



Diseño De Un Anillo Principal Y Redundante De Fibra Óptica Utilizando Tecnología 10gpon Para Optimizar El Tráfico De La Red En La Universidad

Técnica Del Norte

Jessica Torres¹, MSc. Carlos Vásquez²
Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Universidad Técnica Del Norte
Av. 17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova
Ibarra - Ecuador
jxtorresr@utn.edu.ec, cavasquez@utn.edu.ec

Abstracto - *En la actualidad, el crecimiento de la tecnología ha ido creciendo de forma agigantada, por lo que el futuro de la educación está fuertemente condicionado por la tecnología, así también la necesidad de las personas de estar comunicadas y desarrollar proyectos de investigación en todas las áreas de conocimiento con respecto a la enseñanza y aprendizaje universitario. Debido a estos antecedentes, la demanda de ancho de banda y velocidades de transmisión en*

el campus de la Universidad Técnica del Norte cada vez es mayor.

El siguiente proyecto de titulación se basa en realizar un diseño para la implementación más adelante de un anillo de backbone de fibra óptica principal y redundante con redes PON, el mismo que ayudará a optimizar el tráfico en la red de la Universidad Técnica del Norte.

Palabras Claves- *Velocidad de transmisión, fibra óptica, redes PON.*

I. INTRODUCCIÓN

Desde un punto de vista tecnológico una red de acceso es muy importante, esto debido a que permite a los usuarios finales tener acceso a los diferentes servicios a través de variados medios de transmisión, en el caso de este proyecto de titulación el medio es la fibra óptica.

Una red de backbone de fibra óptica permite a los edificios del campus de la Universidad Técnica del Norte estar conectados a la oficina central, en donde se encuentran los servidores y equipos de comunicaciones, sin embargo, a medida que la tecnología y aplicaciones van creciendo y mejorando se crea demandas de mayores capacidades y anchos de banda.

Con la necesidad de satisfacer dichas demandas, la propuesta que se muestra a continuación, es el diseño de red de acceso enteramente de fibra óptica con mayores tasas de transferencia y pensando en las necesidades de ancho de banda por usuario que cada año va aumentando, una red PON es la opción de resolver dichas faltas.

II. DESARROLLO

A. Fibra Óptica

Las demandas de velocidades de transmisión han ido en aumento y el medio que cubre estas necesidades es en la actualidad la fibra óptica.

LA fibra óptica es un medio físico de vidrio o de plástico que utiliza pulsos de luz emitidas por LED o Laser, con velocidades de gigabits por segundo.

a. Ventajas y desventajas de la fibra óptica

La fibra óptica tiene ventajas, así como también desventajas.

Entre las ventajas tenemos la transmisión de datos a altas velocidades, mejor ancho de banda, evitan interferencias electromagnéticas, mejor la calidad de los formatos de video y sonido, además de una alta fiabilidad junto con una larga vida operativa con valores bajos de atenuación.

Ahora, se muestran algunas desventajas, como el costo de instalación que es más elevado en comparación al cable de cobre o coaxial, además de la reparación que necesita de equipos especializados.

b. Tipos de Fibra Óptica

La fibra óptica se clasifica por el tipo de propagación de la luz. Un modo de

propagación es el número de trayectorias que sigue la luz dentro de la fibra y son: monomodo y multimodo.

Fibra Óptica Monomodo

Este tipo de fibra propaga únicamente un modo de luz debido a su diámetro de núcleo que es infinitamente pequeño, como se observa en la figura.

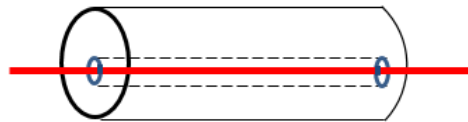


Fig. 1. Propagación de fibra monomodo

Fibra Multimodo

Este tipo de fibra propaga más de un modo de luz, usada para aplicaciones a cortas distancias. Son clasificadas por su índice de refracción en el núcleo, de índice escalonado y de índice gradual.

En las fibras multimodo de índice escalonado, los rayos ópticos viajan simultáneamente y se reflejan en diferentes ángulos sobre la pared del núcleo, debido a esto recorren diferentes distancias.

