



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACUTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACION  
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO EN TELEINFORMATICA**

**AREA  
REDES INTELIGENTES**

**TEMA  
“ANÁLISIS DE UNA RED GPON MEDIANTE SIMULACIÓN PARA EL  
SERVICIO DE INTERNET EN LA PARROQUIA TENGUEL”**

**AUTOR  
BAQUERO PILOSO JUAN GABRIEL**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY, MG**

**GUAYAQUIL, JULIO 2020**



## ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN		
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	ANÁLISIS DE UNA RED GPON MEDIANTE SIMULACIÓN PARA EL SERVICIO DE INTERNET EN LA PARROQUIA TENGUEL	
<b>AUTOR (apellidos/nombres):</b>	BAQUERO PILOSO JUAN GABRIEL	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):</b>	ING. TRUJILLO BORJA XIMENA FABIOLA ING. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	INGENIERIA INDUSTRIAL	
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>		
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	INGENIERIA EN TELEINFORMATICA	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	26 DE OCTUBRE 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b> 95
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	REDES INTELIGENTES	
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Diseño, Redes, Fibra óptica, GPON, Simulación	
<p><b>RESUMEN/ABSTRACT:</b></p> <p>En estos tiempos, el uso de internet se ha convertido en una necesidad para cada ciudadano. Actualmente, quien no tiene acceso a internet, simplemente no puede ser incluido dentro de la sociedad digital; todo se maneja de manera electrónica, la nueva era exige que sea de esta manera, y es lamentable que, en las zonas rurales, un bajo porcentaje de la población cuente con este servicio tan importante.</p> <p>El presente trabajo está enfocado en esta necesidad. La localidad escogida para este proyecto es la Parroquia Tenguel del cantón Guayaquil, en donde diseñará y simulará una red de fibra óptica bajo tecnología GPON, para lo cual se realizó la investigación de la situación actual directamente en esta población, utilizando la simulación como herramienta principal se pudo concluir que</p>		

implementar una red de fibra óptica bajo tecnología GPON es totalmente conveniente, por lo que se puede caracterizar como un servicio de calidad.

In these times, the use of the internet has become a necessity for every citizen. Currently, those who do not have access to the Internet simply cannot be included in the digital society; Everything is handled electronically, the new era demands that it be this way, and it is unfortunate that, in rural areas, a low percentage of the population has this important service.

The present work is focused on this need. The town chosen for this project is the Tenguel Parish of the Guayaquil canton, where it will design and simulate a fiber optic network under GPON technology, for which the investigation of the current situation was carried out directly in this population, using simulation as the main tool. It was concluded that implementing a fiber optic network under GPON technology is totally convenient, so it can be characterized as a quality service.

ADJUNTO PDF:	SI      X	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0985726487	E-Mail: gabu1986@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: ING. RAMON MAQUILON NICOLA	
	Teléfono: 2658128	
	E-mail: direccionTI@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y  
DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA  
GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA  
EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO  
ACADÉMICOS FACULTAD DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



---

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON  
FINES NO ACADÉMICOS

Yo, **BAQUERO PILOSO JUAN GABRIEL**, con C.C. No. **0924116882**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ANÁLISIS DE UNA RED GPON MEDIANTE SIMULACIÓN PARA EL SERVICIO DE INTERNET EN**

**LA PARROQUIA TENGUEL**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, autorizo la utilización de unalicensia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Baquero Piloso Juan Gabriel'.

**BAQUERO PILOSO JUAN GABRIEL**  
C.C. No. **0924116882**



**Habiendo sido nombrado ING. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por BAQUERO PILOSO JUAN GABRIEL, C.C.: 0924116882, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.**

**Se informa que el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE UNA RED GPON MEDIANTE SIMULACIÓN PARA EL SERVICIO DE INTERNET EN LA PARROQUIA TENGUEL”, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 5 % de coincidencia.**

<https://secure.urdund.com/old/view/77459988-704559-192537#DclxDslwEETRu7j+Qt6ZtZ3kKogCRYBckCYl4u7w9D7lfZbtWol/E0kMYkWBjBoaaEErrjiwsHHijhtJv1HO+Trmc+73Y3+UrV5gRmtaeozsqlJ+fw==>

Documento	<a href="#">TESIS BAQUERO REVISION URKUND.docx</a> (D60973720)
Presentado	2020-10-07 14:07 (-05:00)
Presentado por	Jairo Veintimilla Andrade (jairo.veintimillaa@ug.edu.ec)
Recibido	jairo.veintimillaa.ug@analysis.urkund.com
Mensaje	URKUND JUAN BAQUERO <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
	5% de estas 35 páginas, se componen de texto presente en 14 fuentes.

Lista de fuentes		Bloques
Categoría	Enlace/nombre de archivo	
	<a href="https://www.itu.int/dms_cqb/itu-d/cqb/str/D-STG-SG01_05-2017-PDF-S.qdf">https://www.itu.int/dms_cqb/itu-d/cqb/str/D-STG-SG01_05-2017-PDF-S.qdf</a>	
	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/200330243.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/200330243.pdf</a>	
	<a href="https://www.alebentelcom.es/servicios-informaticos/fibra/optica-que-es-y-como-funciona">https://www.alebentelcom.es/servicios-informaticos/fibra/optica-que-es-y-como-funciona</a>	
	<a href="https://docplayer.es/1678917-Universidad-tecnologica-israel-carerra-de-electronica-y-telecomunicaciones-estudio-y-diseño-de-unared-green-que-prove...">https://docplayer.es/1678917-Universidad-tecnologica-israel-carerra-de-electronica-y-telecomunicaciones-estudio-y-diseño-de-unared-green-que-prove...</a>	
	<a href="https://riiba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/787/TELCO-%20Tesis%20ing%20ALVARO%20SORIO%20-%20?sequence=1&amp;AllowOpen=1">https://riiba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/787/TELCO-%20Tesis%20ing%20ALVARO%20SORIO%20-%20?sequence=1&amp;AllowOpen=1</a>	
	<a href="http://www.aseta.org/">http://www.aseta.org/</a>	
	<a href="https://docplayer.es/44792863-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil-facultad-de-educacion-tecnica-para-el-desarrollo-carerra-de-ingenieria...">https://docplayer.es/44792863-Universidad-catolica-de-santiago-de-guayaquil-facultad-de-educacion-tecnica-para-el-desarrollo-carerra-de-ingenieria...</a>	
	<a href="https://www.redeszone.net/2014/03/20/lista-de-simuladores-de-redes-para-virtualizar-nuestra-propiared/">https://www.redeszone.net/2014/03/20/lista-de-simuladores-de-redes-para-virtualizar-nuestra-propiared/</a>	
	ESTUDIO Y DISEÑO DE CABLEADO ESTRUCTURADO CON TECNOLOGÍA DE FIBRA ÓPTICA GPON APLICADO AL SISTEMA DE VIGILANCIA DEL COMPLEJO FUL...	
	<a href="https://docplayer.es/83753883-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-maestria-en-redes-de-comunicaciones.html">https://docplayer.es/83753883-Pontificia-universidad-catolica-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-maestria-en-redes-de-comunicaciones.html</a>	
	TESIS_OSCAR_PARRA.docx	
	TG2-David Bolaños.docx	
	<a href="http://publicaciones.efeit.edu.co/index.php/revista-universidad-efeit/article/view/866/772">http://publicaciones.efeit.edu.co/index.php/revista-universidad-efeit/article/view/866/772</a>	
	<a href="https://www.lightwaveonline.com/ftb/pon-systems/article/16648549/atm-pon-maximizes-bandwidth-to-homes-and-businesses">https://www.lightwaveonline.com/ftb/pon-systems/article/16648549/atm-pon-maximizes-bandwidth-to-homes-and-businesses</a>	



Firmado electrónicamente por:  
**JAIRO GEOVANNY  
VEINTIMILLA  
ANDRADE**

**ING. JAIRO VEINTIMILLA ANDRADE, MG.**  
**C.C. 0922668025**  
**FECHA: 09 DE OCTUBRE DE 2020**



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 16 de octubre de 2020.

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

**Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. El informe correspondiente a la REVISION FINAL del trabajo de titulación “**ANÁLISIS DE UNA RED GPON MEDIANTE SIMULACIÓN PARA EL SERVICIO DE INTERNET EN LA PARROQUIA TENGUEL**” del estudiante **BAQUERO PILOSO JUAN GABRIEL**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 16 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**XIMENA FABIOLA  
TRUJILLO BORJA**

Ing. Trujillo Borja Ximena Fabiola, MG.

C.C. 0603375395

Fecha: 16 Octubre de 2020



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 9 de octubre de 2020.

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

**Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de **Titulación “ANÁLISIS DE UNA RED GPON MEDIANTE SIMULACIÓN PARA EL SERVICIO DE INTERNET EN LA PARROQUIA TENGUEL”** del estudiante **BAQUERO PILOSO JUAN GABRIEL**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**JAIRO GEOVANNY  
VEINTIMILLA  
ANDRADE**

Ing. Jairo Veintimilla Andrade, MG.  
C.C. 0922668025

### **Dedicatoria**

Este trabajo lo dedico a Dios y a la Virgen María, por darme la fortaleza y sabiduría durante todo el proceso estudiantil, por mantener mi fe latente.

A mis queridos padres Fanny Piloso y Otto Baquero que me aconsejaron y guiaron en cada paso de mi vida, siempre por el buen camino.

A mis amados hermanos Lisbeth y Otto por el apoyo brindado todos los días en el transcurso de mi carrera universitaria.

Juan Baquero Piloso



### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios y a la Virgen María por haberme dado la fortaleza y el conocimiento para cumplir esta meta, de igual manera agradezco el apoyo brindado por mis amados padres Fanny Piloso Sánchez y Otto Baquero Valencia; así mismo a mis profesores en especial a mi Tutor Ing. Jairo Veintimilla Andrade por haberme guiado y solventado cada una de mis dudas.

Juan Baquero Piloso

## Índice General

Introducción .....	1
Capítulo I.....	2
1.2 Formulación y sistematización del problema .....	4
1.2.1 Formulación del Problema .....	4
1.2.2 Sistematización del problema .....	4
1.3 Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Justificación e Importancia.....	5
1.4.1 Justificación Teórica.....	5
1.4.2 Justificación Práctica.....	5
1.4.3 Justificación Metodológica.....	6
1.5 Alcance.....	6
Capítulo II .....	7
2.1 Marco teórico .....	7
2.1.1. Antecedentes del Estudio .....	7
2.1.2. Sistemas de comunicaciones.....	8
2.1.2.1. Sistema de comunicación en las comunidades rurales.....	9
2.1.2.2. Características técnicas de .....	11
2.1.3. La importancia del SLA .....	12
2.1.4. QoS Calidad de Servicio.....	13
2.1.5. La Fibra óptica.....	14
2.1.5.1. Características.....	15
2.1.5.2. Ventajas .....	15
2.1.5.3. Desventajas .....	16
2.1.5.4 Estructura .....	16
2.1.5.4.2 Reflexión.....	18

	xi
2.1.5.5.1. Fibra óptica monomodo .....	19
2.1.5.6. Tipos de conectores para cable de fibra óptica.....	19
2.1.6. Tecnología PON .....	20
2.1.7. APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network).....	20
2.1.8. EPON (Ethernet Passive Optical Network).....	20
2.1.9. BPON (Broadband PON) .....	20
2.1.10. Tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Networks) .....	21
2.1.10.1. Ventajas de GPON .....	23
2.1.10.2. Desventajas de GPON .....	24
2.1.10.3. Multiplexación.....	24
2.1.10.4. Downstream en GPON .....	25
2.1.10.5. Upstream en GPON .....	26
2.1.11. Redes Híbridas.....	26
2.1.12. Redes definidas por software (SDN) .....	27
2.1.12.1. Funcionamiento de las SDN .....	28
2.1.13. Red Virtualizada (VNF) .....	29
2.1.14. Arquitectura de Redes Residenciales.....	31
2.1.15. Arquitectura de Gestión.....	32
2.1.16. Ancho de banda e Importancia de la Capacidad de Canal .....	33
2.1.17. Simulación .....	35
2.1.17.1. Simulación de Redes .....	35
2.2 Marco conceptual .....	39
2.3 Marco Legal .....	39
2.3.1 Organismos internacionales que regulan las telecomunicaciones .....	39
2.3.2 Entidades reguladoras de las telecomunicaciones en el Ecuador .....	40
2.3.3 Normas Internacionales .....	40
2.3.4 Normas Nacionales .....	41

Capítulo III .....	42
3.1 Marco Metodológico .....	42
3.1.2 Tipo de investigación.....	42
3.1.3 Métodos Teóricos .....	42
3.1.4 Métodos Empíricos.....	43
3.2 Métodos o Técnicas de Recolección de datos.....	43
3.3 La Parroquia Tenguel .....	44
3.4 Situación actual del acceso a Internet en la Parroquia Tenguel .....	45
3.5 Encuesta.....	47
3.5.1. Población y muestra.....	47
3.5.2 Instrumento empleado en la recolección de datos .....	49
3.5.3. Presentación de los resultados encuesta.....	50
3.6. Requerimientos de la red.....	55
3.7. Expectativas de los usuarios.....	56
3.8. Componentes que se emplearan en el diseño de la red de fibra óptica.....	57
3.9. Desarrollo de la Simulación .....	60
3.9.1 Ubicación.....	60
3.9.2 Características del Diseño .....	60
3.9.3. Software de simulación.....	63
3.9.4 Desarrollo.....	64
3.10. Costo de la Red Propuesta.....	69
Conclusiones .....	72
Recomendaciones.....	73
BIBLIOGRAFIA.....	74

**Índice de Tablas**

TABLA 1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL AÑO 2010 AL 2020.....	45
TABLA 2 PROYECCIÓN NÚMERO DE FAMILIAS CON ACCESO A INTERNET .....	46
TABLA 3 RESULTADO PREGUNTA 1 ENCUESTA.....	50
TABLA 4 RESULTADO PREGUNTA 2 ENCUESTA.....	51
TABLA 5 RESULTADO PREGUNTA 3 ENCUESTA.....	52
TABLA 6 RESULTADO PREGUNTA 4 ENCUESTA.....	53
TABLA 7 RESULTADO PREGUNTA 5 ENCUESTA.....	54
TABLA 8 DISTRIBUCIÓN DE LA RUTA TRONCAL .....	61
TABLA 9 ATENUACIÓN DE FIBRA ÓPTICA.....	62
TABLA 10 ATENUACIÓN DE SPLITTERS .....	62
TABLA 10 ATENUACIÓN DE SPLITTERS .....	63
TABLA 12 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS OLT.....	70
TABLA 13 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ONT .....	71
TABLA 14 COSTOS REFERENCIALES PARA LA RED PROPUESTA.....	72

## Índice de Figuras

ILUSTRACIÓN 1 ESQUEMA SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	9
ILUSTRACIÓN 2 ACCESO A INTERNET POR ÁREAS .....	10
ILUSTRACIÓN 3 TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN LAS CONEXIONES RURALES.....	11
ILUSTRACIÓN 4 MODELO DE TRANSMISIÓN.....	15
ILUSTRACIÓN 5 PARTES BÁSICAS DE LA FIBRA ÓPTICA .....	16
ILUSTRACIÓN 6 ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA .....	17
ILUSTRACIÓN 7 FUNCIONAMIENTO DE LA FIBRA ÓPTICA.....	18
ILUSTRACIÓN 8 TIPOS DE FIBRAS.....	18
ILUSTRACIÓN 9 TIPOS DE CONECTORES .....	19
ILUSTRACIÓN 10 FUNCIONAMIENTO DE GPON .....	21
ILUSTRACIÓN 11 MECANISMOS DE CONEXIÓN GPON .....	22
ILUSTRACIÓN 12 MEDICIÓN DE ANCHOS DE BANDA GPON .....	23
ILUSTRACIÓN 13 EMPALMADORA DE FIBRA.....	24
ILUSTRACIÓN 14 DATOS DE BAJADA GPON .....	25
ILUSTRACIÓN 15 DATOS DE SUBIDA GPON .....	26
ILUSTRACIÓN 16 TOPOLOGÍAS DE REDES .....	27
ILUSTRACIÓN 17 FUNCIONES GENERALES REDES SDN .....	27
ILUSTRACIÓN 18 FUNCIONAMIENTO DE LAS REDES SDN .....	28
ILUSTRACIÓN 19 FUNCIONAMIENTO DE RED VIRTUALIZADA VNF.....	31
ILUSTRACIÓN 20 ARQUITECTURA DE UNA RED RESIDENCIAL .....	32
ILUSTRACIÓN 21 MODELO DE GESTIÓN PARA UNA RED RESIDENCIAL .....	32
ILUSTRACIÓN 22 SOPLAMIENTO WIFI .....	34
ILUSTRACIÓN 23 MODELO DE CISCO PACKET TRACER .....	36
ILUSTRACIÓN 24 MODELO DE NETSIM.....	37
ILUSTRACIÓN 25 MODELO DE GNS3O GRAPHICAL NETWORK SIMULATOR.....	37
ILUSTRACIÓN 26 MODELO DE NETSIMK.....	38
ILUSTRACIÓN 27 ESTADÍSTICA DE USUARIOS POR PROVEEDOR.....	45
ILUSTRACIÓN 28 ESTADÍSTICA POR TIPO DE CONEXIÓN.....	46
ILUSTRACIÓN 29 ESTADÍSTICA DE USO DE INTERNET POR LUGAR.....	47
ILUSTRACIÓN 30 DISTRIBUCIÓN DE LOS NODOS.....	55

ILUSTRACIÓN 31 CABLE DE FIBRA ÓPTICA .....	57
ILUSTRACIÓN 32 EMPALME DE FUSIÓN O SOLDADURA .....	58
ILUSTRACIÓN 33 CAJAS DE EMPALMES.....	58
ILUSTRACIÓN 34 CONECTORES DE FIBRA.....	59
ILUSTRACIÓN 35 SPLITTERS.....	59
ILUSTRACIÓN 36 ARMARIOS.....	59
ILUSTRACIÓN 37 MAPA DE LA PARROQUIA TENGUEL.....	60
ILUSTRACIÓN 38 INGRESO A PROGRAMA OPTISYSTEM 17.....	63
ILUSTRACIÓN 39 OLT .....	64
ILUSTRACIÓN 40 ENLACE DE FIBRA .....	64
ILUSTRACIÓN 41 SE MUESTRA EL DIAGRAMA COMPLETO DE LA SIMULACIÓN.....	65
ILUSTRACIÓN 42 PROPIEDADES DEL LÁSER .....	66
ILUSTRACIÓN 43 VALORES DE PÉRDIDA .....	66
ILUSTRACIÓN 44 PROPIEDADES DE LA ONT .....	66
ILUSTRACIÓN 45 DIAGRAMA DE OJO A 8KM.....	67
ILUSTRACIÓN 46 DIAGRAMA DE BER 8KM.....	67
ILUSTRACIÓN 47 EJEMPLO DE DIAGRAMA DE OJO.....	68



**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

xvi



---

**“ANÁLISIS DE UNA RED GPON MEDIANTE SIMULACIÓN PARA EL SERVICIO  
DE INTERNET EN LA PARROQUIA TENGUEL”**

**Autor:** Baquero Piloso Juan Gabriel

**Tutor:** Veintimilla Andrade Jairo Geovanny

### **Resumen**

En estos tiempos, el uso de internet se ha convertido en una necesidad para cada ciudadano. Actualmente, quien no tiene acceso a internet, simplemente no puede ser incluido dentro de la sociedad digital; todo se maneja de manera electrónica, la nueva era exige que sea de esta manera, y es lamentable que, en las zonas rurales, un bajo porcentaje de la población cuente con este servicio tan importante.

