Diseño de una Red Óptica Pasiva de Acceso Para una Urbanización Ubicada en la Vía Samborondón

Ramiro Novoa[1], Miguel Loor[2], Ing. Germán Vargas[3]
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
rnovoa@fiec.espol.edu.ec, maloor@fiec.espol.edu.ec, gvargas@fiec.espol.edu.ec

Resumen

Actualmente en nuestro país, las empresas de telecomunicaciones no llegan con sus redes de acceso a diversos sectores, tal vez por su ubicación geográfica o por otras razones. Teniendo en cuenta esto y, que las redes de acceso son implementadas con cobre como medio de transmisión, limitando su ancho de banda y velocidad de transmisión, estas redes a lo largo del tiempo no van a abastecer el crecimiento en la demanda de mayor ancho de banda. La fibra óptica puede abastecer esta demanda, debido al gran ancho de banda y velocidad de transmisión a largas distancias. Mediante este artículo, se propone una alternativa de solución al problema de accesibilidad de algunos sectores a medios multimedia, mediante el diseño de una red óptica pasiva para una urbanización, siguiendo el principio de Fibra hacia el hogar (FTTH). Nos incursionaremos en el análisis del escenario donde se va a trabajar y del diseño de la red, donde tomaremos una velocidad de transmisión de partida. Finalmente realizaremos una descripción de los equipos y cables de fibra óptica a usar en el diseño de la red, costos de la red, y un análisis de los resultados obtenidos.

Palabras Claves: *Redes de acceso, ancho de banda, velocidad de transmisión, fibra óptica, PON, FTTH.*

Abstract

Currently in our country, telecommunications companies' access networks do not reach many residential sectors, perhaps because of their geographic location or for other reasons. Typically, access networks are implemented with copper as their transmission medium which limits their bandwidth and speed. Taking those reasons into account, copper access networks over time are not going to fulfill the growing demand for higher bandwidth. Optical fiber can meet this demand, due to its high bandwidth and transmission speed over long distances. Through this article, we propose an alternative solution to the problem of multimedia accessibility to residential sectors, by designing a network with PON (Passive Optical Network) characteristics, under the Fiber to the Home principle (FTTH). We will venture into the analysis of a scenario we are going to work with and the network design, having an initial transmission speed goal in mind. Finally, we will make a description of the equipment and fiber optic cables we are going to use in the network design, network costs, and an analysis of results.

Keywords: *Access networks, bandwidth, transmission speed, optical fiber, PON, FTTH.*

1. Introducción

Desde un punto de vista tecnológico, una red de acceso es muy importante, debido a que es la red que esta enlazada directamente con el usuario final, es decir el cliente que necesita ya sea internet, teléfono, televisión, entre otras.

Existen sectores residenciales donde no cuenta aún con red de acceso instalada por alguna empresa de telecomunicaciones. Este es el caso de la urbanización Plaza Madeira, que por ubicación geográfica o por intereses políticos o comerciales carece de red de acceso para servicios como televisión pagada o internet.

La propuesta que se va a mostrar es de fibra en su totalidad de la red de acceso para llegar así con una mayor velocidad y ancho de banda hasta el usuario final, pensando también en la necesidad de este ancho de banda por usuario que va incrementando cada año. La red PON es una manera de proponer esto.

2. Fibra óptica

En los últimos años, la demanda por mayor velocidad de transmisión es tan alta que los canales de transmisión por trenzado de cobre no cubren estas necesidades, para esto es necesario un medio de mayor capacidad. Este medio es la fibra óptica, que es una varilla delgada y flexible de vidrio u otro material con un índice de refracción alto. Debido a su gran ancho de banda, la fibra puede alcanzar grandes distancias a una alta velocidad.

La fibra óptica está formada por dos círculos concéntricos. El círculo interior es el núcleo, que tiene un alto grado de pureza, es decir asegura una mínima atenuación al transmitir información. El círculo exterior es el revestimiento, que cubre el entorno.

2.1. Ventajas y desventajas de la fibra óptica

Como todo medio de transmisión, la fibra óptica tiene sus ventajas como también tiene sus desventajas.

Entre las ventajas que tiene la fibra se destacan algunas importantes. Una ventaja es la versatilidad en el uso de las fibras, ya los sistemas de comunicación por fibra son los mejores para la mayoría de formatos de comunicación de datos, voz y video. Por su baja atenuación, se garantiza excelente transmisión por 200 km sin el uso de repetidoras. La fibra posee un gran ancho de banda, ya que puede transmitir señales desde 10 GHz/km. No emite radiación electromagnética por lo tanto el ruido producido las ondas EM no afectan la información.

