



# **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 ACCESO FTTB (FIBER TO THE BUILDING) PARA  
INTERCONECTAR 8 DEPENDENCIAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO  
DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE OTAVALO**

**AUTOR: DIEGO JAVIER MENESE IRUA**

**DIRECTOR: ING. ROBERTO MARCILLO**

**IBARRA, ECUADOR**

**2016**

# Diseño de una red de acceso FTTB (Fibra hasta el edificio) para interconectar 8 dependencias del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo (abril 2016)

Autor: Meneses, D. diegoxayv@hotmail.com  
 Director: Ing. Marcillo, R. Roberto.marcillo@cnt.com.ec

**Resumen**— El presente proyecto permitirá interconectar 8 dependencias Municipales pertenecientes al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Otavalo, mediante una red de acceso FTTB (Fibra hasta el edificio) de fibra óptica, basado en la tecnología de transmisión GPON, se ha realizado con el objetivo principal de optimizar la red y con el paso del tiempo unifique los servicios, permitiendo que los ciudadanos tengan acceso a todos los servicios municipales en las 8 dependencias.

**Índice de Términos**—DMZ, IDS/IPS, UTM

## I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de mantenerse comunicados y poder intercambiar información de forma ágil y segura, es uno de los mayores retos que se tienen que enfrentar diariamente. A medida que pasa el tiempo aumentan los usuarios y sus exigencias a la red de comunicaciones, por lo cual requieren de enlaces de mayor capacidad, los mismos que se obtienen incrementando el ancho de banda, mediante la utilización de frecuencias más altas reflejadas en la implementación de un tendido de cobre, o implementación de más repetidores para enlaces de radio.

## II. ANÁLISIS GENERAL

En la actualidad la fibra óptica es considerada como el principal medio de transmisión de información a nivel mundial en lo que se refiere a las telecomunicaciones. Esto es posible gracias a sus prestaciones ópticas que desde sus inicios ha sido transportar grandes cantidades de datos a través de la luz.

### A. Fibra Óptica

La fibra óptica se define como un medio de transmisión usado en la actualidad para implementar redes de datos, consiste en un hilo fino que puede ser de materiales como el vidrio o plástico, por el cual viajan pulsos de luz generados por un láser o un led.

#### 1) Ventajas

**Ancho de banda.** - Los sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica disponen de mayor capacidad para transportar información.

**Inmunidad al ruido.** - dispone de inmunidad a interferencias causadas por por relámpagos, motores eléctricos, etc.

**Interferencia electromagnética.** - Los sistemas tienen una inmunidad a cables que se encuentren contiguos y que pueden crear un campo magnético.

**Peso.** - La fibra óptica como tal en comparación a un conductor de cobre es relativamente liviana es por eso una ventaja, debido a que facilita al técnico operar con facilidad.

**Temperatura.** - Un factor importante debido a que es fabricada a altas temperaturas, soporta temperaturas aproximadamente (-55°C - 85°C), por tal motivo garantiza la resistencia al calor y al frío. (Beltrán, 2015). Reduce considerablemente el peligro de provocar incendios en comparación a los conductores de cobre.

#### 2) Fibra óptica Monomodo

El diámetro del núcleo de la fibra es muy pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto causa que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar a grandes distancias, superiores a 10 Km, junto con dispositivos de elevado coste (LÁSER). (OPTRAL, 2015)

### 3) Fibra Óptica Multimodo

Multimodo dice que muchos rayos luminosos viajan de muchos modos, cada uno de los cuales sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica. Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Por el contrario, los dispositivos utilizados con las multimodo tienen un coste inferior (LED). Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 Km. (OPTRAL, 2015)

### B. Redes Ópticas Pasivas (PON)

Una red óptica pasiva PON (Passive Optical Network) permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter). (Jain, 2011).