El presente trabajo está enfocado en esta necesidad. La localidad escogida para este proyecto es la Parroquia Tenguel del cantón Guayaquil, en donde diseñará y simulará una red de fibra óptica bajo tecnología GPON, para lo cual se realizó la investigación de la situación actual directamente en esta población, utilizando la simulación como herramienta principal se pudo concluir que implementar una red de fibra óptica bajo tecnología GPON es totalmente conveniente, por lo que se puede caracterizar como un servicio de calidad.

**Palabras Claves:** Diseño, Redes, Fibra óptica, GPON, Simulación.





**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN (INGLÉS)  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



---

**“ANALYSIS OF A GPON NETWORK BY SIMULATION FOR INTERNET SERVICE  
IN THE PARISH TENGUEL”**

**Author:** Baquero Piloso Juan Gabriel

**Advisor:** Veintimilla Andrade Jairo Geovanny

**Abstract**

In these times, the use of the internet has become a necessity for every citizen. Currently, those who do not have access to the Internet simply cannot be included in the digital society; Everything is handled electronically, the new era demands that it be this way, and it is unfortunate that, in rural areas, a low percentage of the population has this important service. The present work is focused on this need. The town chosen for this project is the Tenguel Parish of the Guayaquil canton, where it will design and simulate a fiber optic network under GPON technology, for which the investigation of the current situation was carried out directly in this population, using simulation as the main tool. It was concluded that implementing a fiber optic network under GPON technology is totally convenient, so it can be characterized as a quality service.

**Keywords:** Design, Networks, Optical Fiber, GPON, Simulation.

## **Introducción**

Este proyecto se enfoca en diseñar una red bajo la tecnología GPON con el principal objetivo de mejorar la calidad del servicio de internet en la Parroquia Tenguel del cantón Guayaquil; en las grandes localidades, el servicio de internet está al alcance de la mayoría de las personas contando con gran popularidad, puesto que se puede acceder a ella en lugares públicos y de concurrencia masiva.

La necesidad hoy en día de estar comunicados de una forma eficiente y segura es una necesidad básica que en algunos lugares no es algo posible, debido al servicio deficiente al que están sujetas algunas poblaciones rurales, el lugar objeto de estudio no cuenta con un servicio de internet de calidad o en muchos casos no llega la señal; el diseño de esta red se basó en el interés de llegar a mejorar la calidad de la señal en la parroquia Tenguel y así poder incluir a esta población a la sociedad digital; por otra parte, también se busca aportar información para la futura implementación en dicha población o en otra de igual condición.

En el Capítulo 1 se describe el planteamiento del problema, justificación e importancia y alcance del proyecto. En el Capítulo 2 se exponen los antecedentes a esta investigación y toda la fundamentación teórica necesaria sobre la cual se desarrollará este proyecto, el tráfico a manejar para el diseño y simulación. En el Capítulo 3 se encuentra la metodología aplicada y la situación actual de la red en la Parroquia Tenguel. En el Capítulo 4 se llevará a cabo la simulación de los enlaces inalámbricos, para esto se utilizará el programa Optisystem 17 el cual, con la ayuda de un modelo digital del terreno se presenta las características de propagación para cada enlace, se presentan las características de los equipos, el presupuesto para la implementación futura y finalmente las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

## **Capítulo I**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El problema radica en que hoy en día tener acceso a la información de manera ágil y oportuna es una necesidad; en nuestro país, las zonas urbanas son las más beneficiadas, ya que la gran mayoría cuenta con una conexión a internet no excelente, pero si funcional; en zonas rurales no solo en Ecuador sino a nivel mundial es extremadamente limitado, y todos en algún momento nos hemos visto afectados por esta situación, de encontrarnos en una zona de poca o nula cobertura. (LA VANGUARDIA, 2017).

El Internet a través de fibra óptica, es un tema que ya se encuentra generalizado en el mundo, lamentablemente el poco interés por parte de las compañías proveedoras de telecomunicaciones y la inexistente presencia del gobierno en estos problemas hacen que zonas rurales sigan en espera de poder contar con el acceso a la red de telecomunicaciones, lo que limita a los empresarios que vean estas zonas como un lugar de oportunidades para iniciativas. (LA VANGUARDIA, 2017).

Contar con una conexión a internet en cualquier parte es sumamente necesario, ya que buscamos estar en constante comunicación con el mundo, el tener acceso a las redes es indispensable para que los países puedan tener un desarrollo económico y social, el que hogares en zonas rurales tengan acceso a este servicio promoverá su crecimiento ya que al integrar a estas poblaciones a una sociedad digital impulsará negocios. (Rodella, 2019).

En países de América Latina como Argentina el Gobierno está buscando la mejora de la red de conectividad en las zonas rurales, para que puedan producir y crear oportunidades de crecimiento económico, están tomando medidas para la mejora las comunicaciones en un alto porcentaje, que estas poblaciones accedan a internet de banda ancha y a servicios de transmisión de datos sin restricciones, adicionalmente que los costos no sean elevados; (ENACOM, 2019).

De acuerdo a informe publicado por el INEC, el 28,3% de los hogares a nivel nacional tienen acceso a internet, 16,5 puntos más que en el 2010, siendo en el área urbana el crecimiento de 20,3 puntos, mientras que en la rural de 7,8 puntos. Además, de las personas que usan Internet, el 45,1% lo hace en su hogar. En el área urbana el mayor porcentaje de la población utiliza Internet en el hogar, mientras el mayor porcentaje de población del área rural lo usa en centros de acceso público. (INEC, 2013)

El sistema de redes de telecomunicaciones en Ecuador ha tomado mucha relevancia en todo el territorio, las barreras ante el uso de computador y tecnologías celulares ya no es un problema en el país, los ciudadanos han podido adaptarse al cambio evolutivo de las redes, que permite que emprendedores con la experticia y profesión generen estudios de viabilidad sobre diseños de redes de fibra óptica con el fin a mejorar la calidad de servicio de internet obteniendo resultados favorables esperados por el consumidor habitual.

Actualmente los servicios de internet y medios audiovisuales, son considerados un servicio básico, las empresas proveedoras de estos servicios, pelean por liderar el mercado de telecomunicaciones, ofreciendo sus servicios a nivel nacional, pero, el problema incurre en que estas empresas, ofertan sus servicios por redes de cobre para centros poblados lejanos a las grandes ciudades, las mismas que, permiten que los efectos climáticos intervengan en el tipo de falencias ante la recepción de señal en los receptores tecnológicos en cada hogar.

La parroquia Tenguel, con una población con un total de 11.936 habitantes con una extensión territorial de 138.12 km<sup>2</sup> según censo INEC 2010, ubicada al sur del Cantón Guayaquil, mantiene problemas en el tipo de servicio que las empresas de telecomunicaciones brindan, las redes existentes son de cobre y emitidas por radio frecuencia vía microondas, lo que afecta el servicio cuando hay tormentas eléctricas, o simplemente se generan lluvias algo torrenciales, ante esta situación no existe un servicio de ancho de banda de calidad, tampoco existe inmunidad en el servicio prestado por estas empresas ante interferencias electromagnética e interferencia estática, ante esta situación, la ciudadanía se ve vulnerable porque sus denuncias sobre el servicio ofertado no es el que contrataron.

Lamentablemente existe desconocimiento por parte de la población de los efectos que tienen los cambios climáticos en el sistema de telecomunicaciones, ya sea por falta o exceso de información o simplemente desinterés, ahí es donde se sitúa la innovación constante de tecnologías de telecomunicación para lograr brindar múltiples beneficios.

El tipo de materiales utilizado actualmente para brindar el servicio, se basa en aleaciones de hierro y cobre, lo que causa que este tipo de instalaciones, con el pasar del tiempo sufran corrosión, generando costos adicionales para el usuario, estableciendo así mayores beneficios a estas empresas y perjuicio para el consumidor local.

Las empresas que lideran el mercado nacional, no se preocupan de ofrecer un servicio de calidad a estos territorios, donde la demanda tecnológica es atractiva, pero no existe el

seguimiento e intervención de estos proveedores por mejorar, lo que se evidencia a través de denuncias sobre mala señal y servicio deficiente, dejando al descubierto el abuso de estas empresas en zonas urbano-rurales y rurales del territorio Guayasense.

## **1.2 Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1 Formulación del Problema**

¿Cómo mejorar el servicio de internet en la parroquia Tenguel mediante el diseño y análisis de una red GPON?

### **1.2.2 Sistematización del problema**

- ¿Cómo funcionan las redes actualmente implementadas en la parroquia Tenguel?
- ¿De qué manera la tecnología GPON puede mejorar el servicio de internet en la parroquia Tenguel?
- ¿Cuál es el camino viable para optimizar el servicio de internet?
- ¿Cómo se podría justificar que la red propuesta mejorará el servicio de internet en la parroquia Tenguel?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Realizar la simulación y análisis de una red de fibra óptica utilizando tecnología GPON para la parroquia Tenguel.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la tecnología GPON identificando cómo mejorar el servicio de internet en la parroquia Tenguel.
- Desarrollar un diseño de la implementación de la nueva red.
- Realizar simulación de red.
- Analizar el costo beneficio de la red propuesta.

## **1.4 Justificación e Importancia**

### **1.4.1 Justificación Teórica**

La investigación apunta a resolver la problemática de ¿cómo mejorar el servicio de ancho de banda a través de una red de fibra óptica bajo tecnología GPON?; Ecuador no es un gran ejemplo de avances tecnológicos, y aunque la fibra óptica no es una tecnología nueva, no está presente en todo el país;

En la actualidad existen varias opciones de servicios de internet que emplean diversas alternativas, como conexiones inalámbricas y medios físicos (cable coaxial, par trenzado de cobre y fibra óptica). Muchas personas dentro de la Parroquia Tenguel tienen en sus hogares un servicio a través de par trenzado de cobre lo que causa inestabilidad en la señal y un deficiente ancho de banda, es por esto que nace el presente proyecto exponiendo el diseño de una red híbrida para demostrar el beneficio de ancho de banda gracias a las ventajas que posee la fibra óptica, en cuanto al área de cobertura del servicio de internet.

La red de fibra óptica basada en tecnología GPON, en la Parroquia Tenguel del cantón Guayaquil permitirá brindar servicios de alta calidad para satisfacción de los usuarios; la fibra óptica en el campo de la telecomunicación, ofrece velocidad de transmisión y mejoramiento de los datos en el uso de Internet. El estudio permitirá, identificar si el problema, mejorara a través de la red y, si el servicio beneficiará a cada consumidor o solo al proveedor de servicios.

### **1.4.2 Justificación Práctica**

Este proyecto se realiza porque existe la necesidad de que la Parroquia Tenguel sea beneficiada de un servicio de Internet de calidad y que por ser un territorio rural y lejano no este olvidada; lo principal es mejorar la transmisión y recepción de datos, cumpliendo con las exigencias y demandas de los usuarios, puesto que cada día son más los hogares que necesitan contar con este servicio y siempre se espera que sea de calidad.

En relación a lo expuesto, la importancia de la realización de este proyecto se basa en conocer el funcionamiento de las redes que actualmente se encuentran funcionando en la Parroquia Tenguel y demostrar que con la red propuesta la conectividad a internet será de mayor calidad pudiendo de esta manera satisfacer las necesidades de los usuarios.

### **1.4.3 Justificación Metodológica**

El desarrollo de esta nueva red permitirá dar luz a la administración pública para que los sectores rurales de nuestro país no estén olvidados, y que comprendan que sacando de la ignorancia digital a estas poblaciones lograrían un desarrollo económico y social, este proyecto se llevará a cabo mediante fuentes de investigación primarias y secundarias, siendo las primarias las que darán el aporte real al análisis y desarrollo que se está proponiendo, estas podrán ser a través de herramientas como las encuestas y entrevistas a afectados; entre las fuentes secundarias se tomará el aporte de libros, revistas, artículos, publicaciones científicas, etc.

### **1.5 Alcance**

El proyecto permitirá diseñar mediante la tecnología GPON una red híbrida de telecomunicaciones, para esto, se analizará en la parroquia Tenguel cuál de sus recintos tiene la mayor tasa de consumo de servicios de internet, para de ahí tomar la muestra y realizar la simulación de la red.

La tecnología GPON ofrece múltiples beneficios al momento de ser empleada en los diseños de redes, en el proyecto se evaluará la capacidad que esta tiene al ser utilizada en nuestra red de fibra óptica.

En base a estos parámetros se diseñará la red bajo tecnología GPON basadas en la infraestructura de una red de fibra óptica, del cual su arquitectura se derivará en base al proceso grafico empleando las herramientas adecuadas para el efecto, según la planimetría de la parroquia Tenguel, el tipo de ensayo por red híbrida y los beneficios que esta generará.

Se realizará un análisis de una red GPON mediante simulación de la parroquia Tenguel, este proyecto plantea para de esta forma demostrar que la calidad en el servicio de internet podría mejorar gracias a la utilización de la fibra óptica. Cumpliendo de esta manera con los parámetros de calidad exigidos por el consejo nacional de telecomunicaciones.

## **Capítulo II**

### **2.1 Marco teórico**

#### **2.1.1. Antecedentes del Estudio**

En la ciudad de Quito el año 2019 fue presentado un proyecto de diseño de una red de fibra óptica utilizando tecnología GPON para una ciudad rural en la provincia de Sucumbíos, se tenía por objetivo principal la implementación de una red GPON para la mejora del servicio de internet, se realizaron los cálculos respectivos y se simuló la red, concluyendo que ésta sería completamente operativa en un escenario real.

Otro proyecto similar fue desarrollado en el año 2019 en la ciudad de Babahoyo, en éste proponían el diseño de una red de fibra óptica basada en tecnología GPON de tipo FTTH para una localidad dentro de la misma ciudad, proponían crear una red para solventar las pérdidas en el servicio ofrecido por otro proveedor, concluyendo una mejora significativa en el ancho de banda y por ser fibra óptica tendrá mayor estabilidad y durabilidad, siendo totalmente viable en todos los aspectos.

Hay muchos factores que impulsan cambios significativos en la tecnología. Lo primero y más importante es la necesidad de más rapidez y capacidad en una red. El tremendo crecimiento de Internet y la World Wide Web, en lo que se refiere a la cantidad incalculable de usuarios, debido a esto el ancho de banda utilizado es lo predominante. El tráfico ha crecido aceleradamente en los últimos años, se puede hablar de una duplicación de las personas en las redes (Ramaswami, Sivarajan, & Sasaki, 2014).

Para una red que opera basada en capa óptica, los caminos de luz son reemplazos para conexiones de fibra cableadas entre terminales SONET o enrutadores IP. Un camino de luz es una conexión entre dos nodos en la red, y se establece asignándole una longitud de onda dedicada en cada enlace en su camino. Las longitudes de onda transportan datos a velocidades de bits bastante altas, es decir 10 gigabits por segundo, y todo este ancho de banda se proporciona a la capa superior mediante un camino de luz. La red puede proporcionar solo rutas de luz permanentes, que se configuran en el momento en que se implementa la red. Este servicio de ruta de luz se puede utilizar para admitir conexiones de alta velocidad para una variedad de redes superpuestas. (Ramaswami, Sivarajan, & Sasaki, 2014).



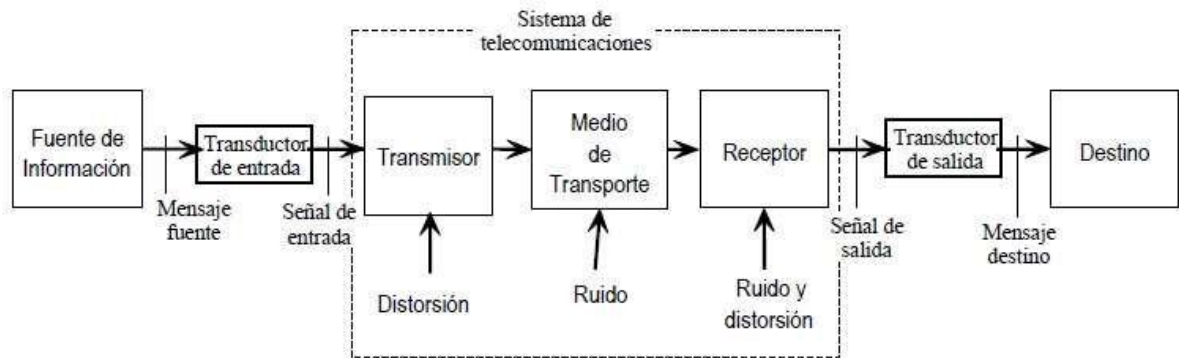
En los años 60 ya se estaban sentando las primeras bases teóricas que hoy utilizan las redes LAN, WAN e Internet, a pesar que las primeras fibras ópticas se comenzaron a diseñar desde los años 50, estas fueron mejoradas entre los 60 y 70, cuando se construyeron las primeras de uso comercial, aunque empleaban una fuente de luz de menor costo, aun así cumplían con las características que se necesitaban para transmitir información; tomando en cuenta las limitaciones de la época era un gran salto en las telecomunicaciones, y con el pasar del tiempo la fibra óptica ha tenido grandes avances. (Joskowicz, 2015).

De acuerdo con Butler, (2013) antes de adquirir equipos o decidirse por un medio de transmisión de información o comunicación se debe tener claras nuestras necesidades y de acuerdo a eso elegir la plataforma adecuada. El diseño de red que elija debe concordar con los problemas, es decir que se desea hacer tal vez conectar un lugar remoto a una conexión de Internet o quizás la red va a ser instalada para una ubicación fija o se va a expandir para incluir otros dispositivos.

Continuando con lo que nos indica Butler, (2013), las áreas rurales por lo general, existe desconocimiento de las tecnologías por parte de la población, así que los habitantes deberán hacer un esfuerzo e integrarse paulatinamente a la era digital, se necesita una introducción que les haga más fácil aceptar la tecnología, y la mejor manera de fomentar esto es únicamente el compromiso de la comunidad, ellos necesitan involucrarse.