La fibra tiene también sus desventajas. El costo de instalación de una red de fibra sigue siendo más elevado que el de una red de con cable coaxial. Otra desventaja es su reparación, es muy complicada, por lo que se necesitan técnicos especializados.

2.2. Tipos de fibra óptica

La fibra óptica se clasifica por el modo de propagación de la luz. Un modo de propagación es el número de trayectorias finitas que sigue la luz dentro de la fibra. Se clasifica en monomodo y multimodo.

2.2.1. Fibra monomodo

Una fibra monomodo solo propaga un modo de luz. Para obtener una fibra de este tipo simplemente se reduce el diámetro del núcleo hasta solo se propague un modo, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Propagación de una fibra monomodo

Se utiliza en aplicaciones de larga distancia.

2.2.2. Fibra multimodo

Una fibra multimodo propaga más de un modo de luz. Se usan más en aplicaciones de corta distancia. A estas fibras se las puede clasificar por su índice de refracción en el núcleo. Estas son: de índice escalonado y de índice gradual.

En una fibra multimodo de índice escalonado los rayos ópticos viajan de simultáneamente, y se reflejan con diferentes ángulos sobre las paredes del núcleo, por lo que recorren diferentes distancias, como se observa en la figura 2.

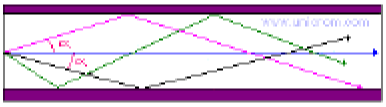

Figura 2. Propagación de una fibra multimodo de índice escalonado

En una fibra multimodo de índice gradual el núcleo está constituido de varias capas de materiales con diferentes índices de refracción, esto hace que la luz se refracte bastantes veces, como se observa en la figura 3.

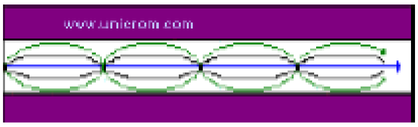

Figura 3. Propagación de una fibra multimodo de índice gradual

A continuación, se detalla la tabla 1 comparando los tres tipos de fibra mencionados.

Tabla 1. Comparación entre tipos de fibra

Caracterisitica	Monomodo	Multimodo de Indice Gradual	Multimodo de Indice Escalonado
Fuente Luminosa	Laser	LED o Laser	LED o Laser
Ancho de Banda	Extremadamente Amplio (3 a 50GHz/km)	Muy Amplio (0.2 a 3 GHz/km)	Amplio (hasta 0.2 GHz/km)
Empalme	Dificil	Dificil	Dificil
Aplicacion Tipica	Enlaces de telecomunicaciones	Troncales Telefonicas de longitud moderada	Enlaces entre computadores
Costo	El mas costoso	Costoso	Menos costoso
Diametro del nucleo	2 a 78 um	50 a 125 um	50 a 125 um
Diametro del recubrimiento	15 a 60 um	125 a 440 um	125 a 440 um

3. Redes y tecnología de acceso

La red de acceso es parte de una red más grande, la red de las Telecomunicaciones, que se clasifica en tres niveles funcionales: la red de acceso, la red troncal de transporte y la red de distribución.

La red de acceso conecta los usuarios finales con el proveedor de servicios y engloba todos los elementos que llevan contenidos multimedia. La red troncal de transporte se encarga de hacer posible que la red alcance cualquier extensión geográfica. Y la red de distribución lleva a cabo tareas de transmisión de datos y conmutación de la información.

3.1. Clasificación de las red de acceso

La red de acceso se la conoce como red de última milla. La red de acceso se la clasifica por su medio de transmisión: vía cobre y vía fibra óptica.

3.2. Redes de acceso vía cobre

El cobre es el medio físico más extendido en las redes de telecomunicaciones a nivel mundial, usado en su mayoría para telefonía, pero se puede transmitir señales de voz, video y datos simultáneamente.

Una red de acceso que transmite por el par de cobre es la tecnología xDSL, que provee conexión digital sobre la línea de la red telefónica básica, a una mayor velocidad que ésta. El envío y recepción de datos se establecen a través del modem. Estos datos pasan por un splitter, que permite el uso del servicio telefónico y servicio xDSL.

