

Estudio de factibilidad de una red de acceso para servicios triple play en el sector central de la ciudad de Ibarra, mediante la combinación de las tecnologías FTTX (FIBER TO THE X).

Alejandra Quishpe, Ing.

Nuvia Vinueza, Ing.

María Soledad Jiménez, MSc.

Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

Resumen -Este trabajo presenta un estudio acerca de las redes de acceso, describiendo aquellas tecnologías basadas en fibra óptica, que son las que pueden ofrecer altas capacidades comparadas con otros medios de transmisión. Dentro de este tipo de redes, existe un grupo de tecnologías denominadas FTTx donde x denota el punto hasta donde llega la fibra.

En el sector central de la ciudad de Ibarra se concentra el mayor número de comercios, centros educativos y hogares; y es aquí donde se puede establecer un modelo de diseño en base al uso adecuado de las tecnologías FTTx, el mismo que incluye un estudio de factibilidad para su implementación.

Abstract -This work presents a study about the access networks, describing those technologies based on optic fiber, respect to capacities with other conduits. Inside this type of networks, there is a technology group that is called FTTx, where "x" denotes the point up to where the fiber arrives.

In the downtown of Ibarra, there is a lot of business, educational centers and homes; and it is here where a design model can settle down based in to the FTTx technologies, the same one that includes a study of feasibility for their implementation.

I. FIBER TO THE X

A. Las Redes de Acceso

La infraestructura final de las redes de telecomunicaciones que une el equipo de la central del proveedor con el usuario final se denomina red de acceso.

1. Tecnologías de acceso Alámbricas [1]

1.1 Tecnología xDSL (x Digital Subscriber Line)

Aquellas tecnologías que utilizan técnicas de modulación y códigos de línea adecuados para permitir que sobre el par trenzado telefónico se transmitan datos a altas velocidades, se agrupan bajo las siglas xDSL, dentro de este grupo podemos encontrar VDSL que es la tecnología que se aplicará en este diseño.

1.2 Tecnología HFC (Híbrido Fiber Coaxial)

Es una red híbrida compuesta de cable coaxial y fibra óptica que permite ofrecer servicios que requieren de gran capacidad por medio de un único medio de transmisión, empleada básicamente por los proveedores de televisión por cable.

1.3 Redes de Fibra Óptica

Aparecen principalmente para suplir las limitaciones del par trenzado y conseguir prestar de forma masiva servicios que requieren de gran ancho de banda. Los elementos de una red óptica se muestran en la figura 1.1 y a continuación se hace una breve descripción de ellos:

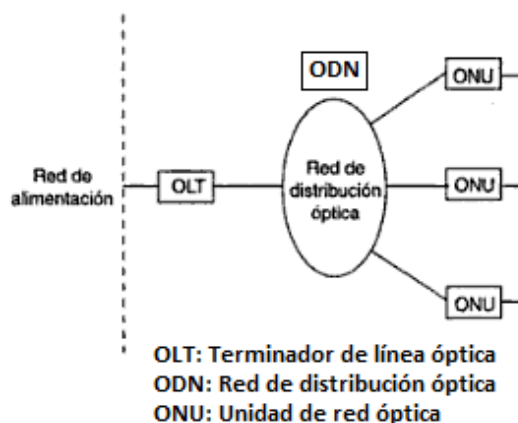


Figura 1.1: Elementos de una red óptica [10]

Terminador de Línea Óptica (OLT, Optical Line Terminal): Encargada de la administración y autenticación de los abonados.

Red de distribución de Fibra Óptica (ODN, Optical Distribution Network): Constituye la planta externa que parte de la central hacia los nodos primarios.

Terminador de Red Óptica (ONT, Optical Network Terminator): Sirve de interfaz entre la red de acceso y la red interna del abonado.

Unidad de Red Óptica (ONU, Optical Network Unit): Es el equipo terminal ubicado en la casa del usuario final.

1.3.1 Tipos de redes Ópticas de Acceso

Dependiendo de los equipos que constituyen la red pueden ser clasificadas como pasivas o activas. A continuación se describen dos tipos de redes ópticas pasivas:

a) REDES xPON (x PASSIVE OPTICAL NETWORK): Son redes donde existen varios nodos ópticos unidos con la cabecera a través de fibra, las redes ópticas pasivas proporcionan una transmisión muy segura y libre de errores, con una alta capacidad de transferencia. Algunas variantes de las redes PON son:

- **APON** (ATM *Asynchronous Transfer Mode* *Passive Optical Network*).
- **BPON** (*Broadband PON* - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha).
- **GPON** (*Gigabit PON*): Basada en BPON en cuanto a arquitectura y además permite el soporte global multiservicio: voz, Ethernet, ATM, con una cobertura de 20 km. Llega a una capacidad de 2.5Gbps en el canal descendente y de 1.25Mbps en el canal ascendente.
- **EPON** (*Ethernet PON*), basado en el transporte de tráfico Ethernet.

b) FTTx (*Fiber To The x*): ofrece una gran capacidad de ancho de banda, la mayor parte de su infraestructura se implementa con fibra óptica, presenta algunas variantes:

