

Diseño de una red de fibra óptica FTTH en la parroquia de San Antonio de Ibarra para CNT-EP.

Autores – Santiago Javier MENESES NARVÁEZ.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

samenesn@utn.edu.ec

Resumen. *El presente proyecto de titulación tiene como objetivo realizar el diseño de una red de fibra óptica que satisfaga las necesidades relacionadas a los servicios de telecomunicaciones en el sector de San Antonio de Ibarra, con lo cual se planea brindar servicios integrados o comúnmente conocidos como Triple Play.*

Todo el diseño se ha desarrollado respetando las normas impuestas por la ITU-T G.984 así como la normativa actual de CNT-EP, para esta finalidad el sector se dividió en 16 distritos de estudio donde cada distrito tiene un Armario de distribución.

El diseño de la red se plantea en tres etapas, la red troncal que constituye el tramo desde la OLT hasta los Armarios de distribución, el segundo tramo es la red de distribución que constituye desde los Armarios de cada distrito hasta las Cajas Terminales o NAP y por último el tramo final denominado Última Milla que inicia desde las Cajas terminales hasta el equipo ubicado en la casa del usuario, este equipo es la ONT.

Palabras Claves

GPON, OLT, ONT, Comunicaciones, ITU-T G.984, UTN, FICA.

Abstract. *This present project has the objective to make a design of a fiber optic network that satisfy the needs related to telecommunications services in the area of San Antonio de Ibarra, which is projected to provide integrated services or commonly known like Triple Play.*

The entire design has been developed in compliance with the standards imposed by G.984 ITU-T and the current rules of CNT-EP, the parish was divided into 15 studio district study where each district has a cabinet.

The network design is proposed in three stages, the backbone which is the stretch from the OLT to the Distribution cabinets, the second stretch is the distribution network goes from the cabinets of each district until terminal

boxes or NAP and finally the last stretch that is called last Mile which starts from terminals until the equipment boxes located in the user's home, this equipment is the ONT.

Keywords

GPON, OLT, ONT, Comunicaciones, ITU-T G.984, UTN, FICA.

1. Introducción

El desarrollo constante de la tecnología relacionada al sector de la telecomunicaciones se ha dado de una manera acelerada, todo esto es debido a la exigencia cada vez más elevada de los usuarios en cuanto a servicios de comunicaciones, por lo que se hace necesario contar con sistemas de comunicaciones con mejores características, uno de los medios de transmisión que en la actualidad está en auge por cumplir características como mejores capacidades de transmisión y mayores alcances, es la fibra óptica.

Las redes PON (Passive Optical Network) son redes que usan como medio de transmisión la fibra óptica, estas redes permiten brindar a los usuarios una gama de servicios como son voz, datos y video por un mismo medio de transmisión.

2. Estudio general.

Fibra óptica.- La fibra óptica es un medio de transmisión usado en las telecomunicaciones, este medio de transmisión se ha convertido en uno de los más usados, debido a las grandes ventajas que ofrece, como la disminución de ruido e interferencias, resistencia a la corrosión y variaciones de temperaturas pero sobre todo su gran ancho de banda.

La fibra óptica es un hilo muy fino similar a un cabello humano, constituido principalmente por material dieléctrico (material que no tiene conductividad) transparentes como el vidrio o plástico, por medio de este hilo se envían pulsos de

luz, convencionalmente un pulso de luz indica un bit en 1 y la ausencia de luz indica un bit en cero. Los rayos de luz que se propagan a través del hilo de fibra se rigen a la ley de Snell. La fibra óptica está constituida principalmente por tres elementos básicos que son el núcleo, revestimiento y la cubierta o recubrimiento. [1]

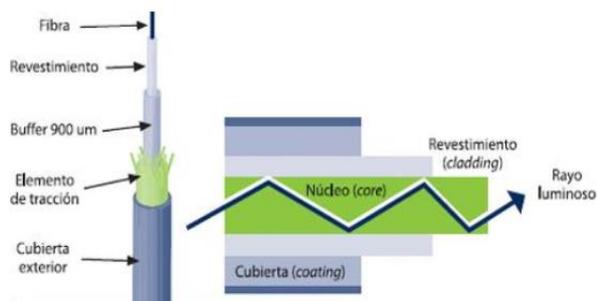


Figura 1. Constitución de la fibra óptica.
Fuente: Illescas (2012).

El núcleo de la fibra está compuesto de dióxido de silicio y es por donde se transporta la información constituye la parte central de la fibra, tiene un índice de refracción mayor al del revestimiento, el diámetro del núcleo de la fibra varía en un rango entre 8 y 125 um.

Diámetro Núcleo	Diámetro Revestimiento	Tipo de Propagación	Longitud de Onda de Transmisión
8 a 10 um	125 um	Monomodo	1550/1330 nm
50 um	125 um	Multimodo	850/1310 nm
62.5 um	125 um	Multimodo	850 nm
85 um	125 um	Multimodo	850 nm
100 um	125 um	Multimodo	850 nm

Tabla 1. Diámetros de núcleo más usados.
Fuente: Alumia & Paladines (2014).

Cable de estructura holgada: Tiene como núcleo un miembro central o refuerzo al cual está rodeado por varios tubos de fibra y una cubierta protectora. Cada tubo de fibra tiene dentro hilos de fibra, cada tubo está generalmente lleno de un gel protector, véase Figura 2, de esta forma el tubo holgado aísla las fibras de fuerzas mecánicas externas. [3]

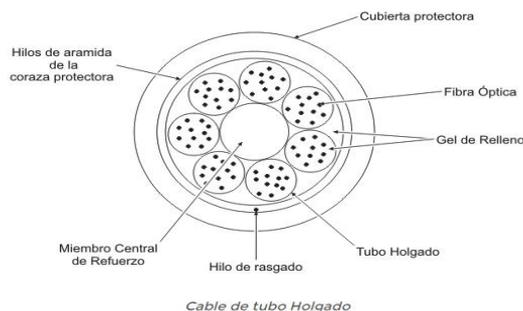


Figura 1. Cable estructura holgada.