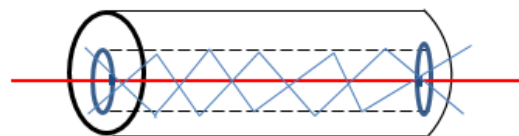


Fig. 2. Propagación fibra multimodo de índice escalonado

Una fibra multimodo de índice gradual el núcleo está constituido de diferentes capas de materiales con diferentes índices de refracción. Lo que hace que la luz se refracte como se observa a continuación.

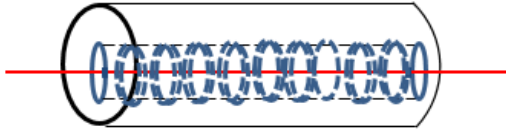


Fig. 3. Propagación fibra multimodo de índice escalonado

B. Redes de Acceso vía fibra óptica

Este tipo de redes de acceso son de alta tecnología, con tasas de transmisión que supera las de cobre. Se clasifican en redes HFC y PON.

a. Redes HFC

Esta red es de tipo híbrida, una combinación de coaxial y de fibra óptica, permite el despliegue de servicios como datos, telefonía e internet.

b. Redes PON

Este tipo de redes permite eliminar los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente, para colocar en su lugar componentes pasivos, conformada por tres elementos básicos.

- OLT (Optical Line Terminal)
- Divisor Óptico (Splitter)
- ONU (Optical Network Unit)

La OLT es quien transporta los datos desde la central hasta el divisor óptico.

El Divisor Óptico, splitter, recibe cables de fibra óptica de entrada y salida y lo que hace es dividir la señal.

La ONU recibe la información que llega desde el splitter.

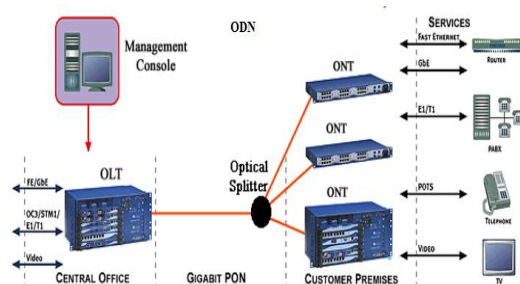


Fig. 4. Esquema de Red PON

C. Tipo de Redes PON

Las redes PON se clasifican de acuerdo al estándar y bajo que protocolo fue desarrollado, a continuación, se resumen los tipos de redes PON.

TABLA 1.
TIPO DE REDES PON

Tipo	Estandar	Características Adicionales
APON	ITU-T G.893	a) Basa su transmisión en ATM b) Tasa máxima de 155 Mbps, repartida entre ONUs c) Llega hasta velocidades de 622 Mbps
BPON	ITU-T G.893	a) Se basa en APON b) Da soportes a otros estándares de banda ancha
EPON	IEEE 802.3ah	a) Se basa en tráfico Ethernet b) Fue realizada específicamente para aprovechar el EFM c) Trabaja con velocidades hasta de 1.25 Gbps d) Se reducen los costos ya que no utiliza elementos ATM y SDH
GPON	ITU-T G.894	a) Desarrollado sobre ATM b) Se basa en la arquitectura BPON c) Ofrece cobertura hasta 20 km d) Da soporte global multiservicio como voz, entre otros e) Soporta velocidades hasta 2.5 Gbps
GEAPON	IEEE 802.3ah	a) Desarrollado sobre Ethernet b) Tiene las mismas características que la GPON
HGPN ^[11]	ITU-T G.894	a) Desarrollado sobre ATM b) Características similares a la GPON c) Tiene mayor capacidad de ancho de banda

D. Redes 10GPON

10 Gigabit Capable Passive Optical Network, estándar para transmisiones de ancho de banda con capacidad de 10Gbps sobre redes PON y con cualquier tipo de arquitectura FTTx. El objetivo principal de las redes 10GPON es coexistir con redes GPON, también ofrece el desarrollo de servicios de nueva generación como: videoconferencias, IPTV, HDTV, servicios triple play, entre otros.

