

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE COMUNICACIÓN



INFORME CIENTÍFICO

TEMA:

DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA DE ACCESO MULTISERVICIO FTTH
(FIBER TO THE HOME) PARA LA EMPRESA AIRMAXTELECOM SOLUCIONES
TECNOLÓGICAS S.A., EN LA PARROQUIA URCUQUÍ PROVINCIA DE
IMBABURA.

AUTOR: ARTEAGA PINCHAO JENNYFER SOLEDAD

DIRECTOR: ING. SANDRA CASTRO

IBARRA - ECUADOR

JULIO 2015

Diseño de una Red de Fibra Óptica de acceso multiservicio FTTH (Fiber To The Home), para la empresa ARMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLÓGICAS S.A, en la parroquia Urcuquí provincia de Imbabura

Jennyfer S. Arteaga.

jsarteagap@utn.edu.ec

jen12_sole@hotmail.com

Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador

Resumen—El presente proyecto trata sobre el estudio y diseño de una red de acceso basada en la utilización de la tecnología G-PON, para el sector de Urcuquí, provincia de Imbabura, con el fin de que un ISP provea servicios de telecomunicaciones de mejor calidad analizando las ventajas y desventajas de las tecnologías actuales, así como también el costo de implementación y el tiempo de recuperación de la inversión.

El presente proyecto está compuesto básicamente de tres partes, el estudio de la tecnología FTTx basado en la tecnología G-PON, el diseño de una red de última milla FTTH desde el punto de vista de un Proveedor de servicios de Internet, y el análisis financiero con costos referenciales de las soluciones FTTH que se disponen en el mercado. A continuación se describe brevemente lo realizado.

Índice de Términos—Acceso, FTTx, FTTH, Fibra óptica, GPON.

I. INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS DE ACCESO POR FIBRA ÓPTICA. La necesidad de obtener una comunicación de calidad a largas distancias es cada vez más fácil gracias a los diferentes medios de transmisión, existentes, ese es el caso de la fibra óptica, puesto que en la actualidad desarrolla un papel muy importante en enlaces de cortas y grandes distancias como sistemas de telecomunicaciones terrestres y marítimos (internet

y telefonía), enlaces telefónicos entre centrales, medicina, iluminación entre otros, aumentando la eficiencia en servicios de telecomunicaciones y por ende contribuyendo al desarrollo tecnológico.

AIRMAXTELECOM S.A. está ubicado en la Ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, actualmente los servicios de telecomunicaciones que entrega a sus usuarios los provee de manera inalámbrica por lo que es indispensable que la empresa cuente con una red de acceso (FTTH) en la parroquia de Urcuquí, puesto que ayudará a superar los requerimientos de sus usuarios, mejorando de tal manera la calidad en los servicios prestados, beneficiando a los actuales y futuros usuarios en esta zona y por lo tanto manteniendo el modelo de negocio de la empresa.

II. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR FIBRA ÓPTICA ANÁLISIS GENERAL

A. Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio que permite la comunicación entre dos puntos, origen-destino, mediante el empleo de luz, misma que es confinada y guiada a lo largo de su viaje, básicamente está constituida por el núcleo que es la parte céntrica donde la mayoría de la luz es propagada y el revestimiento, parte que rodea al núcleo y que hace posible la manipulación de la fibra.

1) *Fibra Óptica monomodo*: Permite incrementar la capacidad, puesto que al tener un núcleo más

Documento recibido el 10 de junio de 2015. Esta investigación se realizó como trabajo de grado previo para obtener el título profesional en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (CIERCOM) de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica del Norte.

J. S. Arteaga, egresada de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, trabaja en la empresa TELCONET, Av. 12 de Octubre N24-660 y Francisco Salazar Quito – Ecuador (Teléfono: +593 2 3963100 / 6020650; email: jarteaga@telconet.ec)

pequeño permite que los rayos de luz viajen en paralelo al eje de la fibra, permitiendo llegar a mayores distancias, típicamente esta fibra es empleada en redes MAN y redes WAN.

2) *Fibra Óptica multimodo*: Como su nombre lo indica en esta fibra es posible que múltiples rayos de luz sea propagados a través del núcleo, a cambio de sacrificar distancia, es decir, con esta fibra sólo se puede llegar a cortas distancias, siendo ideal para ambientes LAN.

3) *Ventajas de la fibra óptica*: Los sistemas de fibra óptica tienen mayor capacidad debido al gran ancho de banda, inmunidad a la interferencia electromagnética, inmunidad a la interferencia estática, permiten operar sobre un amplio rango de variación de temperatura, peso ligero y tamaño pequeño que hace que su manipulación sea más fácil, requieren menos espacio físico, permiten llegar a mayores distancias sin requerir elementos repetidores y regenerados.

2) *Desventajas de la fibra óptica*: El proceso de conversión electro-óptico requiere un costo considerable, el mantenimiento, instalación y reparación de los sistemas de fibra óptica es más difícil y costoso, se requiere personal especializado para la instalación, reparación y mantenimiento.

B. Tecnología FTTx - Red de Acceso

Las tecnologías de transmisión, permiten a usuarios comunicarse con empresas que ofertan servicios de telecomunicaciones sean estas de gran o pequeña escala. Una red de acceso FTTx, no es más que una red basada en el despliegue de cable de fibra óptica que llega a determinada distancia del usuario final, volviendo a la red de acceso como tal una red de mayor velocidad con respecto a su contraparte, el cobre.

A fin de abastecer servicios de banda ancha a los usuarios finales, en lugares donde remotamente es difícil llegar con tecnologías xDSL, por limitaciones de aspecto técnico en cuanto a condiciones de funcionamiento, surge la idea de acercar los nodos hacia los hogares y pequeños

negocios, lo que dio inicio al término: Fiber to the x (FTTx, fibra hacia). A continuación se muestran algunos acrónimos usados en la literatura técnica y comercial.

- FTTB (*Fiber to the business*), Fibra hacia la acometida del edificio.

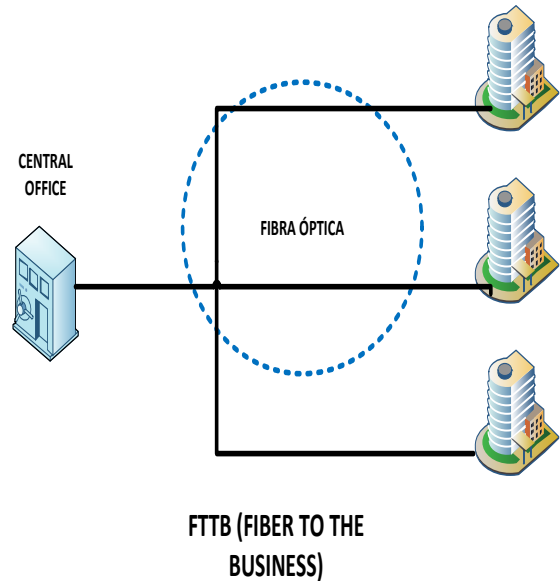


Figura 1. FTTB. Fibra hasta la acometida del edificio
Elaborado por Jennyfer Arteaga

- FTTC (*Fiber to the curb*), Fibra hasta la acera.

