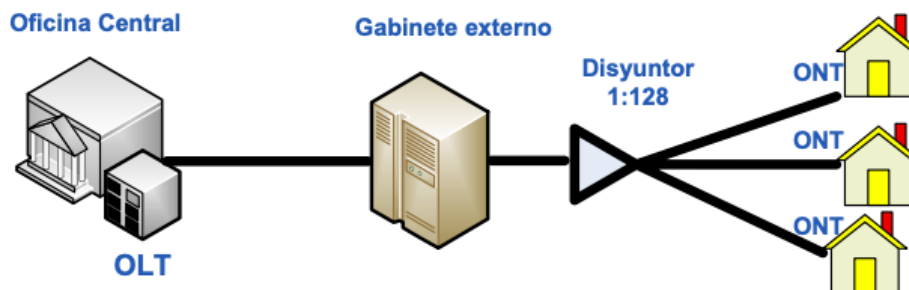


Fuente: (INEC, 2011)

Se utilizó la configuración de red con varias oficinas centrales, debido a que se mejora el radio de cobertura, se mantiene la operación y el mantenimiento, además de existir un balance de recursos en cuanto a conectores, cables de fibra óptica, ductos, alimentación, entre otros.

La ciudad de Riobamba tiene una población de 165.000 habitantes en la zona urbana, con aproximadamente 42.537 hogares, que divididos para 3 oficinas centrales, da un total de 14.179 hogares, para los cuales se necesitaron 111 disyuntores por cada oficina, considerando que cada disyuntor soporta hasta 128 usuarios. Dichos equipos serán colocados en gabinetes externos cercanos a las zonas de usuario, debido a los menores costos de despliegue en cuanto a fibra óptica que esto representaría. La Figura 6 muestra el esquema de componentes para una parroquia.

Figura 6
Esquema de componentes red PON por parroquia



Fuente: Elaboración propia

En lo referente al equipamiento, se utilizó para este diseño de red equipos de la marca china Huawei, toda vez que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) en Ecuador trabaja con este tipo de dispositivos, así para la OLT se utilizará el equipo MA5608T (HUAWEI-OLT, 2018), cuyas características técnicas permitirán implementar una red GPON en la ciudad de Riobamba, y como se comentaba anteriormente también soporta la nueva versión de GPON, NG-PON1, con lo cual se podría actualizar dicho diseño. En lo referente al equipo de usuario PON, se utilizará la ONT HG8242 (HUAWEI, 2018), lo que permitiría brindar servicios Triple Play (voz, datos, y video) para cada usuario conectado a la red.

3.2. Cálculo del balance de potencias de los equipos a utilizarse para el diseño de la red PON en la ciudad de Riobamba

Se realizó este cálculo con el objetivo de conocer el balance de potencias del sistema del presente diseño y comprobar que los equipos seleccionados son óptimos para realizar el enlace óptico.

El cálculo del balance óptico se tendrá que cumplir con la siguiente inecuación:

$$Prx \leq Ttx - atotal$$

Donde Prx es la potencia mínima de sensibilidad de recepción del equipo, Ptx es la potencia máxima del transmisor óptico, y total es el valor total de pérdidas.

Con los valores obtenidos en el análisis de pérdidas de fibra óptica monomodo (ITU-T, 2016); y los valores de potencia especificados en (ITU-T, 2003) se realizó el cálculo antes mencionado.

Usuario más lejano (crítico)

Ventana de 1310nm

$$Prx \leq Ttx - atotal$$

$$-28dBm \leq -25.18dBm$$

Ventana de 1550 nm

$$Prx \leq Ttx - atotal$$

$$-28dBm \leq 5 dBm -29.41dBm$$

$$-28dBm \leq -24.41dBm$$

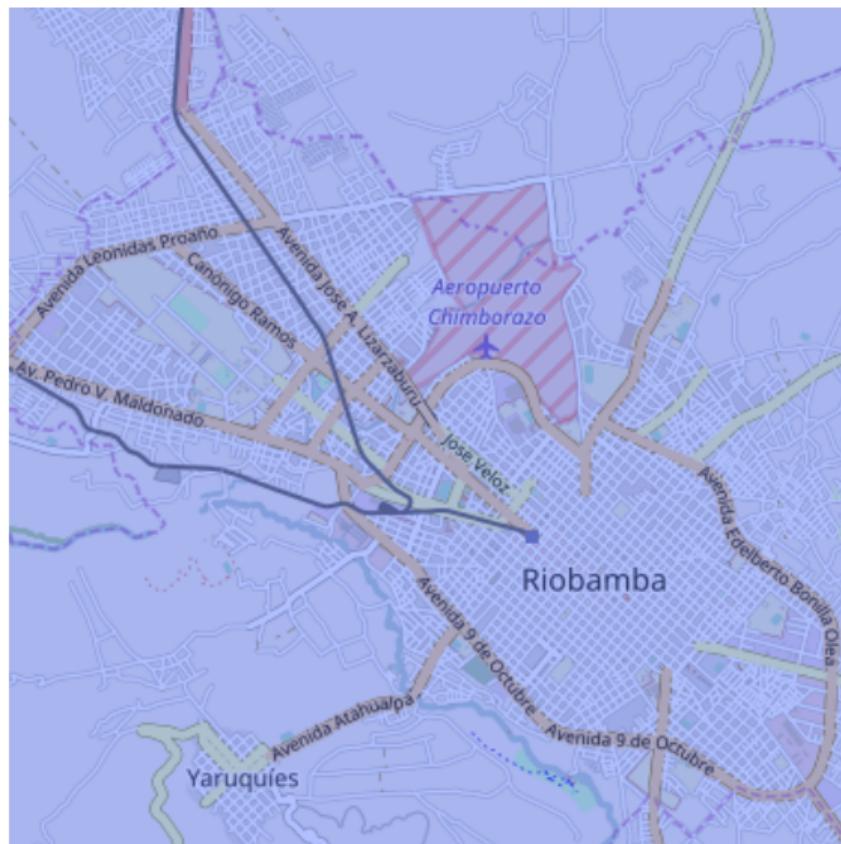
Como se puede notar, en el diseño de red PON para brindar servicios de conectividad a Internet a la ciudad de Riobamba, en ninguno de los casos propuestos se sobrepasa el valor de Prx, ni los valores del rango de sensibilidad dados por el fabricante del equipo, que a su vez están acordes con lo especificado en (ITU-T, 2003).