TABLA 1  
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE TECNOLOGÍAS PON

CARACTERÍSTICA	APON	BPON	GPON
<b>Tasa de transmisión (Mbps)</b>	1250 (modo simétrico)	Bajada: 1244; 622; 155 Subida: 622; 155	Bajada: 2488; 1244 Subida: 2488; 1244; 622; 155
<b>Codificación de línea</b>	8B/10B	NRZ	NRZ
<b>Número máximo de abonados por fibra óptica</b>	32	32	64
<b>Alcance máximo (km)</b>	20	20	60
<b>Estandarización</b>	IEEE 802.3ah	ITU-T G983.x	ITU-T G984.x
<b>Costo de implementación</b>	El menor de todos	Menor a GPON	MEDIO

\*Nota tabla adaptada. Fuente: Manual de Redes de Fibra Óptica (2014), Ing. Juan P. Beltrán

### C. Elementos de una red PON

- 1) *OLT (Terminal de Línea Óptica)*.- Se ubica en nodo del proveedor de servicio, suministra la interfaz entre la PON y los servicios de Red del proveedor

- 2) *ODN (Red de Distribución Óptica)*.- Suele referirse a la ODN como los diferentes elementos ópticos existentes entre la OLT y las diferentes ONTs/ONUs de la red GPON. Suele estar compuesto de las diferentes fibras ópticas y de los splitters requeridos para diversificar la red.
- 3) *ONU (Unidad de Red Óptica)*.- La ONU es uno de los elementos que pueden registrarse contra una OLT. En este caso se trata de dispositivos de distribución que dan servicio a más de un usuario.
- 4) *ONT (Terminal de Red Óptica)*.- Ubicada en el usuario final, termina la red óptica pasiva y presenta los diferentes servicios al usuario.

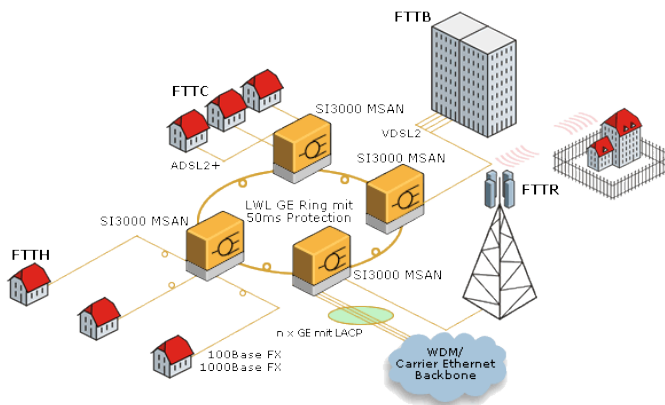
### D. Tecnología FTTX

Una red de acceso FTTX no es más que una red de distribución basada en el despliegue de cable de fibra óptica que llega a distancias determinadas dependiendo del estándar o la aplicación que se esté realizando.

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 hogares, unidades múltiples y pequeños negocios lo que volvió común al término; Fiber to the x (Fttx, fibra hacia).

Entre los acrónimos usados en la literatura técnica y comercial están los siguientes mismos que se muestran en la Figura 1:

- FTTH (Fibra hasta la casa)
- FTTC (Fibra hasta la acera)
- FTTC ab (Fibra hasta el gabinete)
- FTTN (Fibra hasta el vecindario)
- FTTB (Fibra hasta el edificio)



**Figura 1:** Tecnologías ópticas

**Fuente:** Itm-Group, factor4 GMDS Germany GmbH.  
Recuperado de: <http://www.itm-group.com/web/fttx-konzepte.html>

### III. DISEÑO RED DE ACCESO FTTB (FIBRA HASTA EL EDIFICIO) PARA EL GAD DE OTAVALO.

Para realizar el diseño de la red de acceso FTTB se define la ubicación geográfica de las dependencias lo cual ayuda al despliegue del cable de fibra óptica por las calles de la ciudad y va a ser aérea o subterránea todo esto dependerá de la geografía y situación de la ciudad, esto ayudará a la elección del tipo de fibra.

Siguiendo las especificaciones de la tecnología, se escogen los equipos que se utilizan para la OLT, ODN y la ONU partes necesarios para el diseño de la red de acceso de conexión a cada dependencia, de la misma forma se realiza una descripción de los parámetros de transmisión en cuanto a atenuación y ancho de banda requeridos entre las diferentes dependencias, número de usuarios actuales y proyectados, las aplicaciones y servicios que se pretenden prestar.