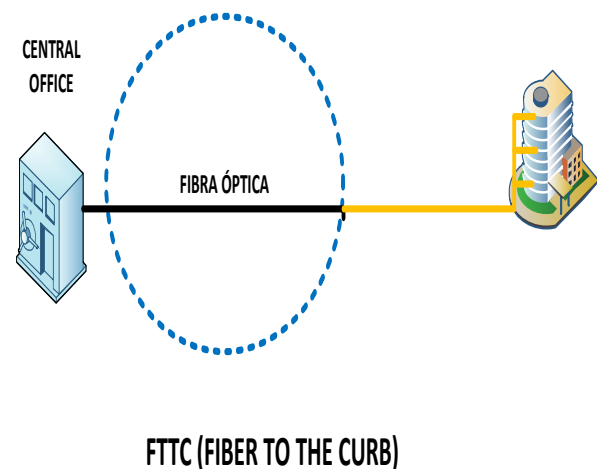


Figura 2. FTTC. Fibra hasta la acometida hasta gabinete.
Elaborado por Jennyfer Arteaga

- FTTH (*Fiber to the home*), Fibra hasta el hogar.

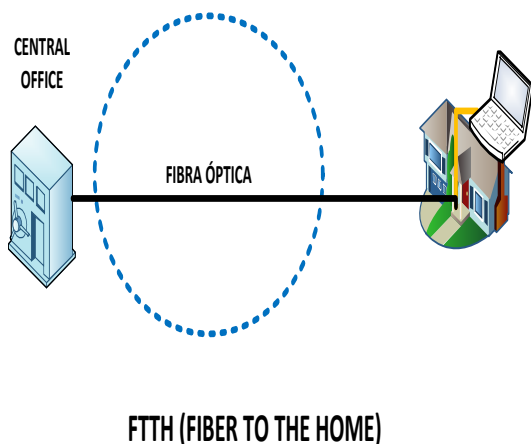


Figura 3. FTTH. Fibra hasta el hogar.

Elaborado por Jennyfer Arteaga

C. Tecnología PON – Redes de Acceso

La principal característica de la tecnología PON (Passive Optical Network), es que no existe ningún elemento activo entre la oficina central y la localidad del cliente. Lo que provee ciertas ventajas a los operadores tales como: ahorros en mantenimiento, eliminando así la necesidad de suministro de energía y administración de elementos activos en la planta externa.

El elemento principal en una red PON, es el Splitter, el cual funciona como un multiplexor, es decir, divide al haz de luz que entra por él y lo distribuye hacia múltiples fibras. A continuación se mencionan los elementos que conforman una red PON:

OLT— Terminal de Línea Óptica. Ubicada donde el proveedor de servicio suministra la interfaz entre la PON y los servicios de Red del proveedor que incluyen típicamente: tráfico IP sobre Gigabit, 10G o 100Mbps Ethernet, Interfaces estándar TDM tales como SONET o SDH, ATM.

ONT— Terminal de Red Óptica. Ubicada en el usuario final, termina la red óptica pasiva y presenta los diferentes servicios al usuario. Servicios que pueden incluir: POTS o VoIP, datos, video, telemetría, etc.

ODN— Red de Distribución Óptica. Es todo lo que existe entre los equipos activos de una red PON, la ODN está conformada básicamente por: splitters ópticos, cables de Fibra Óptica y elementos de protección de fusión y para derivación de ruta. La ODN es la parte más importante a considerar en el diseño de una red PON, ya que en la ODN es donde se presentan la mayor parte de pérdidas en un sistema PON, su despliegue y mantenimiento es más costoso, requiere una consideración importante en Ecuador debido a restricciones por entes de control con lo que al plan de soterramiento de cables se refiere, esto implica gastos en obra civil, pago de impuesto en el caso de tendidos de cables, otra consideración muy importante a tomar en cuenta es que el diseño de la ODN debe ir de la mano con la política de la empresa.

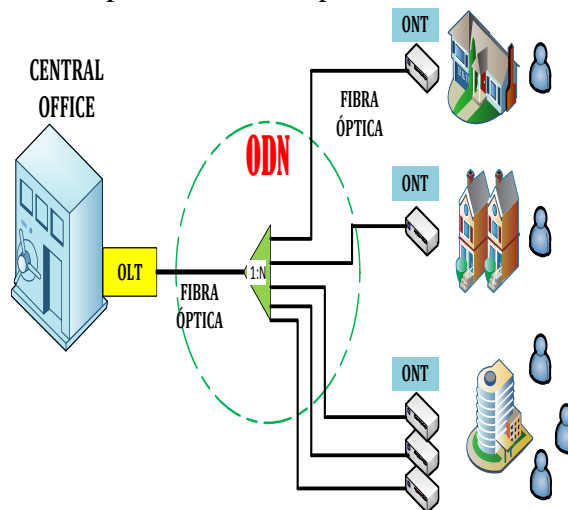


Figura 4. Elementos de una Red Óptica Pasiva

Elaborado por Jennyfer Arteaga

D. Estándares PON

APON— Fue desarrollado por la FSAN quien desarrolló las recomendaciones iniciales para APON como sus iniciales lo indican este estándar estaba basado en las capacidades de ATM, pero su vida fue corta.

BPON— Debido a la capacidad reducida de ATM, se desarrolló este estándar pues la idea era mejorar y aumentar las capacidades de transmisión, en pocas palabras BPON fue una mejora de APON,

puesto que permite WDM, se volvió más grande y dinámico, fue usado para aplicaciones de negocios y estaba basado en ATM, este estándar define la terminología, longitudes de onda, la fibra, componentes y los niveles de Potencia.

GPON— De igual manera como una mejora de BPON surge GPON, obviamente incrementando la capacidad, permite llegar a mayores distancias, soporte para mayor número de ONT's, incrementa la tasa de transmisión hasta 2,48Gbps downstream y 1,24Gbps en upstream.

EPON y GEAPON— A diferencia de APON y BPON, esta tecnología no transporta celdas ATM sin no Ethernet, optimizando el tráfico IP. A continuación se presenta una tabla la cual resume las principales características de la tecnología PON.

III. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTO-SECTOR URCUQUÍ, PROVINCIA DE IMBABURA

Situación actual de la red de acceso en la parroquia Urcuquí, provincia de Imbabura— La empresa AirmaxTelecom S.A., en la actualidad ofrece a sus clientes servicio de Internet, mediante la tecnología inalámbrica. Sin embargo, la tecnología utilizada, no abastece las necesidades de ancho de banda, pues se espera que el número de clientes aumente durante el transcurso de los años, ya que Urcuquí es considerada una ciudad de crecimiento. Por lo tanto es indispensable que la empresa cuente con un medio de transmisión robusto, que proporcione mayor ancho de banda a los usuarios en esta zona, por lo que una red de acceso FTTH es una solución indispensable, puesto que la fibra óptica al ser inmune a la interferencia, tener menor atenuación, proveer mayor ancho de banda y permitir llegar con distintos tipos de servicios al usuario final a distancias considerablemente grandes, pone en ventaja a este medio, frente, a la tecnología inalámbrica actual. Todo esto ayudará a seguir cumpliendo los objetivos de la empresa permitiendo a sus clientes gozar de servicios múltiples y de excelente calidad.

A continuación se presenta la topología física de la red actual.

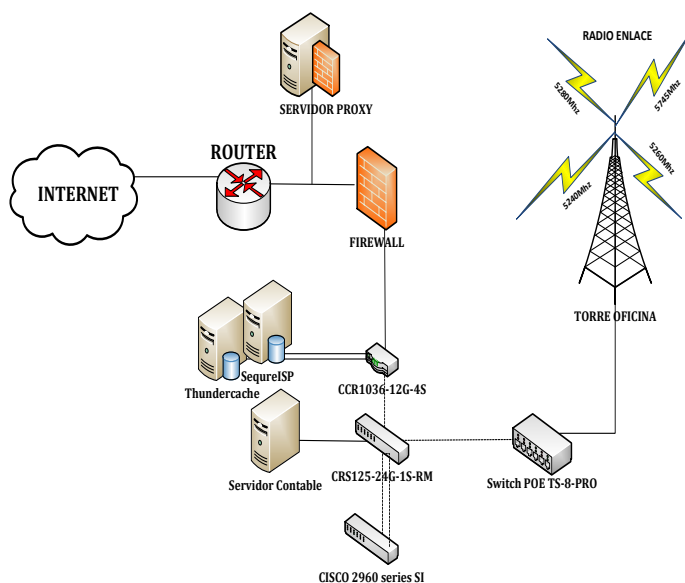


Figura 5. Esquema de Red de AIRMAXTELECOM S.A
Elaborado por Jennyfer Arteaga

Proyección de la situación de la red de acceso en la parroquia Urcuquí, provincia de Imbabura

La idea es realizar un diseño apropiado de la red de acceso por fibra óptica FTTH (Fiber To The Home), en la zona urbana de Urcuquí. Para ello se considerará la proyección de usuarios futuros que se tendrán dentro de cinco años en dicha zona. Según datos históricos obtenidos y facilitados por la empresa, se obtuvo un crecimiento promedio anual del 75% y que a continuación, se detalla. (Ver Tabla I).

TABLA I
TOTAL DE USUARIOS PROYECTADOS

Año	Usuarios por año	Cliente Mayoritario
2012	20	Residencial
2013	40	Residencial
2014	60	Residencial
2015	105	Residencial
2016	184	Residencial
2017	322	Residencial
2018	423	Residencial
2019	740	Residencial

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: AIRMAXTELECOM S.A, Datos de Contratos. Sequireisp_Contracts_2014-11-14.cvs [Libro de Excel]

Las aplicaciones a brindar por la empresa AIRMAXTELECOM SOLUCIONES TECNOLOGICAS S. A. a sus usuarios, siempre ha sido el acceso a Internet, sin embargo mediante la

tecnología FTTH, la velocidad de acceso a este servicio se incrementará y a un futuro si la empresa lo requiere, podrá añadir servicios de audio y video.

Tipo de fibra óptica elegido— Se ha decidido que el tipo de fibra óptica utilizado será monomodo G.652D, pues permite alcanzar mayor distancia, mayor capacidad y una atenuación menor con respecto a la fibra multimodo. Cabe resaltar que la fibra G.652D fue perfeccionada para trabajar en 1310nm (donde se transmiten la voz y datos) y 1550nm, sin embargo también puede trabajar en otras longitudes de onda. La fibra G.652D también es considerada como la fibra de bajo pico de agua (LWP) o fibras de cero pico de agua (ZWP) lo que le brinda ventaja con sus anteriores versiones como por ejemplo la fibra G.652A donde el pico de agua era muy elevado dando lugar a impurezas como son los iones OH, producto de ello la atenuación aumentaría en este punto.

Por otro lado, para la interconexión de los usuarios desde la última caja de derivación óptica el tipo de fibra óptica a utilizar será, G.657 clase A, puesto que dispone de atributos necesarios para soportar instalación de redes de acceso, uno de ellos el ser casi imperceptible a dobleces lo que vuelve ideal para ambientes FTTH.

Con respecto a las características del cable de fibra óptica se propone utilizar el tipo ADSS, monomodo G.652D.

IV. DISEÑO DE LA RED

Diagrama lógico de la Red— Este ítem considera todos los elementos necesarios que utiliza una red GPON, desde el punto de vista de un ISP. Para ello se utilizará un equipo OLT, mismo que se encuentra ubicado en el nodo designado por la empresa AIRMAXTELECOM S.A. la misma que hará posible la división entre usuarios mediante splitter's; desde los cuales saldrán los hilos de fibra óptica que llegarán hacia el domicilio del usuario final.

A continuación la Figura 6, muestra de manera general el diagrama lógico de red que tendrá la red de acceso por fibra óptica.

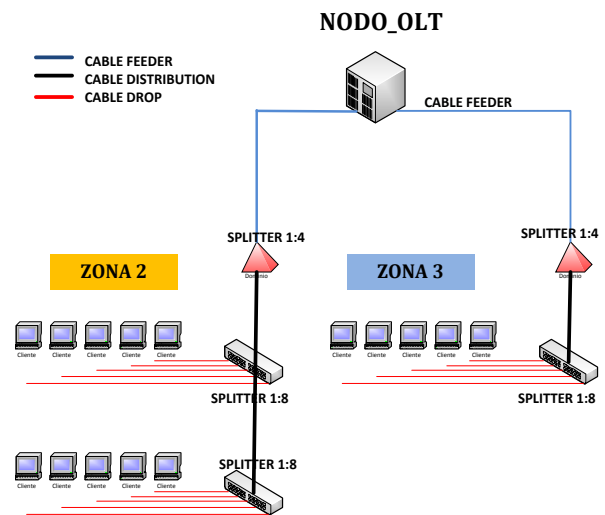


Figura 6. Esquema de una Red con topología Punto Multipunto.

Elaborado por Jennyfer Arteaga

La Figura 7, muestra la configuración que una red GPON presenta cuando el operador desea brindar múltiples servicios tales como; Voz, Datos (Internet) y Video (señales de Radio Frecuencia, Video Bajo Demanda y/o Señales Satelitales). Como se observa en la figura anterior, la mezcla de distintas longitudes de onda es posible mediante un acoplador WDM, el mismo que mezcla longitudes de onda de 1490nm para voz y datos y 1550nm para señales de vídeo.