3.3. Redes de acceso vía fibra óptica

Las redes de acceso vía fibra óptica son redes de alta tecnología, ya que alcanza velocidades de transmisión superior a las de cobre. Se pueden clasificar en dos redes importantes: las redes HFC y las redes PON.

3.4. Redes HFC

Una red HFC es una red hibrida de fibra y cable coaxial, que combina ambos medios. Más que nada es una red de televisión por cable. Esta tecnología también permite el despliegue todo tipo de servicio de telecomunicaciones, es decir, datos telefonía, internet.

3.5. Redes PON

Una red PON permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente, y en su lugar se coloca componentes ópticos pasivos, para guiar el tráfico por la red. Tienen una estructura simple, formada por tres elementos:

- Módulo OLT (Optical Line Terminal)
- Divisor óptico (Splitter óptico)
- Modulo ONU (Optical Network Unit)

Un modulo OLT se encuentra en el nodo central de una operadora de telecomunicaciones, es el que transporta los datos desde la central hasta el splitter.

El splitter recibe cables de fibra óptica de ambos lados, y simplemente divide la señal de la fibra.

Los módulos ONU son los que reciben la información que viene desde el splitter. Si se quiere llegar con FTTH significa que el cableado de fibra llega dentro del hogar y ahí se coloca el ONU, tal como se ve en la figura 4.

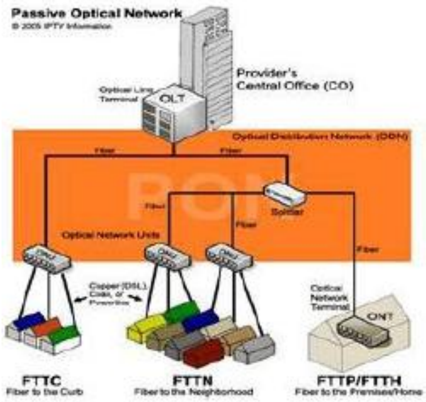

Figura 4. Ejemplo de una red PON

3.5.1. Tipos de redes PON

Las redes PON se pueden clasificar dependiendo de su estándar y bajo que protocolo fue desarrollado. En la tabla 2 se resumen los tipos de PON.

Tabla 2. Descripción de los tipos de PON

Tipo	Estandar	Caracteristicas Adicionales
APON	ITU-T G.893	a) Basa su transmision en ATM b) Tasa maxima 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 estandares de banda ancha
EPON	IEEE 802.3ah	a)Se basa en trafico Ethernet b)Fue realizada especificamente 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
GEPON	IEEE 802.3ah	a) Desarrollado sobre Ethernet b) Tiene las mismas caracteristicas que la GPON
HGPON [11]	ITU-T G.894	a) Desarrollado sobre ATM b) Caracteristicas similares a la GPON c) Tiene mayor capacidad de ancho de banda

3.5.2. Redes EPON

EPON fue creada dado que la plataforma Ethernet ya estaba en funcionamiento en gran parte del mundo. Esta es una red óptica pasiva que lleva tráfico de datos encapsulados en tramas Ethernet.

Por el canal descendente, las tramas Ethernet son transmitidas por el OLT pasan a través del splitter 1:N, donde N puede ser entre 2 hasta 256, y llega a cada ONU. Ethernet se transmite en general por el canal descendente, encaja perfectamente con la arquitectura Ethernet PON, es decir arquitectura punto-multipunto. A continuación se ilustra lo mencionado en la figura 5.

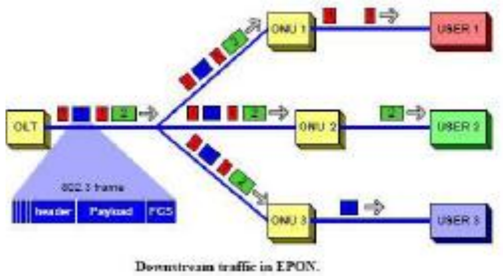

Figura 5. Tráfico en el canal descendente de una EPON

En el canal ascendente, lo que ocurre es que el comportamiento de la EPON es el de la arquitectura punto-punto, ya que cada ONU transmite contenidos al OLT. Esto significa que las tramas procedentes de las ONU se transmitirían simultáneamente aunque haya riesgo de colisión, por lo que se requiere que las ONUs empleen un mecanismo arbitrario para prevenir colisiones de datos y de esta manera compartir la capacidad del canal de la fibra. Este mecanismo es conocido como TDMA, con esto quedan sincronizados para enviar en su intervalo de tiempo correspondiente sus paquetes a la velocidad total del canal. En la figura 6 se ilustra el proceso.