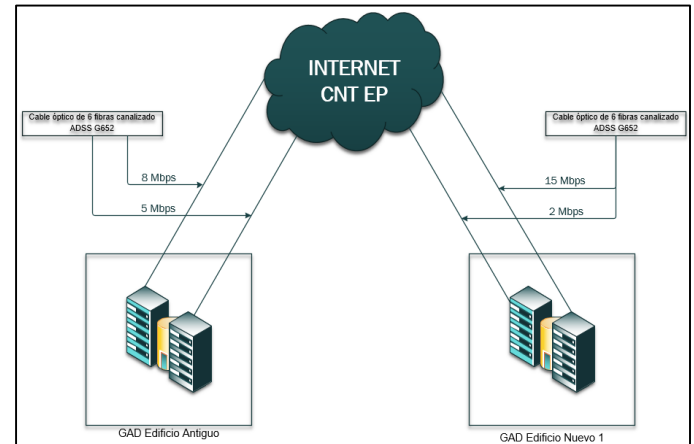
#### A. Situación actual

El GAD Municipal de Otavalo en la actualidad cuenta con un carrier de prestigio como es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) de la Provincia de Imbabura. El GAD Municipal de Otavalo tiene hasta la actualidad 4 enlaces de datos con mencionada empresa de telecomunicaciones contratado planes diferentes como se muestra en la Figura 3 1.

Para dichos enlaces ópticos se usa el cable óptico monomodo de 6 hilos de fibra canalizado ADSS G.652D, el mismo que permite altas velocidades de

transmisión tanto de UP/DOWN simultáneamente.

Los 6 Hilos del cable canalizado que llegan del proveedor se distribuyen mediante un ODF G. G55/C de 6 Hilos - Terminación FC - PC de apertura frontal. De esta forma se usa uno de los hilos que es conectado directamente a un convertidor que es el encargado de transformar la señal óptica a eléctrica, que posteriormente es conectado a un router Cisco Serie 800, el mismo que difunde los datos a todos los segmentos de la red.



**Figura 2:** Topología física de la red contratada con el Carrier CNT EP

**Fuente:** Desarrollo del Proyecto.

#### B. Diseño de la red de acceso FTTB para el GAD Municipal de Otavalo

##### 1) SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CIUDAD

El cantón Otavalo está ubicado en la provincia de Imbabura, región norte del Ecuador. Tiene una superficie de 528 kilómetros cuadrados. Se encuentra a 110 kilómetros al norte de la ciudad de Quito.

A continuación, se realiza una descripción de cada una de las dependencias municipales.

##### Edificio Municipal

Ubicada en el centro de la ciudad, es donde se ejecuta la coordinación de la Gestión y operación interna; sugiere y propone políticas de administración, además es responsable del recurso humano y material; gestiona la cooperación técnica y financiera nacional e internacional en actividades, proyectos y programas del Gobierno Municipal.

##### Casa La Joya

Es un centro cultural donde se desarrollan actividades culturales, sociales, museo permanente

que se expone, centro de exposiciones y tiene atención a la ciudadanía.

### *Casa de Turismo*

Lugar en el cual se expone toda la parte turística del cantón Otavalo, dispone varios servicios como una agencia de viajes municipal.

### *Comisaria Municipal*

Planifica el reordenamiento de los mercados, ferias, y coordina el trabajo con varias organizaciones de comerciantes y artesanos con el fin de transmitir nuevas ideas y propuestas para mejorar las condiciones de expendio y presentación de las actividades productivas de miles de familias.

### *El Colibrí*

El nombre completo es Centro Intercultural Kintiwasí casa Colibrí inaugurado en octubre del 2011, es el lugar especial donde se observa toda la ciudad. Lugar donde se desarrolla la creatividad y el despertar espiritual de los jóvenes en este lugar se desarrolla varias actividades como:

- Talleres de formación.
- Capacitaciones de diferentes temáticas.
- Exposiciones de arte permanente.

### *Casa de la Juventud*

Casa de la juventud es un centro cultural, lugar donde se desarrollan talleres y se dictan cursos de danza, cerámica, canto entre otros, dirigidos a jóvenes que residen en el cantón. En este sitio también funcionan dependencias municipales.