El estándar G.987 de la UIT-T incluye las siguientes recomendaciones

- G-987: Definiciones, Abreviaciones y Acrónimos (XG-PON)
- G-987.1: Requerimientos Generales (XG-PON)

- G-987.2: Especificaciones de la capa PMD (Physical Media Dependent) (XG-PON)
- G-987.3: Especificaciones de la capa TC (Transmission Convergence) (XG-PON)

El estándar 10G-PON se aplica para cualquier tipo de red de acceso o arquitectura tipo FTTx de redes pasivas, en la figura 36 se puede observar las arquitecturas de redes PON en que se considera el punto hasta donde la fibra óptica se extiende.

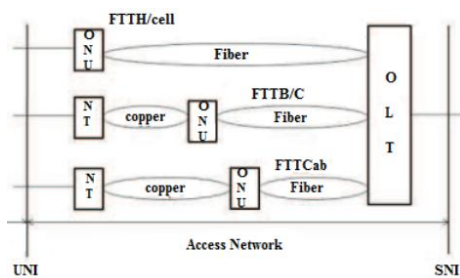


Fig. 5. Arquitectura Red XGPON

E. Diseño de la Red de Fibra Óptica

Para el diseño de este proyecto se han considera factores importantes como la situación actual de la capacidad de cada enlace troncal que llega a cada uno de los edificios, además del número de usuarios actuales y una proyección de 5 años hacia el futuro al igual que la proyección de aplicaciones que pueden soportar la red de acceso de fibra óptica que se diseña.

a. Establecimiento del Tipo de Tecnología a Utilizar

Para el diseño se va a utilizar la arquitectura PON la misma que elimina elementos activos reemplazándolos por pasivos.

Debido a sus múltiples ventajas y en base al requerimiento general para el diseño se escogió la tecnología 10GPON con el estándar con el que trabaja, primer borrador de ITU-T G.987; a pesar de que

la tecnología sobrepasa la capacidad demandada que es de 133Mbps por enlaces, por mucho y considerando que GPON es más adecuado, se decidió desarrolló el proyecto con 10GPON debido a que fue un requerimiento principal del diseño.

i. Ventajas de la Tecnología 10GPON

El estándar 10GPON describe transmisiones de banda ancha con velocidades de 10Gbps sobre redes PON y sobre cualquier tipo de infraestructura FTTx, con tasas máximas de transmisión para XG-PON1 de 10Gbps descendente y 2,5 Gbps ascendente.

b. Determinación y descripción de equipos a utilizar

La red estará diseñada para once edificios con conexión de enlaces troncales de fibra a cada uno.

En la tabla a continuación, se muestran los equipos a utilizar en el diseño.

TABLA 2.
EQUIPOS A UTILIZA EN EL
DISEÑO DE LA RED DE FO

Equipo a Utilizar	Cantidad	Distancia
OLT	1	-
ONU	11	-
Splitter (2x8)		
Cajas de Distribución	2	-
Rosetas	11	-
Atenuador	4	-
Cable Drop	1	2,5Km

Para el diseño de este proyecto y para conocer los requerimientos de la OLT se utilizó las mediciones del tráfico y las capacidades de cada enlace de la red de backbone fibra óptica. Se determina de igual forma la capacidad máxima según la recomendación G.987.1 del estándar 10GPON que menciona que cada tarjeta

de la OLT puede alcanzar 10Gbps de bajada y 2,5 Gbps de subida, por lo tanto, como se determinó anteriormente se colocarán dos Splitter llegando con una tarjeta de la OLT a cada uno añadiendo dos puertos de backup para un total de 4 puertos.

Los Splitters son los elementos pasivos en una red óptica, es el encargado de la distribución de la conexión de la topología punto multipunto formada por la OLT y los usuarios, dependiendo del número de usuarios y el tráfico que pasa por cada enlace troncal y conociendo las distancias a las que se encuentran los edificios, para el diseño de este proyecto se tienen un solo nivel de splitters. El número de splitters a utilizar serán dos, de tipo 2:8, en donde cada salida llegará a la caja terminal de fibra óptica en los edificios ubicados al norte y al sur del campus de la universidad.

c. Redundancia de la Red de Fibra Óptica

Para el diseño de este proyecto se eligió la Redundancia de sistemas PON Tipo B, debido a su arquitectura que reduce el costo de adquisición de ONUs extras e instalación. En esta configuración, la pérdida de conexión e incluso de tramas es inevitable en el periodo de conmutación, de acuerdo a la norma el período de pérdidas de tramas es inferior a 120ms. El tipo de red del presente diseño se considera una red de acceso con necesidad de tráfico bidireccional con un tiempo de recuperación en el orden de los minutos.