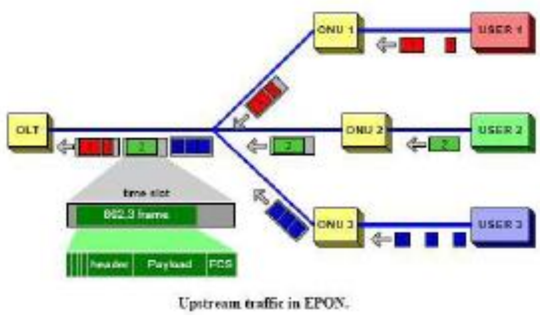

Figura 6. Tráfico en el canal ascendente de una EPON

4. Estándar IEEE 802.3ah

Para el diseño, el estándar IEEE 802.3ah, también llamado Ethernet en la última milla. Este estándar fue elaborado para usuarios que requieren o tienen redes de las topologías punto-multipunto sobre fibra, punto-punto sobre fibra y punto-punto sobre cobre. Dado que la EPON es de topología punto-multipunto en el canal descendente y punto-punto en el canal ascendente, este estándar se puede aplicar al modelo de red EPON, por lo que se lo escogió para el diseño de la red.

5. Diseño de la red de acceso EPON

Para el diseño de la red óptica pasiva de acceso se han tomado en cuenta algunas consideraciones que van desde la parte técnica hasta la ubicación propia de la red.

5.1. Situación actual de abonados

Se va a diseñar un tendido de fibra óptica, con características de una red óptica pasiva, a utilizarse como parte de la red de acceso para la urbanización Plaza Madeira, que como antes se mencionó no cuenta aún con una red de acceso instalada por alguna empresa de telecomunicaciones para servicios como televisión pagada o internet. Solo posee la red telefónica básica de cobre de CNT.

5.2. Determinación del área geográfica de cobertura

La urbanización mencionada está situada en el Km. 16.5 de la vía a Samborondón, y la central del proveedor CNT está ubicada en la ciudadela Las Orquídeas, aproximadamente a 5.2 km de la urbanización por la vía Perimetral y av. Francisco de Orellana. Plaza Madeira, en la actualidad, consta con una sola etapa, dividida en 12 manzanas donde viven 178 familias y 6 locales comerciales que también se tomaron en cuenta, en total 184 abonados. Se está construyendo una segunda etapa pero no se la tomando en cuenta considerando en el diseño.

Para este sector, otras empresas como TV Cable, que cuenta con una red de acceso HFC, ofrece a otras urbanizaciones cerca de Plaza Madeira servicios de telecomunicaciones con un ancho de banda máximo de 3.1 Mbps para internet a usuarios residenciales y CNT por medio del ASDL entrega hasta 4 Mbps. Se va a tomar este valor como un valor de referencia.

Podemos apreciar que el tendido de fibra consta de un cable de al menos 5,200 m de largo con características de una red óptica pasiva. Para el diseño el cable iría desde la central de la CNT de Pascuales ubicada en la ciudadela Las Orquídeas hasta la entrada de urbanización Plaza Madeira, donde está ubicado un Access Point (AP).

5.3. Establecimiento del tipo de tecnología a utilizar

En el diseño se va a utilizar como base la arquitectura de una PON ya que esta permite eliminar elementos activos de la red para que en su lugar se coloquen componentes ópticos pasivos desde el servidor hasta el cliente.

Se escogió EPON por sus múltiples ventajas que PON. Como es el caso del estándar con el que trabaja, IEEE 802.3ah, que es muy familiar en nuestro medio, y tomando en cuenta las características de esta tecnología y las condiciones de nuestro proyecto, consideramos EPON como la indicada ya que este podría ser un proyecto claramente aplicable.

5.3.1. Ventajas de la tecnología EPON

La arquitectura EPON se basa en el transporte de tráfico manteniendo las características del grupo IEEE 802.3, incluyendo el uso del full-dúplex de acceso al medio. Trabaja directamente a velocidades de Gigabit, que tiene que ser dividido para el número de usuarios.

Esta tecnología permite una mayor cobertura de hasta 20 km desde la central, mientras que las tecnologías DSL como máximo cubren 5.5 km.