### **2.1.2. Sistemas de comunicaciones**

Un sistema de comunicaciones son dispositivos que son utilizados con la finalidad de transmitir, emitir y recibir señales de todo tipo, estas pueden ser digitales o analógicas. Un sistema de comunicación puede describirse fácilmente mediante tres elementos básicos; un transmisor, el cual se encarga de generar la señal que se desea, transformarla para que pueda viajar a través de un medio de transmisión, el cual será el canal mediante el cual la señal va a transitar, puede ser desde fibras ópticas, cables coaxiales, hasta el mismo aire; y el último elemento es un receptor, que tiene como finalidad reconstruir la señal y que esta sea lo más parecida a la original (Wordpress.com, 2016).



Respecto de la transmisión de información, en este proceso se pueden presentar diversos inconvenientes que pueden llegar a errores en la recepción de la señal enviada, como son los de atenuación, que es la disminución de la potencia de la señal, el ruido que son las perturbaciones eléctricas existentes en el canal, deformación contiene los cambios que sufre la señal de entrada y de salida, interferencia cualquier situación que altere o elimine la señal y diafonía interferencias externas de las señales cercanas (Wordpress.com, 2016).

En un buen sistema de comunicación es indispensable el empleo de un buen canal o medio de transmisión, este es por donde viajará la información de emisor a receptor, existen distintos tipos de canales, puede ser que utilicen par trenzado, cable coaxial o fibra óptica, ésta última siendo la más utilizada en las telecomunicaciones ya que permite la transmisión de grandes cantidades de información, en distancias extensas y a una velocidad sorprendente, lo que lo convierte en el medio con más ventajas por sobre otros medios de transmisión (Wordpress.com, 2016).

#### 2.1.2.1. Sistema de comunicación en las comunidades rurales

Las zonas rurales son conocidas por ser territorios que se encuentran alejados de las ciudades, son considerados como pueblos, por lo que tienen bastantes deficiencias en relación a la infraestructura que se requiere para los diferentes servicios básicos, a continuación, detallo los problemas más comunes presentados en dichas zonas:

- Carencia de energía eléctrica, agua, carreteras, y otros servicios básicos
- Topografía compleja.
- Malas condiciones climáticas.

- La mayoría se tratan de pueblos que se dedican a la agricultura y no hay mucha actividad económica.
- El número de habitantes es bajo.
- Altos porcentajes de analfabetismo.
- Desconocimiento en el área de tecnología.

La implementación de telecomunicaciones en zonas rurales y distantes se ha convertido en todo un reto por las múltiples dificultades que se presentan, expongo a continuación las más relevantes:

Costes de instalación. - Ya que la mayoría de las instalaciones en zonas rurales se realizarán en poblaciones no desarrolladas tecnológicamente los costes de las infraestructuras serán más elevados.

Falta de energía eléctrica. - Por lo general en estas zonas la energía eléctrica es un problema casi diario, y afectaría la implementación de la infraestructura ya que se tendría que contar con generadores aumentando los costos.

Topografía. - La densidad geográfica afecta directamente a la instalación de la red debido al terreno, se dificulta el despliegue.

Desconocimiento de la tecnología. - La gran mayoría de las personas de zonas rurales carecen de conocimiento en el área de tecnología, aunque con lo que se vive en la actualidad las personas deben acostumbrarse a que esto es totalmente necesario.

“En Ecuador, solo el 45% de los hogares tiene acceso a Internet, pero en las zonas rurales, solo el 21 % de los hogares tiene Internet”; El estado de las comunicaciones y las redes dentro del Ecuador es realmente pobre ya que este sector en términos de servicios, cobertura y accesibilidad, a diferencia del área urbana no cuenta con la infraestructura para poder brindar un servicio de banda ancha.



Ilustración 2 Acceso a Internet en hogares por áreas

En las áreas rurales del Ecuador ha existido falta de compromiso por parte del Gobierno e interés del sector privado para la inversión en las telecomunicaciones, es por esto que en las áreas rurales no existe el conocimiento en el manejo de Internet, es simplemente porque no han sido incluidas y el tema tecnológico es nulo para la mayoría de las familias. Para el reto que se vive actualmente de la educación en línea el uso de Internet en cada rincón del país es imprescindible, actualmente las áreas rurales son las más afectadas ya que miles de niños se han quedado sin estudio por no poder acceder a sus clases (LA HORA, 2020).

#### 2.1.2.2. Características técnicas de Sistema de comunicación en las comunidades rurales

Normalmente, la red se configura en dos partes: la red de conexión y los tramos de acceso. A veces se divide en tres partes: central, intermedia y acceso, siendo la intermedia la que encamina el tráfico desde los emplazamientos de las células (o puntos de presencia) hasta la red central. Dada la falta de claridad de la que a veces adolece esta clasificación debida a la complejidad de la configuración de las telecomunicaciones modernas, para simplificar esta exposición la sección central y la intermedia se denominan “intermedia”. La red intermedia tiene una velocidad mayor para poder transferir un gran volumen de información desde los equipos terminales. Los tramos intermedios, así como los de acceso pueden implementarse con arreglo a soluciones alámbricas o inalámbricas. En las secciones siguientes, se describen ligeramente las soluciones basadas en fibra óptica y cable. La red intermedia y la de acceso utilizan tanto tecnologías inalámbricas como alámbricas. Durante mucho tiempo, ambas tecnologías han competido entre sí e incluso a veces se han complementado. Tras la aparición del cable de fibra óptica, su utilización para la red intermedia ha alcanzado la categoría de patrón de diseño habitual para las redes nacionales. Por otra parte, en las zonas dispersas de la red de acceso resultan igualmente eficaces las soluciones inalámbricas que las alámbricas. Esto es lo que ocurre específicamente en las zonas rurales y distantes, donde el tendido del cable supone una ardua tarea. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017)

Tecnología		Movilidad del Terminal	Acceso	Red intermedia
Alámbrica	Cable de fibra óptica	—	Fibra hasta el hogar	Fibra óptica incluidos los OPGW
	Cable de cobre	—	Cable de cobre, cable de pares hasta el hogar	Cables coaxiales, entre ellos los cables submarinos

Ilustración 3 Tecnologías utilizadas en las conexiones rurales

Dadas las necesidades de desarrollo rural de las TIC, se consideran las características de la estructura de la red inalámbrica y las ventajas de compartir las construcciones y aprovechar los recursos de la red tradicional. En la mayoría de casos, la fibra óptica seguirá siendo el medio ideal para la red intermedia entre la periferia y el núcleo de la red. A causa del notable crecimiento del volumen de intercambio de datos entre usuarios, la red de intermedia ha de poder soportar una demanda creciente de velocidades de datos cada vez más altas para serviciostales como los de videoconferencia, el vídeo interactivo y los juegos de vídeo, la computación en la nube y la transferencia de datos (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2017)..

### **2.1.3. La importancia del SLA**

SLA son las siglas de Service Level Agreement, es un Acuerdo que se refiere al Servicio, son una parte muy importante del contrato entre el proveedor y el usuario; este convenio guarda todo acerca de los servicios que se prestarán y la confianza que existirá entre las partes involucradas. Es imprescindible exista un acuerdo ya que esto define las responsabilidades tanto del proveedor como del usuario, y así en el caso que llegare a existir alguna controversia ninguno puede indicar que existe desconocimiento, el SLA salvaguarda a ambas partes en el convenio.

Existen distintos formatos en lo que se refiere a los acuerdos por servicio. Esto va siempre a depender del proveedor, generalmente los proveedores emplean un formato de SLA modelo para todos los clientes, hay otras empresas que elaboran su propia modalidad para sus SLA muchas veces dependiendo de a quién va dirigido el servicio, de igual manera se dan exigencia de parte del cliente y existe negociación respecto de este documento, ya que es un acuerdo donde ambas partes deben estar de acuerdo.

Como ya lo había mencionado en un SLA, se definen las responsabilidades de las partes, en el documento debe estar redactado dos partes básicas que le competen al proveedor, que es el servicio y la gestión, el primero involucra las especificaciones técnicas del servicio ofrecido, lo que se incluye y lo que no, y cualquier otro tema relacionado al servicio objeto del contrato, por otro lado la gestión, es donde se definen la medición y el alcance del servicio, expone la manera adecuada de solucionar cualquier problema que se llegare a presentar, para la protección de los clientes y al proveedor, si existe algún tipo de penalidad para las partes involucradas

#### 2.1.4. QoS Calidad de Servicio

La calidad de servicio (QoS) en telecomunicaciones puede tener, al menos, dos interpretaciones habituales. En primer lugar, se refiere a la capacidad de determinadas redes y servicios para admitir que se fije de antemano las condiciones en que se desarrollarán las comunicaciones (dedicación de recursos, capacidades de transmisión, etc.).

En segundo lugar, se habla calidad de servicio como una serie de cualidades medibles de las redes y servicios de telecomunicaciones, como el tiempo que se tarda en realizar una llamada telefónica (desde que el usuario marca hasta que suena el teléfono en el otro extremo), pueden especificarse en términos cuantitativos o estadísticos tales como: ancho de banda, latencia, jitter, pérdida de paquetes en la red; asegurando un grado de fiabilidad preestablecido que cumpla los requisitos de tráfico, en función del perfil y ancho de banda para un determinado flujo de datos. (Romero Martinez, 2019)

El objetivo básico de las clases de tráfico (CT) y el tipo de servicio (ToS) es conseguir el ancho de banda y la latencia necesarios para una aplicación determinada. Las clases de tráfico permiten al administrador de la red agrupar diferentes flujos de paquetes, teniendo cada uno: requisitos de latencia y ancho de banda diferentes. (Romero Martinez, 2019).

El tipo de servicio es un campo en una cabecera IP, que permite que tenga lugar una clase de servicio determinada. Mientras que las clases de servicio (CoS) es un esquema de clasificación con que son agrupados los tráfico que tienen requerimientos de tratamiento similares, para diferenciar los tipos de tráfico y por ende poder priorizarlos. (Romero Martinez, 2019).

Son diversos los mecanismos existentes que se implementan para garantizar una adecuada Calidad de Servicio, los cuales se muestran a continuación:

- Gestión de colas: por la naturaleza que tiene la transmisión de aplicaciones multimedia a través de la red, propicia que la cantidad de tráfico no exceda la velocidad de la conexión haciendo varias colas para los diferentes servicios.
- Clasificación de paquetes: para manipular los tráfico y otorgarles QoS, se utilizan los procedimientos básicos de clasificación y asignación de prioridad.
- Medición y flujo de formación de tráfico: en muchas ocasiones es necesario limitar la cantidad de tráfico de una aplicación a través de varias interfaces. Estas funcionalidades de control vienen determinadas por las herramientas de límites de tasa y las herramientas de formación.

- Gestión de colas de altas velocidades: se basa en la manera que los protocolos operan, con el fin de no llegar a la congestión de la red.
- Metodologías de Estimación de Calidad de Servicio Percibida: es la calidad percibida por el usuario independientemente de lo que la red transporte. Las medidas de calidad percibida pueden realizarse usando métodos objetivos o subjetivos.

### **2.1.5. La Fibra óptica**

La implementación de sistemas de transmisión por fibra óptica ha permitido solventar las exigencias de las redes, ya que por sus grandes características permiten incrementar la velocidad de transmisión y el ancho de banda en comparación a otros métodos anteriormente utilizados. De igual manera, siempre existirán situaciones externas que puedan causar alguna influencia en la transmisión de la información lo que requiere que la tecnología evolucione por ejemplo de BPON a GPON, debido a esto, es de suma importancia conocer cada una de las características y cómo funciona este tipo de redes. (Correa Muñoz & Serpa Imbett, 2010).

(Coimbraweb, 2011)

Las fibras ópticas pueden ser usadas tanto en grandes redes geográficas como en las pequeñas comunidades, la hebra de vidrio permite la conducción de la luz, y es totalmente bidireccional es decir que sirve para transmitir y recibir. Cada filamento tiene un grosor de aproximadamente 0,1mm que se puede comparar con el grosor de un cabello humano, el cable de fibra óptica está compuesto por: núcleo, manto, recubrimiento, tensores y chaqueta. El núcleo se encuentra conformado por una región cilíndrica, en la cual se realiza la transmisión, en conjunto con el revestimiento o envoltura permiten que se produzca la transmisión de la señal de luz. (Camara, 2017).

El nivel de refracción de la señal de luz en el interior de la fibra óptica depende principalmente de las propiedades que la componen.

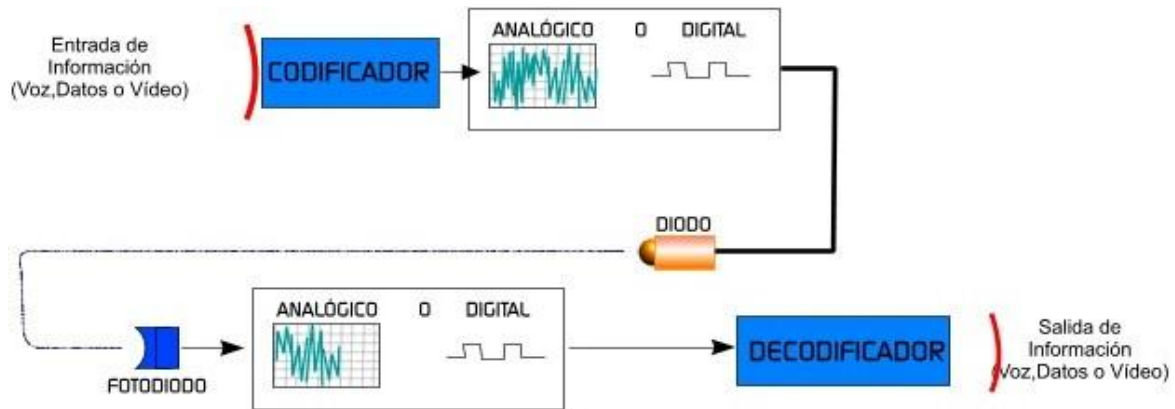


Ilustración 4 Modelo de transmisión

Fuente: <http://oss.mx/data/documents/GOOD-Fibra-calculo-de-perdidas.pdf>

#### 2.1.5.1. Características.

- Recubrimientos resistentes, el material que cubre el cable de fibra debe ser mucho más resistente al de los cables normales, ya que debe estar protegido para que pueda resistir al tiempo y al clima, el cable de fibra que no tiene el recubrimiento necesario tiene una menor vida útil y no es confiable.
- Empaquetado de alta densidad, El cable que posee mayor número de fibras logra una mayor seguridad y una más fácil instalación.
- Diseño del cable, El cable debe estar correctamente diseñado, con los materiales apropiados y del ancho necesario ya que de esto depende la capacidad y velocidad de transmisión.
- Pruebas técnicas, Debe haberse sometido a pruebas de tensión, impacto, torsión, enrollamiento, para verificar si se encuentra apto para su instalación.

#### 2.1.5.2. Ventajas.

- Puede establecer enlaces directos y llegar a tener un alcance de hasta 200 Km., lo que la convierte en una tecnología confiable.



- La gran capacidad de transmisión que posee es lo que lo hace el medio más utilizado a nivel mundial, la cantidad de información manejada esta entre 100 MHz/Km a 10 GHz/Km.
- Su peso y tamaño son reducidos en comparación a cables de tecnologías pasadas lo que facilita su transportación e instalación.
- No poseen materiales metálicos, lo que no da paso a que existan riesgo de conducción eléctrica; no emiten radiaciones electromagnéticas gracias a esto no se ve afectada por radiaciones de medios naturales ni electrónicos caseros.
- El costo y mantenimiento de la fibra en la actualidad es competitivo con el de un cable de cobre, por lo tanto, constituyen el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación.

#### 2.1.5.3. Desventajas.

- Puede existir la necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y baja atenuación es requerida.

#### 2.1.5.4 Estructura.

Un cable de fibra óptica convencional tiene tres sencillos componentes:

Núcleo: Es la parte principal se trata de un tubo de vidrio por el que viaja la luz.

Revestimiento: Esta parte es la que asegura que la luz viaje a través del núcleo, está hecho igualmente de vidrio, pero funciona como envoltura.

Cubierta: Es el material de plástico que se encuentra en la parte exterior del cable, cubriéndolo completamente.

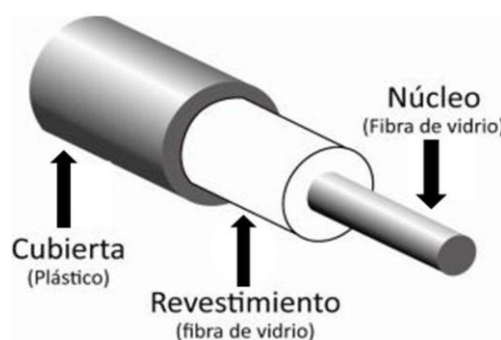


Ilustración 5 Partes Básicas de la Fibra Óptica

Existen otras clases de cables de fibra óptica que están estructurados por varios tipos de recubrimientos, como se puede apreciar en la figura, comienza desde el centro en el orden siguiente:

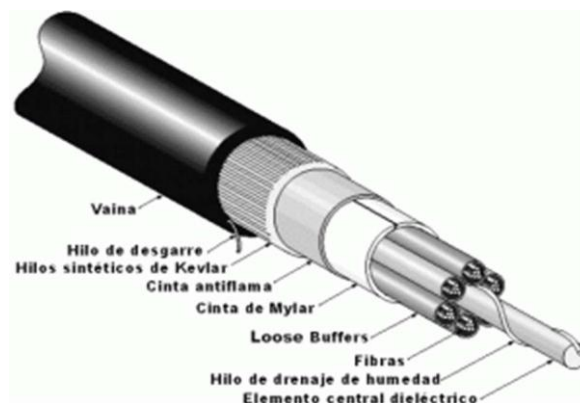


Ilustración 6 Estructura de la Fibra Óptica

Fuente: <https://www.fibraoptica hoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>

**Elemento central dieléctrico:** Este material aislante que cumple con la función de no conducir electricidad a través de él, y gracias a esto los riesgos de interferencias electromagnéticas son mínimos.

**Hilo de drenaje de humedad:** Como el propio nombre lo indica, este componente sirve para mantener a la fibra sin humedad.

**Fibras:** Las fibras es el componente principal de los cables ya que por medio de estos viaja la luz y transmite la información, los haces de fibra pueden ser de vidrio o plástico tratado, dependiendo de la funcionalidad que se le quiera dar, puesto que de la calidad va a depender la buena conducción de la luz, así como la durabilidad (flexibilidad, altas temperaturas, potencia, etc.).

**Loose Buffers:** Se trata de un componente que sirve para guardar la fibra, protegerla de los daños del ambiente e impide que los haces de luz se desplieguen hacia el exterior.