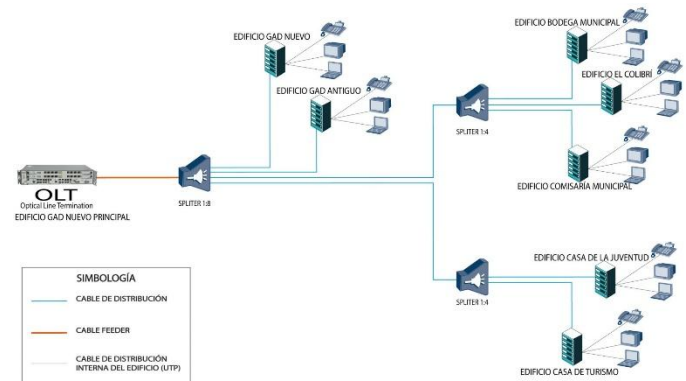
### *Bodega Municipal*

Sitio en el cual se almacenan todos los artículos municipales y conjuntamente funciona la empresa municipal de agua potable y alcantarillado del GAD Municipal.

## C. Topología

La topología más adecuada de acuerdo al entorno de la ciudad y a la ubicación de cada uno de los edificios es “topología árbol”, la cual consiste en conectar la OLT con las ONU's a través de distribuidores ópticos pasivos, donde el canal descendente GPON es una red punto multipunto donde el equipo OLT maneja la totalidad del ancho

de banda que se reparte a los usuarios ONUs. En canal ascendente es una red punto a punto donde múltiples ONUs transmiten a un único OLT. Mediante el uso de divisores pasivos 1 x n (donde  $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$ ) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. (Millan, 2016)



**Figura 3:** Topología de una red PON Punto - Multipunto

**Fuente:** Desarrollo del proyecto

## D. Equipos y elementos para la red de acceso

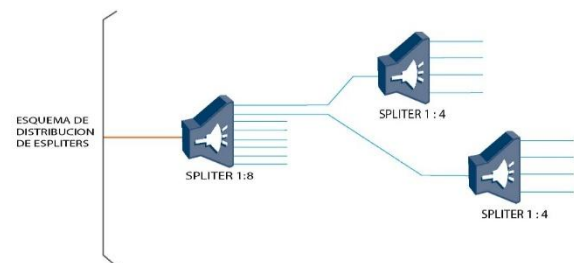
### 1) OLT

El equipo OLT, sugerido para la red de acceso del GAD Municipal de Otavalo es un producto del grupo HUAWEI que es una OLT pequeña, puesto que cumple con los requerimientos técnicos de este diseño y proporcionará una excelente escalabilidad a la red, ya que cada tarjeta GPON dispone 8 puertos que brindan una máxima división de splitter de 1:64 dando como un resultado aproximado de 3072 conexiones.

### 2) ODN

Está formada por:

#### a) Esplitters



**Figura 4:** Splitters

**Fuente:** Desarrollo del proyecto

Se tendrá 1 tarjeta con 8 puertos GPON.

Cada puerto de la tarjeta soporta hasta 64 ONT.

Se tendrá 1 splitter primario de 1:8.

Se implementarán 2 splitters secundarios que

darían servicio a los edificios donde se encuentran los usuarios.

b) *ODF (Optical Distribution Frame)*

Es un equipo pasivo, al cual se acoplan los conectores de cada hilo de fibra, al ODF ubicado en el nodo central llega la fibra óptica correspondiente al edificio GAD Municipal del Edificio Nuevo 2 (12 hilos), la de la Casa de la Joya (12 hilos), la del edificio antiguo del GAD Municipal (12 hilos), y también la fibra que conecta a los splitters secundarios (12 hilos) por tal motivo, este ODF debe poder albergar al menos 32 hilos. Cada uno de los edificios de tener en sus cuartos de telecomunicaciones un ODF de al menos 6 puertos.

c) *Conectores*

Pueden ser de diferentes tipos, existen los metálicos para terminaciones FC o ST y los plásticos para terminaciones SC y LC como se muestra en la Figura 4, hay que tener muy en cuenta que las terminaciones tanto de un lado como del otro tengan el mismo tipo de pulido sea este PC, UPC ó APC. Para este diseño se utilizan 10 conectores SC/APC.