5.3.2. Comparación entre EPON y GPON

Ambas tecnologías ofrecen ventajas y desventajas, dependiendo de la aplicación que se le piensa dar y algunas de sus características, tales como la tasa de bits y costos.

Las tasas de bits varían entre ambos protocolos. GPON, por su parte, ofrece entre 1.25 y 2.5 Gbps en el canal descendente y desde 155 Mbps hasta 2.5 Gbps en el canal ascendente, mientras que EPON ofrece una tasa simétrica de 1.25 Gbps.

GPON soporta hasta 128 ONUs, mientras que EPON puede soportar hasta 256 ONUs.

Se ha estimado que una EPON repercute en un 10% menos que GPON los costos de equipos y en la red en general, llegando casi al nivel de algunas tecnologías a base de cobre. En la tabla 3 se muestra las características más importantes de EPON y GPON.

Tabla 3. Comparación EPON y GPON

CARACTERISTICAS	EPON	GPON
Tasa de bits (Mbps)	Down: 1250 Up: 1250	Down: 2488, 1244 Up: 2488, 1244, 622
Codificación de línea	8b/10b	NRZ (+ aleatorización)
Radio de división máximo	1:256	1:128 (1:64 en práctica)
Protocolo de nivel 2	Ethernet	Ethernet sobre ATM
Soporte TDM	TDM sobre IP	TDM sobre ATM
Alcance Máximo	20 km	20 km
Estándar	IEEE 802.3ah	ITU-T G984.X

5.4. Estructura y elementos de la red

Como toda red EPON, este diseño obedece el estándar 802.3ah, por lo tanto tiene los mismos elementos y equipos expuestos anteriormente. Toda la red utilizará fibra óptica y la estructura se la diseño utilizando el principio de FTTH, en base a los requerimientos y a la geografía del escenario.

5.4.1. Determinación y descripción de equipos a utilizar

La red inicialmente estará diseñada para un máximo de 128 familias, con posibilidades de expansión. En la tabla 4, se hace una descripción de los equipos aplicados al diseño.

Tabla 4. Equipos a utilizar en el diseño de la red

EQUIPOS A UTILIZAR	CANTIDAD	DISTANCIA [m]
OLT	2	-
ONU	128	-
SPLITTER (1:8)	18	-
Cable multifibra monomodo 4 fibras	1	5200
Cable multifibra monomodo 2 fibras	1	3840
Rosetas, Conectores, vinchas	N/D	-

El OLT es el elemento cabecera de la red, y se conoce que para EPON cada OLT abarca un máximo de 256 ONUs con una infraestructura monofibra. Para nuestra red, se utilizaran 2 equipos OLT que reparten cada uno la señal entre 64 abonados, que llevaría un total de 128 abonados. Cada OLT va a utilizar un hilo de fibra del cable principal. Se decidió utilizar 2 OLTs, ya que cada uno lleva un ancho de banda de 1.25 Gbps, entonces al repartirlo entre 64 abonados, cada cliente tendrá 19.53 Mbps de velocidad, un ancho de banda optimo para poder brindar, con excelente calidad. En la tabla 5 se resume lo mencionado.

Tabla 5. Velocidad de línea por usuario para la red

EPON	Velocidad de Línea	SPLITTER 1:8	SPLITTER 1:64
Downstream	1.25 Gbps	156.25 Mbps	19.53 Mbps
Upstream	125 Gbps	1.25 Gbps	1.25 Gbps

Los splitters dividen la señal que viene del OLT, en el diseño se utilizará 2 niveles de splitters para repartir la señal y están ubicados en cascada. Todos los splitters utilizados serán de 1 a 8. Para el primer nivel, se necesita 1 splitter y para el segundo 8 splitters, por cada OLT y por cada hilo de fibra utilizado.

El ONU es el último elemento en la red, este equipo estará ubicado en el lugar de la residencia del cliente. Y como se mencionó, serán 128 ONUs para 128 usuarios, lo que significa un ONU por residencia.

El cableado de la red va a ser fibra monomodo. El cable principal de fibra para la parte externa de la urbanización será de 5,200 m de longitud y un mínimo de 4 hilos de fibra monomodo. Para el resto de la red se utilizará un cable de fibra también monomodo pero de 2 hilos. Se estima que para el cableado interno se requiere un promedio de al menos 30 m por cada ONU. Teniendo en cuenta que son 128 ONUs, la longitud aproximada del cable seria de 3,840 m. El cableado estará ubicado de forma aérea entre la central de la CNT y la urbanización.