**Cinta de Mylar:** Es la siguiente capa que cubre el cable y sirve como aislante.

**Cinta antillama:** Este recubrimiento protege a las fibras del calor y del fuego.

**Hilos de Kevlar:** Gracias a este componente la fibra es protegida del daño y de la temperatura a la que pueda ser expuesta.

**Hilo de desgarro:** Este recubrimiento brinda consistencia a cable.

**Vaina:** Es la última capa del cable que está a la vista, se trata de un recubrimiento total del cable.

Luego de conocer cómo puede estar compuesto un cable de fibra óptica, es necesario conocer como es su funcionamiento, éste es basado en dos fenómenos como son la refracción y reflexión de la luz, lo que hace posible que se pueda transmitir la información.

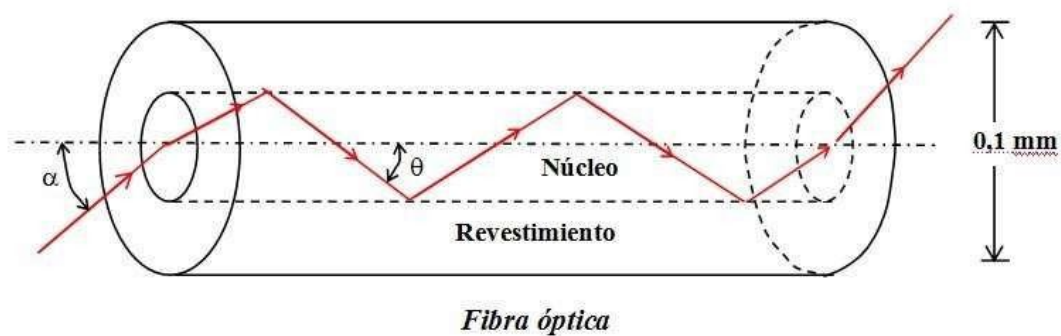


Ilustración 7 Funcionamiento de la fibra óptica

Fuente: <https://sites.google.com/site/geometricaoptica/reflexion-y-refraccion-reflexion-total>

La refracción es cuando los haces de luz se desplazan de un lugar a otro y se doblan, cambia de ángulo ya que cambia de velocidad, esto va a depender del ángulo de incidencia y de la reflexión.

#### 2.1.5.4.2 Reflexión.

Se define como reflexión al reflejo de la luz que forma un ángulo igual al de incidencia, transportando los haces de luz, es decir que todo se encontraría en el mismo plano haciendo un efecto espejo.

#### 2.1.5.5. Tipos de Fibras

Se puede separar los tipos de fibra por los modos de propagación de la luz que esta tiene dentro del cable de fibra.



Ilustración 8 Tipos de Fibras

#### 2.1.5.5.1. Fibra óptica monomodo.

Un cable de este tipo permite un mayor ancho de banda en comparación a la fibra multimodo, ya que solo un modo de luz puede propagarse por la fibra eliminando los tráficos de información que podrían llegar a generarse, y extender el cable a mayores distancias.

#### 2.1.5.5.2. Fibra óptica multimodo.

Como su nombre lo indica este permite transportar distintos modos de luz por la fibra, este tipo de cable únicamente le da un gran ancho de banda en distancias cortas a medias, ya que los haces de luz se refractan en distintos modos que a medida que viajan causan daño a la señal, lo que significa que la transmisión de datos será de mala calidad.

#### 2.1.5.6. Tipos de conectores para cable de fibra óptica.

Definir los tipos de conectores es primordial, ya que por ellos es que se puede transformar la luz que viaja por la fibra en información y que esta llegue a su receptor de manera correcta y completa, de acuerdo con (2013), los siguientes son los conectores utilizados:

- FC que se usa en la transmisión de datos y en las telecomunicaciones.
- FDDI se usa para redes de fibra óptica.
- LC y MT-Array que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos, más que nada usado en servers o clusters storage.
- SC y SC Dúplex se utilizan para la transmisión de datos.
- ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad.

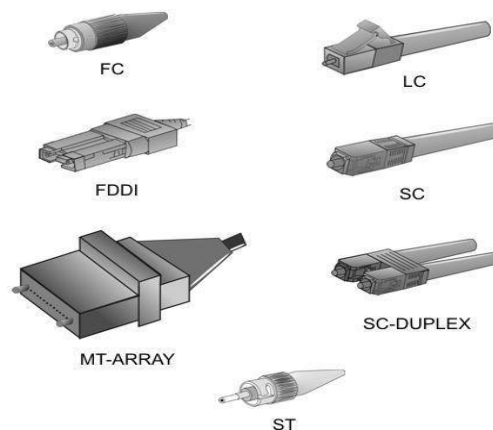


Ilustración 9 Tipos de Conectores

### **2.1.6. Tecnología PON**

PON que en sus siglas en inglés es Passive optical Network, se define como una red óptica pasiva que brinda diversos servicios de banda ancha a sus usuarios mediante una red de fibra óptica. Este tipo de red es considerada de punto – multipunto que permite disminuir los costos, las redes EPON son una evolución de las redes PON. (García Yagüe, 2014)

### **2.1.7. APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)**

Conocida con red óptica pasiva asincrónica, que proviene del sistema de red PON, la red APON emplea tecnología ATM para la transferencia de información que sean de un tamaño específico. Al principio la velocidad manejada por este modelo era de 155 Mbps que paulatinamente aumento hasta llegar a 622 Mbps. Se creía que este tipo de diseño de redes domésticas que se valían del cobre o cable coaxial, ofrecían el mejor ancho de banda, claro que en comparación a la tecnología precedente. (lightwave, 1999).

### **2.1.8. EPON (Ethernet Passive Optical Network)**

La red EPON Ethernet Passive Optical Network funciona a través de un protocolo Ethernet dejando atrás la conversión ATM que empleaba la red APON, alcanzando velocidades de transmisión de paquetes de 1.25 GB, esta arquitectura se considera la primera red que se tomó en cuenta para el desarrollo de la tecnología subsiguiente. (Lopez Bonilla, Moschim, & Rudge Barbosa, 2009).

Ethernet permite una red de Punto a Punto y Punto a Multipunto que es apropiada para una red de acceso doméstico o residencial, esta permite amenorar los costes de servicios, básicamente esta red es adecuada para video y voz siendo más eficiente en estos campos. (LopezBonilla, Moschim, & Rudge Barbosa, 2009).

### **2.1.9. BPON (Broadband PON)**

BPON al inicio fue considerada la red más popular de las tecnologías y arquitecturas, ésta usa el protocolo ATM, que es utilizado por las redes de telefonía y la variedad de datos existentes como los de voz, video e internet; la velocidad que alcanza la red BPON es de 155 a 1244 Mb por segundo. (Kaur, Kaur, & Rajandeep, 2017).

### 2.1.10. Tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Networks)

Según el Estudio Comparativo de Redes GPON y EPON de López Bonilla, Moschim, & Rudge Barbosa, (2009), GPON proporciona una estructura escalable desde 622 Mb/s hasta 2,5 Gb/s, lo que lo convierte en una tecnología más flexible, posee la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas. El método de encapsulamiento de la información que utiliza GPON se llama GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio, (Ethernet, ATM, TDM, entre otros) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125µs.

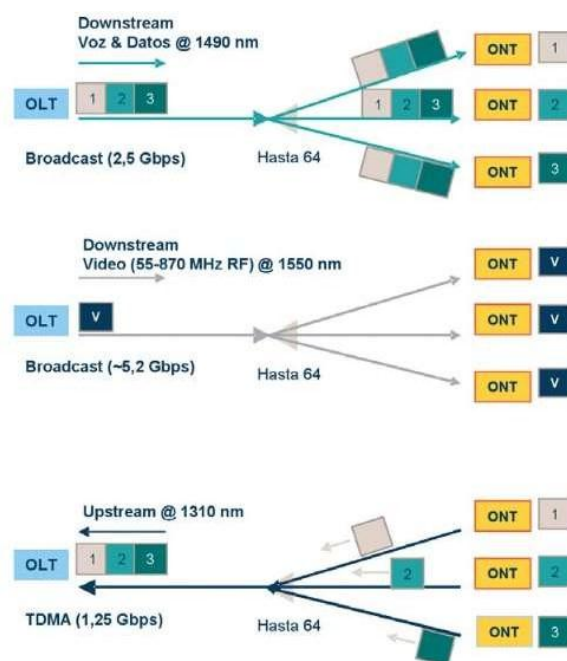


Ilustración 10 Funcionamiento de GPON

GPON ofrece mayor ancho de banda que las tecnologías anteriores (APON, BPON), siendo más eficiente, permitiendo a los operadores continuar brindando otros servicios tradicionales. Además, GPON emplea capacidades OAM avanzadas (Operation Administration and Maintenance), brindando una poderosa gestión de servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades asociadas cabe destacar: monitoreo de la tasa de error, alarmas y eventos, proceso de descubrimiento. (Lopez Bonilla, Moschim, & Rudge Barbosa, 2009).

Las redes GPON se componen por tres elementos básicos como son: OLT: Terminal de Línea Óptico (Optical Line Terminal), Splitter Óptico (Divisor) y ONT/ONU: Terminal/Unidad de Red Óptico (Optical Network Terminal/Optical Network Unit). Básicamente GPON apunta a velocidades de transmisión mayor o iguales a 1,2 Gb/s. GPON y considera 7 combinaciones de velocidades de transmisión. (Lopez Bonilla, Moschim, & Rudge Barbosa, 2009)

La red GPON puede ser multiplexada hasta para 64 usuarios, lo que se convierte en un aspecto muy interesante para los operadores. En el canal de distribución (downstream), las tramas tienen una duración constante de 125µs para los sistemas de 1,24416 Gb/s y 2,48832 Gb/s, con una longitud de 19.440 Bytes y 38.880 Bytes respectivamente. Lo mismo sucede para el canal de retorno (upstream). Las transmisiones en el canal de retorno consisten en una serie de tramas individuales originadas por las ONUs en la GPON. (Shahed, 2012).

Una conexión GPON se hace por medio de un mecanismo llamado **OLT** (Optical Line Terminal) y el dispositivo que se coloca en el hogar llamado **ONT** (Optical Node Terminal). También al ONT se le puede denominar **ONU** (Optical Network Unit). (Shahed, 2012), adicionalmente, es necesario instalar unos divisores de fibra llamados splitters que tienen como función agrupar las fibras para que la señal no sufra cambios.

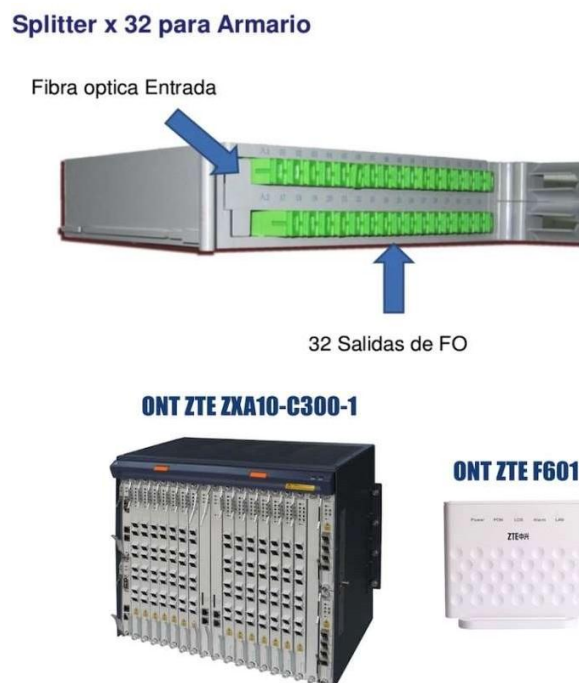


Ilustración 11 Mecanismos de conexión GPON

### 2.1.10.1. Ventajas de GPON

- Una de las más grandes ventajas de la tecnología GPON es que permite conexiones de cable de fibra de inclusive 20 Km., otras conexiones solo alcanzaban como máximo los 5 Km por lo que la velocidad de la conexión caía al ampliar la distancia entre el OLT al ONT. Es por esto que aquellos usuarios que vivían lejos sufrían una conexión pobre en cotejo con la velocidad contratada con su suministrador de internet.



Ilustración 12 Medición de anchos de banda GPON

- Anchos de banda considerablemente grandes que permiten obtener incluso los 2,4 Gbps de bajada y 1,2 Gbps de subida. También se pueden lograr los 2,4 Gbps simétricos, pero se utiliza el 2,4/1,2 Gbps.
- No necesita equipos intermedios activos entre el OLT y el ONT. Simplifica cuantioso la expansión de la fibra y permite tipologías de red mucho más sencillas y baratas. Recuerda que los splitters son elementos pasivos.
- Gran disminución de costes para el operador ya que permite el envío de muchos servicios al mismo tiempo por una misma conexión de fibra. Gracias a la multiplexación podemos remitir simultáneamente: Voz (teléfono VoIP), Datos (Internet) TV y vídeo (Multicast).
- Calidad de servicio para avalar que todo usuario y todo servicio funcionen correctamente.
- Seguridad: la información en una red de fibra



### 2.1.10.2. Desventajas de GPON

- Se deben tener presente que, para evitar sufrir pérdidas y atenuaciones, las personas encargadas de las instalaciones de los empalmes mecánicos deben realizar su trabajo con mucho cuidado ya que una instalación realizada por personal no capacitado podría llegar a tener consecuencias, en la figura 13 se muestra el equipo para realizar empalmes.

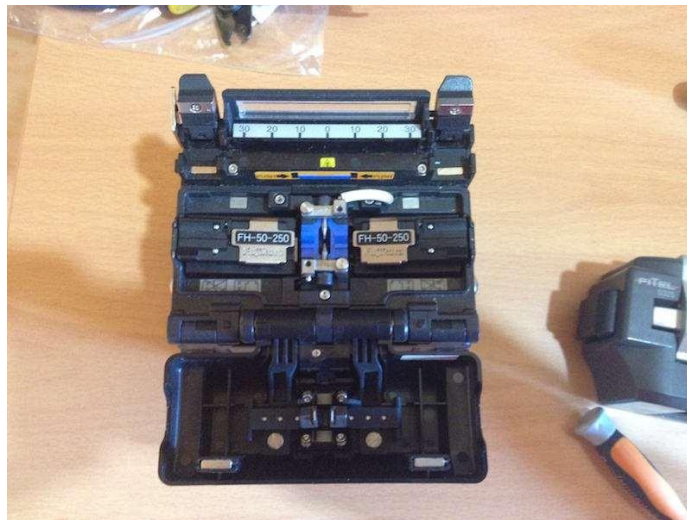


Ilustración 13 Empalmadora de fibra

- Se debe tener precaución con los conectores, realizar un mantenimiento continuo para evitar que se encuentren sucios o dañados ya que podrían ocasionar múltiples problemas.
- Para el downstream y el upstream se debe verificar y corregir la reflexión.
- Es imposible emplear un equipo a nuestro gusto, ya que las especificaciones para las conexiones de fibra no lo permiten esto se debe a que el ONT y la OLT deben estar sincronizados, distinto a las XDSL donde era posible utilizar un Router neutro y no mostraba inconveniente alguno.

### 2.1.10.3. Multiplexación

La multiplexación consiste en combinar dos o más canales de información en uno solo. Hay muchos tipos de multiplexación, pero GPON utiliza WDM (Wavelength División Multiplexing) y quiere decir multiplexación por división de longitud de onda, es decir, multiplexa o superpone

varias longitudes de onda en una sola fibra usando un haz de luz láser o LED. WDM es bidireccional y los datos de subida (upstream) y los de bajada (downstream) comparten la misma fibra.

#### 2.1.10.4. Downstream en GPON

- La información que se transmite desde el OLT en modo broadcast TDM (Time Division Multiplexing).
- En TDM siempre se está emitiendo con un periodo temporal fijo, independientemente de que haya datos disponibles o no.
- Todos los datos se transmiten a todas las ONTs y los splitters se limitan a replicar los datos.
- Cada ONT filtra los datos y se queda sólo con los que van dirigidos a su usuario. El resto de los datos son desechados porque corresponden a otros abonados.
- Los datos van cifrados para que una ONT no pueda leer los datos de otros usuarios.

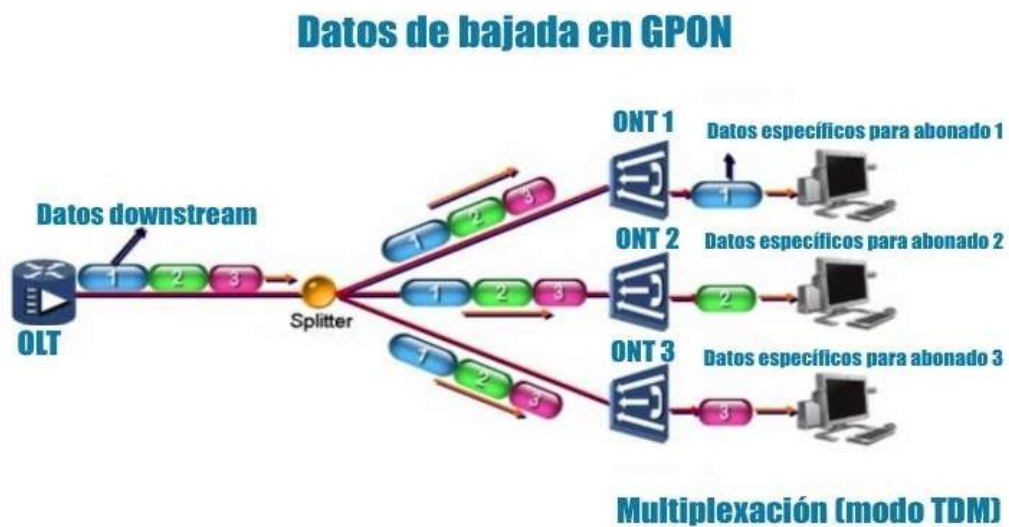


Ilustración 14 Datos de bajada GPON

### 2.1.10.5. Upstream en GPON

- Los paquetes son enviados por el ONT en modo TDMA (Time División Múltiple Access).
- Los datos van desde el ONT de cada abonado al OLT de la operadora. Los datos de todos usuarios se juntan en el Splitter.
- En TDMA el ONT sólo se transmite cuando es necesario para que no se produzcan colisiones al enviar los datos al OLT.

El OLT es el que indica al ONT cuándo debe emitir para que no se produzcan estas colisiones y debe saber la distancia de todas las ONTs para tener en cuenta el tiempo de llegada de cada una.