Como se puede observar en la Figura 7, luego de realizar una simulación del diseño propuesto utilizando el software ICS Telecom, se comprobó que la cobertura fue del 100% de la ciudad de Riobamba.

$$-28dBm \leq 5 dBm -30.18dBm$$

Figura 7

Cobertura red GPON ciudad de Riobamba



Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

En este artículo se han detallado las características principales de las redes ópticas pasivas basadas en Ethernet y en ATM, comparándolas según criterios específicos, que permitieron escoger una tecnología para implementar una red PON en la ciudad de Riobamba.

Las ventajas de las redes PON son variadas incluyendo la reducción del uso de fibra óptica entre los disyuntores y la ONT ubicada en cada usuario, la ausencia de equipo activo entre la OLT y la ONU, asignación de ancho de banda dinámico, y la posibilidad de tener altas tasas de ancho de banda por usuario.

El diseño de la red PON propuesto en esta investigación, permite maximizar la cobertura debido a la utilización en el diseño de varias oficinas centrales y de disyuntores colocados en zonas específicas de las 5 parroquias urbanas de la ciudad de Riobamba.

Con la instalación de esta nueva tecnología, se podrá ofrecer nuevos y mejores servicios como Triple Play, a la vez de mejorar la experiencia del usuario en cuanto a velocidad de conexión.

Referencias bibliográficas

- Chang-Hee, L., Wayne, V., & Byoung, Y (2006). Fiber to the Home Using a PON Infrastructure. *Journal of Lightwave Technology*, 24(12), 4568 - 4583. doi: 10.1109/JLT.2006.885779
- FTTH Council. (2016). Creating a brighter future. FTTH Handbook. Recuperado de https://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH_Handbook_V7.pdf
- Grady, S. (2005). *El libro de FTTX del diseño hasta la instalación: una guía práctica para la infraestructura de FTTx*. Recuperado de <https://vdocuments.mx/download/el-libro-de-fttx-espanol>
- HUAWEI. (2018). Huawei HG8242. Recuperado de <http://www.huawei.com/es/products/fixed-access/fttx/ont/hg8242/>
- HUAWEI-OLT. (2018). Huawei MA5608T – Mini OLT (Optical Line Terminal). Recuperado de http://www.huawei.com/ucmf/groups/public/documents/webasset/hw_u_390023.pdf
- IEEE. (2018). Ethernet Working Group 802.3. Recuperado de <http://ieee802.org/3/>
- INEC. (2011). Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento. Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/?s=POBLACI%C3%93N+POR+SEXO%2C+SEG%C3%9AN+PROVINCIA%2C+PARROQUIA+Y+CANT%C3%93N+DE+EMPADRONAMIENTO>.
- ITU-T. (2003). Gigabit-capable passive optical networks (GPON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification. (Recommendation ITU-T G.984.2). Geneva, Switzerland: UIT-T.
- ITU-T (2008). Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics. (Recommendation ITU-T G.984.1). Geneva, Switzerland: UIT-T.
- Li, X., Cao, Y., Chen, X., & Gao, W. (2013). FPGA implementation of FEC for 10G-EPON. *IEEE Transactions on Broadcasting*. 57(4), 1-3.
- ITU-T (2012). 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations and acronyms. (Recommendation ITU-T G.987). Geneva, Switzerland: UIT-T.
- ITU-T (2013). 40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements. (Recommendation ITU-T G.989.1). Geneva, Switzerland: UIT-T.
- ITU-T (2016). Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. (Recommendation ITU-T G.652). Geneva, Switzerland: UIT-T.

-
1. PhD en Telecomunicación. Docente investigador grupo de Telecomunicaciones, Informática. Industria y Construcción (TEIIC). Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). cradicelli@unach.edu.ec
 2. PhD en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales. Docente investigadora grupo de Aprendizaje Ubicuo. Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías. Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). margaritapomboza@unach.edu.ec
 3. PhD en Tecnología educativa: E-learning y gestión del conocimiento. Docente investigador grupo de Telecomunicaciones, Informática. Industria y Construcción (TEIIC). Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías. Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). nsamaniego@unach.edu.ec
 4. PhD en Ingeniería Industrial. Docente investigador grupo de Telecomunicaciones, Informática. Industria y Construcción (TEIIC). Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH). pwillacres@unach.edu.ec
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 40 (Nº 40) Año 2019

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]