5.4.2. Topología de la red

Existen varios tipos de topología adecuadas para una red de acceso. Para esta red, se escogió el tipo árbol-rama con la que buscamos flexibilidad. También se escogió por la geografía del escenario, como se muestra en la figura 8.

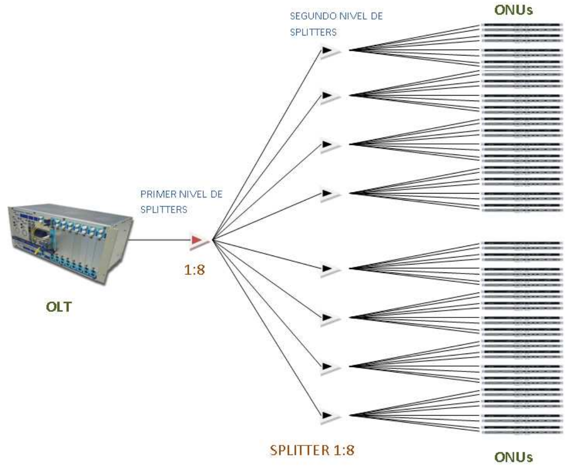

Figura 8. Diagrama Topológico de la red

Este diagrama es solo para un solo hilo de fibra óptica, el total de la red seria el doble, ya que son 2 OLTs, 18 splitters y 128 ONUs.

5.5. Esquema del diseño de la red

Para tener una mejor apreciación del diseño de la red, el esquema se lo ha dividido en dos partes: la primera en el exterior de la urbanización y la segunda parte dentro de la misma.

5.5.1. Red en el exterior de la urbanización

La red en el exterior simplemente consta de los dos OLTs y el cableado de 2 hilos de fibra óptica. En la figura 9 se muestra un mapa con el exterior de la red, es decir afuera de la urbanización.

Figura 9. Red en el exterior de la urbanización

5.5.2. Red en el interior de la urbanización

La red en el interior de la urbanización consta de los 2 niveles de splitters y del cableado a unos cuantos abonados. En la figura 10, se muestra el resultado del diseño sobre un plano básico de la urbanización.

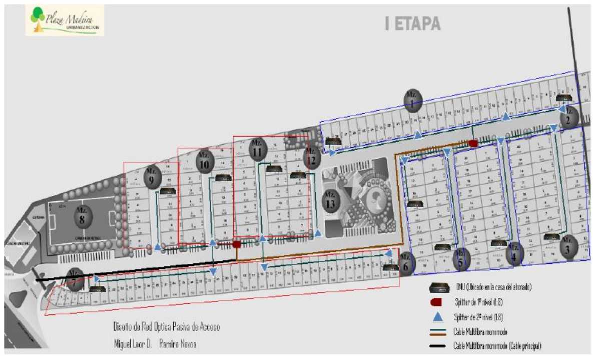

Figura 10. Red en el interior de la urbanización

6. Costo aproximado de la red

Cuando se requiere determinar la factibilidad de un sistema es impredecible realizar un análisis económico del mismo. Por lo que es necesario delimitar en el diseño de la red una excelente alternativa de funcionamiento a precios convenientes. Cuando se refiere a precios convenientes, se habla de precios en el mercado de equipos, cables y accesorios para una red que todavía no ha sido implementada en el país. El costo total aproximado de la red es la suma de costos, es decir, la compra de todos los equipos y materiales utilizados para la implementación, como las ONUs, OLTs, splitters, cables de fibra, entre otros, sumado al costo de la mano de obra, que se utilizara para la instalación de los equipos, como para el chequeo y testeo de todas las etapas de la red. Las tablas siguientes muestran algunos costos sobre los equipos de la red y costos de instalación y mano de obra.