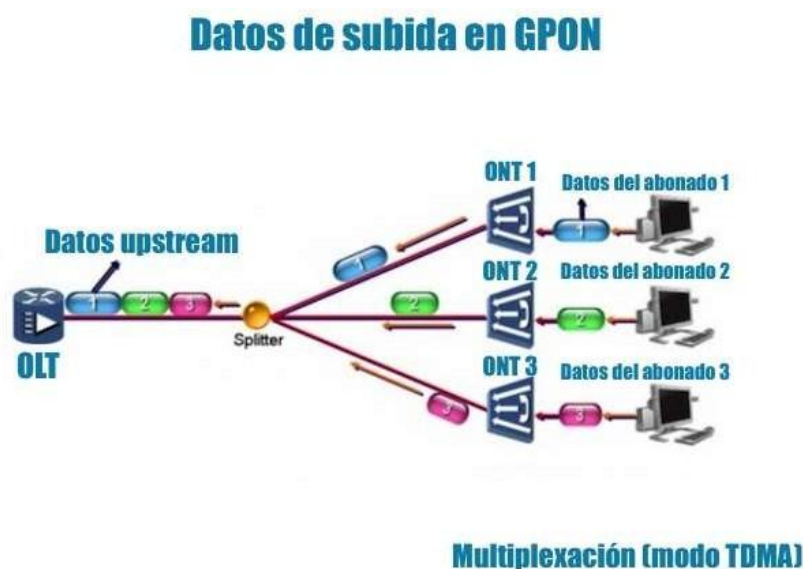


Ilustración 15 Datos de subida GPON

### 2.1.11. Redes Híbridas

Las redes híbridas combinan lo mejor de dos tecnologías, existen diversos tipos como son anillo-estrella, malla-anillo, etc., Una red está compuesta por el servidor, terminales, dispositivos de red y medio de comunicación, la topología de red es determinada únicamente por la configuración de las conexiones entre nodos. Hay otros aspectos como la distancia entre los nodos y las interconexiones, que no forman parte de la topología de la red, aunque podrían llegar a afectarse.

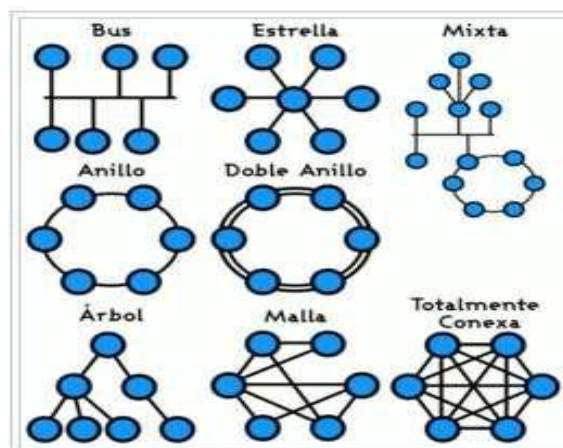


Ilustración 16 Topologías de Redes

De acuerdo a Álvarez Restrepo & Trefftz Gomez (2004) en su trabajo de Implementación de una topología híbrida para el manejo de colisiones en un ambiente virtual, propone la utilización de una red híbrida, mediante la combinación de servidor y grupo Multicast con el fin de liberar el tráfico y lograr mayor estabilidad para los sistemas, esta publicación concluyó que la aplicación de topologías híbridas proporcionan un manejo ágil de los sistemas y disminuye en un alto porcentaje las colisiones.

### 2.1.12. Redes definidas por software (SDN)

Las redes definidas por software (SDN), se trata de un tipo de arquitectura que nos hace posible programar la función de envío de paquetes, las redes definidas por software son fácilmente compatibles con las necesidades empresariales y minimizar la gestión y operacionalización, este diseño posee diversos beneficios entre los más importantes tenemos la automatización de los servicios, es una red más confiable y brinda un mayor control al usuario.

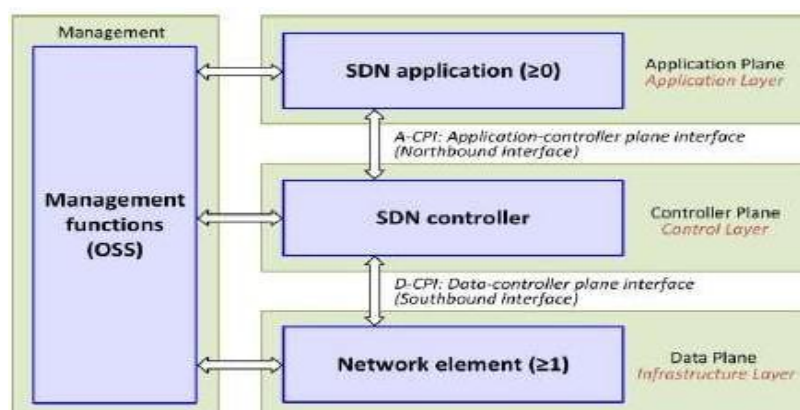


Ilustración 17 Funciones Generales Redes SDN

Las SDN tienen como fin brindar interfaces que permitan controlar la eficiencia de los recursos de red, así como el tráfico; las funciones principales pueden ser divididas en recursos colaterales, la siguiente figura muestra las interfaces de este tipo de arquitectura, las cuales comprende; plano de datos que está compuesto por elementos de red de los cuales cada uno tiene distintos recursos para el debido control de tráfico; la capa de control en donde se encuentran los controladores de esta red, quienes dan la información para que las aplicaciones funcionen correctamente; el plano de aplicación son las aplicaciones que controlan los recursos de los controladores. Es importante indicar, que en todos los componentes de las SDN tienen niveles de seguridad para que las aplicaciones trabajen de manera segura.

### 2.1.12.1. Funcionamiento de las SDN

Piense en una red tradicional y todo lo que conlleva. Tiene sus enrutadores, sus conmutadores y muchísimos cables CAT5 y CAT6 conectados: todo el hardware físico que, cuando se conecta de cierta manera, define el flujo de datos en la organización. Al igual que establecer una red de carreteras, planificar una red lleva tiempo; tiene que hacerse bien la primera vez porque barajar cosas después es costoso.

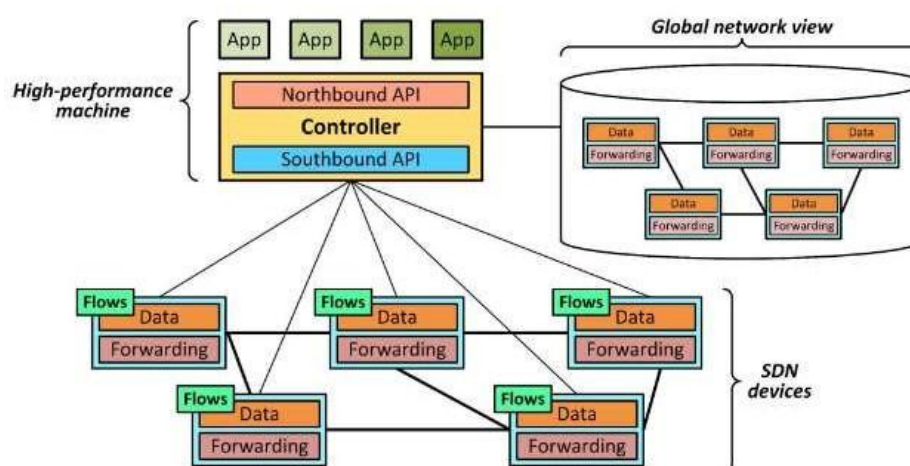


Ilustración 18 Funcionamiento de las Redes SDN

Una red tiene que hacer dos cosas importantes: entregar datos y administrar el flujo de esos datos. Si estoy descargando un video de California, la red sabe que me lo entregará aquí en Indiana. Transmitir los datos a través de India y Europa no sería la forma más eficiente de hacerlo, a menos, por supuesto, que ocurriera una gran falla física entre aquí y la costa oeste que requiriera que la señal se enviara por el planeta.

Dentro de una empresa, sucede lo mismo a menor escala. Los datos se pasan de un lado a otro, y ese tráfico generalmente es administrado por software dentro de los dispositivos físicos, software que sabe cómo administrar las operaciones diarias del lugar de trabajo.

Con la computación en la nube, los servidores físicos que contienen las máquinas virtuales todavía están conectados en red con los mismos enrutadores y conmutadores que se utilizan en la red de un lugar de trabajo. Pero las demandas en esa red física pueden ser mucho, mucho mayores, a veces, que cualquier cosa que sus empleados puedan ofrecer. (Lo cual, en realidad, es el objetivo de usar la nube en primer lugar).

Lo que SDN hace es esto: suponga que tiene el cable de red distribuido entre cada servidor físico en el entorno de la nube y todos los enrutadores y conmutadores optimizados. La capa SDN actúa esencialmente como un conmutador o enrutador de software virtual en lugar de (o junto con) los dispositivos de red físicos.

Entonces, en lugar de software integrado en los enrutadores y conmutadores que administran el tráfico, el software externo a los dispositivos se hace cargo del trabajo. El diseño de la red, o la topografía, ya no se basa en lo físico. En cambio, es flexible y ajustable a las necesidades de los sistemas sobre la marcha.

Implementado correctamente, esto significa que una aplicación que se ejecuta dentro de la nube puede asumir el trabajo de dirigir el tráfico de red. O una aplicación de administración de la nube de terceros podría hacer el trabajo. Eso podría facilitar la realización de tareas como dispositivos de equilibrio de carga en los servidores y ajustar automáticamente la arquitectura de red para ofrecer las rutas de datos más rápidas y eficientes en el momento adecuado.

### **2.1.13. Red Virtualizada (VNF).**

Tradicionalmente, los nuevos servicios y funciones de red se instalan manualmente, configurados junto con sus dispositivos o cajas de hardware dedicados. Pero con el encadenamiento del servicio, por ejemplo, si ciertas funciones necesitan ser vinculadas para

realizar una secuencia deseada, cada dispositivo dedicado necesita ser conectado manualmente en consecuencia. Dado que los VNF virtualizan esas funciones, eliminando la necesidad de hardware específico, las nuevas funciones se pueden implementar como máquinas virtuales más rápidamente.

Los VNF pueden ayudar a aumentar la escalabilidad y la agilidad de la red, al tiempo que permiten un mejor uso de los recursos de la red. Otros beneficios incluyen reducir el consumo de energía y aumentar el espacio físico disponible, ya que los VNF reemplazan el hardware físico. Estos beneficios también resultan en gastos operativos y de capital reducidos.

Las funciones de red virtual (VNF) son tareas virtualizadas que antes se realizaban mediante hardware exclusivo y dedicado. Los VNF mueven funciones de red individuales de dispositivos de hardware dedicados a software que se ejecuta en hardware básico. Estas tareas, utilizadas por los proveedores de servicios de red y las empresas, incluyen firewalls, sistema de nombres de dominio (DNS), almacenamiento en caché o traducción de direcciones de red (NAT) y pueden ejecutarse como máquinas virtuales (VM)

Los problemas de la red de hardware van más allá del costo de comprar una nueva caja, que en ese momento era un producto propietario costoso. El acto físico de actualizar cada pieza de hardware fue una enorme pérdida de recursos. Rollos de camiones, donde se entregó el hardware al centro de datos y se pagó a las personas para que instalaran físicamente el nuevo hardware, aumentaron los costos y tomaron mucho tiempo. Cuando la virtualización de redes se hizo factible, los proveedores recurrieron a ellas para reducir costos adicionales.

Los gastos y los ingresos son motivos de innovación y cambio. El cambio de varias piezas de hardware, cada una de las cuales realizaba su única función, a una sola pieza de hardware con varias máquinas virtuales en su interior, cada una de las cuales realizaba las acciones de VNF, resolvió los problemas de gastos. La virtualización ayudó al desarrollo de la tecnología 5G, que traerá cantidades incalculables de ingresos a los mercados existentes y nuevos.

Esos proveedores de servicios fundaron el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) en 1988, y en noviembre de 2012 crearon un grupo de trabajo para NFV llamado ETSI Industry Specification Group para NFV (ETSI ISG NFV). En un año, ETSI publicó artículos sobre casos de uso de NFV y requisitos básicos. En 2014, lanzaron un documento que define la arquitectura NFV. En el documento, ETSI presenta en gran medida VNF como los soldados de infantería de NFV.



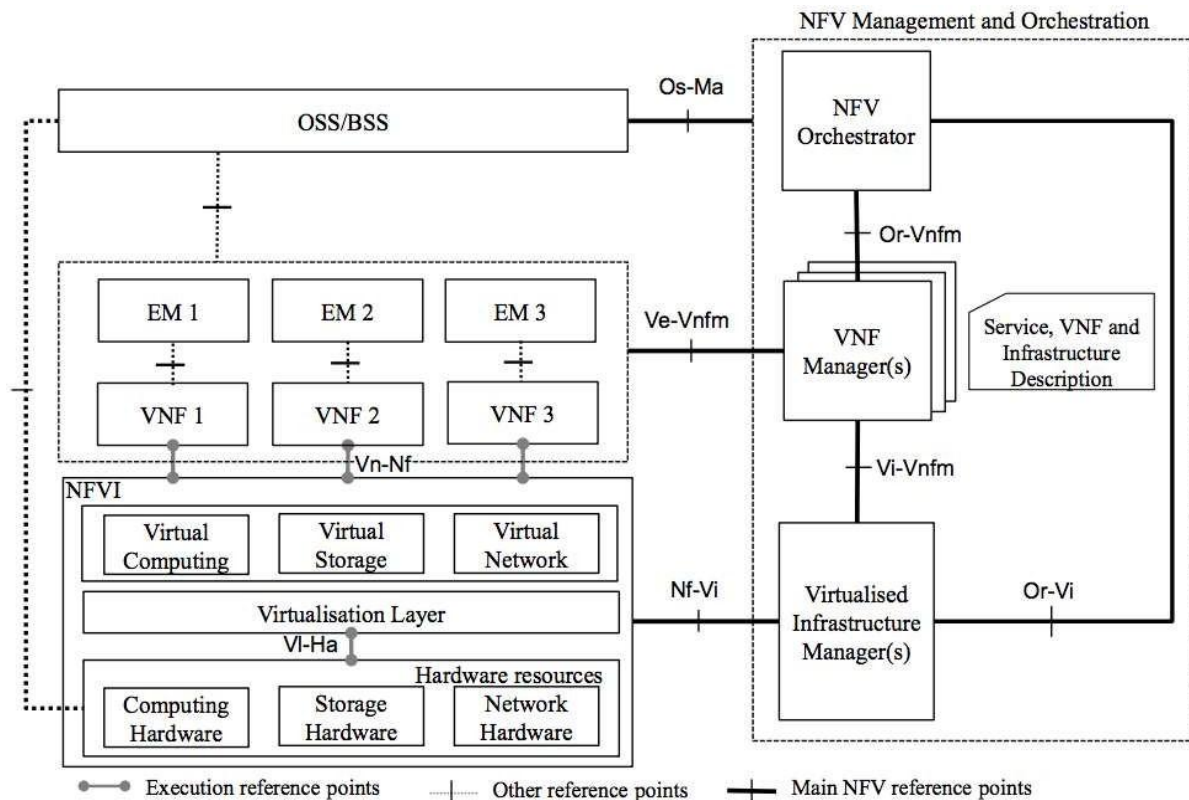


Ilustración 19 Funcionamiento de Red Virtualizada VNF

#### 2.1.14. Arquitectura de Redes Residenciales

Una red de internet residencial es un conjunto de instrumentos que se utilizan para administrar, transportar y almacenar la información logrando la conexión de varios dispositivos en el hogar, el siguiente gráfico nos muestra las tecnologías aplicadas en una red de tipo residencial. (International Telecommunication Union, 2008)

De acuerdo a la figura, todo depende del tipo de servicio que va a proporcionar la red de internet residencial para designar la estructura correcta del diseño de dicha red; las arquitecturas de redes también pueden permitir la entrega de distintos servicios a los hogares, en las redes residenciales un servicio de banda ancha permitirá a los usuarios utilizar varios dispositivos al mismo tiempo lo que cumpliría con los requisitos de conectividad.

Para lograr una arquitectura de red adecuada se requerirán distintos elementos que no pueden faltar, como un Broadband Network Termination que es el que nos da el punto de terminación de la red física para el acceso a la banda ancha y convierte las señales en el formato correcto para que llegue la información a los canales de distribución de manera correcta; el BNT debe



estar compuesto por un Router que tiene la principal función de conectar la red residencial con la red de acceso que nos proporciona el BNT; así como cualquier red de aplicación suplementaria para que maneje distintos sistemas adicionales en el hogar. (International Telecommunication Union, 2008).

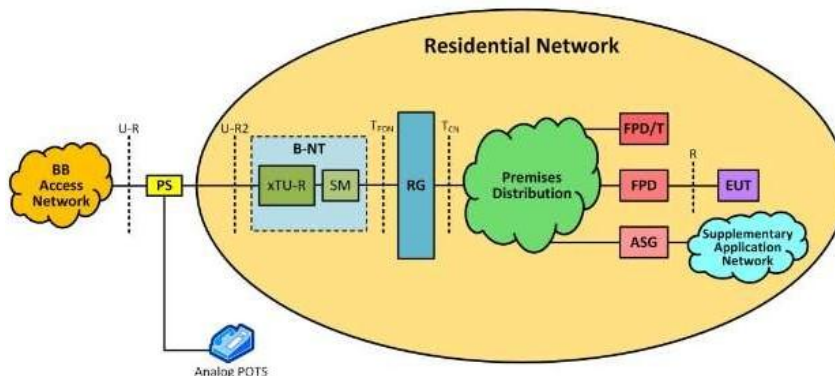


Ilustración 20 Arquitectura de una red residencial

Las redes residenciales tienen la capacidad de proporcionar distintos servicios que requieren conectividad como el funcionamiento de consolas de video juegos, el envío de archivos y servicios de seguridad en el hogar; la red conecta a los usuarios y transfiere datos empleando distintos niveles de red, además existe la necesidad de establecer criterios de Quality of Service (QoS) o calidad de servicio en el rendimiento de una red.

### 2.1.15. Arquitectura de Gestión

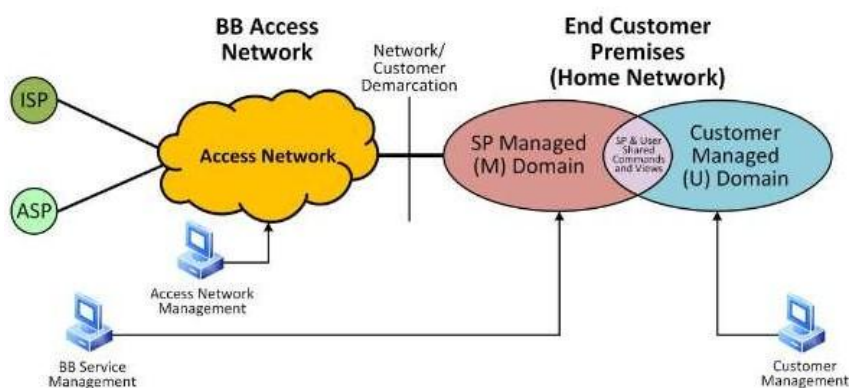


Ilustración 21 Modelo de gestión para una red residencial

Los modelos de redes domésticas poseen una gestión dividida entre el proveedor de servicio y el usuario, en la parte que le corresponde al proveedor de servicio se trata de monitorear remotamente el correcto funcionamiento del B-NT y Router, empleando los distintos protocolos existentes, por lo contrario, la gestión por el usuario monitorea el Router directamente.