Fuente: ANONIMO. (2005). Tipos de fibras ópticas. Recuperado de: <http://goo.gl/nIKyeb>

Cable de estructura ajustada: Contiene varias fibras con protección secundaria las cuales rodean el miembro central de refuerzo, todo está cubierto por una protección exterior. [3]

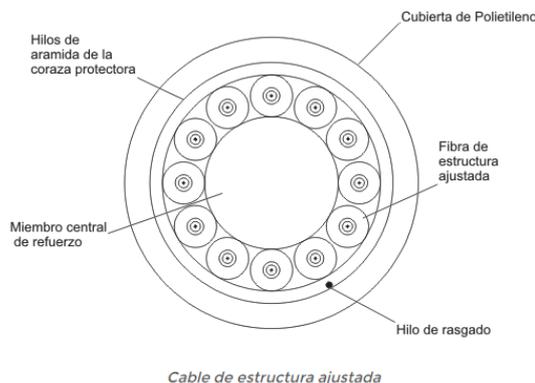


Figura 2. Cable estructura ajustada.

Fuente: ANONIMO. (2005). Tipos de fibras ópticas. Recuperado de: <http://goo.gl/nIKyeb>

Las fibras ópticas también se pueden clasificar por su composición:

Plastica: fibra óptica con núcleo de plástico y manto de vidrio.

PCS (Plastic Clad Silica): Fibra óptica con núcleo de vidrio y manto plástico.

SCS (Silica Clad Silica): Fibra con núcleo de silicio y manto de silicio.

Las fibras de plástico poseen algunas ventajas sobre las fibras de vidrio como es mayor flexibilidad, menor costo y peso, mayor resistencia a la presión, entre otras. La principal desventaja es la alta atenuación en comparación con fibras de vidrio ya que no propagan luz tan eficientemente. [5]

Las fibras multimodo son fibras que permiten la transmisión de diferentes modos o rayos de luz a lo largo de la fibra tal como se muestra en la Figura 4, la fibra monomodo por otro lado permite únicamente que un solo rayo de luz viaje a lo largo de la misma, véase Figura 5.

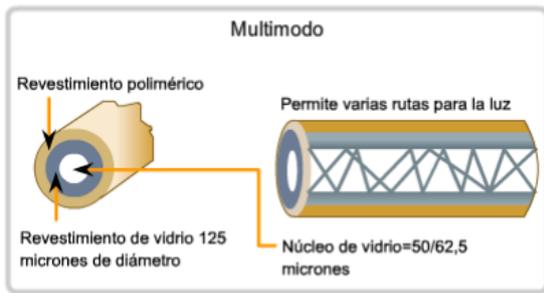


Figura 3. Fibra multimodo.
Fuente: Illescas (2012).

A su vez la fibra multimodo tiene una subdivisión según el índice de refracción en multimodo de índice gradual y multimodo de índice escalonado.

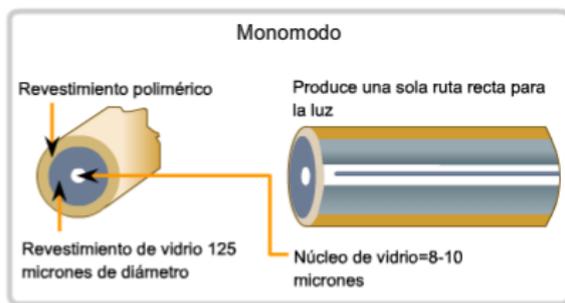


Figura 4. Fibra monomodo.
Fuente: Illescas (2012).

GPON.- En este apartado se tratara sobre las recomendaciones ITU-T G.984.X que va desde la ITU-T G.984.1 hasta ITU-T G.984.7, estas recomendaciones dan una orientación al momento de tomar decisiones en el despliegue de redes PON. Es importante señalar que no todas las recomendaciones tratan sobre despliegues de redes de fibra óptica sino también muchas hacen relación a lo que son fabricantes de elementos PON.

ITU-T G.984.1. Características Generales.

ITU-T G.984.2. Especificación de la capa dependiente de medios físicos.

ITU-TG.984.3 Especificación de la capa de convergencia de medios de transmisión.

ITU-T G.984.4 Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica.

ITU-T G.984.5 Bandas de mejora.

ITU-T G.984.6 GPON de largo alcance.

ITU-T G.984.7 GPON de largo alcance.

A continuación se incluyen algunas definiciones que son de suma importancia para entender todo lo referente al despliegue de redes ópticas pasivas.

Red de acceso óptico (OAN, optical Access network): es el conjunto de enlaces que comparten las mismas

interfaces en el lado de red (o lado de la OLT), la OAN puede tener varias ODN conectadas a la misma OLT. [6]

Red de distribución óptica (ODN, optical distribution network): es la red que proporciona los medios de transmisión necesarios para comunicar la OLT con los usuarios. [6]

Terminación de línea óptica (OLT, optical line termination): proporciona la interfaz en el lado de red de la OAN. [6]

Terminación de red óptica (ONT, optical network termination): ONU usada para FTTH.

Unidad de red óptica (ONU, optical network unit): proporciona la interfaz en el lado de usuario de la OAN y está conectada a la ODN.

Sentido descendente: señales transmitidas desde la OLT hasta las ONU.

Sentido ascendente: señales transmitidas desde la ONU hasta las OLT.

La Figura 15 muestra diferentes arquitecturas para PON donde la red de acceso óptico OAN es diferente para todas ellas.

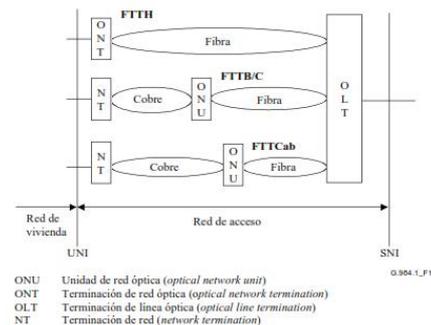


Figura 6. Fibra monomodo.
Fuente: UIT-T G-984.1 (2008).

GPON apunta básicamente a velocidades superiores a 1.2 Gbits/s con lo cual se tiene en la actualidad dos combinaciones posibles para subida y bajada.