- * **FTTH (*Fiber To The Home*)**, la fibra llega hasta el hogar del usuario, a pesar de ser la más atractiva en cuanto a capacidad, es la más costosa ya que requiere de un gran tendido de fibra y equipos de usuario con capacidad para transmitir señales ópticas.
- * **FTTB (*Fiber To The Building*)**, la fibra de la red de acceso llega hasta el interior del edificio, allí existe una única ONU de forma que la red interna es de cobre. Para la transmisión por el par de cobre se emplea la tecnología VDSL.
- * **FTTC (*Fiber To The Curb*) o FTTk (*Fiber To The Kerb*)**, se trata de compartir la ONU y el tendido de fibra para varios usuarios por lo que se ubica un equipo de acceso en una manzana o área residencial de una pequeña extensión.

B. Servicios Triple Play

Es la forma que los proveedores de servicios de telecomunicaciones emplean para comercializar los servicios de telefonía fija, acceso a Internet de banda ancha y televisión, mediante un único cable y equipo terminal. La integración de los servicios que conforman el paquete *Triple Play* se da gracias a la digitalización de las señales que hace posible el envío de señales de cualquier tipo por la red.

La red que se debe emplear para el transporte de los datos y conectividad a Internet debe ser convergente, es decir que sobre una misma infraestructura se puedan transportar servicios de diversa naturaleza.

Se debe tener en cuenta que la capacidad mínima requerida por cada usuario de cada sector varía de acuerdo con las actividades que realizan, en la figura 1.2 se aprecia la capacidad mínima para cada tipo de usuario:

TRIPLE PLAY REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD




	Residenciales	Comerciales	Educativos
 TV de Alta definición HD	6 Mbps	9 Mbps	9 Mbps
 Telefonía Fija	128 Kbps	128 Kbps	128 Kbps
 Internet Banda Ancha	1 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
Total mínimo aprox	8Mbps	12 Mbps	12 Mbps

Figura 1.2: Requerimiento de Capacidad para Servicios Triple Play [2]

II. FIBER TO THE X

A. Información General y estadísticas del sector de las Telecomunicaciones en el Ecuador

El Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), fue creado como el ente que administra y regula al sector en el país, la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) se establece como la encargada de la ejecución e implementación de las políticas del sector de las telecomunicaciones. La Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL) se crea como el organismo que controla y monitorea el espectro radioeléctrico, es además la encargada de la supervisión y control de las operadoras a nivel nacional y de gestionar las denuncias de los usuarios.

1. Servicios de Valor Agregado Internet [3]

Se define al servicio de valor agregado como aquel que utiliza servicios finales de telecomunicaciones e incorpora aplicaciones que permitan transformar el contenido de la información transmitida.

En la actualidad nuestro país presenta una tendencia creciente de la demanda de acceso de Internet, en la figura 2.1 se muestra el crecimiento en los últimos ocho años.

Así mismo, la densidad de uso de servicios de valor agregado en la provincia de Imbabura es relativamente bajo,

lo que refleja que éste es un servicio que aún no ha sido explotado.

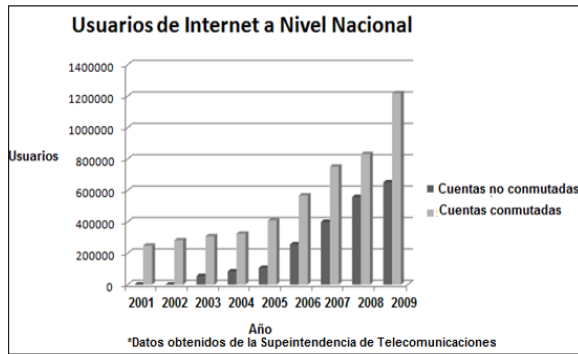


Figura 2.1: Usuarios de Internet a Nivel Nacional [3]

2. Servicios de Televisión por Cable

El servicio de televisión por cable se refiere a la transmisión de señales de audio, video y datos a través de un cable físico destinado a cierto grupo particular de suscriptores que cuentan con los equipos receptores de estas señales.

De acuerdo a datos estadísticos de la SENATEL se tiene que la penetración del servicio de televisión por cable en la provincia de Imbabura es del 4.3 %.

3. Servicios de Telefonía Fija [4]

En nuestro país actualmente se presta el servicio de telefonía fija a través de cinco operadoras a nivel nacional, en la provincia de Imbabura opera la Corporación Nacional de Telecomunicaciones “CNT”.

B. Empresas que ofrecen servicios de Internet, Televisión por Cable y Telefonía Fija en la Ciudad de Ibarra.

Las empresas que ofrecen actualmente servicios de valor agregado Internet, televisión por cable y telefonía fija en la ciudad de Ibarra son:

- CNT: Corporación Nacional de Telecomunicaciones
- Lutrol (Interactive)
- Cine Cable TV
- Soluciones Informáticas de Oriente
- Grupo TV Cable
- Transelectric

C. Análisis de Mercado

Teniendo en cuenta los requerimientos de comunicación, la infraestructura de la que disponen y el valor que estarían dispuestos a pagar, se divide al sector central de la ciudad de Ibarra en tres sectores: comercial, educativo y residencial.