El establecimiento de dominios y la gestión permitirán establecer la responsabilidad del funcionamiento de la red residencial, es decir el desempeño dependerá de ambas partes; el monitoreo puede ser efectuado de ambos dominios dependiendo siempre de las tecnologías implementadas en el diseño de la red.

La gestión de la red debe ser una actividad compartida entre el proveedor y el cliente únicamente si este último posee conocimientos técnicos para manejar y llevar un control de la red; en la mayoría de los casos esto no es así, por lo que se prefiere que la mayor responsabilidad de monitoreo la lleva el proveedor, quien definirá el modelo adecuado para satisfacer los problemas que presentan las redes domésticas.

En la actualidad existen modelos de Gateway que permiten ejecutar la red residencial por sí solo, incluyendo distintos interfaces, que permiten al proveedor de servicios de manera remota realizar la gestión de la red mediante un servidor de auto configuración, permitiendo también al usuario una interfaz para gestionarlo de manera limitada.

#### **2.1.16. Ancho de banda e Importancia de la Capacidad de Canal**

Para acceder a velocidades mayores a los 56 kbps de un modem convencional de velocidad primaria, se necesita de mayor tecnología como las que pueden darse a través de RDSI, XDSL o FTTH con tecnologías como Gigabit Ethernet; una banda ancha puede ser definida como la capacidad de proporcionar un ancho de banda al usuario mínimo de 128kbps. (Cordova, 2016).

El contar con una banda ancha es el propósito de muchas de los países, la tecnología avanza con el tiempo, lo que conlleva a reconsiderar las velocidades de banda ancha, llegando la más moderno a ofrecer 512kbps o mucho más; en la actualidad existe muchas demandas a nivel de Internet, cada día las personas prefieren llevar el internet con ellos en Smartphone, dispositivos inteligentes, lo que exige una conexión estable y totalmente segura. Cuando los canales pueden ser capaces de soportar velocidades superiores a los 2Mbps estamos hablando de banda ancha. (Cordova, 2016)

Las redes de fibra óptica basadas en tecnología GPON son las que permiten una mayor transmisión y recepción de datos, esta fibra llega hasta el hogar, permite cubrir grandes distancias siendo capaz de brindar al usuario el servicio de internet sin interrupciones así la señal sea dividida en varios servicios. (Cordova, 2016)

Existen muchas ventajas que nos hacen buscar un mejor ancho de banda, como el incrementar servicios, mejor procesamiento, disminución de cualquier costo de mantenimientos, utilización de aplicaciones multimedia que combinan todos los medios, amenorar las pérdidas, entre otros. (Cordova, 2016)

Se debe considerar que las redes Wifi operan mediante los denominados canales que son el medio por los que se transmiten los datos en cada una de las frecuencias. Los puntos de acceso inalámbrico, que establecen una conexión Wifi en base a uno o varios canales, controlan el tráfico de datos que se maneje; en el caso que un canal se encuentre con demasiado tráfico por las diversas conexiones que se presenten, como son las conexiones WIFI vecinas o por interferencias de canales cercanos, es muy probable que la conexión sufra pérdidas lo que representa una disminución en la velocidad de la navegación o peor corte de señal. (Rodriguez P. , 2019)

El ancho de banda de canal muestra la velocidad en la que los datos son transmitidos, es decir, cuando el ancho de banda del canal es mayor, mayor será la velocidad para los usuarios, la velocidad de los dispositivos actuales pueden llegar a 1733Mbps con un canal de 160MHz, pero aparecen los problemas cuando los canales son totalmente limitados, el ancho de banda afecta significativamente las velocidades de los dispositivos. (NETGEAR.COM, 2019).

Como mencionaba anteriormente, si existen interferencias en los canales estos proporcionan pérdidas en la señal, por lo que así contemos con la mejor marca de ordenador, el más potente, o el de última generación lo más probable es que nunca se consiga una buena velocidad. De manera general se definen 14 canales que se separa por 5 MHz; cada canal requiere de 22MHz

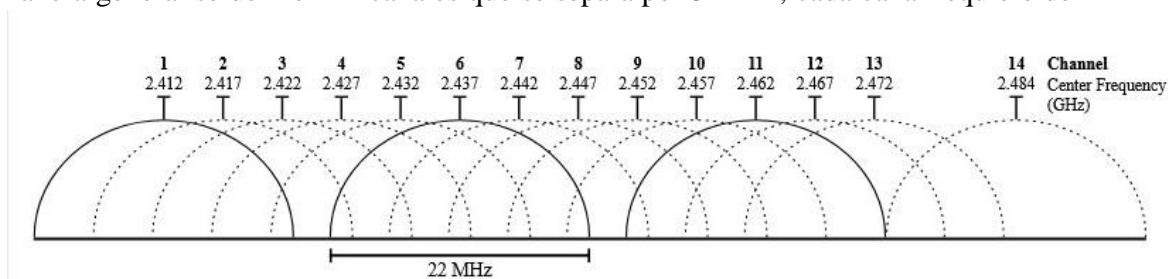


Ilustración 22 Solapamiento Wifi

para poder ser funcional, esto produce solapamientos de los canales en las redes Wifi, para evitarlo lo más recomendable es que cada red se encuentre separada por 5 canales, es decir que, si una red emplea el canal 1, la siguiente debería utilizar el 6. En el caso que no sea posible utilizar esa distancia lo aconsejable sería utilizar el canal más alejado de la señal más débil, siguiente gráfico muestra el ancho de banda utilizado por cada canal y el solapamiento que se produce entre ellos (Rodriguez P. , 2019)

### **2.1.17. Simulación**

Una simulación se trata de acercarse más al funcionamiento en la realidad, es decir, reproducir la operatividad real. Se aplica un formato que reaccione de la misma manera a la quereaccionaría uno real, en un conjunto de condiciones dadas; desde las décadas de los 70 y 80 las simulaciones han sido empleadas como elementos clave en la toma de decisiones, y no solo para el área de las telecomunicaciones, también en lo que comprende áreas de logística, transporte, producción en masa, etc. (BOLAÑOS PLATA, 2014).

La simulación en todos los procesos es una parte fundamental, ya que permite identificar condiciones que puedan llegar a afectar la implementación, es una herramienta para el apoyo en el funcionamiento óptimo; una simulación puede ser sencilla, empleada para demostrar si un proyecto es factible técnica y económicamente, también puede servir para mostrar las opciones respecto de condición de operación y producción, y de la misma manera se la puede emplear para mejorar las condiciones ya existentes (Sidor.com, 2017). En los últimos tiempos la utilización de simuladores se ha vuelto más popular, los avances de la tecnología ponen al alcance herramientas que permiten manejar gran cantidad de datos para su proceso.

#### **2.1.17.1. Simulación de Redes**

En la actualidad se hace necesario la ampliación de la simulación en los sistemas de redes, para medir su desempeño, ya que de esto depende que las empresas de cualquier segmento puedan funcionar sin problemas; la ampliación de los sistemas de redes hace que sea difícil comprobar su buen funcionamiento con un simple cálculo, por esto nos apoyamos en los programas de simulación donde se puede modificar de acuerdo a nuestras necesidades y expectativas.

En el proceso de creación o mejora de una red, previo a realizar la puesta en marcha de manera real, los administradores hacen un sin número de pruebas para verificar si ésta posee

algún tipo de error o simplemente para mejorarla, logrando la optimización de todas sus funciones y tener la certeza que los usuarios no tendrán ninguna falla al momento de utilizarla. Para realizar estas pruebas se requiere de un simulador que cumpla con las especificaciones necesarias para revisar nuestra red propuesta. (Velasco, 2014). Los simuladores más conocidos son:

Cisco Packet Tracer: Por el momento, este es el programa más confiable y completo para realizar una simulación, ya que permite realizar pruebas con sus propios routers, switches, hubs y servidores, además de ser desarrollado por Cisco. (Velasco, 2014)

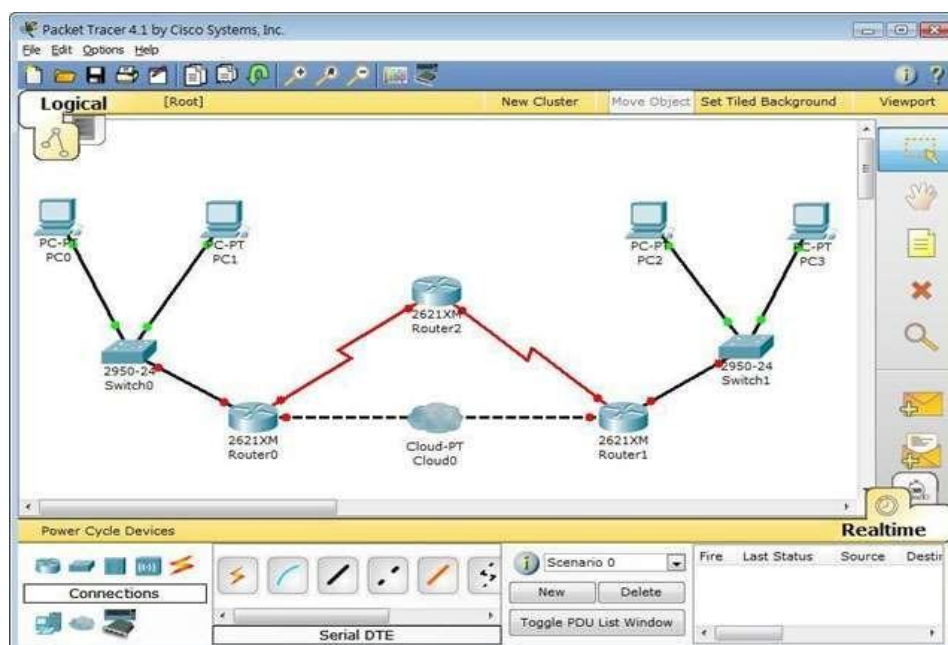


Ilustración 23 Modelo de Cisco Packet Tracer

GNS3O Graphical Network Simulator: Este es un simulador multiplataforma diseñado para redes más complejas y permite revisarlas de la manera más real posible, esta herramienta es gratuita y sencilla; utiliza módulos Dynamips, VirtualBox y Qemu que permiten acercarse a la realidad (Velasco, 2014).

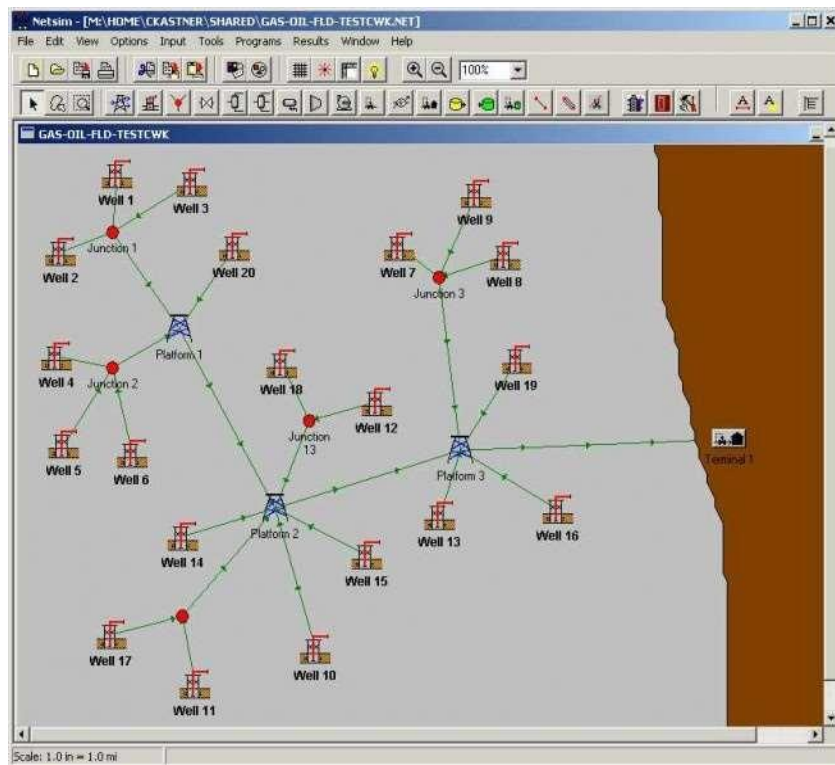


Ilustración 24 Modelo de Netsim

Netsim: Es un simulador utilizado principalmente en laboratorios, con éste se puede simular grandes cantidades de puertos y cuentan con aplicaciones parecidas a los anteriores (Velasco, 2014).

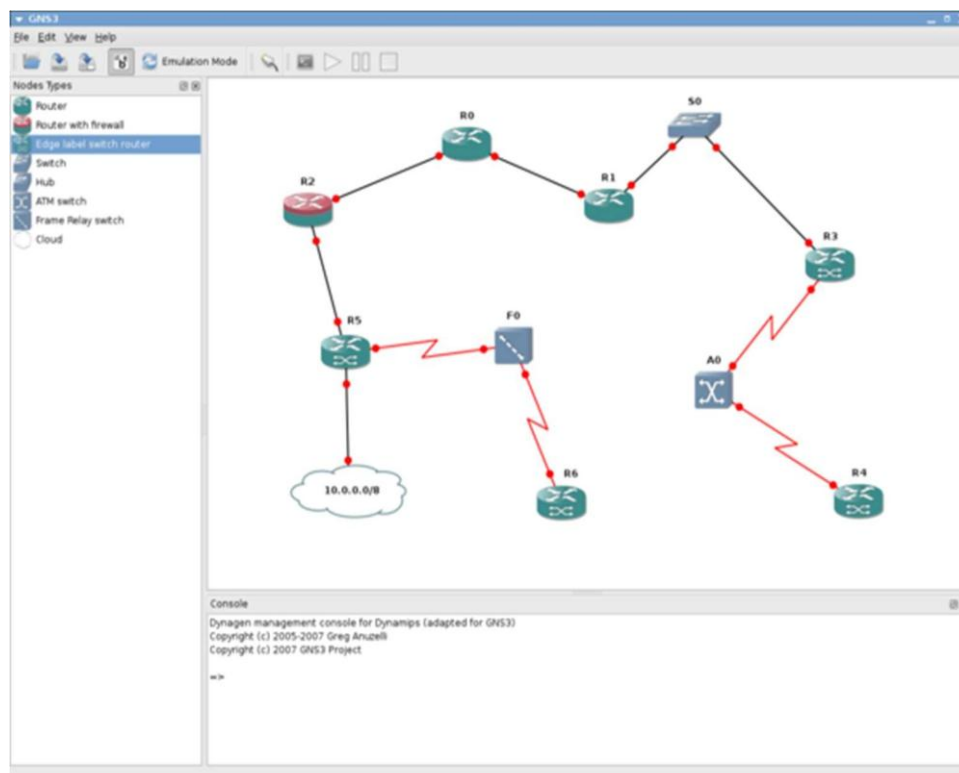


Ilustración 25 Modelo de GNS3O Graphical Network Simulator

Netsimk: Las opciones que brinda este simulador son similares a los anteriores, aunque de este podemos indicar que brinda escenarios más realistas y los resultados son más parecidos a la realidad, lo que lo convierte en una herramienta más segura (2014).

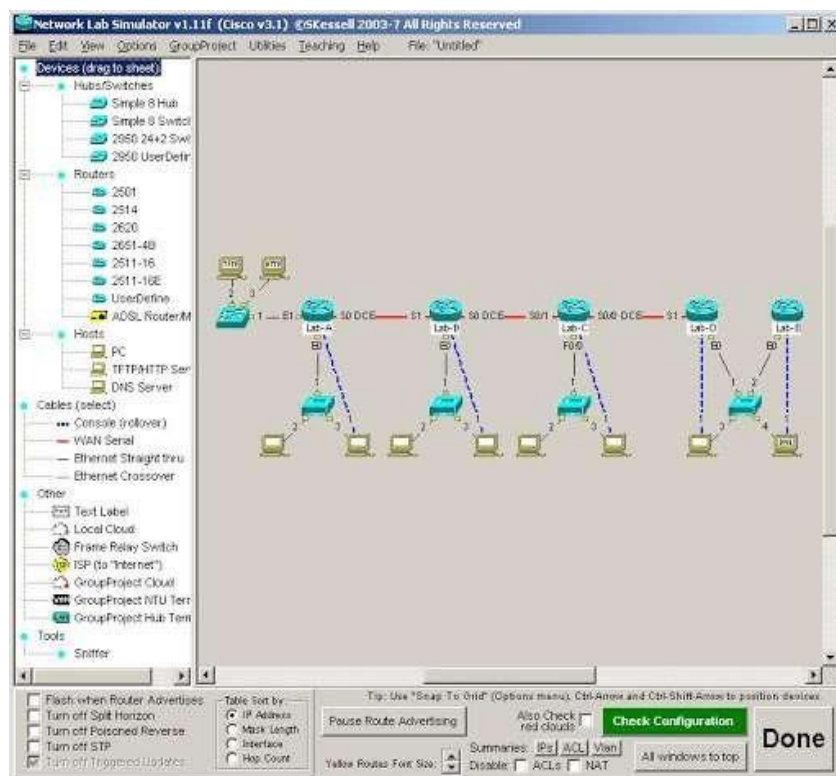


Ilustración 26 Modelo de Netsimk

Dentro del espacio de los simuladores de redes existen muchos más a los mencionados anteriormente que fácilmente se pueden adaptar a la exigencias de cada usuario, como son WebNMS Simulation Toolkit, Shunra NV Desktop o Jimsim (2014).

OptiSystem 7.- Creado por Optiwave, permite planificar, probar y simular enlaces ópticos en la capa de transmisión de las redes ópticas, Permite simular tecnologías emergentes PON, como las diversas técnicas de accesos múltiples ópticos por división de código (optical code- division multiple-access OCDMA) para arquitecturas OCDMA-PON. Además de una variedad de redes ópticas pasivas: BPON, EPON, GPON (2011).

## **2.2 Marco conceptual**

Redes.- Son sistemas de nodos y enlaces de transmisión que permiten conectar un sin número de ordenadores bajo el control de un solo administrador. (Purser, 1990)

Topología de una red. - Se trata de la forma que se conectan físicamente entre si los nodos o dispositivos en una red.

Router. - Dispositivo físico o lógico que permite la conexión entre redes, se encarga que la información llegue a su destino.

Switch. - Enlace físico de varios ordenadores, encaminando los datos para que lleguen a su destino correcto.