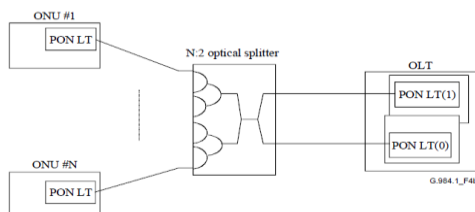


Fig. 6. Redundancia en OLT Tipo B

d. Topología de la Red

Para este diseño se escogió la topología tipo árbol-rama con la que se busca flexibilidad. También se escogió esta topología por la geografía del escenario.

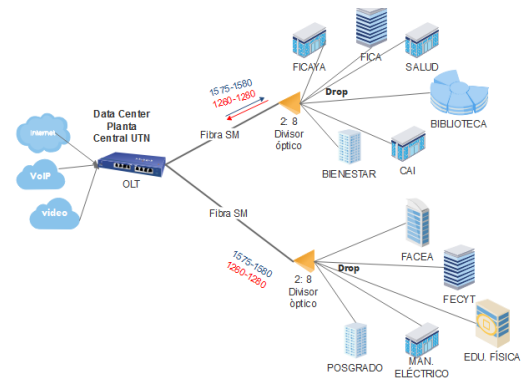


Fig. 7. Topología General del diseño

e. Esquema del Diseño de la Red

Para tener una mejor valoración del diseño de la red el esquema se representa sobre un plano del campus de la universidad, en el que se observa el nivel de splitter y el cableado a través de instalación por ductería.

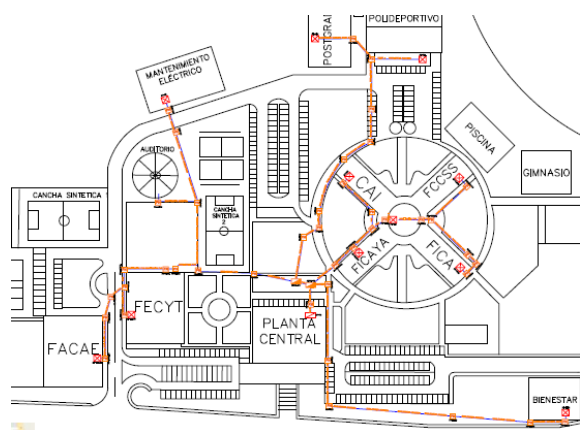


Fig. 8. Red en el interior del campus universitario

F. Presupuesto Referencial de Equipos

Cuando se refiere a precios convenientes, se habla de precios en el mercado de todo tipo de equipos, cable y accesorios para el diseño de esta red. El costo total aproximado de la red es la suma de costos, es decir la compra de equipamiento activo, pasivo, costo de mano de obra, que se utiliza para la instalación de los equipos, a continuación, se muestran en las tablas los precios referenciales de los elementos que se van a utilizar en el diseño.

**TABLA 3.
EQUIPAMIENTO ACTIVO**

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Huawei MA5608T - Mini OLT	Unidad	1	29.342,41	29.342,41
2	ONT Huawei	Unidad	11	200	2200
SUBTOTAL					31.542,41
IVA (14%)					4415,94
TOTAL					35.958,35