2. Tamaño del Mercado [5]

En el sector elegido para el diseño, se decidió tomar el número total de lotes: un total de 4151, los datos se obtuvieron de las oficinas de Catastro de la Ilustre Municipalidad de la Ciudad de Ibarra. Se contabilizaron todos los centros educativos y comercios registrados en la Superintendencia de Compañías ubicados en este sector determinando que 415 son establecimientos comerciales, 55 educativos y un número aproximado de 3681 hogares.

3. Cálculo de la Muestra [6], [7]

Se utilizó el método de Muestreo Aleatorio Estratificado¹ apropiado cuando es necesario clasificar la muestra en relación a estratos o categorías que se presentan en la población.

Para determinar el tamaño de la muestra, se emplean como valores de cálculo el número total de lotes o predios y una relación entre la varianza de la muestra y el error esperado.

Para el total de 4151 lotes, y teniendo en cuenta que se desea tener una información adecuada, con error estándar menor a 0.01 al 95% de confiabilidad, resulta un total de 427 encuestas; pero el utilizar este tipo de muestreo implica el cálculo de la fracción del estrato para tomar una muestra similar en cada uno de los sectores, la fracción del estrato será 0.1029.

El número total de encuestas por realizar se menciona en la tabla 2.1; debido al pequeño tamaño de la población del segmento educativo se consideró necesario el realizar las encuestas a la totalidad del segmento, con esto se espera tener datos más reales sobre sus requerimientos. Con el mismo concepto se trató al segmento comercial.

SEGMENTO	POBLACIÓN N	MUESTRA A
COMERCIAL	415	43
EDUCATIVO	55	6
RESIDENCIAL	3681	378

Tabla2.1: Número de encuestas a realizarse en el sector central de la ciudad de Ibarra

4. Análisis de los resultados

De acuerdo con las encuestas realizadas, se determinó el porcentaje de aceptación del paquete *TRIPLE PLAY*, obteniendo los siguientes resultados:

Para el segmento residencial se tiene un porcentaje de aceptación del 57%.

¹ **Muestreo Aleatorio Estratificado:** Es aquel que considera categorías típicas, diferentes entre sí (extractos), que poseen gran homogeneidad respecto a alguna característica.

Para los segmentos comercial y educativo se trató de realizar la encuesta a la persona encargada del área de telecomunicaciones. Con respecto a la aceptación del paquete *TRIPLE PLAY* por parte del sector comercial, las encuestas indican un porcentaje del 68%, en tanto que para el sector educativo el porcentaje de aceptación es del 62%.

La tabla 2.2 muestran en resumen los resultados obtenidos.

<i>TRIPLE PLAY</i>	RESIDENCIAL	COMERCIAL	EDUCATIVO	TOTAL
SI	158	86	16	260
NO	220	114	3	368

Tabla 2.2: Número de usuarios dispuestos a cambiarse de proveedor y contratar *TRIPLE PLAY*

5. Proyección de la demanda

5.1 Proyección de la demanda del paquete *TRIPLE PLAY*

En la provincia de Imbabura no existen datos históricos sobre el número de abonados de este paquete, por lo que se hace uso de la ecuación de la proyección de la demanda del servicio de valor agregado Internet en esta provincia, a partir de la cual se obtiene la curva respectiva mostrada en la figura 2.2:

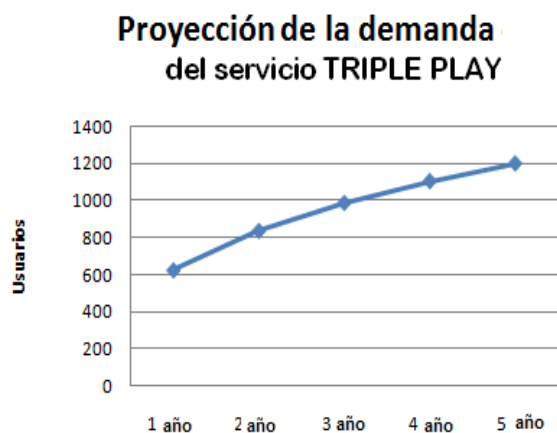


Figura 2.2: Proyección de la demanda del servicio *TRIPLE PLAY* a 5 años

III. Diseño de la Red de Acceso [9]

La planificación y el dimensionamiento se establecieron de acuerdo con la proyección de usuarios potenciales presentada en el capítulo anterior.

A. Selección del Tipo de red a utilizarse en el diseño

De acuerdo con los tipos de redes ópticas existentes, se considerará para este diseño las del tipo pasivo, que implican el uso de equipos activos sólo en los extremos de la red, esto a su vez permite el despliegue de las tecnologías FTTx.