RED GPON. - Gigabit Passive Optical Network, modelo de tecnología que permite mayor ancho de banda y rapidez. (Millan Tejedor, 2008)

Fibra Óptica. - Material que permite transmitir información por medio de luz.

Cableado estructurado. - Es la infraestructura física compuesta por un conjunto de cables que pueden ser de cobre o de fibra óptica, y se encarga de transportar la información hacia el ordenador corrector. (Mojica Diaz, 2002)

## **2.3 Marco Legal**

Las redes tecnológicas son muy importantes para un país que quiere avanzar hacia el desarrollo, el diseño de la red propuesta exige establecer un marco legal de acuerdo a las exigencias del sector, permitiendo brindar un servicio de calidad, definiendo las leyes y las normas que lo permitan.

### **2.3.1 Organismos internacionales que regulan las telecomunicaciones**

Unión Internacional de Telecomunicaciones. - Es el organismo encargado de elaborar los lineamientos para una interconexión de calidad en redes y tecnologías, además mejorar el acceso a las TIC para las comunidades insuficientemente atendidas del mundo entero. (ITU, s.f.).

Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. - Facilitar y promover el desarrollo integral y sostenible de telecomunicaciones/TIC interoperables, innovadoras y fiables en las Américas, bajo principios de universalidad, equidad y asequibilidad. (CITEL, s.f.).

Foro Latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones. - Permite el intercambio de información entre empresas de telecomunicaciones y otras de control, con el



objetivo de unir esfuerzos y lograr un desarrollo de las telecomunicaciones en América Latina. (REGULATEL, s.f.).

Asociación de empresas de Telecomunicaciones de la comunidad Andina.- Es un Organismo Internacional, sin fines de lucro, que en el ámbito de la Subregión Andina agrupa a empresas operadoras de servicios de telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación y a otras entidades del sector o vinculadas a éste, con el propósito de coadyuvar a su desarrollo y al proceso de integración en los países andinos (ASETA, s.f.)

Asociación Iberoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones.  
- Es una organización de carácter privado que tiene como fin cooperar en la creación de convenios de ayuda entre organismos internacionales, productores de tecnología, etc., para crear información en ámbitos regulatorios, tecnológicos, comerciales orientados al desarrollo de la sociedad global de la información. (AHCET, s.f.).

Latin American and Caribbean Internet. - Su función es la asignación y administración de los recursos de numeración de Internet (IPv4, IPv6), LACNIC contribuye al desarrollo de Internet en la región mediante una política activa de cooperación, promueve y defiende los intereses de la comunidad regional y colabora en generar las condiciones para que Internet sea un instrumento efectivo de inclusión social y desarrollo económico de América Latina y el Caribe (LACNIC, s.f.).

### **2.3.2 Entidades reguladoras de las telecomunicaciones en el Ecuador.**

MINTEL. - Ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información, es una entidad del Estado ecuatoriano que se encarga de la administración y ejecución de obras para mejorar las telecomunicaciones en el territorio ecuatoriano.

ARCOTEL. - Agencia de regulación y control de las telecomunicaciones, es una entidad estatal que tiene como función la administración de las frecuencias y la emisión de señales radioeléctricas.

### **2.3.3 Normas Internacionales.**

Norma TL 9000.- Parte de las normas de calidad que en el sector de las telecomunicaciones midiendo el diseño, desarrollo y desempeño de los productos y servicios tecnológicos, es

importante y necesario para las empresas del sector de las telecomunicaciones y que deseen implantar un sistema de gestión certificado de reconocimiento internacional.

Reglamento Internacional de Telecomunicaciones. - Normativa de carácter internacional que limita los principios de las telecomunicaciones, de interconexión, de infraestructura; promoviendo la eficacia en los servicios.

#### **2.3.4 Normas Nacionales.**

Ley Orgánica de Telecomunicaciones. - Esta normativa tiene como objetivo principal administrar, regular las redes e infraestructura empleadas en los servicios de telecomunicaciones incluyendo audio y video, para que estos sean provistos a la comunidad con responsabilidad y de manera óptima.

Norma técnica para el ordenamiento, despliegue y tendido de redes físicas aéreas de servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas. - Tiene como objeto, regular el despliegue y tendido de redes físicas en aéreas nuevas, y la identificación, ordenamiento y reubicación de las redes físicas aéreas existentes de los prestadores de servicios del régimen general de telecomunicaciones y poseedores de títulos habilitantes de operación de redes privadas.

Norma técnica para infraestructura física para telecomunicaciones. - Es norma regula la infraestructura física que es utilizada por los prestadores de servicios de telecomunicaciones aplicable a poseedoras y no poseedoras de títulos de régimen general de telecomunicaciones.

## Capítulo III

### 3.1 Marco Metodológico

Este proyecto considerado cuantitativo y cualitativo, ya que se determinará qué tan factible es implementar una red de fibra óptica basada en tecnología GPON mediante el análisis del presupuesto de costos, gastos y la ganancia que pueda llegar a generar; igualmente se revisará los recursos físicos necesarios y la estructura del diseño de la red, elaborando una simulación y determinar su buen funcionamiento.

Con el objetivo de delimitar la zona del servicio y la cantidad de puertos que se emplearán se realizó un estudio poblacional mediante la constatación de información con las entidades gubernamentales Nacionales, Gobierno Parroquial y el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, el diseño inicia con el análisis de la realidad actual de la población mediante estudio de campo y recolección de información, determinando los requerimientos de la red; una vez revisado esto se realizarán los cálculos correspondientes de la red, se seleccionará cada uno de los materiales de manera que puedan brindar la estabilidad a la Red, guardando todos los parámetros y especificaciones técnicas que se encuentran vigentes en las Normativas tanto Nacionales como Internacionales.

#### 3.1.2 Tipo de investigación

De tipo exploratorio. - Este tipo de investigación nos permitirá dentro de este proyecto revisar las condiciones en las que se encuentra el servicio de internet en la Parroquia Tenguel, con el fin de verificar la necesidad que existe.

De tipo descriptivo. - Con la descripción lograremos definir claramente a quien está dirigido el desarrollo de este proyecto, se refiere a la población objeto de estudio.

#### 3.1.3 Métodos Teóricos

Histórico-Lógicos: Acorde al estudio de funcionamiento de una red de fibra óptica, se debe verificar el tipo de problemas que la parroquia ha mantenido, el tiempo, las empresas de servicios que están liderando el mercado interno, el tipo de falencias, su proporción y perjuicio al consumidor local, a través de investigación de campo y análisis literario acorde a especialistas en el tema de estudio.

**Análisis-Síntesis:** Para analizar y sintetizar toda la información relacionada con el tema de la investigación y en la determinación de los hechos que han servido de base para fundamentar la necesidad del sistema que se propone tanto en el aspecto de arquitectura de diseño y del beneficio presentado a los sujetos de prueba dentro de la parroquia Tenguel.

**Hipotético Deductivo:** Para la elaboración de la hipótesis y deducir de ella consecuencias directamente verificables en la realidad, determinando el tipo procesos a seguir en la tecnología propuesta.

**Modelación:** Identificar y modelar el tipo de arquitectura tecnológica a través de GPON por el posible mejoramiento de servicio a través del diseño de la red.

### **3.1.4 Métodos Empíricos**

**Observación:** Para diagnosticar la situación actual que presenta la población ante los perjuicios de no recibir un servicio de calidad en cada hogar de la parroquia Tenguel.

**Materiales y fibra óptica:** Del tipo de materiales que se requieren para poder generar el estudio y de las pruebas que establezcan resultados favorables o no sujetos a los fenómenos naturales que afectan el servicio hasta ahora prestado.

De la encuesta, para mediante la población total, identificar mediante formula, que se convertirá en la muestra de estudio y previo a un cuestionario poder establecer los parámetros que, para la ciudadanía, permite la afectación del servicio contratado y de su satisfacción o insatisfacción que el mismo le proveen por medio de cada empresa.

## **3.2 Métodos o Técnicas de Recolección de datos**

Los métodos de recolección de datos siempre se basan en dos clases de fuentes como son las primarias que son aquellas que nos brindan la información de primera mano, pues se toman de encuestas, entrevistas, publicaciones inéditas, testimonio de expertos; también existen las fuentes de carácter secundario que son aquellas que se basan en una fuente primaria, puede ser un análisis, un libro, un comentario, un artículo, los cuales ya han sido basados en otros documentos; aun así si se extrae información de un artículo o libro se debe tomar en cuenta en que se basó cada uno de los autores ya que ellos pudieron sacar información de una fuente

también secundaria y al tomarla ya ésta sería una fuente terciaria. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado , & Baptista Lucio, 2014).

Para este proyecto se tomarán fuentes primarias como las encuestas que nos ayudaran a obtener opiniones directas de la sociedad para realizar un análisis de cómo evoluciona el pensamiento y hacia dónde se dirige, se utilizaran una serie de 5 preguntas cerradas que nos ayudaran a realizar un análisis estadístico; al igual fuentes secundarias como libros, artículos periodísticos, revistas como se han venido citando en el desarrollo general de la tesis.

### **3.3 La Parroquia Tenguel**

Tenguel es una parroquia rural del cantón Guayaquil, ubicada al sur del cantón Balao y esta aproximadamente a 150km. de distancia de la ciudad, esto hace difícil que esta población tenga acceso a muchos servicios, entre ellos el de internet. Según el censo nacional del año 2010 esta localidad cuenta con una población de 11.936 habitantes y se encuentra dividida en 7 recintos: San Rafael, Conchero, La Esperanza, San Francisco, Israel, Buena Vista y Pedregal, las principales actividades de esta parroquia son bananera, cacaotera y camaronera.

Se delimitó el área geográfica de cobertura de la red de influencia del proyecto, se analiza el tipo de mercado, los requerimientos de servicios de telecomunicaciones y el ancho de banda necesarios; con el diseño de la red propuesta se estima llegar a los recintos más poblados y se espera que la población beneficiada sea desde la más cercana a la más apartada.

En base a los porcentajes de crecimiento poblacional presentados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, se realizó una ponderación respecto a la población actual de la Parroquia, en la tabla 1 se detalla la proyección del crecimiento de la población, para tomar como punto de partida el número de usuarios.

Años	% anual de crecimiento	Población estimada Tenguel
2010		11936
2011	2,40%	12222
2012	2,40%	12516
2013	2,40%	11937
2014	2,40%	12223
2015	2,40%	12517
2016	2,40%	11938
2017	2,40%	12225
2018	2,40%	12518
2019	2,40%	11939
2020	2,40%	12226

Tabla 1 Proyección de la población del año 2010 al 2020

### 3.4 Situación actual del acceso a Internet en la Parroquia Tenguel

La ARCOTEL, en su página web a junio del año 2020 la provincia del Guayas reportaba un estimado 618674 usuarios que cuentan con el acceso a internet fijo, lo que representa un 27.9% de la población total; en el Boletín estadístico 2020-01 respecto de los proveedores de internet la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP tiene la mayor participación en el mercado Nacional manteniendo un 42.73% del mercado, como se muestra en la figura 27. (ARCOTEL, 2019)

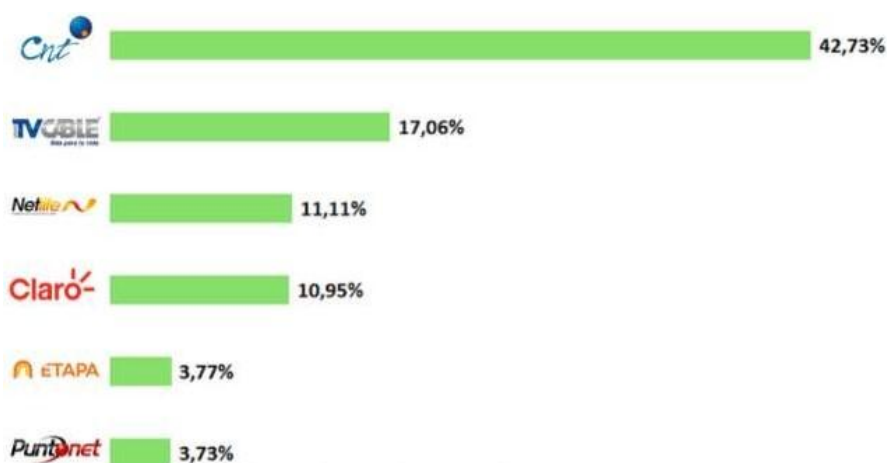


Ilustración 27 Estadística de usuarios por proveedor

En el Ecuador existen distintas maneras de acceder al servicio de internet, en los últimos años la conexión a través de fibra óptica ha crecido significativamente, ocupando el primer lugar en lo que se refiere al tipo de tecnología empleada para las redes, como se muestra en la figura siguiente. (ARCOTEL, 2019)



Ilustración 28 Estadística por tipo de conexión

De acuerdo al Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial de la Parroquia Tenguel realizado en el año 2015 únicamente el 4% de los hogares cuentan con el servicio de internet, tomando en cuenta que, del 2015 al 2019 el porcentaje de hogares en las zonas rurales con acceso a internet subió en un 7%, es decir un 1.7% anualmente, se realizó la ponderación para obtener un estimado de familias con acceso al servicio a la fecha, tomando en cuenta familias confirmadas por 4 personas.

Años	Población estimada Tenguel	Número de familias estimadas	% estimado de acceso a internet	Número de familias estimadas con acceso a internet
2015	12517	3129	4%	125
2016	11938	2985	6%	170
2017	12225	3056	7%	226
2018	12518	3129	9%	285
2019	11939	2985	11%	322
2020	12226	3056	13%	382

Tabla 2 Proyección número de familias con acceso a Internet

De acuerdo a las visitas y a la encuesta realizada en la población objeto de estudio se pudo verificar que el único proveedor del servicio de Internet fijo es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, y en base a la ponderación de la tabla 2 únicamente el promedio de familias con acceso a internet es de 382 de un total de 3056, es decir únicamente el 13% de los hogares cuentan con este servicio.

Como se aprecia en la figura 29 la necesidad existe, ya que de acuerdo a cifras publicadas por el INEC las personas en su gran mayoría realizan el uso del Internet en sus hogares, en las áreas rurales al 2019 el 55.2% de las personas coincidieron en el lugar de uso de internet con mayor frecuencia.

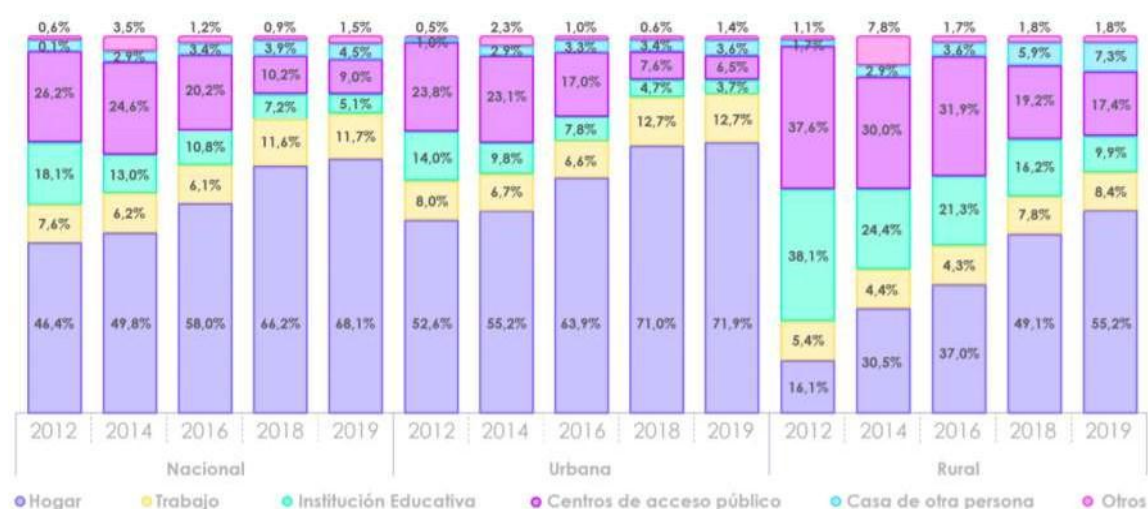


Ilustración 29 Estadística de uso de Internet por lugar

### 3.5 Encuesta

#### 3.5.1. Población y muestra

Como se revisó anteriormente en la Parroquia Tenguel de acuerdo al Censo poblacional realizado por el INEC en el año 2010 los habitantes eran de 11936, luego de realizado el estudio y revisión documental se determinó que en la actualidad existe un promedio de 12226 personas, que están comprendidas en 3056 familias y de acuerdo a la información obtenida únicamente el 13% de las familias tiene el servicio de internet en su domicilio.



En virtud que, el servicio que propone este proyecto es en el domicilio la muestra que se tomará estará basada en el número de familias, más no en el número de habitantes, para la obtención de dicha muestra se empleará el muestreo probabilístico ya que todas las personas a ser encuestadas cumplen con las mismas características, se aplicará una fórmula que nos permitirá ser más preciso al momento de elegir un número para realizar la encuesta.

n =	N	
	1 +	$\frac{e^2 (N - 1)}{z^2 * p * q}$

Datos:

n= Tamaño de la muestra

N= Población o universo

z= Nivel de confianza

p= Probabilidad a favor

q= Probabilidad en contra.

e= Error muestra

n =	382	
	1 +	$\frac{0,05^2 (382-1)}{1,96^2 * 0,5 * 0,5}$

n =	192
-----	-----

De acuerdo a la ecuación aplicada se realiza la encuesta a 192 usuarios, para poder calificar el servicio de internet que reciben los usuarios, se emplearan preguntas cerradas utilizando la metodología de la escala de Likert y medir bajo estadística la satisfacción de las personas, formulándoles las siguientes interrogantes:

### 3.5.2 Instrumento empleado en la recolección de datos

#### Cuestionario

#### MODELO DE ENCUESTA PARA MEDIR CALIDAD DE SERVICIO DE INTERNET EN LA PARROQUIA TENGUEL

1.- ¿Qué tan importante considera que es contar con un servicio de internet en su hogar?

<input type="checkbox"/> Muy Importante	<input type="checkbox"/> Poco Importante
<input type="checkbox"/> Importante	<input type="checkbox"/> No importante

2.- ¿Qué tan satisfecho se encuentra con su servicio de internet?

<input type="checkbox"/> Muy Satisfecho	<input type="checkbox"/> Poco Satisfecho
<input type="checkbox"/> Satisfecho	<input type="checkbox"/> No satisfecho

3.- ¿Cómo califica la velocidad de descargas de su servicio de internet?

<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Bueno
<input type="checkbox"/> Muy bueno	<input type="checkbox"/> Malo

4.- ¿Con qué frecuencia su servicio de internet es interrumpido?