**Figura 5:** Tipos de conectores de fibra óptica

**Fuente:** Álvaro Llorente, 2013. Recuperado de:

<https://sites.google.com/site/stigestionydesarrollo/recuperacion/desarrollo-1/tema11/8---propiedades-y-tipos-de-conectores-de-fibra-optica>

d) *Puentes ópticos*

Se utilizan para la interconexión entre un puerto del ODF al cual está conectorizado un hilo de fibra del enlace que viene del exterior con los equipos de transmisión instalados en la central o nodo. Se

necesitan 15 patchcord.



**Figura 6:** Puentes ópticos (Patch Cords).

**Fuente:** Manual de operaciones tendido de fibra CNT EP

e) *Pigtails*

Son utilizados para empalmar por un lado la fibra que llega del exterior y conectar por el otro lado al acoplador del ODF. Se necesitan 15 pigtails.

f) *Mangas de empalme*

Para el diseño de la red de acceso se requiere mangas de empalme que sea adecuada para exteriores y q permitan las derivaciones adecuadas para cada una de los lugares.

3) *ONU*

El equipo ONU, sugerido para la red de acceso del GAD Municipal de Otavalo para cada uno de sus edificios, el equipo recomendado es del grupo HUAWEI SmartAX MA5626, puesto que cumple con los requerimientos técnicos de este diseño y proporcionará una excelente escalabilidad a la red, es el equipo ideal para tecnologías GPON. Se necesita 8 de estos equipos.



**Figura 7:** Huawei SmartAX MA5621

**Fuente:** <http://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/onu/onu-for-smartgrid>

E. *Determinación de la longitud del cable de fibra óptica*

1) *ALIMENTACIÓN O FEEDER*

Para el cálculo de la distancia del cable de alimentación o FEEDER se tomará en cuenta la distancia a partir del gabinete que alberga la OLT hacia el primer poste desde donde empezará el

despliegue del cable, posteriormente a esto se sumará la distancia entre poste y poste hasta llegar a cada uno de los divisores ópticos primarios. En caso especial el splitter primario se encuentra en el nodo central debido a que se trata de un BD splitter de 1:8 para montaje en racks. Se necesita 10 metros.

### 2) Cable de distribución

Para obtener la distancia total del cable de DISTRIBUCIÓN (distancia entre el splitter primario y el splitter secundario), se deberá sacar el total de la distancia de cada zona, sumando todos los valores. Como se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2  
DISTANCIAS DEL CABLE DE DISTRIBUCIÓN  
SPLITTERS-ONU

DISTANCIA CABLE DISTRIBUCION DESDE EL SPLITTER SECUNDARIO HASTA LA ODN (metros)	DISTANCIA (metros)
GAD_OTA_NUEVO1-LA JOYA	1843,27
GAD_OTA_NUEVO1-GAD_OTA_NUEVO2	50,46
GAD_OTA_NUEVO1-GAD_OTA_ANTIGUO	74,78
GAD_OTA_NUEVO1-BODEGA	176,70
GAD_OTA_NUEVO1-COMISARIA	38,90
GAD_OTA_NUEVO1-COLIBRI	416,94
GAD_OTA_NUEVO1-TURISMO	429,64
GAD_OTA_NUEVO1-JUVENTUD	1228,21
<b>TOTAL</b>	<b>4258,90</b>

Fuente: Desarrollo del proyecto.

### 3) Cálculo de reservas

Para el cálculo de la reserva de cable de fibra óptica, se debe tomar en cuenta la ubicación y la distancia que tendrán las mismas, puesto que es necesario prescindir de cierta holgura de cable en ciertos casos tales como: derivaciones (sangrado de fibra óptica), empalmes de continuidad, caso en el que se termina la bobina de fibra óptica y se requiere seguir instalando más cable, etc. Medidas que deben ser tomadas, considerando las características del enlace y el sector a servir, (CNT, 2012).

TABLA 3  
DISTANCIAS DEL CABLE DE DISTRIBUCIÓN  
SPLITTERS-ONU.