5.2 Selección de la tecnología PON adecuada

Se decide emplear una red GPON, principalmente por los siguientes aspectos:

- GPON ofrece mejores capacidades de transmisión y puede cubrir una distancia de hasta 20 Km.
- Admite un nivel de división mayor que el resto de tecnologías PON.
- Emplea el método de encapsulación denominado GEM (*GPON Encapsulation Method*) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.).
- GPON permite el transporte de señales de video tanto RF como IP (IPTV).
- GPON provee un mecanismo de corrección de errores por FEC.
- Esta tecnología permite trabajar con FTTX y xDSL.
- GPON implementa capacidades de OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo.

5.3 División del Sector Seleccionado

Al sector central de la ciudad de Ibarra seleccionado para el diseño de la red de acceso, se lo dividió por facilidad de diseño y de administración de la red en cuatro zonas.

B. Ubicación de la OLT

En el diseño se ubicará a la OLT en la CO (*Central Office*), debido a que permite un mejor radio de cobertura, adicionalmente se facilitan y reducen los costos en la operación y mantenimiento. Se procurará su ubicación cerca del proveedor de servicios que será la CNT.

Para el diseño se utilizará una OLT que cuente con las siguientes características:

- Un puerto Gigabit Ethernet para que se conecte a un nodo de acceso de la red IP/MPLS de la CNT.
- Una tarjeta de administración que permita configurar a los clientes dependiendo del plan que contraten y que permita el monitoreo de consumo para posterior facturación, además de la detección de fallas en la red.
- Una de las características que debe tener este equipo, es operar en las siguientes longitudes de onda que permiten ofrecer los servicios *Triple Play*:
 - **1310nm** para voz y datos, en conexión ascendente, del cliente a la central.
 - **1490nm** para voz y datos, descendente, de la central al cliente.
 - **1550nm** para video de RF, en conexión descendente.

La OLT contará con 8 tarjetas GPON que soporten hasta 64 ONU's cada una, cuatro de las tarjetas GPON se conectarán mediante un cable de fibra a los *splitters*

ubicados de manera estratégica en cada una de las zonas, los restantes se tendrán como back up en caso de fallas.

1. Selección del tipo de fibra [8]

Para el diseño se empleará un cable de fibra de núcleo de vidrio con cubierta de vidrio por su buen desempeño en redes de largas distancias y su resistencia para tendidos aéreos. De acuerdo con la estructura, un cable de estructura holgada tiene mayores seguridades en cuanto al tendido y mantenimiento de la fibra, es más sensible al movimiento debido a las protecciones que tiene (gel) y su radio de curvatura es mayor que un cable de estructura ajustada.

El uso de fibra de tipo aéreo permite que el cable sea tendido en postes, se tiene la ventaja de la existencia de postes a lo largo del recorrido del cable, específicamente los postes de hormigón de propiedad de la empresa eléctrica, de esta forma el tendido resulta sencillo, además las tareas de mantenimiento y detección de fallas en el cable se simplifican.

De acuerdo a las características de cada tipo de fibra de tendido aéreo, se decide trabajar con un cable de fibra de tipo ADSS.

Se deberá utilizar un cable de fibra monomodo, que es el cable especificado para GPON. De acuerdo con la Unión Internacional de Telecomunicaciones en el sector de normalización, existen fibras monomodo de acuerdo con la norma G.652 (Estándar), G.653 (Dispersión Desplazada), G.654 (Mínima Atenuación), G.655 (Dispersión Desplazada no nula) G.656 (Dispersión Desplazada no nula para el transporte de servicios de banda ancha) y G.657 (Insensible a curvaturas), se consideran dos opciones: G.652 y G.655:

a) G.652 (Standar Single-Mode Fiber) Fibra normalizada, factible de usarse en 1300nm y 1550nm y optimizada para el cero de dispersión en 1300nm, cuenta con algunas variantes:

G.652.A: Adecuada para soportar sistemas de hasta STM-16, así como 10 Gbit/s (Ethernet) y STM-256.

G.652.B: Soporta aplicaciones de mayor velocidad binaria, hasta STM-64, y STM-256.

G.652.C: Semejante a G.652.A, pero permite transmisiones en una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

G.652.D: Semejante G.652.B, pero permite transmisiones en una gama de longitudes de onda ampliada desde 1360 nm a 1530 nm.

b) G.655 (Non Zero Dispersión-Shifted Fiber): Fibra de dispersión desplazada no nula, adecuada para transmitir en tercera ventana con bajos valores de dispersión, entre 1530nm y 1565 nm. Diseñadas para altas tasas de transmisión sobre múltiples canales y largas distancias en telecomunicaciones sus variantes son:

G.655.A: Capaz de soportar aplicaciones tales como las G.691, G.692, G.693 y G.959.1.

G.655.B: Similar a G.655.A

G.655.C: Fibra que cumple con los requerimientos de PMD y banda extendida, al aumentar el valor absoluto máximo del coeficiente de dispersión cromática.

G.655.D: Define los requisitos del coeficiente de dispersión cromática como un par de curvas limitantes en función de la longitud de onda para valores comprendidos entre 1460 nm y 1625 nm.