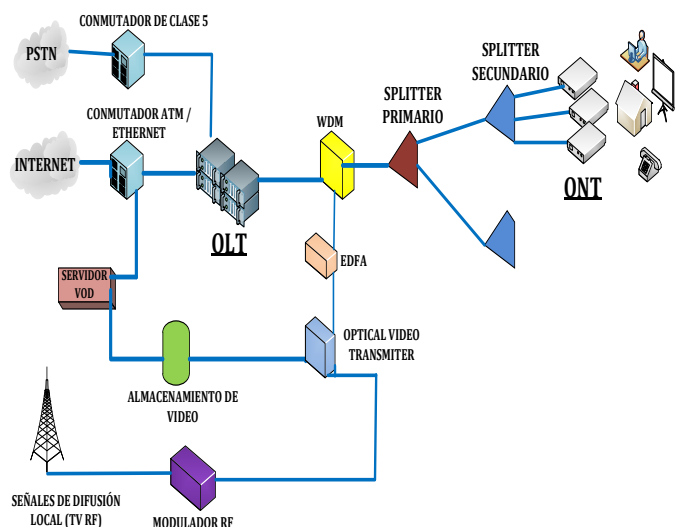


Figura 7. Arquitectura general de la Red de acceso FTTH para un ISP.

Elaborado por Jennyfer Arteaga

Descripción general de la red de acceso FTTH— A continuación se detalla la descripción general de la red de acceso por fibra óptica.

- El punto central de conexión será la OLT, la misma que cumplirá con ciertas características que más adelante se mencionará. Se ha estimado necesario ubicar la OLT en el nodo, ubicado en la zona a servir puesto que provee mayor escalabilidad de la red, ahorros en mantenimiento, ahorro en cable de F.O, fácil operación y mantenimiento, mayor fiabilidad y sobre todo se cumple con el alcance físico de 20Km descrito en la Rec. UIT-T G.984.1, medidos desde la OLT hacia el domicilio del cliente. Para ello, se recomienda disponer de un gabinete apto para planta externa, el mismo que albergará el equipo principal (OLT).

- Cada módulo GPON deberá tener la capacidad de soportar aplicaciones FTTH, monitorear la potencia óptica recibida por cada ONT, brindar seguridad a la información en el enlace downstream mediante encriptación AES. Adicionalmente deberá proporcionar la gestión total de la ONT a través del protocolo OMCI (Operation Management Control Interface). Además de disponer de un puerto Gigabit Ethernet o 10GE que permita la conexión entre la red de acceso y la red de transporte.

- Cada zona será abastecida por uno o varios splitters primarios configurados de tal manera que cubran la demanda de usuarios proyectados para cinco años.

- El segundo nivel de splitting será el encargado de proveer los hilos a los usuarios. Para ello el splitter primario es quien entregue los hilos al splitter secundario. El backbone de fibra óptica será desplegado de manera aérea, a través de la postería existente puesto que es más fácil y menos costoso que el despliegue subterráneo, para ello se tomará como referencia las bases geo referenciadas, otorgadas por la empresa EMELNORTE S.A., esto se detalla más adelante en el levantamiento de los respectivos planos de la red FTTH en la parroquia Urcuquí.

Inicialmente se planea un traslado de los usuarios actuales (60 usuarios) en su totalidad, pues estarían interesados en obtener un acceso a servicios de telecomunicaciones mediante la tecnología FTTH. Cabe resaltar que esta zona, es considerada como

una zona en desarrollo, por tal razón es recomendable que la empresa utilice una metodología de marketing basada en la nueva infraestructura ya que despertará y aumentará en los moradores el interés por adquirir acceso a servicios de telecomunicaciones mediante la tecnología FTTH.

Para conectar a los 60 usuarios actuales en la parroquia Urcuquí se necesitarán 4 puertos GPON, cada zona estará conectada a un puerto que podrá soportar hasta 64 conexiones, lo que promete escalabilidad a la red según se incremente el número de usuarios. A continuación se presentan el porcentaje de distribución de los usuarios actuales por zonas.

Para el esquema físico de la red GPON, se decidió dividir al sector de Urcuquí en cuatro zonas (Ver Figura 8), en las que se considera habrá diferente nivel de demanda de servicios de telecomunicaciones.

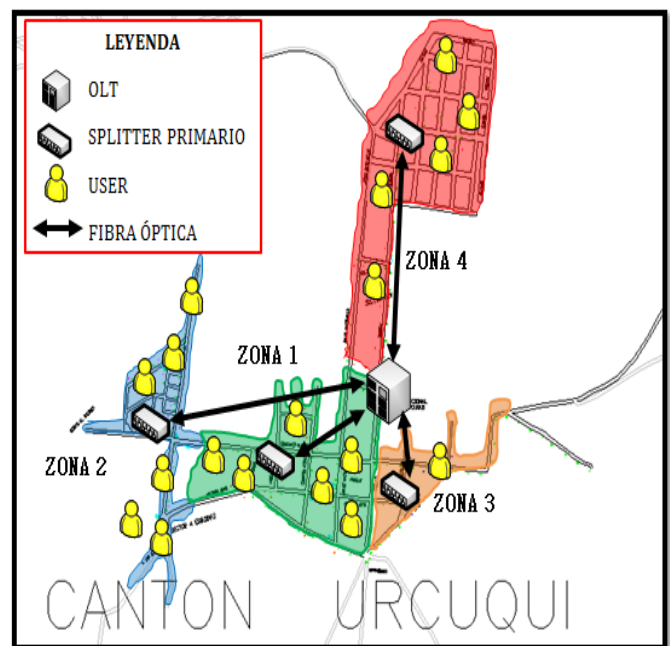


Figura 7. Distribución de zonas por Densidad de Usuarios.

Elaborado por Jennyfer Arteaga

- La Zona 1, delimitada por el color verde y la zona 2 por color azul; son los lugares de Urcuquí, en los que se aglomera gran parte de los usuarios actuales.

- Las Zonas 3 delimitada por el color azul y la zona 4 conjunto con las dos anteriores, son zonas en las que se espera habrá una creciente demanda en

los próximos años.

El tipo de fibra óptica que se utilizará para este proyecto será monomodo y que cumple con el estándar G.652D, puesto que permite llegar a mayores distancias y trabajar en el rango de 1310 a 1625nm.

TABLA II
DISTRIBUCIÓN DE ZONAS DE ACUERDO DENSIDAD DE USUARIOS

Zona	%	Número de Usuarios (2014)	Número de puertos	Número de Usuarios (2019)	Número de puertos
1	30%	18	1	222	1
2	30%	18	1	222	1
3	25%	9	1	185	1
4	15%	15	1	111	1
		60		740	

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia

Interconexión de la red GPON— El equipo OLT deberá soportar escenarios FTTH, que permitan conexión última milla mediante fibra óptica, deberá soportar el estándar ITU-T G.984, el mismo que describe el funcionamiento GPON, poseer puertos con capacidad Gigabit Ethernet que permita la integración con redes IP/MPLS, capacidad de transmisión en las ventanas de 1310nm, 1490 y 1550nm, para transmisión de datos, voz y vídeo, deberá soportar distancias de transmisión hasta 20Km.