**TABLA 4.
EQUIPAMIENTO PASIVO**

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	ODF 12 puertos -Incluye: adaptadores, pigtails, bandeja de empalme y tubillos para protección de empalme	Unidad	1	135,00	135,00
2	Splitter PLC 2x8 conectorizado JFOPT	Unidad	2	60,00	120,00
3	Caja de Distribución Óptica exteriores TOPSTONE - Incluye bandejas porta splitter y 12 adaptadores SC/APC Splitter 2x8	Unidad	2	135,00	270,00
4	Caja para alojar fusiones Roseta FO, 4 puertos LC/APC. Incluye 4 adaptadores LC/APC	Unidad	11	12,00	132,00
5	Pigtail SC/APC, SM G.657A1. 1.5m de longitud	Unidad	11	3,5	38,5
6	Patchcord FO LC/UPC-SC/APC, SM G.652D, duplex, 3m JFOPT	Unidad	15	12,00	180,00
7	Plug Attenuator JFOPT	Unidad	4	10,00	40,00
8	Fibra Óptica JFOPT - Cable DROP - 2 hilos	Metro	2200	0,50	1100,00
Total					2235,5

**TABLA 5.
COSTO MANO DE OBRA**

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Tendido cable fibra óptica	m	2200,00	0,60	1320,00
2	Armado de ODF, caja de interconexión o caja terminal	unidad	14	15	210
3	Fusión hilo de FO	unidad	24	15	360
Total					1890,00

A continuación, en la tabla 6, se muestra un costo aproximado de lo que el diseño podrá costar.

**TABLA 6.
PRESUPUESTO TOTAL
APROXIMADO**

ITEM	Descripción	Cantidad
1	Equipamiento Activo	35.958,35
2	Equipamiento pasivo e instalación de FO y mano de obra	4657,47
TOTAL		40.615,82

G. Presupuesto de Potencia de la Red

En el cálculo de presupuesto de potencia se incluyen, las pérdidas de inserción, 3dB de margen de error y por atenuador. Según el estándar 10G-PON trabaja en dos rangos de longitudes de onda ascendente y descendente, en las tablas a continuación se muestra el análisis para los dos tipos de transmisiones, además se observa el diagrama de los elementos de la red de cada enlace.

Se consideró agregar atenuadores a cada puerto de la OLT, 4 en este caso; debido a que por las cortas distancias y sin considerar el valor de margen de error, el presupuesto de potencia quedará por debajo del menor valor de atenuación de la ODN a lo establecido en el estándar 10G-PON, sin embargo, en el cálculo de presupuesto de potencia por enlace bastaría sumarle la pérdida del

atenuador, en el caso de no considerar los 3dB de seguridad.

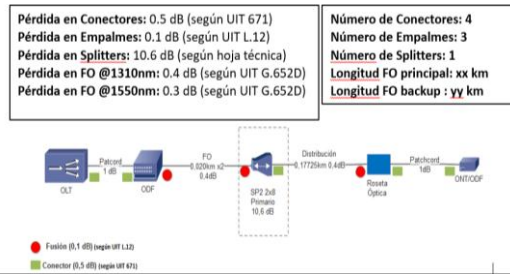


Fig. 9. Cálculo de presupuesto de potencia por enlace

Obteniendo un promedio de 16,6 dB de pérdida, tomando en cuenta estos valores se puede concluir que, los valores en todos los casos se encuentran dentro del rango de atenuación máximo y mínimo soportado por la ODN.

Para obtener el presupuesto de potencia desde el segmento de red de la OLT hacia la ONU se toma en cuenta los valores de la potencia de transmisión máxima, la sensibilidad de recepción máxima de la transmisión de estos equipos activos. En la figura 10 se observa el presupuesto de potencia mínimo y máximo del enlace.

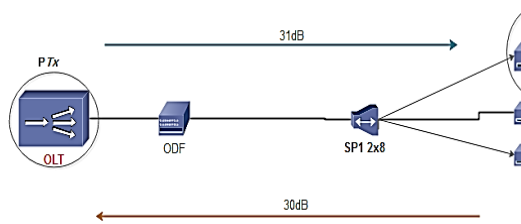


Figura 10. Presupuesto de potencia equipos activos

Considerando el valor menor que es de 30 dB como referencia, se puede determinar que el presupuesto de potencia requerido por los enlaces anteriormente definidos es menor que el que ofrecen los equipos activos. En conclusión, se establece que la señal enviada desde la OLT llega hacia el receptor y evita que este se sature

eliminando la posibilidad de que sufra daños debido a la recepción de señales mayores a la máxima potencia de recepción del dispositivo.