G.655.E: Similar a G.655.D, pero con valores más elevados que pueden ser importantes para algunos sistemas, por ejemplo para aquellos que presentan las menores separaciones de canal.

El presente diseño no contempla situaciones extremas en cuanto a distancias o requerimientos específicos, por lo que, la fibra de acuerdo con la recomendación G.652.D es adecuada para este tipo de red.

Cabe señalar que las recomendaciones G.653 y G.654, a pesar de que permiten gran ancho de banda en redes de larga distancia no trabajan eficientemente en todas las ventanas.

2. Selección y Ubicación de los Splitters

Para expandir la red de acceso, se emplearán *splitters* o divisores ópticos, que permiten la derivación de la señal por dos o más fibras distintas. Los *splitters* PLC (*Planar Lightwave Circuits*) son *splitters* de elevadas prestaciones ópticas, alta densidad de canales y menor tamaño, por lo que serán considerados para el diseño de la red de acceso.

Los *splitters* se ubicarán en cabinas exteriores, ya que la expansión de la red se facilita colocando los *splitters* de manera que permitan el uso eficiente de sus puertos. La técnica de *splitters* en cascada, presenta menores costos de despliegue por abonado y es ideal para zonas con alta penetración de mercado.

Debido a que la OLT puede soportar hasta 64 ONU's, y que el sector seleccionado para el diseño ya fue dividido en cuatro zonas, se establecen dos niveles de división: uno de 1:4 y otro de 1:16 de esta forma se logra cubrir a más usuarios ubicados a distancias mayores y se cumple con esta característica de la OLT.

2.1 Ubicación de los primarios

En puntos estratégicos de cada una de las zonas se ubicará un armario en el que se conectará un *splitter* primario de 1:4. Este detalle implica que cada una de estas cuatro zonas, se divide a su vez en cuatro sectores más pequeños, contando con un total de 16 sitios estratégicos.

2.2 Ubicación de los *splitters* secundarios

Se conectará un *splitter* secundario de 1:16 en cada uno de los 16 sectores finales. De los 16 accesos disponibles de cada *splitter*, sólo se utilizarán 8: 4 se conectarán a una ONU con capacidad de 64 usuarios y los 4 restantes serán empleados para ofrecer el servicio a clientes comerciales o educativos.

2.3 Cálculo de la capacidad de la red

Para el cálculo de la capacidad que se contratará al proveedor para la transmisión de los servicios *TRIPLE PLAY*, se tomarán en consideración los requerimientos mencionados en la figura 1.1.

Considerando que para el primer año se contará con un total de 801 usuarios residenciales, comerciales y educativos para toda la red, cada uno de ellos requiere un promedio de 10 Mbps para acceder a los servicios *TRIPLE PLAY* y teniendo en cuenta la compartición de 8:1 la capacidad total requerida será:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad} &= [(801 \text{ usuarios}) \times (10 \text{ Mbps})] / (8) \\ &= 1001,25 \text{ Mbps.} \end{aligned}$$

Asumiendo que el 65% de los usuarios se conectan a Internet, se requiere:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad Total} &= \text{Capacidad} \times 65 \% \\ \text{Capacidad Total} &= 1001,25 \times 65\% \end{aligned}$$

Capacidad Total= 650,8125 Mbps

Por lo que se contratará a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones una capacidad de 1 Gbps que se conectará directamente a la OLT.

3. Selección de la tecnología FTTX apropiada

3.1 Comparación entre FTTC y FTTB

En el diseño de la red de acceso se plantea el uso de la tecnología FTTC (*Fiber To The Curb*) para cubrir a los usuarios residenciales, y comerciales que no requieran un gran ancho de banda, considerando que es lo más eficiente ya que no se desperdicia capacidad y se reducen los costos de instalación y servicio, además la ONU puede ser compartida por un mayor número de usuarios, con lo que perfectamente se podría cubrir una manzana del sector escogido, la figura 3.1 indica un esquema de diseño propuesto.

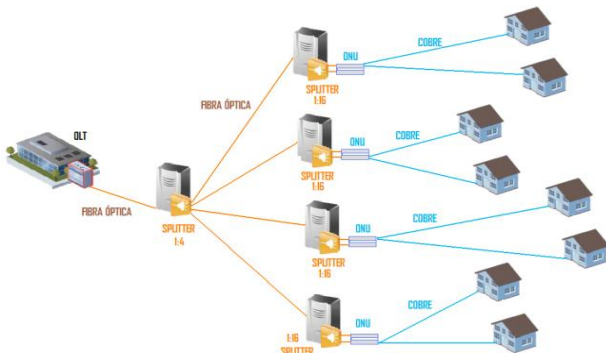


Figura 3.1: Esquema de usuarios FTTC.

3.2 Usuarios

Para ciertas entidades que poseen edificios propios se empleará la tecnología FTTB (*Fiber To The Building*), ver figura 3.2, que permite llegar directamente al edificio con la fibra hasta la ONU. Se instalará una ONU con el número de puertos dependiendo de sus necesidades, el número de

usuarios administrados por la ONU es menor debido a que se trata de evitar el desperdicio de los puertos PON en cada ONU.