Tabla 6. Costos equipos OLT, ONUs, splitters y otros

EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
OLT	Tarjeta Controladora OLT EPON: Tiene 2 puertos EPON para ser insertada en uno de los slots del chasis	2	$ 2,848.69	$ 5,697.38
	Chasis SAE-2002-5UA: Tiene 8 slots para insertar tarjetas OLT EPON, con capacidad para 512 ONTs	1	$ 6,301.52	$ 6,301.52
ONU	Tarjeta ONU EPON FastEthernet: Tiene 2 puertos eléctricos Ethernet para control de flujo	128	$ 107.51	$ 13,761.12
	Chasis MicroSAE/220AC: Solo para insertar 1 tarjeta ONU EPON	128	$ 348.48	$ 44,605.33
Splitter	Divisor óptico con relación de fibras 1 a 8	18	$ 56.70	$ 1,020.67
Varios	Rosetas, conectores, cajas de empalme, vinchas, bandeja de FO	1	$ 1,995.15	$ 1,995.15
			Total	$ 73,381.17

Tabla 7. Costos cables de fibra óptica

CABLE	DESCRIPCION	CANTIDAD (m)	PRECIO UNITARIO ($/m)	PRECIO TOTAL ($)
PKP Genérico	Cable con 4 fibras	5,200	$ 1.15	$ 5,990.71
KP512	Cable con 2 fibras	3,840	$ 0.78	$ 3,014.09
			Total	$ 9,004.80

Tabla 8. Costos de instalación y mano de obra

EQUIPOS A INSTALAR	DESCRIPCION	CANTIDAD	DISTANCIA (m)	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Fibra óptica	Instalación, tendido, fusión de fibra óptica	1	9,040	$ 1.50	$ 13,560.00
Equipos pasivos	Instalación y configuración de OLT, 128 ONUs, entre otros	1	-	$ 1,700.00	$ 1,700.00
				Total	$ 15,260.00

A continuación, en la tabla 9 se muestra un costo total aproximado de lo que la red podría costar.

Tabla 9. Costo total aproximado de la red

TOTAL DE COSTOS	PRECIO TOTAL
Costos de equipos OLT, ONU, splitters y otros	$ 73,381.17
Costos de fibra óptica	$ 9,004.80
Costos de Instalación y mano de obra	$ 15,260.00
Total	$ 97,645.98

7. Parámetros del diseño de la EPON

Para el análisis del diseño de la red, se deben tomar algunos parámetros para la evaluación, tales como la flexibilidad, escalabilidad, entre otras.

7.1. Flexibilidad de la red

El diseño de la red es flexible en todas sus etapas, ya que la topología que elegida está abierta a modificaciones, además en las etapas de distribución se utilizó cables con un número de fibras mayor al necesario dejando así fibras de respaldo, las cuales se pueden utilizar para expandir la red.

7.2. Escalabilidad de la red

La red, en general, es escalable ya que tiene la capacidad de incrementar su rendimiento sin necesidad de rediseñarse. Con esta finalidad se utilizó un solo equipo OLT por cada 64 usuarios, esto garantiza que se pueda brindar un servicio de alta velocidad a estos abonados y agregar nuevos suscriptores a la red sin sobrecargar el canal ni afecte la calidad de servicio.

7.3. Velocidad de línea de la red

La velocidad de línea es de 1.25 Gbps en ambos canales de transmisión, pero para el canal descendente se divide esta velocidad en los dos niveles de splitters. Después del 1er nivel de splitter, la velocidad de línea es de 156.25 Mbps y luego del segundo nivel de splitters, es decir cuando llega al usuario final, la velocidad es de 19.53 Mbps. En el canal ascendente, dado que se comporta punto a punto la velocidad se mantiene en 1.25 Gbps.

7.4. Perdidas de la red

Las pérdidas de la red se traducen a las pérdidas por empalmes, por conexiones, por inserción, por atenuación, por longitud de la fibra y por otros aspectos que afectan a la red como agentes externos, interferencias, ente otros. Se considera un segmento de red desde un OLT hasta un ONU cualquiera.

Teniendo en cuenta que la longitud de la fibra es de 5.2 km, y con distancias relativas, se estima una longitud total de la fibra 5.25 km. Luego de hacer algunos cálculos, se obtuvieron los resultados descritos en la tabla 10.

Tabla 10. Pérdida total aproximada de la red

PERDIDAS	VALOR (dB)
Por longitud	2.1
Por conectores	1
Por empalmes	0.2
Por insercion	4.8
Margen de perdidas	2
Total	10.1

8. Conclusiones

Luego de desarrollar el proyecto, se puede concluir que se diseñó una EPON de pequeño tamaño pero contiene todas las etapas de una red completa como son las etapas de transporte, distribución y acceso al usuario.