III. CONCLUSIONES

Las recomendaciones del estándar de tecnología 10GPON y sus secciones en especifican los datos de pérdidas de los elemento que intervienen en una red óptica, también se diseñó el anillo principal y redundante de forma lógica basadas en la configuración de equipos pasivos redundantes en este caso el splitter, además del análisis de los presupuestos de potencia que garantiza que la señal óptica llegará a cada equipo ONT en cada edificio, de esta forma el diseño del presente proyecto garantiza el correcto funcionamiento para ser implementado según requiera la institución.

Con los reportes por semana del número de usuarios en las horas pico en cada uno de los access point de cada edificio del campus universitario, se realizó el cálculo de los Factores K, parámetros que sirvieron para realizar la proyección de la capacidad de la red de acceso de fibra óptica

Las gráficas estadísticas y datos de la capacidad por enlaces que proporcionó la herramienta de monitoreo NTOP facilitaron determinar la capacidad mínima que es de 333Mbps para el enlace troncal de fibra de Posgrados, gracias a estos datos se realizó un dimensionamiento adecuado de la red y generó los requerimientos necesarios para los equipos a utilizar en el diseño de este proyecto.

Se eligió la tecnología 10G-PON para el desarrollo del diseño del anillo de fibra óptica principal y redundante del campus universitario en base a la especificación

en el tema del diseño de este proyecto, sin embargo, se concluyó que para tasas de transmisión en el orden de los Mbps, dato obtenido del monitoreo de la red troncal de fibra óptica y de las necesidades que tiene la red de la universidad, la tecnología que cubre la demanda y es más factible utilizar es la tecnología GPON que al igual que 10GPON reemplaza los equipos activos con pasivos y hace más sencilla la administración de la red, con tasa de transmisión mínimas de 2,4Gbps capacidad suficiente para brindar los servicios con una alta disponibilidad y eficiencia, por al menos durante 5 años, de acuerdo al cálculo de proyección de la capacidad.

Al realizar el cálculo de presupuestos de potencia por enlace, el valor de margen de seguridad de 3dB puede no ser requerido, debido al amplio valor restante de dBs, sin embargo, se consideró en el cálculo para no quedar por debajo del límite menor de atenuación según el estándar de 10GPON con respecto a la ODN, como alternativa también se presupuestó un atenuador con una pérdida de 1dB cantidad mínima para superar el valor mínimo requerido de presupuesto en los enlaces, de cualquier forma, tomando en cuenta los 3dBs o colocando un atenuador en cada puerto(4) de la OLT, el presupuesto por enlace supera los 14dB de pérdida mínima en la ODN del estándar ITU-T G.987.2 Gigabit Passive Optical Networks, por lo que se puede decir que se ajusta a la norma del diseño y se asegura que la señal desde la OLT llegue al receptor y viceversa.

Con la obtención de los requerimientos mínimos de los equipos y la ayuda del dato de la capacidad máxima por enlace, se logró ubicar en los planos la distribución de la red de acceso

de fibra óptica y siguiendo la recomendación de la ITU-T L3 se consideró utilizar las instalaciones de ductería y pozos existentes con la finalidad de reducir los costos en instalación y mano de obra.

IV. RECOMENDACIONES

Los equipos activos deben ser compatibles. Es recomendado que estos equipos sean adquiridos desde un mismo fabricante para evitar pérdidas en la transmisión de datos.

Las instalaciones de la ductería y pozos en donde el backbone de fibra óptica que se encuentra colocado, es adecuado, sin embargo, de acuerdo a los reportes dados de cortes sucintados en la instalación de los ascensores en cada edificio, será necesario colocar cintas que indican el lugar y cuantos metros bajo tierra se encuentra el cable de fibra óptica, con esto será posible evitar dichos problemas debido a malas prácticas a la hora de la instalación de materia de red óptica.

En el campus de la universidad como se indica en el diseño de este proyecto existen ducterías, las mismas que no se encuentran en las condiciones adecuadas, como por ejemplo pozos llenos de agua y cubiertos de maleza, lo que provoca que el cable de fibra óptica se vaya desgastando según pasa el tiempo; se recomienda lleven a cabo labores de mantenimiento o procesos de cierres herméticos en los pozos PM-PC01 y PM-PC02 en donde irían ubicados las cajas de distribución del diseño del presente proyecto.