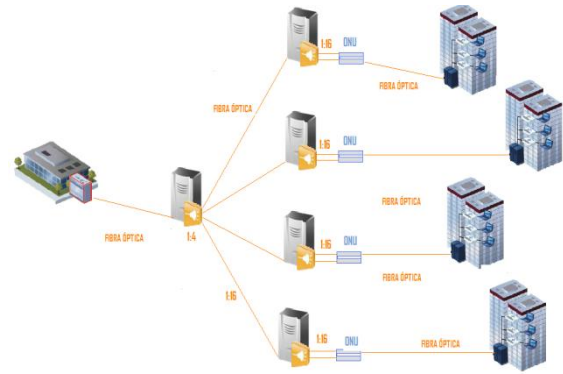


Figura 3.2: Esquema de usuarios FTTB.

En la figura 3.3 se muestra el esquema de ubicación de los módems xDSL y el tendido de fibra desde los armarios secundarios colocados de forma estratégica en cada una de los sectores hacia las ONU's de los centros educativos y comercios a los que se les ofrecerá el servicio mediante la arquitectura FTTB.



Figura 3.3: Esquema de diseño para cada sector.

4. Distribución del servicio a los usuarios

A partir de la ONU, hasta la ubicación del cliente se llegará por medio del par trenzado telefónico UTP, que es el medio de transmisión más empleado en redes LAN, su instalación es barata y sencilla aunque presenta problemas de sensibilidad a la interferencia electromagnética.

4.1 Equipo final de usuario

Considerando que las distancias que se tendrán desde la ONU al usuario final no son mayores de 300m, se puede elegir la tecnología xDSL, considerando VDSL una de las tecnologías de mayores ventajas, además de permitir el transporte de servicios de banda ancha.

De esta manera, para ofrecer al usuario final el paquete *TRIPLE PLAY* se empleará un módem compatible con VDSL y que cuente con al menos un puerto LAN con conector RJ-45, un puerto para voz con conector RJ-11 y un puerto para TV con conector coaxial tipo F o conectores RFA, la figura 3.4 muestra una aproximación de la conexión entre la ONU y el equipo final de usuario:

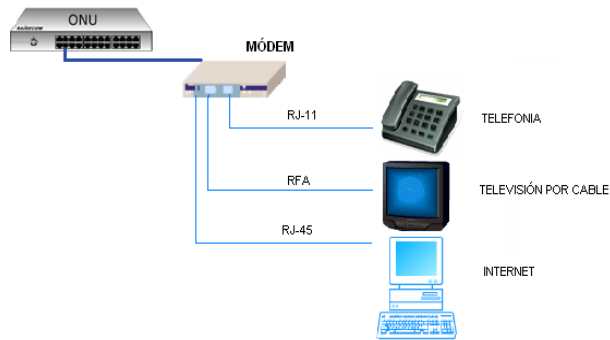


Figura 3.2: Conexión entre la ONU y el equipo final de usuario

5. Redundancia

Se plantea redundancia en equipos para la central principal y el primer nivel de *splitters*, es decir que se comprará el doble de los equipos necesarios, los segundos entrarán a funcionar inmediatamente en caso de que se presenten fallas en los primeros. Para el segundo nivel de *splitters* y las ONU's se propone una redundancia en puertos, lo que significa que se tendrán el doble de puertos requeridos, la mitad con conexiones activas y la otra mitad configurados de tal forma que entren en funcionamiento en caso de fallas.

6. Migración

Para asegurar la factibilidad del proyecto y garantizar el adecuado aprovechamiento de la capacidad tanto de equipos como de enlaces en el diseño inicial, se plantea la infraestructura necesaria para atender al número de clientes, que se espera tener hasta el segundo año de operación. Después de este período se considera necesario realizar un plan de migración que permita atender al número de usuarios estimado para los años posteriores y la capacidad que demandan, de acuerdo a una correcta planificación. Para el tercer año será necesario aplicar un plan que consiste básicamente en la instalación de un *splitter* de 1x16 y dos equipos ONU's de 64 usuarios en cada sector con lo cual se pretende cubrir la demanda de los usuarios hasta el quinto año.

C. Análisis de las Pérdidas

Se considerarán varios parámetros a partir de los cuales se realizan los cálculos de las pérdidas tanto para el cliente más alejado de la OLT como para el cliente más cercano a la OLT:

a) Atenuación ocasionada por la fibra (Af), en función de la distancia, la fibra que cumple con la norma G.652D, presenta los siguientes valores de atenuación:

Para 1330 nm: 0.37 dB/Km

Para 1550 nm: 0.24 dB/Km

Cliente más alejado de la OLT (2.373 km):

Para 1330 nm: Af= 0.878 dB

Para 1550 nm: Af= 0.576dB

Cliente más cercano de la OLT (0.012 km):

Para 1330 nm: Af= 0.004 dB

Para 1550 nm: Af= 0.003 dB

En el caso de los usuarios comerciales y educativos para los cuales se empleará la tecnología FTTB se calcula la atenuación para el tramo extra de fibra.