Por otro lado el equipo de última milla ONT deberá proveer las interfaces que soporten VoIP, Internet y servicios de Video HD, además de trabajar en las ventanas de 1310, 1490 y 1550nm pues permitirá la integración de los servicios anteriores.

Características Principales del equipo OLT— El estándar G.983.1 especifica que por cada puerto GPON de la OLT, deberá soportar un máximo de 64 ONT's, con este antecedente primordial, a continuación se describen las características mínimas requeridas para el equipo OLT y ONT GPON. Los equipos escogidos son de la marca HUAWEI por ser la marca que cumple con los requisitos mínimos de la red de acceso por fibra óptica en la parroquia de Urcuquí. El equipo ONT será de la misma marca, puesto que es necesario asegurar que sea 100% compatible con el equipo OLT de la misma marca.

TABLA III
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL EQUIPO OLT

	HUAWEI
Soportar de estándar ITU-T G.984	SI
Puerto GPON (mínimo 8 puertos GPON)	SI
Puertos con capacidad Gigabit Ethernet	SI
Calidad de Servicio (QoS).	SI
Permitir velocidad UP / DOWN: 1.24 Gbps / 2.4 Gbps	SI
Administrable remotamente y localmente	SI
Capacidad de proveer servicios de Video en la lambda de 1550nm	SI
Capacidad de transmisión en las ventanas 1310nm y 1490	SI
Soportar distancias de transmisión hasta 20Km.	SI
Hot Swap (permite cambios de tarjeta en caliente)	SI
802.3z (Soporte Gigabit Ethernet para fibra en enlaces UPLINK)	SI
802.1p (priorización de tráfico para diferentes aplicaciones)	SI

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Selección de equipos. Estudio y Diseño de una red última milla, utilizando una red GPON, para el sector del nuevo Aeropuerto de Quito.

Determinación del peor y mejor caso de enlace— A continuación se presenta el análisis del presupuesto de pérdida de la red de acceso FTTH.

Mediante una revisión en los planos de la base georeferencial, otorgada por EMELNORTE S.A y según lo antes descrito en el desarrollo del diseño de la red FTTH, en la ciudad de Urcuquí se presenta el siguiente caso descrito, como el peor.

La figura 8 describe el esquema para la ONT, que se encuentra más alejada, para la que se tiene una distancia aproximada de 2 kilómetros, con una atenuación de 0,37dB/Km para 1310nm y 0,24 dB/Km en 1550nm, se tienen cuatro conectores cada uno con 0,5dB de pérdida de inserción, seis fusiones con 0,1dB y dos splitters conectados en cascada de 1x4 con 7,8 dB y 1x8 con 11,4dB de pérdida.

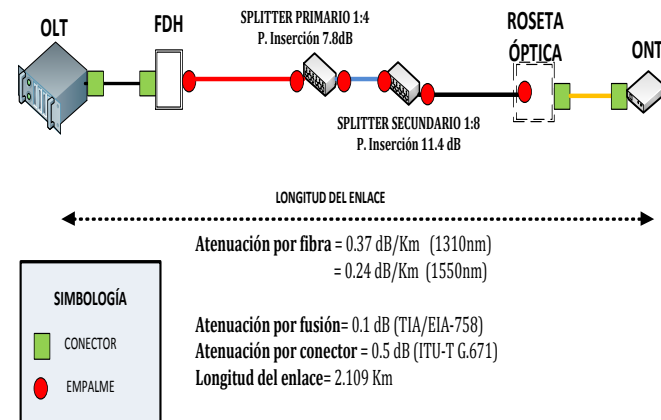


Figura 8. Esquema de conexión FTTH, para el peor caso.

Elaborado por Jennyfer Arteaga

$$\begin{aligned}
 A_{total\ peor\ caso} &= 0.78dB + 2dB + 0.6dB + 19.2dB \\
 A_{total\ peor\ caso} &= 22.98\ dB \\
 A_{total\ peor\ caso} &= 22.7\ dB
 \end{aligned}$$

(1)

La ecuación (1), es el valor total de la atenuación obtenida de la sumatoria de atenuaciones implícitas en el enlace, obteniendo 22,98 dB para la ventana de 1310nm y de 22,7 dB para el caso de 1550nm. De igual manera la Figura 9 representa el mejor caso, es decir, en el que la distancia entre la OLT y ONT es más corta.

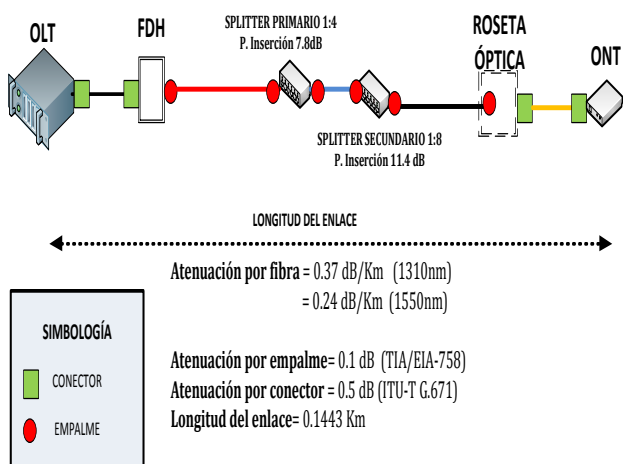


Figura 9. Esquema de conexión FTTH, para el mejor caso.
Elaborado por Jennyfer Arteaga

$$\begin{aligned}
 A_{total\ mejor\ caso} &= 21.75\ dB \\
 A_{total\ mejor\ caso} &= 21.73\ dB
 \end{aligned}$$

(2)

La ecuación (2), representa las pérdidas obtenidas para el mejor caso, la diferencia es la distancia, como se indica en el gráfico la distancia obtenida es inferior a un kilómetro.

Obteniendo 21,74dB en el caso de 1310nm y 21,73dB para la lambda de 1550nm. Por los valores obtenidos se concluye que el presupuesto de pérdida se encuentra en el rango permitido según el estándar.

V. ANÁLISIS FINANCIERO

A. Presupuesto del proyecto

El presupuesto de un proyecto es la etapa en la

que se analiza el costo de inversión de los bienes tangibles que permitirán garantizar la correcta operación de dicho proyecto, en otras palabras el presupuesto del proyecto es el documento en el que consta la cantidad de dinero que se necesitará para llevar a cabo las actividades planificadas.

Inversión Equipamiento Activo— Este ítem consta de los equipos necesarios para la implementación de la red de acceso FTTH, mismos que permiten que la comunicación sea posible.