1.2 Gbits/s up, 2.4 Gbits/s down.

2.4 Gbits/s up, 2.4 Gbits/s down.

En cuanto al alcance de la red se define al alcance lógico máximo en 60 km y el alcance físico en 20 Km[6]

La relación de división con la tecnología actual permite una división en el nivel de splitter 1:64 como máximo. [6] Esto indica que los equipos en el lado de la OLT permiten hasta 64 ONT por cada puerto PON, CNT-EP actualmente trabaja con 32 ONT por cada puerto de la OLT.

CARACTERISTICAS.	UNIDAD.	VALOR.
OLT		
Mínima potencia media inyectada.	Dbm	+1.5
Máxima potencia media inyectada.	Dbm	+5
Mínima sensibilidad.	Dbm	-28
ONU		
Mínima potencia media inyectada.	Dbm	+0.5
Máxima potencia media inyectada.	Dbm	+5
Mínima sensibilidad.	Dbm	-27

Tabla 2. Niveles de potencia óptica para sistemas 2.4 Gbit/s down y 1.2 Gbit/s up.

Fuente: UIT-T G-984.1.

Característica.	Unidad.	Monofibra.
Mínima Atenuación óptica 1490nm.	dB	13
Mínima Atenuación óptica 1310nm.	dB	13
Mínima Atenuación óptica 1550nm.	dB	13
Máxima Atenuación óptica 1490nm.	dB	28
Máxima Atenuación óptica 1310nm.	dB	28
Máxima Atenuación óptica 1550nm.	dB	28

Tabla 3. Balance de atenuación en GPON.

Fuente: UIT-T G-984.1.

3. Diseño.

3.1 Estudio demanda.

Para el diseño de la red GPON se realizó un estudio de la demanda actual, esta demanda se proyectó en el tiempo con el objetivo de realizar un diseño flexible a futuros cambios.

SEXO	POBLACION	PORCENTAJE
Hombre	8595	49.05%
Mujer	8927	50.95%
Total	17522	100%

Tabla 4. Población San Antonio de Ibarra.

Fuente: INEC 2010.

Para determinar el crecimiento poblacional se utilizó una ecuación 1 que es la fórmula de cálculo según la Revista Colombiana de estadística (1980).

$$P(t) = P_0(1 + i)^t \quad (1)$$

Donde:

P (t): Población proyectada en el tiempo.

P₀: Población actual.

i: tasa de crecimiento anual.

t: tiempo.

Ecuación para t = 25 años.

$$P(t) = 17522(1 + 0.025)^{25}$$

PROYECCION DE POBLACION PARROQUIAL.					
AÑO	2010	2015	2020	2032	2035
POBLACION	17522	19825	22430	30165	32484

Tabla 5. Crecimiento poblacional.

Fuente: GAD-San Antonio de Ibarra.

Según el GAD-San Antonio de Ibarra 2015 se tienen los siguientes niveles de acceso a los servicios de comunicaciones.

TIPO DE SERVICIO	ACCESO AL SERVICIO AÑO 2015.	DEFICIT ACTUAL
Internet	78%	22%
Telefonía Fija y Satelital	85%	15%
Telefonía Celular	97%	3%

Tabla 6. Porcentaje de viviendas con servicios de telecomunicaciones año 2015.

Fuente: GAD-San Antonio de Ibarra 2015.

Para la proyección de la demanda se ha considerado datos obtenidos por el GAD de San Antonio de Ibarra, ARCOTEL y CNT-EP, se tomara como base de la proyección el porcentaje de crecimiento en abonados Telefonía fija que tiene CNT-EP en los últimos años a nivel nacional, como se ve en la Tabla 7, no se ha tomado como base el crecimiento de abonados en Banda Ancha por no ser un crecimiento homogéneo. Este crecimiento es del 4%, por lo que se tiene una proyección para 20 años de 2718 usuarios.

Pob año 2035	32484
Hogares año 2035	8121
Proy usuarios en 20 años	2718

Tabla 7. Proyecciones 2035.

Fuente: GAD San Antonio de Ibarra; Departamento Técnico – CNT-EP Ibarra.

3.2 Diseño.

El esquema general lógico de la red consiste en una representación de todos los elementos físicos involucrados en el despliegue de la misma, para el presente diseño de la red de fibra óptica en la parroquia de San Antonio de Ibarra se debe considerar una arquitectura FTTH donde la gran mayoría de clientes son pequeños hogares teniendo un bajo número de clientes corporativos.

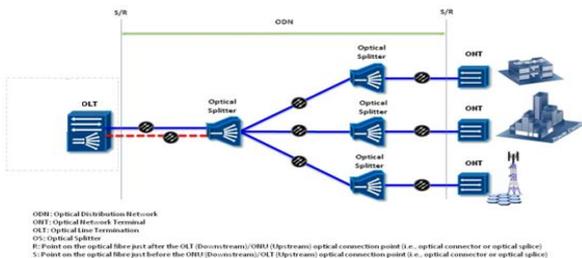


Figura 6. Modelo y arquitectura de una red GPON.

Fuente: Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.

La propuesta para el diseño de la red consiste en un equipo OLT ubicado en la calle Luis Enrique Cevallos entre las calles Antonio José de Sucre y 27 de Noviembre, desde el cual se distribuye los servicios a todo el sector, a la OLT se conectan splitters de primer nivel con división 1:32, no existe un segundo nivel de división óptica, desde los splitter primer nivel se llega a las cajas terminales desde las cuales se distribuye los hilos de fibra hasta llegar al abonado, en toda la parroquia se cuenta con 16 armarios de distribución por lo que tenemos 16 zonas o distritos de estudio, cada armario abarca un mínimo de 9 splitters primarios y se tiene tres hilos de reserva que son comúnmente usado para clientes corporativos aunque en caso de no existir clientes corporativos se pueden usar para distribución masiva, en la Figura 7 se puede observar el esquema lógico planteado.

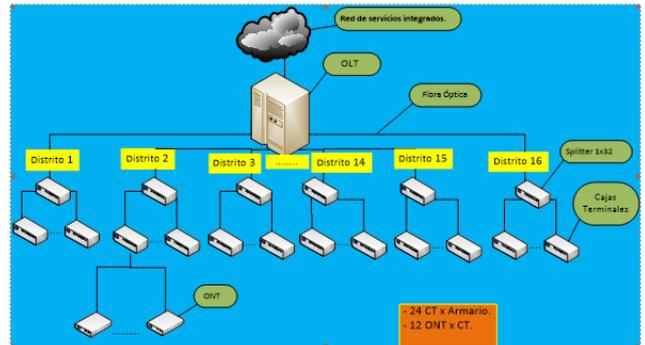


Figura 6. Esquema lógico de la red.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el plano donde se observa la distribución tomada para los 16 distritos de estudio.