	Subtotal distancia (m)	reserva %	Distanci a guarda (m)	total
FEEDER	10.00	10%	1.00	<b>11.00</b>
DISTRIBUCIÓN OLT SPLITER	1391.37	10%	391.37	<b>1782,7 4</b>
DISTRIBUCIÓN SPLITER ONU	4258,90	10%	258,90	<b>4517,8</b>

Fuente: Desarrollo del proyecto

## IV. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Se determina la factibilidad del proyecto a ser desarrollado que permitirá valorar la inversión a realizarse tomando en cuenta no solo el valor económico, sino también el beneficio que este estudio representa para el GAD Municipal de Otavalo.

## V. ANÁLISIS DE COSTOS

### A. Inversión del proyecto

En este punto se detalla el valor de los equipos necesarios para la implementación de este diseño descritos en la Tabla 2. El análisis se basó, en los equipos disponibles en el mercado nacional, las marcas más utilizadas y los precios referenciales de las mismas.

TABLA 4  
COSTO TOTAL DE EQUIPAMIENTO RED DE ACCESO  
FTTB

COSTOS TOTALES DE LA RED DE ACCESO FTTB			
DESCRIPCIÓN	UNIDA D	CANT	TOTAL
EQUIPAMIENTO ACTIVO OLT Y ONU	u	1	\$13.060,28
MANO DE OBRA EQUIPAMIENTO EXTERNO	u	1	\$ 2.517,82
EQUIPO Y ELEMENTOS ODN	u	1	\$14.750,80
<b>TOTAL</b>			<b>\$30.328,90</b>

Fuente: Desarrollo del proyecto

### B. Depreciación de equipos

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. Como se muestra en la Tabla 5.

TABLA 5  
COSTOS DE DEPRECIACIÓN DE EQUIPOS ACTIVOS

DEPRECIACIONES		
DESCRIPCIÓN	VALOR DEL EQUIPO	DEPRECIACIÓN ANUAL AL 20%
OLT MARCA HUAWEI SERIE MA5603T	\$ 3.154,40	\$ 630,88
ONT MARCA HUAWEI SERIE HG8247	\$ 6.356,72	\$ 1.271,34
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.902,22</b>

**Fuente:** Desarrollo del proyecto

### C. Análisis costo beneficio

Al momento de determinar la viabilidad del proyecto, se verificará además los beneficios a obtenerse con su desarrollo son mayores a la inversión necesaria para su implementación. De tal forma, se enumeran los posibles beneficios que ayudan a la población Otavaleña que es aproximadamente de 90.188 habitantes<sup>1</sup> y que mejorarán significativamente mediante la futura ejecución total de la red de acceso FTTB, como se muestra en la Tabla 6:

En base a los planteamientos siguientes se determina que el proyecto establece beneficios sociales muy positivos para el Cantón Otavalo, por lo que su ejecución es viable para mejorar las condiciones de acceso a los trabajadores municipales en cada una de las dependencias municipales lo cual trae como resultado mejorar y facilitar el acceso de los habitantes a los servicios públicos eficientes y oportunos en un mundo cada vez más digitalizado. Además, la provisión de herramientas tecnológicas

de comunicación para las personas y negocios del sector, es un punto clave para aumentar el turismo y la productividad en beneficio de la situación socioeconómica del cantón.

TABLA 6  
BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR EL PROYECTO

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO- PROYECTO RED DE ACCESO FTTB OTAVALO	
COSTO	BENEFICIO
<b>Migración de tecnología</b>	Red flexible y dinámica, capaz de transportar grandes capacidades de tráfico, con la utilización de la tecnologías ópticas
	Mayor capacidad de tráfico que maneja los edificios municipales.
	Conectividad segura y rápida entre dependencias municipales.
	Tener una red de acceso actual y capaz de soportar aplicaciones de última tecnología.
<b>Adquisición de equipos</b>	Maximizar los recursos actuales de transmisión de la red.
	Adquisición de equipos de alta tecnología que permitirán la escalabilidad de la red.
<b>Recursos y aplicaciones</b>	Red de comunicaciones de datos de alta fidelidad.
	Los habitantes podrán agilizar trámites municipales pago de servicios impuestos.
	Integrar nuevos servicios en cada dependencia.
<b>Mantenimiento de la red</b>	Confiable y disponibilidad de la red.