La Tabla IV refleja el costo total de la inversión en equipamiento activo, bienes que se utilizan para garantizar la operación del proyecto.

TABLA IV
INVERSIÓN TOTAL EQUIPAMIENTO ACTIVO

ITEM	UNIDAD DE PLANTA	CANT	PRECIO	
			UNITARIO	TOTAL
F01	OLT MARCA HUAWEI SERIE MA5603T	1,00	\$ 43.953,26	\$ 43.953,26
F02	ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	60,00	\$ 224,00	\$ 13.440,00
F03	LICENCIAMIENTO DE MA5600T	1,00	\$ 3.549,16	\$ 3.549,16
TOTAL			\$ 60.942,42	

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Propia. La tabla fue llenada en función de las cotizaciones proporcionadas por Huawei Co. Ltda.

Inversión Equipamiento Pasivo— Implica el costo del equipamiento pasivo, el mismo que compone la ODN (Red de Distribución o Dispersión Óptica), donde se incluyen: cables de fibra óptica, cajas de distribución, mangas de empalme, herrajes, etc.

Cabe resaltar que los valores que se muestran a continuación incluyen el elemento FTTH y el costo de mano de obra para la colocación de dichos elementos. A continuación se presenta el costo total en equipamiento para la red de acceso FTTH, que indica la sumatoria del equipamiento pasivo y el equipamiento activo.

TABLA V
COSTO TOTAL DE EQUIPAMIENTO RED DE ACCESO FTTH-GPON

UNIDAD DE PLANTA	U	CANT	TOTAL
VOLUMEN DE OBRA - RED DE DISPERSIÓN - ELEMENTOS PASIVOS	u	1	\$ 44.955,64
EQUIPO ACTIVO FTTH-GPON	u	1	\$ 60.942,42
		TOTAL	\$ 105.898,06

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga

Gastos Operacionales— Definidos como los gastos ordinarios y que están ligados con la puesta en marcha de un proyecto, mismos, que la empresa debe afrontar con la finalidad de obtener beneficios. A continuación la Tabla VI refleja los gastos característicos que la empresa deberá enfrentar en el transcurso de los años de operación de la red. Dentro de estos gastos tenemos el costo por el arrendamiento de postería existente en la zona a servir, puesto que el despliegue de la red será vía aérea y el costo por contratación mensual de la salida internacional. Finalmente para el mantenimiento de la red se ha estimado como el 10% del costo total de la implementación de la misma (costo de red pasiva). La tabla ha sido rellena con valores fijos para los siguientes cinco años a excepción del año en el que se inicia la implementación del proyecto, puesto que se estimó, que la instalación de la red dure alrededor de tres meses, entonces el valor del pago por contratación de salida al exterior en donde se ha hecho una prórroga de tres meses por lo cual el valor total de pago al Carrier (\$ 42.000,00) ha sido dividido para 12 meses y este valor multiplicado por tres dando un total de (\$ 10 500,00), para el inicio de la ejecución del proyecto.

TABLA VI
COSTO TOTAL DE EQUIPAMIENTO RED DE ACCESO FTTH-GPON

DESCRIPCIÓN	INICIO	AÑO 1 - 5
PAGO A CARRIER	\$ 10.500,00	\$ 42.000,00
ARRENDAMIENTO DE POSTERÍA	**	\$ 13.200,00
MANTENIMIENTO DE LA RED 10% RED PASIVA	**	\$ 4.495,56

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga

Depreciación de Equipos Activos— Para llevar un correcto balance es necesario considerar los costos de depreciación de los equipos, para el presente proyecto se considera la vida útil de cinco años puesto que se trata de equipo tecnológico con un valor de depreciación de 20% anual.

Los elementos que conforman la red pasiva, es decir, el sistema de cableado de fibra, la planta externa y otros elementos que conformen la ODN (red de dispersión pasiva), tienen un tiempo de vida útil superior a diez años, por lo que no se ha considerado como elementos de depreciación en este análisis.

TABLA VII
COSTOS DE DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS ACTIVOS

DESCRIPCIÓN	DEPRECIACIÓN	
	VALOR DEL EQUIPO	DEPRECIACIÓN ANUAL AL 20%
OLT MARCA HUAWEI SERIE MA5603T	\$ 43.953,26	\$ 8.790,65
ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	\$ 13.440,00	\$ 2.688,00
	TOTAL	\$ 11.478,65

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga

Financiamiento— La empresa deberá considerar, obtener un crédito bancario puesto que no dispone del presupuesto necesario, para lo cual es importante conocer el valor de la cuota mensual que la empresa tendrá que cancelar.

Según la página web del Banco Central del Ecuador en la que se muestran las tasas de interés vigente a Enero de 2015, la tasa de Interés referencial para un préstamo productivo empresarial es del 9.53%, tasa que será considerada durante el lapso de cinco años (60 meses).

Ingresos del Proyecto— A continuación se detalla el resumen de los paquetes de servicio por suscripción y pago mensual, dependiendo de los planes que pueden ser; Home o Residencial, en el que se ofrece ancho de banda suficiente para aplicaciones o tareas del hogar y PYMES para pequeñas y medianas empresas. Además cabe

resaltar que los valores mostrados a continuación son referenciales, pues estos dependerán y se deberán ajustar a las políticas de la empresa por lo que podrían estar sujetos a cambios.

TABLA VIII
VALORES POR PRESTACIÓN DE SERVICIO PLANES RESIDENCIALES

PLANES HOME	Precio +I.V.A	Suscrip. +I.V.A	COMPARTICIÓN
3Mbps	\$ 41,22	\$ 112,00	2:1
6Mbps	\$ 69,79	\$ 112,00	2:1
9Mbps	\$ 88,60	\$ 112,00	2:1
15Mbps	\$ 142,54	\$ 112,00	2:1
18Mbps	\$ 173,90	\$ 112,00	2:1

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga. La Tabla fue rellenada con valores aproximados, en función de empresas que ofrecen este servicio en la provincia de Imbabura.

Ingresos Flujo de Caja— Para este proyecto se ha considerado un porcentaje de crecimiento del 75% de acuerdo al análisis realizado, con estos datos se puede estimar los nuevos usuarios y el flujo de caja que generarán en los próximos cinco años, esto se podrá evidenciar a continuación en la siguiente tabla, que muestra el ingreso que se obtendrá por concepto de instalación para lo cual se tomará únicamente los nuevos usuarios por año.

TABLA IX
INGRESOS FLUJO DE CAJA

INGRESOS	USUARIOS	SUSCRIPCIÓN	INGRESO ANUAL
INICIO	60	\$ 3.360,00	----
AÑO 1	105(45n)	\$ 5.040,00	\$ 51.932,16
AÑO 2	184(79n)	\$ 8.848,00	\$ 91.004,93
AÑO 3	322(138n)	\$ 15.456,00	\$ 159.258,62
AÑO 4	463(101n)	\$ 11.312,00	\$ 228.996,10
AÑO 5	740(317n)	\$ 35.504,00	\$ 365.998,08

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga.