b) Atenuación debida a los conectores (Pc), se utilizará un total de 6 conectores para cada enlace, el conector adecuado para redes FTTX es el LC que presenta una atenuación máxima de 0.3 dB, por lo que la atenuación debida a los conectores será igual a 1.8 dB.

c) Atenuación debida a los splitters (Pst), la atenuación que se produce en cada uno de los *splitters* está determinada por nivel de división:

Splitter primario (1:4): 7.5 dB

Splitter secundario (1:16): 13.5 dB

Pst=21 dB

d) Atenuación debida al tendido de cobre: Este parámetro no es considerado, ya que de acuerdo con VDSL, los valores de velocidad establecidos se garantizan hasta una distancia máxima de 300m, los problemas en cuanto a atenuación se presentarán a distancias mayores. Adicionalmente se considera un margen de seguridad de 3 dB ante posibles fallas de la red.

e) Pérdidas Totales=PT = Af+ Pc + Pst + Mg

- Cliente más alejado

PT =26.678 dB (a 1330 nm)

PT =26.376 dB (a 1550 nm)

- Cliente más cercano:

PT =25.804 dB (a 1330 nm)

PT =25.803 dB (a 1550 nm)

Para clientes FTTB, se recalca que no se toma en cuenta al cliente más cercano ya que puede estar ubicado en el mismo armario.

Cliente más alejado

PT = Af+ Pc + Pst + Mg + Af

PT =26.789 dB (a 1330 nm)

PT =26.448 dB (a 1550 nm)

Tanto la OLT como ONU generalmente utilizan un láser del tipo DFB² (*Distributed FeedBack Laser*) por lo que se tendrá una potencia de 28 dBm, este valor será utilizado para calcular el nivel de señal que llega hasta la ONU y se determinará si trabaja dentro de los márgenes establecidos.

Para el cliente más alejado: clientes FTTB

Para 1550nm:

² **DFB (*Distributed FeedBack Laser*):** Láser que trabaja con una sola longitud de onda, introduciendo unas crestas corrugadas o red de difracción, las mismas que reflejan solamente cierta longitud de onda de regreso al láser.

La ONU que trabajará sobre un rango aproximado de -1 a 5 dBm

$28 \text{ dBm} - 26.448 \text{ dB} = 1.552 \text{ dBm}$ valor que se encuentra dentro del rango de funcionamiento de la ONU.

Para 1330nm:

La ONU que trabajará sobre un rango aproximado de -8 a 28 dBm

$28 \text{ dBm} - 26.789 \text{ dB} = 1.211 \text{ dBm}$ que también se encuentra dentro del rango de funcionamiento de la ONU.

Para el cliente más cercano:

Para 1550nm:

$28 \text{ dBm} - 25.803 \text{ dB} = 2.197 \text{ dBm}$

Para 1330nm:

$28 \text{ dBm} - 25.804 \text{ dB} = 2.196 \text{ dBm}$

Valores que se encuentran dentro del rango de funcionamiento de la ONU y garantizan su correcto funcionamiento.

Pérdidas de retorno

Para el cálculo de las pérdidas de retorno, se toma como referencia el valor de la potencia de transmisión de lo ONU que será de 4 dBm y la atenuación total del trayecto desde la OLT hasta la ONU a 1330nm que es 26.789 dB, entonces, para el correcto funcionamiento de la OLT en sentido ascendente, deberá recibir una potencia de -22.789 dBm.

7. Análisis de Proveedores de Equipos GPON

7.1 Selección de la mejor opción de los equipos

Para la selección de los equipos que se utilizarán en la red de acceso planteada, se contrastarán los requerimientos de los equipos y las características que ofrecen las diferentes marcas, aunque el costo de los equipos también hubiera sido un aspecto importante a considerar, pero para el presente estudio no ha sido factible obtener precios oficiales, especialmente por políticas de las diferentes empresas proveedoras de equipos de fibra óptica, por lo que para el análisis de los costos se emplearán valores referenciales.

Para la selección de los equipos, se han tomado como referencia a conocidas empresas que ofrecen soluciones para FTTx, como son Motorola, Tellabs y otras marcas como Telnet, TFO, Salira y Tainet.

Se realizó un estudio comparativo entre los equipos ofrecidos por las diferentes marcas, determinando los más adecuados para la red de acceso:

- La OLT será de la marca Motorola, ya que ofrece un mejor sistema tanto de administración como de mantenimiento y ofrece mayores prestaciones en caso de ampliar la gama de servicios a ofrecer.

- Los *splitters* serán de la marca TFO, éstos *splitters* se ajustan a las características necesarias como es el tipo de conector y además presentan pérdidas ligeramente menores a la otra marca analizada.

- Se considera como proveedor de los equipos ONU a la empresa TAINET que puede administrar hasta 64

usuarios en el mismo equipo característica que otras marcas no poseen.

- Por último el módem VDSL de la marca Motorola es el adecuado para ubicar en el hogar del usuario, ya que son compatibles con los equipos de la central y tienen mayores prestaciones en cuanto a los servicios que pueden ofrecer.