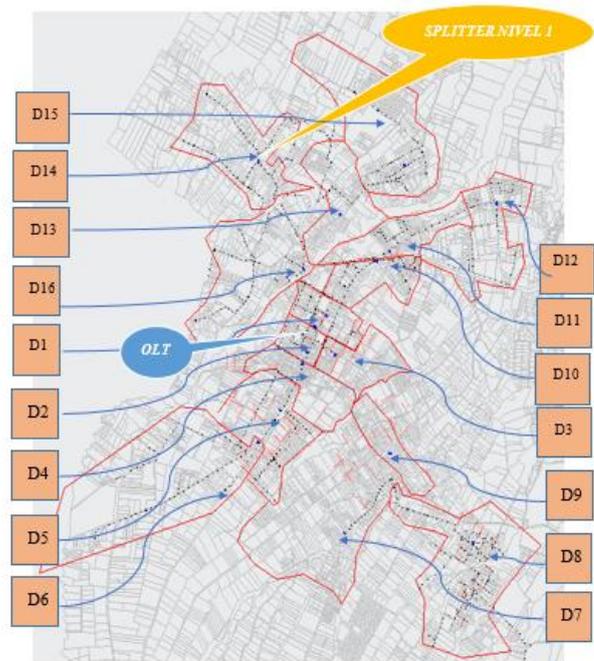


Figura 7. Área de estudio- San Antonio de Ibarra.

Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

En las figuras que se muestran a continuación se puede observar tramos de la red GPON que van desde la OLT hasta armarios de distribución. Para el cálculo de atenuación se considera siempre el tramo mas largo de la red desde la OLT hasta la ONT más lejana.

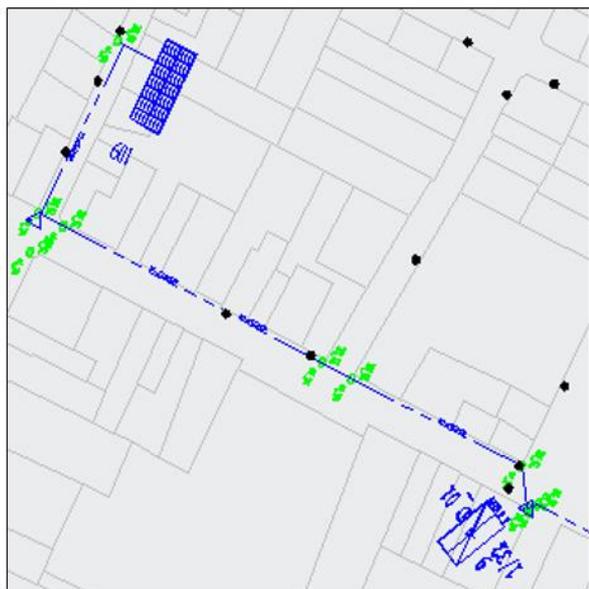


Figura 8. Recorrido OLT-D1.
Fuente: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

3.3 Cálculo atenuación.

Una vez que se ha ubicado la OLT y los splitter de primer nivel se procede a realizar el cálculo de atenuación que corroborara la factibilidad y alcance del diseño. Para realizar el cálculo se tomara como base el punto más lejano entre la OLT y un armario de distribución, este punto corresponde al armario del distrito 14.

Descripción.	Cantidad.	Atenuación.
Fusiones.	8	2.4 dB
Conectores.	6	3 dB
Splitter nivel 1.	1	17.5 dB
Distancia FO.	5.78 km	1.79 dB
Total.		24.69 dB

Tabla 7. Calculo de atenuación.

Fuente: Manual de fiscalización en redes GPON/FTTH CNT-EP.

3.4 Análisis costo beneficio.

En esta sección se realizará un análisis económico que nos permitirá examinar los ingresos y egresos presentes en el proyecto, para así poder determinar el costo beneficio del mismo no únicamente en el sentido económico sino también el beneficio a nivel social.

En el presente proyecto se tiene un VAN de 312.375,34. Técnicamente este criterio cuando es positivo el proyecto es viable y considerando que se tiene un valor bastante significativo se considera la viabilidad del proyecto.

En el presente proyecto se tiene un TIR del 21%. El proyecto es viable teniendo una flexibilidad de 9 puntos respecto a la tasa de descuento por lo que sí existe un pequeño incremento en la misma el proyecto sigue siendo viable.

La relación de costo beneficio es un parámetro de gran utilidad al momento de decidir si un proyecto es viable o no para una empresa, ya que nos muestra el beneficio por cada dólar invertido.

$$\text{RELACION BENEFICIO COSTO} = 1.12$$

El valor de 1.12 calculado nos indica que el valor actualizado ingreso relacionado con el valor actualizado egresos nos representa una rentabilidad en esta relación, es decir los ingresos son mayores que los egresos y hay un excedente en el proyecto.

4. Conclusiones

Con el presente diseño de una red de fibra óptica FTTH en la parroquia de San Antonio de Ibarra se pretende mejorar los servicios de telecomunicaciones en el sector ya que GPON permite trabajara en el orden de los Gbit/s, además de soportar todo tipo de trafico permitiendo brindar servicios triple play como son la Telefonía, Banda ancha y Tv residencial de calidad.

Describir los parámetros fundamentales del estándar GPON así como las diferentes tecnologías de acceso, protocolos y componentes que se involucran en estas redes fue fundamental ya que constituyo la base para el desarrollo del diseño de la red de fibra óptica FTTH.

El análisis económico permitió evidenciar la viabilidad económica del proyecto con el estudio de indicadores financieros como son el VAN y TIR, considerando que se tiene un VAN de 312.375,34 \$ lo cual indica un valor positivo bastante considerables además de un TIR del 21% que está muy por encima de la tasa de descuento y teniendo una recuperación de la inversión en el segundo año de funcionamiento se determinó que la implementación del proyecto es viable.