Para obtener los ingresos por suscripción los 60 usuarios actuales serán tomados en cuenta en el primer año y se les hará el descuento del 50% del costo de instalación \$56,00 (precio incluye I.V.A) y la suscripción a nuevos usuarios tendrá un costo

de \$112,00 (precio incluye I.V.A).

Para obtener el valor de ingreso mensual por la prestación del servicio, se consideró el costo que tiene un plan Residencial o Home básico de 3Mbps, que es de \$41,22 (precio incluye I.V.A), este valor será multiplicado por el total de usuarios al año y por 12 meses puesto que dará como resultado el valor de ingresos anuales.

Egresos Flujo de Caja— Se consideran los valores por concepto de todos los equipos involucrados durante la implementación del proyecto.

Inicialmente se plantea un traslado total de los usuarios actualmente inalámbricos (60 usuarios) hacia la red de fibra óptica puesto que están interesados en tener acceso a servicios de telecomunicaciones con la tecnología FTTH, adicional a esto, se consideran los nuevos usuarios proyectados en el mismo año.

TABLA X
EGRESOS FLUJO DE CAJA

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	\$ 224,00
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PATCH CORD	\$11,78
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA	\$ 24,98
TOTAL COSTO POR USUARIO	\$ 260,76

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga.

A continuación se muestra el costo de implementación por usuario para ello se consideró, que cada vez que se integre un nuevo cliente a la red, el costo de implementación unitario estimado será de \$ 260,76.

Puesto que los usuarios se incrementarán cada año, el costo de implementación anual se calculará multiplicando el número de usuarios nuevos, por el valor del costo de implementación

TABLA XI
ESTADO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS

INGRESOS	INICIO	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019
USUARIOS		105	184	322	463	740
USUARIOS / NUEVOS	60	45	79	138	101	317
SUSCRIPCIÓN (Residencial)		\$ 8.400,00	\$ 8.848,00	\$ 15.456,00	\$ 11.312,00	\$ 35.504,00
SERVICIO (Residencial)		\$ 51.932,16	\$ 91.004,93	\$ 159.258,62	\$ 228.996,10	\$ 365.998,08
TOTAL INGRESOS	\$ -	\$ 60.332,16	\$ 99.852,93	\$ 174.714,62	\$ 240.308,10	\$ 401.502,08
EGRESOS						
EQUIPO ACTIVO - IMPLEMENTACIÓN	\$ 60.942,42	\$ 11.734,20	\$ 20.600,04	\$ 35.984,88	\$ 26.336,76	\$ 82.660,92
RED DE DISPERSIÓN - PASIVO	\$ 44.955,64	**	**	**	**	**
ARRENDAMIENTO POSTERIA	**	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00	\$ 13.200,00
PAGO A CARRIER	\$ 10.500,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00	\$ 42.000,00
INGENIERIA & INSTALACIÓN	\$ 7.412,86	**	**	**	**	**
MANTENIMIENTO DE LA RED	**	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56	\$ 4.495,56
PAGO PRESTAMO BANCARIO	**	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31	\$ 26.707,31
DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS ACTIVOS	**	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65	\$ 11.478,65
TOTAL EGRESOS	\$ 123.810,92	\$ 109.615,73	\$ 118.481,57	\$ 133.866,41	\$ 124.218,29	\$ 180.542,45
FLUJO NETO(USD)	-123810,92	\$ -49.283,57	\$ -18.628,64	\$ 40.848,22	\$ 116.089,81	\$ 220.959,63

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga.

Rentabilidad del Proyecto— Para conocer si el proyecto es rentable, se requiere identificar ciertos parámetros que harán esto posible los mismos que serán los siguientes: VAN (valor actual neto), TIR (tasa de retorno), C/B (relación costo beneficio) y PRI (periodo de recuperación de inversión).

VAN (valor actual neto) —Según la página web del Banco Central del Ecuador a enero de 2015, la tasa de interés vigente del mercado es de $i=10,21\%$ anual, el tiempo para el que se realizar el proyecto es de cinco años, cabe recalcar que la tasa de interés puede variar en el transcurso de los años.

$$VAN = -123.810,92 - \frac{49283,57}{(1+0,1021)^1} - \frac{18628,64}{(1+0,1021)^2} + \frac{40848,22}{(1+0,1021)^3} + \frac{116089,81}{(1+0,1021)^4} + \frac{220959,63}{(1+0,1021)^5}$$

$$VAN = 61\ 235,02 \text{ dólares}$$

(3)

La ecuación (3) indica el valor obtenido del VAN y según el valor obtenido y observando que el mismo, es mayor a cero se puede concluir que la implementación del proyecto es rentable.

TIR (tasa de retorno) —El valor del TIR es mayor a la tasa de interés vigente en el mercado que es de $10,21\%$.

$$-123.810,92 - \frac{49283,57}{(1+r)^1} - \frac{18628,64}{(1+r)^2} + \frac{40848,22}{(1+r)^3} + \frac{116089,81}{(1+r)^4} + \frac{220959,63}{(1+r)^5}$$

$$TIR = 18\%$$

(4)

La ecuación (4), indica el valor de TIR de un 18% por lo que se concluye que el proyecto es rentable para su implementación.

PRI (periodo de recuperación de la inversión) — Indica el tiempo necesarios para recuperar el capital invertido. Para calcular el PRI es necesario ir acumulando los flujos netos obtenidos en cada año hasta llegar a cubrir la inversión para ello a continuación se presenta una tabla en la que se detallan los flujos acumulados durante el período estimado del proyecto. Como se observa a continuación el valor de flujos netos acumulados en

el quinto año es mayor que la inversión. Por lo tanto el período de recuperación de la inversión se daría aproximadamente en cinco años.

TABLA XII
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN.

PRI		
Años	FLUJOS NETOS (USD)	FLUJOS NETOS ACUMULADOS(USD)
1	\$ -49.283,57	\$ -49.283,57
2	\$ -18.628,64	\$ -67.912,21
3	\$ 40.848,22	\$ -27.063,99
4	\$116.089,81	\$ 89.025,82
5	\$220.959,63	\$ 309.985,45

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga.

Relación Costo Beneficio (C/B) — Este parámetro determina la rentabilidad del proyecto en términos generales, es decir, el resultado expresa el dinero ganado en cada dólar invertido en el proyecto.

TABLA XIII
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN.