IV. ANÁLISIS DE COSTOS

En esta etapa del proyecto se establecen los parámetros para la formación de una empresa proveedora de servicios de Telecomunicaciones, este análisis incluye el costo inicial, costos de mantenimiento y operación y el valor del servicio.

A. Valor del Servicio

Una vez determinadas las necesidades de los potenciales clientes, se han diseñado varios planes, los mismos que están orientados a cubrir un número elevado de usuarios:

ONLY NET: Plan orientado a usuarios que únicamente desean tener conexión a Internet.

ONLY TV: Paquete diseñado para usuarios que desean exclusivamente TV por cable.

MIX TVNET: Diseñado para usuarios que actualmente cuentan con una línea telefónica y únicamente desean el servicio de Internet y TV por cable.

TRIPLE PLAY: Plan diseñado para usuarios que quieren todos los servicios.

En todos los planes se incluye un costo adicional por instalación, por módem y soporte técnico permanente. La tabla 4.1 muestra los valores de cada uno de los planes.

En base a los resultados obtenidos en el flujo de caja se calculan los parámetros financieros TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual neto), obteniendo los siguientes resultados:

TIR=25,01%

VAN= 175.601,87

De acuerdo al folleto “Análisis cuota – beneficio” de la Sociedad Latinoamericana para la calidad se considera que un proyecto es viable si tiene un TIR mayor o igual al 16%, por lo que el proyecto presentado para la implementación de la red de acceso que ofrecerá el servicio TRIPLE PLAY en la ciudad de Ibarra, es factible.

SEGMENTO:	PLAN	TARIFA MENSUAL	COST O DE INSTALACIÓN
RESIDENCIAL	ONLY NET	18,50	30
	ONLY TV	15,90	30
	MIX TVNET	25,00	30
	TRIPLE PLAY	46,50	60
COMERCIAL	ONLY NET	35,90	30
	ONLY TV	28,50	30
	MIX TVNET	86,90	30
	TRIPLE PLAY	135,00	60
EDUCATIVO	ONLY NET	30,90	30
	ONLY TV	25,50	30
	MIX TVNET	80,90	30
	TRIPLE PLAY	120,00	60
Precios no incluyen iva. Los costos de instalación deben cancelarse una única vez			

Tabla 4.1: Tarifa mensual del servicio.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El uso de redes ópticas pasivas garantiza la prestación de diferentes servicios que requieren gran capacidad de ancho de banda, como es el paquete *TRIPLE PLAY*. Las tecnologías FTTx permiten llegar con fibra hasta el usuario, lo que hace más eficiente el uso de este tipo de redes.

- Se consideró un sector que engloba a tres tipos de clientes: residenciales, comerciales y educativos y a partir de un estudio de la demanda se determinó a un posible número de clientes para implementar la red, para lo cual el sector fue dividido estratégicamente y se escogió la tecnología FTTx más adecuada para cada sector, posteriormente se mostraron las mejores opciones en cuanto a equipos disponibles en el mercado.

- Por último el análisis de costos realizado a través de la descripción de los costos de implementación, operación y mantenimiento de la empresa a lo largo de 5 años permitió determinar la factibilidad del proyecto.

- A partir de este diseño, sería factible el incremento o mejoramiento de los servicios ofrecidos, como por ejemplo IPTV es una opción novedosa en cuanto a servicios que pueden ofrecerse a través de redes IP.

VI. REFERENCIAS

- [1] [http:// www.monografias.com](http://www.monografias.com): "Tecnologías en las Redes de Acceso"
- [2] <http://www.citel.oas.org/newsletter/2007/>
- [3] <http://www.supertel.gov.ec>
- [4] <http://www.cnt.com.ec/index.php>
- [5] Información entregada por el Municipio de Ibarra
- [6] FTTx: El futuro de la banda ancha, Francisco Javier Cortés, José Manuel Laín
- [7] <http://www.monografias.com/>
- [8] Redes ópticas, Tamarit Beatriz Ortega
- [9] Redes FTTx Conceptos y Aplicaciones, Ing. Miguel Lattanzi, Lic. Agustín Graf
- [10] Servicios avanzados de telecomunicación, María Carmen España Boquera

VII. BIOGRAFÍA

Alejandra Soraya Quishpe Pérez, Ing

Nació en Quito, el 25 de mayo de 1982, obtuvo el título de Bachiller en Ciencias especialización Físico Matemático, se graduó de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional.

Nuvia Soraya Vinuesa Estévez, Ing

Nació el 22 de Octubre de 1982, realizó sus estudios primarios y secundarios en Atuntaqui, se graduó de Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional, actualmente trabaja en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT.

María Soledad Jiménez, MSc

Ingeniera en Electrónica y Telecomunicaciones de la Escuela Politécnica Nacional en 1988, obtuvo su título de *Master of Science in Electrical Engineering en la Universidad de Texas of Arlington* en 1994. Se desempeña como profesora del Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información de la EPN.