El análisis económico permitió evidenciar la viabilidad económica del proyecto con el estudio de indicadores financieros como son el VAN y TIR, considerando que se tiene un VAN de 312.375,34 \$ lo cual indica un valor positivo bastante considerables además de un TIR del 21% que está muy por encima de la tasa de descuento y teniendo una recuperación de la inversión en el segundo año de funcionamiento se determinó que la implementación del proyecto es viable.

Referencias Bibliográficas

- [1] Alumia, E., & Paladines, C. (2014). Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- [2] Illescas, E. (2012). Estudio y Diseño de una Red GPON que Provea de Servicios de voz, video y datos para el Sector de la Carolina en el Distrito Metropolitano de Quito, para la CNT. Quito: Universidad Tecnología Israel.
- [3] Vallejo, R. D. (2013). Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia de Cumbaya en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Universidad Internacional SEK.
- [4] Anonimo. (s.f.). Textoscientificos.com. Obtenido de <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>
- [5] Pabon, D. P. (2009). Diseño de una Red de acceso GPON para proveer servicios Triple Play (TV, INTERNET Y TELEFONÍA) en el sector de la Carolina a través de la Red del Grupo TVCABLE. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- [6] UIT-T G.984.1. (2008). Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales G.984.1. Suiza.
- [7] INEC. (2010).
- [8] Revista colombiana de estadística. (1980). Modelos matemáticos elementales de proyección. Revista Colombiana.
- [9] GAD San Antonio de Ibarra 2015.
- [10] Departamento Técnico – CNT-EP Ibarra.
- [11] Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.
- [12] Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.
- [13] Manual de fiscalización en redes GPON/FTTH CNT-EP.

Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación,
Universidad Técnica del Norte – Ecuador.



Sobre los Autores...

Santiago J Meneses Narvaez.
Nació en Ibarra, Provincia de Imbabura el 13 de diciembre de 1990. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Teodor Gomez de la Torre, donde finalizó en el año 2007, obteniendo el título

de Bachiller en Ciencias Especialización Físico Matemático. Actualmente, está realizando su proceso de titulación en

Designing a FTTH fiber optic network to San Antonio de Ibarra for CNT-EP.

Authors – Santiago Javier MENESES NARVÁEZ

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

samenesesn@utn.edu.ec

Abstract. *This present project has the objective to make a design of a fiber optic network that satisfies the needs related to telecommunications services in the area of San Antonio de Ibarra, which is projected to provide integrated services or commonly known like Triple Play.*

The entire design has been developed in compliance with the standards imposed by G.984 ITU-T and the current rules of CNT-EP, the parish was divided into 15 studio district study where each district has a cabinet.

The network design is proposed in three stages, the backbone which is the stretch from the OLT to the Distribution cabinets, the second stretch is the distribution network goes from the cabinets of each district until terminal boxes or NAP and finally the last stretch that is called last Mile which starts from terminals until the equipment boxes located in the user's home, this equipment is the ONT.

Keywords

Data Center, CDP, Communications, Refrigeration, TIA 942, TIA 607B, TIA 568C, UTN, FICA.

1. Introduction

The constant development of related technology to the telecommunications sector has been in an expedited manner, this is due to the increasingly high demands of users for communications services, so it is necessary to have systems communications with better characteristics, one of the transmission means is currently booming as best fulfill characteristics transmitting capabilities and greater scope, it is the optical fiber.

The networks PON (Passive Optical Network) are used as transmission medium optical fiber, these networks allow users to provide a range of services as are voice, data and video on a single transmission medium.

2. TIA 942 Standard Study

Optical fiber.- Optical fiber is a transmission medium used in telecommunications, this means of transmission has become one of the most used, because of the great advantages, such as reducing noise and interference, resistance corrosion and temperature variations but especially its high bandwidth.

Optical fiber is a very thin thread-like human hair, mainly consisting of dielectric material (material having no conductivity) transparent as glass or plastic, by means of this thread light pulses are sent, conventionally a light pulse indicates 1 and a bit in the absence of light indicates a zero bit. Light rays propagating through the fiber yarn are subject to the law of Snell. The optical fiber consists mainly of three basic elements that are the core, coating and the cover or coating. [1]

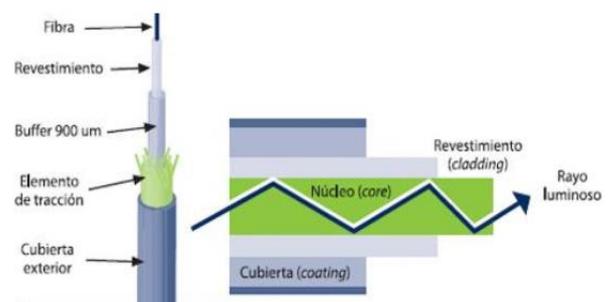


Figure 1. Constitución de la fibra óptica.
Source: Illescas (2012).

The fiber core is made of silicon dioxide and this is done is transported information is the central part of the fiber, has a refractive index greater than the cladding, the core diameter of the fiber varies in a range between 8 and 125 um.

Diámetro Núcleo	Diámetro Revestimiento	Tipo de Propagación	Longitud de Onda de Transmisión
8 a 10 μm	125 μm	Monomodo	1550/1330 nm
50 μm	125 μm	Multimodo	850/1310 nm
62.5 μm	125 μm	Multimodo	850 nm
85 μm	125 μm	Multimodo	850 nm
100 μm	125 μm	Multimodo	850 nm

Table 1. Diámetros de núcleo más usados.
Source: Alumia & Paladines (2014).

Loose cable structure: Its central core or reinforcement member which is surrounded by several tubes of fiber and a protective cover. Each tube has fiber within fiber yarns, each tube is generally filled with a protective gel, see Figure 2, thus isolating the loose tube fibers external mechanical forces. [3]

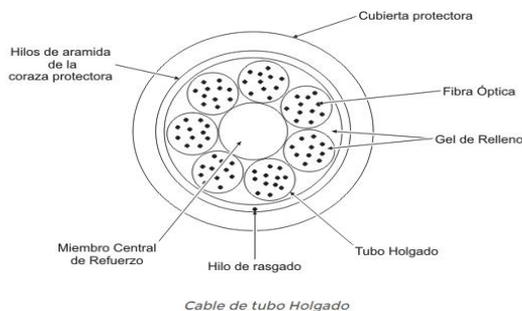


Figure 5. Cable estructura holgada.