TIEMPO	INVERSIÓN (USD)	COSTO NUEVOS USUARIOS	INGRESO ANUAL
INICIO	\$ 123.810,92	\$ 60.942,42	
AÑO 1		\$ 11.734,20	\$ 51.932,16
AÑO 2		\$ 20.600,04	\$ 91.004,93
AÑO 3		\$ 35.984,88	\$ 159.258,62
AÑO 4		\$ 26.336,76	\$ 228.996,10
AÑO 5		\$ 82.660,92	\$ 365.998,08
TOTAL	\$ 123.810,92	\$ 238.259,22	\$ 897.189,89

*Nota: Tabla adaptada. Fuente: Jennyfer S. Arteaga.

$$BC = \frac{897.189,89}{238.259,22 + 123.810,92} = 2,4 \text{ Dólares} \tag{5}$$

La ecuación (5), indica que el valor costo-beneficio es de 2,4 dólares es decir, este valor se ganaría por cada dólar invertido anual. Con los datos obtenidos en este capítulo se concluye que el proyecto es rentable puesto que el período de recuperación de inversión es de cinco años, la tasa de retorno de inversión es del 18% y el valor que la

empresa obtendrá será de 2,4 dólares lo que implica que cada dólar que invertido, este será duplicado, por lo que se recomienda que el proyecto sea implementado.

VI. CONCLUSIONES

La evolución de las redes PON ha permitido, que servicios de telecomunicaciones hasta el hogar (FTTx) mejoren, puesto que velocidades que van desde 1,24/2,4 Gbps de bajada y subida, beneficia a servicios tales como; VOIP, IPTV, aplicaciones de internet entre otros

El cambio de tecnología en la ciudad de Urququí, sin duda alguna permitirá ofrecer mayores servicios de excelente calidad en cuanto a velocidad, cubriendo las expectativas de los clientes que diariamente requieren de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones de mayor ancho de banda, puesto que se ha vuelto una necesidad básica.

Se ha diseñado la red de acceso FTTH (Fibra hasta el hogar) en la parroquia de Urququí mediante el empleo de la tecnología GPON, desplegada desde el nodo (OLT), ubicado en la zona a servir hasta el domicilio del usuario final (ONT).

Del estudio realizado se concluye que el proyecto es rentable puesto que se cuenta con el medio físico para el despliegue de la red, que será mediante postiería existente, además de contar con empresas que proveen equipamiento requerido para la implementación de este diseño.

REFERENCIAS

- [1] Redes Ópticas, José Capmany Francoy, Beatriz Ortega Tamarit, 2006.
- [2] Sistema de comunicaciones ópticas, Daniel Pastor, Francisco Ramos, José Capmany, 2007.
- [3] Redes y Servicios de Telecomunicaciones, José Manuel Huidobro Moya, 2006.
- [4] Sistemas y Redes de Comunicaciones, José A. Martin Pereda, 2005.
- [5] HERRERA, Enrique. Introducción a las telecomunicaciones modernas. Madrid, España, Edisofer, 2002, 224p.
- [6] Jiménez, M. S. (2008). "Comunicaciones Ópticas". En Comunicaciones Ópticas.

- [7] Leonberger. (2002). Revealing the small range of radio-microwave frequencies. Phys. Educ. September 2002 (Vol. 37).
- [8] Martínez Abadía, J. (2004). Manual básico de tecnología audiovisual y técnicas de creación emisión y difusión de contenidos.
- [9] Beltrán Juan P. (2014). Manual de Redes de Fibra Óptica.
- [10] Juan Sebastián Guevara Henao, Tecnologías de Redes PON, Publicado en 2010, Recuperado el 04-10-2014 a partir de: http://www.todotecnologia.net/wpcontent/uploads/2010/06/Definicion_caracteristicas_PON_APON_BPON_GPON_EPON.pdf
- [11] La Guía FTTH PON Realización de redes ópticas pasivas, EXFO Publicado en 2013, Recuperado 22 de octubre de 2014 a partir de: <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/Guia%20FTTH%20PON%20de%20EXFO%202013.pdf>
- [12] FIBREMEX, Conectores de Fibra Óptica. Recuperado de: <http://fibremex.com/fibraoptica/index.php?mod=contenido&id=3&t=3&st=11>
- [13] Telnet - Redes Inteligentes: Fibra óptica para redes de nueva generación (NGN). (s. f.). Recuperado 13 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.telnet-ri.es/soluciones/cable-fibra-optica-y-componentes-pasivos/fibra-optica-para-redes-de-nueva-generacion-ngn/>
- [14] PLP Argentina, Retención Preformada de Distribución, Recuperado de: <http://www.plp.com.br/ar/operaciones-internacionales/item/122-retenci%C3%B3n-preformada-de-distribuci%C3%B3n-dg>
- [15] HG8245A GPON Terminal: Huanetwork.com. (s. f.). Recuperado 13 de enero de 2015, a partir de http://www.huanetwork.com/huawei-hg8245a-gpon-terminal-price_p3853.html
- [16] EXFO Telecom Test and Service Assurance, FTTH / Access, Recuperado el 18 de noviembre de 2014 a partir de: <http://www.exfo.com/>
- [17] RouterBoard.com: R52Hn. (s. f.). Recuperado 8 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/R52Hn>
- [18] RouterBoard.com: CRS125-24G-1S-RM. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2014, a partir de <http://routerboard.com/CRS125-24G-1S-RM>
- [19] Ubiquiti Networks - TOUGHSwitchTM. (s. f.). Recuperado 4 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.ubnt.com/accessories/toughswitch/>
- [20] Gómez M. & Morejón A. (2012). Estudio y Diseño de una red de acceso GPON para los servicios de telecomunicaciones Triple Play en el sector oriental de Riobamba. (Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)
- [21] Soto LaLangui, C. R. (2009). Elaboración de un manual de procedimiento para la presentación de proyectos de redes de Fibra Óptica en planta externa para la CNT S.A. (Tesis de Grado, Universidad Politécnica Nacional).
- [22] Vallejo R. (2013). Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito. (Tesis de Grado, Universidad Internacional SEK)
- [23] Sanipatún B. (2014). DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA ÓPTICA PARA MIGRAR LAS ÚLTIMAS MILLAS INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA EQUYSUM EN LA CIUDAD DE OTAVALO. (Trabajo de Titulación, Universidad Técnica del Norte).
- [24] Andrango D. (2014). ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA PARA REPOTENCIAR EL LABORATORIO DE REDES Y COMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL. (Trabajo de Titulación, Universidad Tecnológica Israel)
- [25] Alulima E. & Paladines C. (2014). Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba. (Trabajo de Titulación, Universidad Técnica Particular de Loja).
- [26] Mogollón M. (2006). Diseño del sistema de puesta a tierra y pararrayos para el edificio “Bloque de aulas A y B” de la Escuela Politécnica del Ejército. (Proyecto de Grado, ESPE)

Jennyfer S. Arteaga P.



Nació en Atuntaqui, provincia de Imbabura el 12 de Noviembre de 1989. Realizó sus estudios primarios en la Escuela “María Auxiliadora”. En el año d2007 obtuvo su título de bachiller en Comercio y Administración Especialidad Informática en el “Colegio Nacional Cumbayá”. Actualmente es egresada de la Carrera en electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte. Trabaja en la empresa TELCONET Quito-Ecuador.