**Fuente:** Desarrollo del proyecto

## VI. CONCLUSIONES

Una de las principales ventajas que presentan las tecnologías FTTB, es que utiliza el cableado de cobre existente internamente de los edificios, lo que implica una reducción en los costos, pues caso contrario significaría implementar un nuevo cableado.

El tendido de fibra óptica aérea es la alternativa, dentro de la Ciudad de Otavalo, debido a que las

<sup>1</sup> Censo 2010, (OTAVALO, 2015)



implementaciones de ductos subterráneos representan una fuerte inversión. El alquiler de ductos en la actualidad no es factible debido a que la Corporación Nacional de Telecomunicaciones que cuenta con dicha infraestructura no los arrienda. Por el contrario, la Empresa Eléctrica da la posibilidad de arrendamiento de postes para tendido de fibra óptica.

Se realizó el diseño de esta red de acceso para interconectar los edificios del GAD Municipal de Otavalo, tomando en consideración la geografía de cada uno de los edificios y las implicaciones técnicas fundamentales para la elaboración del diseño en cuestión.

Es necesario considerar el lugar, estándar, arquitectura y topología seleccionada y las características en general del diseño, se resume que la red de acceso FTTB es dúctil, escalable, viable y con un ancho de banda admisible para dar servicio de voz, datos y video a cada una de las dependencias Municipales de Otavalo.

Por las características, la tecnología GPON es superior a los medios inalámbricos ya que maneja velocidades desde 2.4/1.8 Gb de bajada y subida lo cual permite beneficiar a los servicios de transmisión de información y aplicaciones en internet. Y de esta forma mediante cálculos teóricos se dice que tiene una disponibilidad del 99.98%.

Se plantea en este estudio la conexión de las 8 dependencias municipales del GAD de Otavalo, para ello se consideró las rutas sugeridas y evaluadas de acuerdo a la visita técnica, mismas que darán estabilidad a la red en el caso de aumentar usuarios.

□ Desde el punto de vista económico las implementaciones de este tipo de redes de acceso no son muy costosas. Si bien es cierto, los costos por concepto de fibra óptica son superiores a las demás tecnologías alámbricas o inalámbricas, se compensan en cierto modo por ser redes pasivas es decir no requieren alimentación eléctrica. Por tal motivo se plantea un diseño con la nueva tecnología y aprovechar todo el ancho de banda que la fibra óptica puede ofrecer, de manera que se garantice a

futuro, el uso de la inversión en infraestructura, evitando cualquier cuello de congestión del servicio con el incremento de la demanda.

## REFERENCIAS

- [1] Beltran , J. P. (2015). *Diseño de Redes de Fibra Optica . Quito.*
- [2] Bermúdez, J. B. (s.f.). *ESTANDARES DE FIBRA "OPTICA Y DE CABLEADO UTP.* Obtenido de <http://johnbufibraopticaeutp.blogspot.com/>
- [3] CNT. (2010). *NORMAS DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA.*
- [4] GCO, P. (2015). *Tutorial de Comunicaciones Ópticas.* Obtenido de Nemesis: <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>
- [5] Henao, J. S. (2010). *TECNOLOGÍAS DE REDES PON*
- [6] Huawei. (2015). *MA5626-Huawei Productos.* Obtenido de <http://www1.huawei.com/en/products/fixed-access/fttx/mxu/ma5626/index.htm>.
- [7] ain, R. ( 2011). *Passive Optical Networks: Passive Optical Networks*
- [8] Maya, J. M. (2011). *Telecomunicaciones: Tecnologías, redes y servicios. Bogota : de la U "conocimiento a sus alcance"*
- [9] Listado de precios de redes de fibra óptica CNT E.P. Febrero 2012.
- [10] Linares, & Jardón. (s.f.). *SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS. ALFAOMEGA .*
- [11] Chomycz, B. (1998). *"Instalaciones de Fibra Óptica. "* Ed. McGraw-Hill .
- [12] Lorenti, R. (14 de Julio de 2014). *Guayaquil, Guayas, Ecuador*
- [13] López, J. J. (2015). *::: Tutorial de Comunicaciones Ópticas ::: GCO ::: Grupo Comunicaciones Ópticas ::: Obtenido de [http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1\\_5\\_1.htm](http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm).*
- [14] Beltran , J. P. (2015). *Diseño de Redes de Fibra Optica . Quito.*
- [15] Bermúdez, J. B. (s.f.). *ESTANDARES DE FIBRA "OPTICA Y DE CABLEADO UTP.* Obtenido de <http://johnbufibraopticaeutp.blogspot.com/>
- [16] CNT. (2010). *NORMAS DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA.*
- [17] GCO, P. (2015). *Tutorial de Comunicaciones Ópticas.* Obtenido de Nemesis: <http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/index.htm>
- [18] Henao, J. S. (2010). *TECNOLOGÍAS DE REDES PON.*
- [19] Huawei. (2015). *MA5626-Huawei Productos.* Obtenido de <http://www1.huawei.com/en/products/fixed-access/fttx/mxu/ma5626/index.htm>
- [20] Lucent, A. (s.f.). *7353 ISAM FTTB Modular ONU.* Obtenido de <https://www.alcatel-lucent.com/products/7353-isam-fttb-modular-onu>