Source: ANONIMO. (2005). Tipos de fibras ópticas. Recuperado de: <http://goo.gl/nIKyeb>

Cable fitting structure: It contains several fibers secondary protection which surround the central reinforcing member is covered by all external protection. [3]

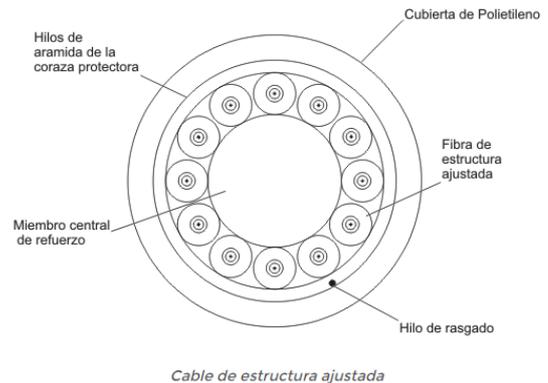


Figure 6. Cable estructura ajustada.

Source: ANONIMO. (2005). Tipos de fibras ópticas. Recuperado de: <http://goo.gl/nIKyeb>

Optical fibers can also be classified by their composition:

Plastica: optical fiber core and mantle plastic glass.

PCS (Plastic Clad Silica): Optical fiber glass core and plastic mantle.

SCS (Silica Clad Silica): fiber core silicon and silicon mantle.

Plastic fibers have some advantages over glass fibers such as greater flexibility, lower cost and weight, higher pressure resistance, among others. The main disadvantage is the high attenuation compared to glass fibers do not propagate as light as efficiently. [5]

Multimode fibers are fibers that allow transmission of different modes or rays of light along the fiber as shown in Figure 4, the single-mode fiber on the other hand allows only one beam of light traveling along the same, see Figure 5.

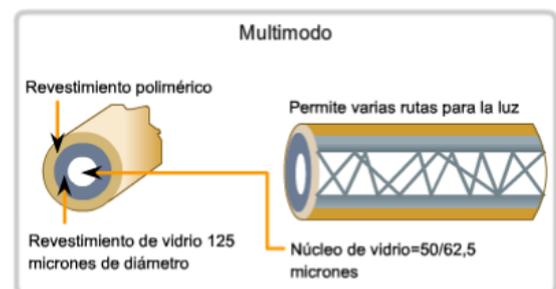


Figure 7. Fibra multimodo.

Source: Illescas (2012).

In turn multimode fiber has a subdivision according to the index of refraction in multimode graded index multimode step index.

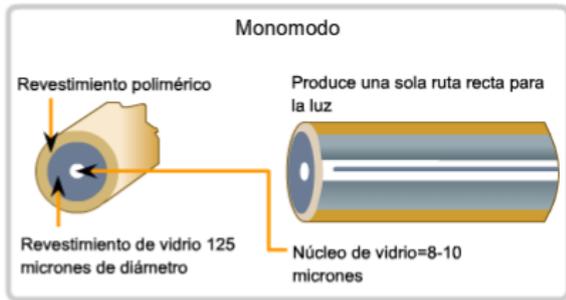


Figure 8. Fibra monomodo. Source: Illescas (2012).

GPON. - In this section they were on G.984.x ITU-T recommendations ranging from ITU-T G.984.1 the ITU-G to 984.7, these recommendations provide guidance when making decisions on the deployment of PON networks. It is important to note that not all recommendations dealing deployments fiber optic networks but many do regarding what are manufacturers of PON elements.

ITU-T G.984.1. General characteristics.

ITU-T G.984.2. Specifying the physical media dependent layer.

ITU-T G.984.3 specification convergence layer transmission media.

ITU-T G.984.4 interface specification control and management of optical network termination.

ITU-T G.984.5 bands improvement.

ITU-T G.984.6 GPON long range.

ITU-T G.984.7 GPON long range.

Here are some definitions that are critical to understanding everything about the deployment of passive optical networks are included.

Optical Access Network (OAN, optical Access network) is the set of links that share the same interfaces on the network side (or side of the OLT), the NAO may have several ODN connected to the same OLT. [6]

Optical Distribution Network (ODN, optical distribution network) is the network that provides the transmission means necessary to communicate with users OLT. [6]

Optical Line Termination (OLT, optical line termination): the interface on the network side of the NAO. [6]

Optical Network Termination (ONT, optical network termination): ONU used for FTTH.

Optical Network Unit (ONU, optical network unit): provides the interface on the user side of the OAN and is connected to the ODN.

Descending: signals transmitted from the OLT to the UN.

Ascending: signals transmitted from the UN to the OLT.

Figure 15 shows different architectures where PON optical access network OAN is different for all of them.

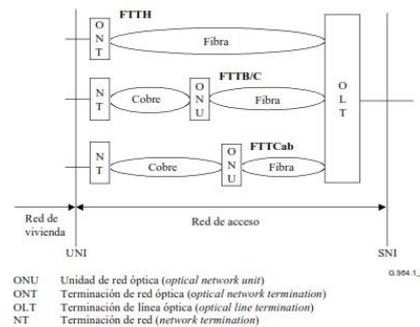


Figure 6. Fibra monomodo. Source: UIT-T G-984.1 (2008).

GPON basically aims at greater than 1.2 Gbits / s speeds with which it currently has two possible combinations to rise and fall.

1.2 Gbits / s up, 2.4 Gbits / s down.

2.4 Gbits / s up, 2.4 Gbits / s down.

As for the scope of the network defines a maximum logical reach 60 km and the physical reach at 20 Km. (ITU-T G.984.1, 2008, p. 7)

The split ratio with current technology allows a division-level maximum 1:64 splitter. (ITU-T G.984.1, 2008, p. 8) This indicates that the equipment on the side of the OLT allow up to 64 ONTs per PON port, CNT-EP is currently working with 32 ONT for each port of the OLT.