Realizar un análisis y levantamiento de la topología de la red cableada e inalámbrica en cada uno de los edificios de campus de la universidad, harían más fácil el trabajo de los analistas de redes

que trabajan en el departamento de informática, quienes se ocupan de la administración y gestión de toda la red de la Universidad Técnica del Norte. Con el reporte de dicho análisis se podría realizar un estudio adecuado para la colocación de ONTs en las oficinas y cubículos de autoridades y personal administrativo que labora en cada uno de los edificios y llegar hasta los lugares de trabajo con fibra óptica.

Para el análisis de presupuesto de potencia de cada enlace se sugirió colocar atenuadores en cada puerto de la OLT, debido a las consideraciones planteadas en el diseño del presente proyecto; se recomienda usar un atenuador de tipo plug del mismo fabricante que los patchcords JFOPT que van de la OLT al ODF, para descartar problemas en el acoplamiento, el costo referencial está considerado en la cotización del resto de materiales.

En la actualidad no existe variedad en la demanda de equipos de comunicaciones que soporten las especificaciones del estándar 10GPON ya que es una tecnología más o menos nueva que se encuentra en desarrollo y únicamente se ha aprobado los requerimientos de capa física para la versión XG-PON1 y no para la XG-PON2, por lo que debería ser importante estar al tanto de los cambios y actualizaciones que se vayan realizando, en especial en los niveles de atenuación y capacidades mínimas y máximas recomendadas para la red óptica pasiva y equipamiento activo y pasivo.

V. REFERENCIAS

[1] Calvo, M. L. (2007). *Dispersión Cromática*. 5.

[2] Chomycz, B. (2011). *Instalaciones de Fibra Óptica. Fundamentos, técnicas y aplicaciones*. Hamburgo

[3] Cofitel. (2014). *Apuntes de Fibra Óptica*. OPTRAL.

[4] Govind, A. (2002). *Fiber Optic Communication Systems*. Rochester , New York.

[5] Ingeniería, G. d. (2001). *Métodos de Proyección de Población*

[6] Calle, Y., & Peñafiel , C. (2012). *Diseño de un anillo de fibra óptica para conectar las centrales de yalancay, sibambe y la repetidora de Ayurco en el sector sur de la provincia de Chimborazo*. Riobamba, Ecuador.

[7] Paspuel, D. (2014). *Optimización del Ancho de Banda de Acceso a Internet y Control de Tráfico de la Universidad Técnica del Norte Aplicando Calidad de Servicio*.

[8] Velasco, M. (2009). *Diseño De Un WISP En El Campus De La Universidad Técnica Del Norte Para Proveer Servicios De Internet Inalámbrico Utilizando Un Esquema Wireless Mesh Con Tecnología*

[9] CIEMTELCOM, (2014). *Fibra Canalizada*. Obtenido de: <https://goo.gl/ywVSdP>

[10] *Tecnologías de la Información y la Comunicación*. (2008) *Tipos de fibra óptica*.

[11] Laboratorio de Comunicaciones Ópticas. (2009). *Sistemas de Comunicaciones Ópticas*.

[12] Simoni, C. (s.f). *Fibras Ópticas*. Obtenido de: <http://www.ieee.org.ar/downloads/2008-simoni-fibras.pdf>

VI. BIBLIOGRAFÍAS



Jessica Torres R.

Nació en Ibarra-Ecuador el 01 de noviembre de 1991. Su estudio primario realizó en la escuela María Angélica Idrobo y secundarios en Colegio Nacional Ibarra. Miembro IEEE desde 2013- directivo IEEE-UTN en 2015. Actualmente egresada de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte.



Carlos A. Vásquez

A. Nació en Quito - Ecuador el 19 de septiembre de 1981. Ingeniero en Electrónica y

Telecomunicaciones, Escuela Politécnica Nacional en 2008. Actualmente es docente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador, y es egresado de la Maestría en Redes de Comunicación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito- Ecuador