Al elegir esta tecnología EPON se obtuvo notables ventajas en comparación con la GPON y tecnologías de cobre, en especial el número de usuarios a la que se puede llegar es superior que la

GPON, entre otros como ya se expuso a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Además, se cumplió uno de los objetivos planteados, principalmente por el estándar IEEE 802.3ah y la topología escogida, con un ancho de banda de 19.53 Mbps a cada usuario muy por encima de lo que se puede llegar normalmente con otras tecnologías de acceso.

La migración a una nueva tecnología, normalmente conlleva cambios en equipos activos y pasivos, pero la tecnología EPON no produce cambios bruscos en la red ya que se usa como plataforma base el Ethernet, el cual esta implementado en todas las redes de los proveedores de servicios.

El costo estimado de la red es de casi $98,000, lo que significa que no es una red muy costosa para ser una PON que usa en su totalidad fibra óptica, y los equipos en el futuro van a depreciarse por lo que va a ser más accesible esta tecnología para todo tipo de usuarios.

Finalmente, tomando en cuenta la geografía, el estándar escogido, la topología y arquitectura seleccionada y todas las características que posee el diseño, se puede concluir que EPON resultante es flexible, escalable, fiable y con ancho de banda aceptable con lo que se puede brindar cualquier tipo de servicio de telecomunicaciones.

9. Agradecimientos

A Dios, en primer lugar, por darme salud, vida y por siempre estar a mi lado en todo momento. A mis padres por su constante apoyo y cariño en todo momento, porque gracias a ellos soy quien soy hoy en día. A mis hermanos y amigos, quienes me apoyaron y me alentaron en la elaboración de este proyecto.

Ramiro

A Dios sobre todas las cosas porque nos bendice día a día con su inmenso amor. A mis padres y hermanos por apoyarme siempre en todas las etapas de mi vida, ayudándome a ser siempre una mejor persona. Al Ing. Germán Vargas porque ha sido una guía y una gran ayuda para el desarrollo de este proyecto.

Miguel

10. Referencias

[1] KASAP, SAFA O. Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices. Prentice Hall. 2001. pp. 87-90

[2] Paños, Sergio. "Communication Technology". Diseño e implementación de la red de una empresa. 2008. http://www.scribd.com/doc/33420394/Diseno-e-implementacion-de-la-red-de-una-empresa , (10 Enero 2010)

[3] Euroamericana S.A. "Fibras ópticas". Fibra Óptica. 2000 http://www.euram.com.ni/pverdes/Verdes_Informatica/Informatica_al_dia/fibra_optica_145.htm, (20 Febrero 2010)

[4] Godoy, Marcela. "Fibra óptica". Introducción de redes. 21 Febrero 2006. http://www.mailxmail.com/curso-introduccion-redes/fibra-optica, (14 Marzo 2010)

[5] Electrónica Unicrom. "Fibra Óptica, multimodo índice gradual, monomodo". Fibra Óptica. 2002-2010. http://www.unicrom.com/art_FibraOptica_multimodo_gradual_transmision_usos.asp, (18 marzo 2010)

[6] Pascual Ramos, Francisco [Prof. Dr.]. "Técnicas y documentación sobre empalmes de fibra óptica". 20 Mayo 2008. http://www.taringa.net/posts/info/1241191/Tecnicas-y-documentacion-sobre-empalmes-de-fibra-optica.html , (21 Febrero 2010)

[7] Sacaquirin, S. "Capitulo 1". Año 2007 http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/183/2/Cap1.pdf, (11 de Febrero 2010)

[8] Pruñonosa, David. "Envío y recepción en xDSL". Tecnología xDSL. 7 Noviembre 2005. http://www.wikilearning.com/tutorial/tecnologias_xdsl/6726-3, (1 Marzo 2010).

[9] Kustra, Ruben [Ing.]. "Introducción al posicionamiento de los sistemas de acceso de banda ancha". Septiembre 2006. http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2006/septiembre/banda-ancha_e.asp, (10 Diciembre 2009)

[10] MCGARTY, TERRENCE. "Fiber to the Home: Capital Costs and the Viability of Verizon's FiOS". The Telmarc Group. 2006.

[11] MURASE, TETSURO Y SMITH, STEPHEN. "G-PON System". Fujitsu Sci Tech. 2006.

[12] Reina, Santiago y Antón Serna, Héctor. "Redes EPON derivados". http://es.wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_EPON_derivados, (26 Julio 2010)

[13] Beck, Michael. Ethernet in the First Mile: The IEEE 802.3ah EFM Standard. USA: McGraw-Hill, 2005. Cap. 1 p. 17.