CHARACTERISTICS.	UNITY.	VALUE.
OLT		
Low average power injected.	Dbm	+1.5
Maximum average power injected.	Dbm	+5
Low sensitivity.	Dbm	-28
ONU		
Low average power injected.	Dbm	+0.5
Maximum average power injected.	Dbm	+5
Low sensitivity.	Dbm	-27

Table 2. Niveles de potencia óptica para sistemas 2.4 Gbit/s down y 1.2 Gbit/s up.

Source: UIT-T G-984.1.

CHARACTERISTICS.	UNITY.	Monofibra.
Minimum optical attenuation 1490nm.	dB	13
Minimum optical attenuation 1310nm.	dB	13
Minimum optical attenuation 1550nm.	dB	13
Maximum optical attenuation 1490nm.	dB	28
Maximum optical attenuation 1310nm.	dB	28
Maximum optical attenuation 1550nm.	dB	28

Table 3. Balance de atenuación en GPON.

Source: UIT-T G-984.1.

3. Design.

3.1 Study demand.

For GPON network design a study of the current demand was made, this demand project in time in order to make a flexible design to future changes.

SEX	POPULATION	PERCENTAGE
Man	8595	49.05%
Woman	8927	50.95%
Total	17522	100%

Tabla 4. Población San Antonio de Ibarra.

Fuente: INEC 2010.

To determine population growth equation 1 is the calculation formula according to the Colombian Journal of Statistics (1980) is used.

$$P(t) = Po(1 + i)^t \quad (1)$$

Where:

P (t): Projected population over time.

Po: Current population.

i: annual growth rate.

t: time.

Ecuation to t = 25 años.

$$P(t) = 17522(1 + 0.025)^{25}$$

PROYECCION DE POBLACIÓN PARROQUIAL.					
YEAR	2010	2015	2020	2032	2035
POPULATION	17522	19825	22430	30165	32484

Tabla 5. Crecimiento poblacional.

Fuente: GAD-San Antonio de Ibarra.

According to the GAD-San Antonio de Ibarra 2015 you have the following levels of access to communications services.

TYPE OF SERVICE	SERVICE ACCESS 2015.	CURRENT DEFICIT
Internet	78%	22%
Telefonía Fija y Satelital	85%	15%
Telefonía Celular	97%	3%

Table 6. Porcentaje de viviendas con servicios de telecomunicaciones año 2015.

Source: GAD-San Antonio de Ibarra 2015.

For the projection of demand has been considered data obtained by the GAD of San Antonio de Ibarra, ARCOTEL and CNT-EP, is taken as a basis for projecting the growth rate in subscribers Fixed telephony has CNT-EP in recent years nationally, as seen in Table 7, has not been based on growth in Broadband subscribers for not being a homogeneous growth. This growth is 4%, so it has a 20-year projection for 2718 users.

Pob año 2035	32484
Hogares año 2035	8121
Proy usuarios en 20 años	2718

Table 7. Proyecciones 2035.
Source: GAD San Antonio de Ibarra; Departamento Técnico – CNT-EP Ibarra.

3.2 Design.

The logical scheme of the network is a representation of all physical elements involved in deploying it, for the present design of the fiber optic network in the parish of San Antonio de Ibarra should be considered an architecture FTTH donate vast majority of customers are small households having a low number of corporate clients.

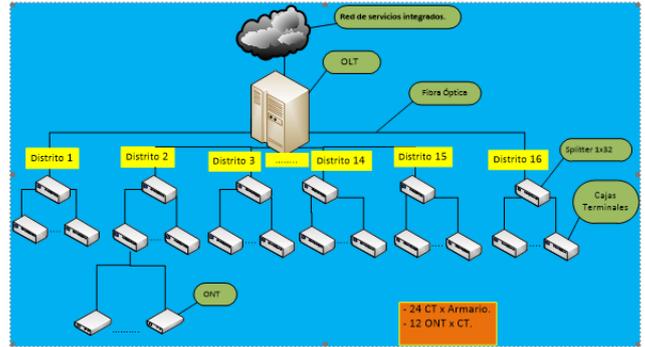


Figure 6. Esquema lógico de la red.
Source: Elaboracion propia.

The following figure shows the plane where the Tamada distribution for 16 districts is observed study shows.

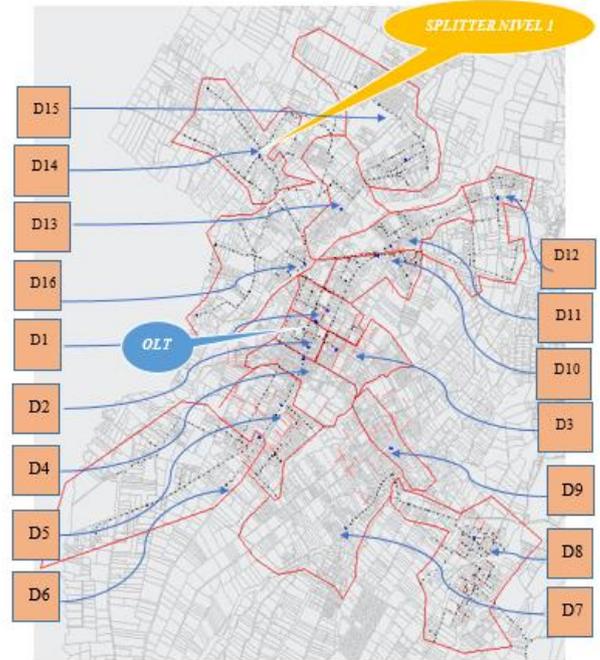


Figure 7. Área de estudio- San Antonio de Ibarra.
Source: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

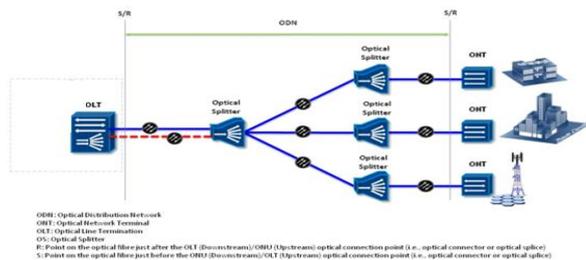


Figure 6. Modelo y arquitectura de una red GPON.

Source: Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.