- [21] Jain, R. (2011). *Passive Optical Networks: Passive Optical Networks*.
- [22] Maya, J. M. (2011). *Telecomunicaciones: Tecnologías, redes y servicios. Bogotá : de la U "conocimiento a sus alcances"*.
- [23] *Listado de precios de redes de fibra óptica CNT E.P. Febrero 2012.*
- [24] Linares, & Jardón. (s.f.). *SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS. ALFAOMEGA.*
- [25] Chomycz, B. (1998). *“Instalaciones de Fibra Óptica.” Ed. McGraw-Hill.*
- [26] Lorenti, R. (14 de Julio de 2014). *Guayaquil, Guayas, Ecuador*
- [27] López, J. J. (2015). *...: Tutorial de Comunicaciones Ópticas :: GCO :: Grupo Comunicaciones Ópticas :: Obtenido de [http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1\\_5\\_1.htm](http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm)*
- [28] Martín, A. (2015). *Conocimientos previos: Teoría de la luz y transmisión de datos por fibras ópticas. Obtenido de Aldo Martín*
- [29] Millan, R. (2016). *GPON (Gigabit Passive Optical Network).*
- [30] óptica, L. A. (2014). *FOA Reference Guide To Fiber Optics. Obtenido de <http://www.thefoa.org/ESP/Sistemas.htm>*
- [31] OPTRAL. (2015). *Tipos de fibra Optica. Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-5.htm>*
- [32] OTAVALO, G. M. (2015). *Datos Cantón - GOBIERNO MUNICIPAL DE OTAVALO. Obtenido de [http://www.otavalo.gob.ec/webanterior/?page\\_id=838](http://www.otavalo.gob.ec/webanterior/?page_id=838)*
- [33] SOLEDAD, A. P. (2015). *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.*
- [34] Telecorc. (2014). *Arquitectura y Funcionamiento . Obtenido de <http://telecorc.blogspot.com/2014/05/arquitectura-y-funcionamiento.html>*
- [35] Millan, R. (2016). *REDES Y SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES: VDSL2 en FTB/FTTC/FTTN. Obtenido de <http://blogtelecomunicaciones.ramonmillan.com/2008/08/vdsl2-en-ftbftcfttn.html>*
- [36] Huawei technologies Co., L. (s.f.). *FTTx ODN service product technical proposal. Guayaquil, Guayas, Ecuador.*

## Bibliografía

### Diego Javier Meneses Irua



Nació en San Gabriel Carchi, el 1 de agosto de 1988. Realizó sus estudios primarios en la Escuela Fiscal Mixta “Alberto Acosta Soberón” cursó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa Experimental “Teodoro Gómez de la Torre” obteniendo su título de Bachiller en Físico Matemático en el año 2006. Actualmente es egresada de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicaciones en la facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica Del Norte. Trabaja en la empresa ECUAONLINE ubicada en la ciudad de Quito Ecuador.