The proposal for the network design consists of an OLT equipment located on the street Luis Enrique Cevallos between the streets Antonio Jose de Sucre and November 27, from which the services are distributed to the entire sector, the OLT connect splitters first division level 1:32, there is no second level of optical division from the first level splitter reaches the terminal boxes from which the fiber strands are distributed to reach the subscriber throughout the parish it has 16 cabinets so we have 16 areas or districts study, each cabinet includes a minimum of 9 primary splitters and has three strands reserve which are commonly used for corporate customers even in the absence of corporate clients can be used to mass distribution in Figure 7 shows the logical schema raised.

The figures shown below can be seen sections of the GPON ranging from OLT to cabinets. For the calculation of attenuation it is always considered the longest stretch of the network from the OLT to the farthest ONT.

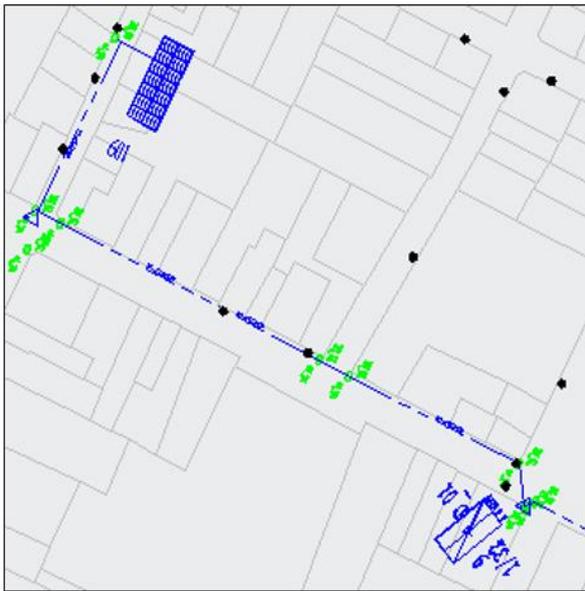


Figure 8. Recorrido OLT-D1.

Source: Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.

3.3 Calculation attenuation.

Once you have located the OLT and the splitter premier proceed to the calculation of attenuation to corroborate the feasibility and scope of design. For the calculation was taken as a basis the farthest from the OLT cabinet and point, this point corresponds to the cabinet of the 14th district.

Descripción.	Cantidad.	Atenuación.
Fusiones.	8	2.4 dB
Conectores.	6	3 dB
Splitter nivel 1.	1	17.5 dB
Distancia FO.	5.78 km	1.79 dB
Total.		24.69 dB

Table 7. Calculo de atenuación.

Source: Manual de fiscalización en redes GPON/FTTH CNT-EP.

3.4 Cost-benefit analysis.

This section provides an economic analysis that allow us to examine the income and expenses present in the project, in order to determine the cost benefit of, not only in the economic sense but also the social benefit level will be held.

In the present project it has a NPV of 312,375.34. Technically this criterion is positive when the project is

viable and considering that it has a fairly significant value considering the viability of the project.

In this project it has a 21% IRR. The project is viable to have a flexibility of 9 points over the discount rate so yes there is a small increase in the same project remains viable.

The cost benefit ratio is a useful parameter when deciding whether a project is viable or not for a company, because it shows us the benefit for every dollar invested.

$$\text{COST BENEFIT} = 1.12$$

The calculated value of 1.12 indicates that the discounted value income related expenses we updated value represents a return in this relationship, ie revenues are greater than expenses and there is a surplus in the project.

4. Conclusions

With this design of a fiber optic network FTTH in the parish of San Antonio de Ibarra is to improve telecommunications services in the sector as GPON allows work on the order of Gbit / s, in addition to supporting all kinds of traffic allowing to offer triple play services such as telephony, broadband and residential quality TV.

Describe the basic parameters of the GPON standard and different access technologies, protocols and components that are involved in these networks was critical as I constitute the basis for the development of design FTTH fiber optic network.

The economic analysis allowed to demonstrate the economic viability of the project with the study of financial indicators such as NPV and IRR, considering that it has a NPV of \$ 312,375.34 which indicates a fairly significant positive value plus an IRR of 21% it is well above the discount rate and having a payback in the second year of operation it was determined that the implementation of the project is viable.

The economic analysis allowed to demonstrate the economic viability of the project with the study of financial indicators such as NPV and IRR, considering that it has a NPV of \$ 312,375.34 which indicates a fairly significant positive value plus an IRR of 21% it is well above the discount rate and having a payback in the second year of operation it was determined that the implementation of the project is viable.

Bibliographic references

- [1] Alumia, E., & Paladines, C. (2014). Diseño de una red GPON para la localidad de Vilcabamba. Loja: Universidad Técnica Particular de Loja.
- [2] Illescas, E. (2012). Estudio y Diseño de una Red GPON que Provea de Servicios de voz, video y datos para el Sector de la Carolina en el Distrito Metropolitano de Quito, para la CNT. Quito: Universidad Tecnología Israel.
- [3] Vallejo, R. D. (2013). Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia de Cumbaya en el Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Universidad Internacional SEK.
- [4] Anonimo. (s.f.). Textoscientificos.com. Obtenido de <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>
- [5] Pabon, D. P. (2009). Diseño de una Red de acceso GPON para proveer servicios Triple Play (TV, INTERNET Y TELEFONÍA) en el sector de la Carolina a través de la Red del Grupo TVCABLE. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- [6] UIT-T G.984.1. (2008). Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales G.984.1. Suiza.
- [7] INEC. (2010).
- [8] Revista colombiana de estadística. (1980). Modelos matemáticos elementales de proyección. Revista Colombiana.
- [9] GAD San Antonio de Ibarra 2015.
- [10] Departamento Técnico – CNT-EP Ibarra.
- [11] Manual de capacitación en diseño para el personal técnico de la CNT-EP.
- [12] Área de proyectos – CNT-EP Ibarra.
- [13] Manual de fiscalización en redes GPON/FTTH CNT-EP.



About the Authors...

Santiago J Meneses Narvaez. He was born in Ibarra, Imbabura Province on 13 December 1990. He completed his secondary education at the College Teodor Gomez de la Torre, where he finished in 2007, obtaining the Bachelor of Mathematical Sciences Physical Specialization. Currently, he is conducting its process engineering degree in Electronics and Communication Networks, Northern Technical University - Ecuador.