<input type="checkbox"/> Siempre	<input type="checkbox"/> A veces
<input type="checkbox"/> A menudo	<input type="checkbox"/> Nunca

5.- ¿En el caso de presentar problemas califique la agilidad de tiempo en el que son solucionados?

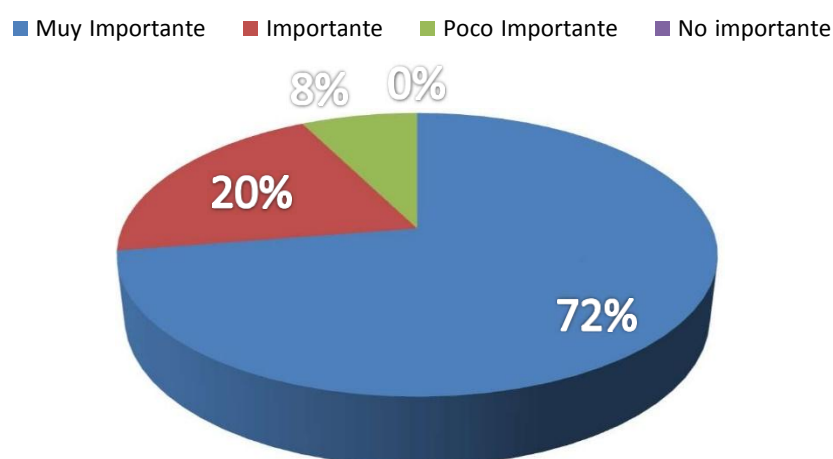
<input type="checkbox"/> Excelente	<input type="checkbox"/> Bueno
<input type="checkbox"/> Muy bueno	<input type="checkbox"/> Malo

### 3.5.3. Presentación de los resultados encuesta

1.- ¿Qué tan importante considera que es contar con un servicio de internet en su hogar?

Parámetro	En Números	%
Muy Importante	138	72%
Importante	39	20%
Poco Importante	15	8%
No importante	0	0%
Total	192	100.00 %

Tabla 3 Resultado pregunta 1 encuesta



#### **Análisis:**

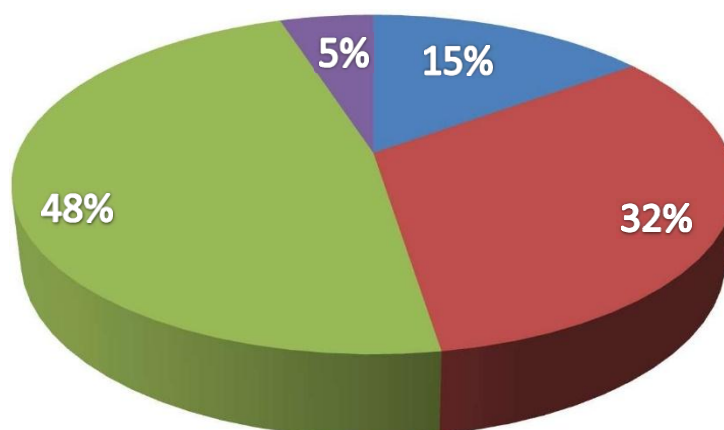
El 72% concuerda que contar con servicio de internet en su hogar es muy importante, el 28% restante se divide entre los que lo consideran importante y poco importante. Significa, que la gran parte de los encuestados coincide en su respuesta siendo el internet considerado un serviciobásico.

2.- ¿Qué tan satisfecho se encuentra con su servicio de internet?

Parámetro	En números	%
Muy Satisfecho	29	15.00
Satisfecho	62	32.50
Poco Satisfecho	91	47.50
No satisfecho	10	5.00
Total	192	100.00

Tabla 4 Resultado pregunta 2 encuesta

■ Muy Satisfecho ■ Satisfecho ■ Poco Satisfecho ■ No satisfecho



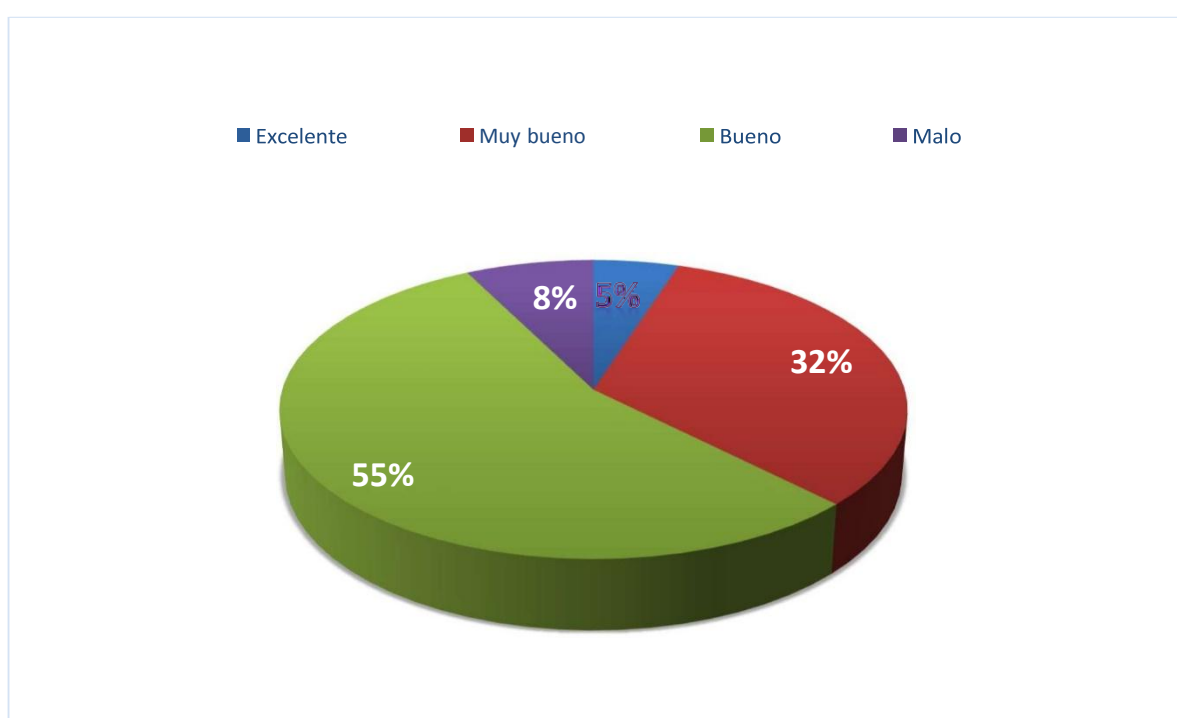
#### **Análisis:**

En esta pregunta la mayoría se acentuó en el poco satisfecho obteniendo un porcentaje del 48%, siguiéndole el satisfecho con un 32% y la minoría restante del 20% está en el muy satisfecho y no satisfecho, con esto se puede observar que existe un problema grave en el servicio ya que si éste fuera de calidad la encuesta se inclinaría por el satisfecho y muy satisfecho.

### 3.- ¿Cómo califica la velocidad de descargas de su servicio de internet?

Parámetro	En Números	%
Excelente	10	5.00
Muy bueno	62	32.50
Bueno	106	55.00
Malo	14	7.50
Total	192	100.00

Tabla 5 Resultado pregunta 3 encuesta



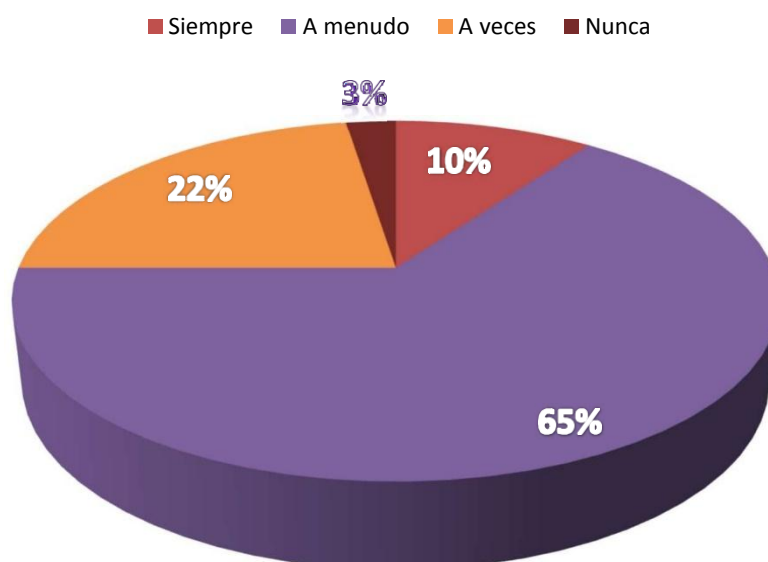
#### **Análisis:**

El 55% de la muestra sometida a encuesta coincide que la velocidad de descargas que les ofrece su proveedor de internet es buena calificándolo únicamente como medianamente funcional, el porcentaje mayor siguiente es el de muy bueno que alcanzó un 32% de encuestados. Significa, que la gran parte de los usuarios encuestados coincide en que es bueno, pero podría ser mejor.

4.- ¿Con qué frecuencia su servicio de internet es interrumpido?

Parámetro	En números	%
Siempre	19	10.00
A menudo	125	65.00
A veces	43	22.50
Nunca	5	2.50
Total	192	100.00

Tabla 6 Resultado pregunta 4 encuesta



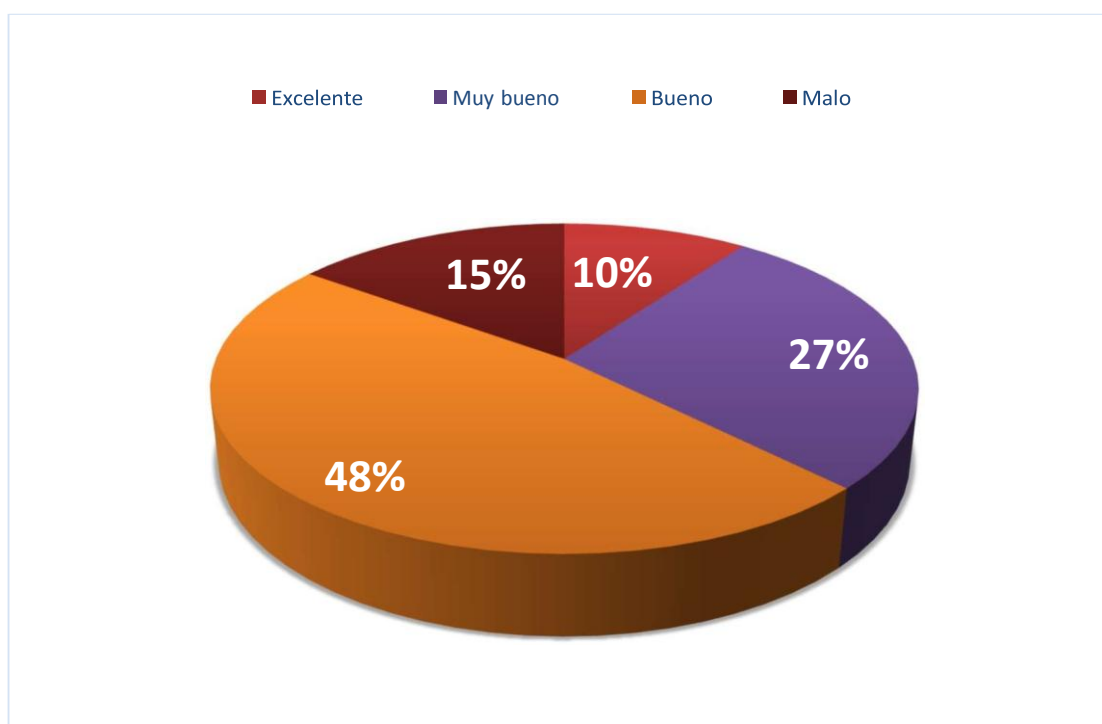
#### **Análisis:**

El 65% nos indicó que a menudo su servicio de internet se ve interrumpido teniendo intermitencias en la conexión, el 35% restante se divide entre las variables A veces, siempre y nunca en ese orden de mayoría a minoría, podemos visualizar que el servicio de internet ofrecido a esta localidad no es de calidad.

5.- ¿En el caso de presentar problemas califique la agilidad de tiempo en el que son solucionados?

Parámetro	En Números	%
Excelente	19	10.00
Muy bueno	53	27.50
Bueno	91	47.50
Malo	29	15.00
Total	192	100.00

Tabla 7 Resultado pregunta 5 encuesta



#### **Análisis:**

Los porcentajes más altos fueron de 48% y 27% en las categorías de Bueno y muy bueno respectivamente, y el 25% faltante se encuentra entre los parámetros de Malo y Excelente, llegando a la conclusión que las empresas proveedoras de internet no cuentan con una buena gestión de sus redes para dar solución a los usuarios oportunamente.

### 3.6. Requerimientos de la red

Una vez analizada las respuestas obtenidas en la encuesta, se conoce cuáles son los problemas principales de los usuarios, esta red se está diseñando para llenar las necesidades que tiene la Parroquia Tenguel, utilizando un método de cableado de fibra óptica cumpliendo con las normas de calidad y estatutos legales. La red que está implementada actualmente en esta localidad es basada en un cableado de cobre que posee grandes deficiencias y no cumple con la normativa de QoS y las recomendaciones para la instalación, incluyendo las de seguridad y gestión. Lo que impide tener un control adecuado de la red. De acuerdo a la geografía de la localidad se empleará una topología de tipo estrella para la red de distribución, inicialmente se tomarán 512 usuarios para el diseño con un porcentaje de ampliación anual del 0.5%, se ha propuesto la distribución de los nodos a 1.50 Km para cubrir la zona completamente, como se aprecia en la figura 30.

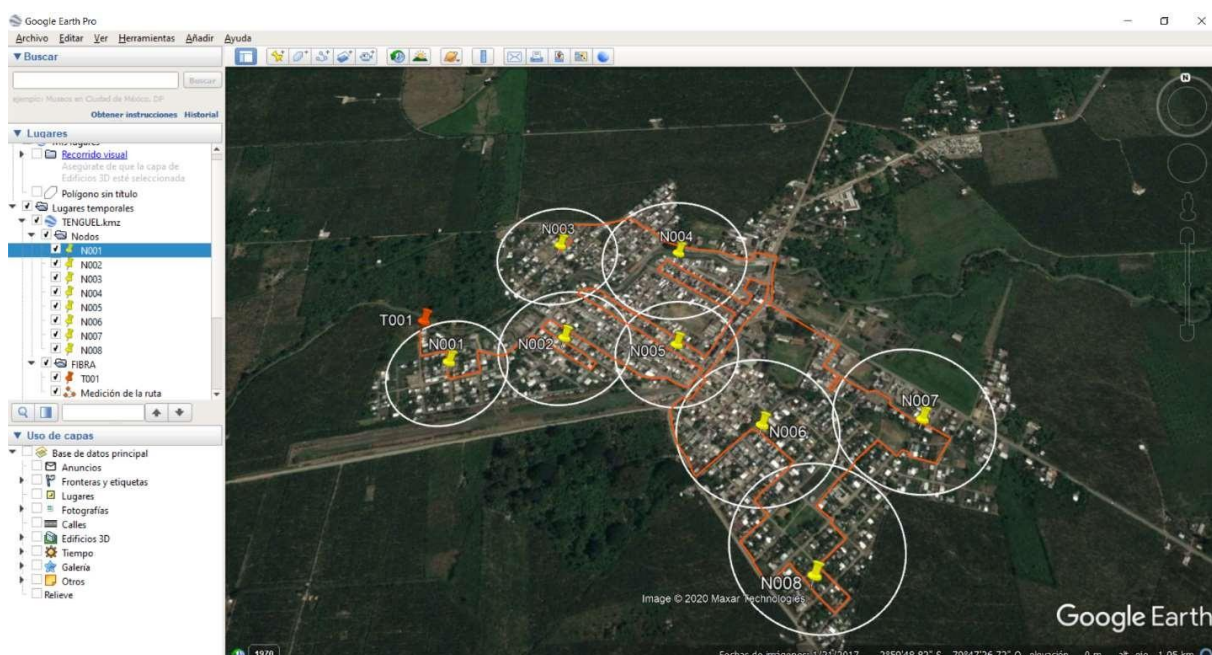


Ilustración 30 Distribución de los Nodos



Después de la revisión realizada a la comunidad en cuestión pude definir cuáles son las necesidades básicas de la nueva red:

- La nueva red debe ser de gestión sencilla que permita al usuario monitorear y controlar la situación actual del servicio.
- Estará diseñada para que sea susceptible a mejoras continuas y correcciones de errores oportunamente.
- Contar con un servicio de banda ancha.
- Cumplir con todas las medidas de seguridad a usuarios como el bloqueo de software maliciosos protección de correos electrónicos contra estafas, detectar y bloquear cualquier tipo de amenaza informática.

El diseño está basado en tecnología GPON, que permiten extender la fibra óptica hasta el usuario, lo que garantiza que el ancho de banda sea mejor para todos los usuarios y no solo para pocos, la información que es transmitida viaja protegida, los datos son únicamente cargados al usuario que le corresponde, GPON también emplea un modelo de gestión para sus redes que permite al usuario administrar los equipos.

### **3.7. Expectativas de los usuarios**

Como se trató en el punto anterior, los usuarios no poseen la capacidad de gestionar sus propias redes, básicamente por la falta de conocimientos técnicos que les permitan tener el control y monitoreo de estas, las tecnologías utilizadas en las redes residenciales deben ser las adecuadas para proporcionar comodidad y flexibilidad.

Los proveedores deben brindar un nivel aceptable de la QoS, a pesar de contar con los múltiples dispositivos conectados a las redes residenciales y el tráfico que podría llegar a generarse, el objetivo principal siempre va a ser garantizar la QoS. En la actualidad algunas empresas de telecomunicaciones incluyen mecanismos basados en las recomendaciones realizadas por organismos internacionales, como por ejemplo en el caso que un usuario detecte una resolución deficiente o que una página web demore en cargar, la red le proporcionaría información del consumo de recursos en la red y aplicando la facilidad de gestión le mostraría cómo mejorar la QoE por medio de las herramientas existentes.

Es preciso recalcar, que los medios son totalmente manipulables y por esto pueden llegar a presentar riesgos de seguridad, ya que, se puede tener acceso a la red que no cuenta con la

seguridad adecuada, simplemente descargando y ejecutando una herramienta; para evitar esta clase de inconvenientes es preciso contar con un adecuado modelo de protección y tomando medidas como realizar el cambio las contraseñas predeterminadas y que estas estén compuestas por algoritmos, configurar filtros de direcciones. Es comprensible que los usuarios no sepan de qué manera salvaguardar su información o al menos cómo emplear las aplicaciones diseñadas para este propósito.

### **3.8. Componentes que se emplearan en el diseño de la red de fibra óptica**

Fibra Óptica.- Para el tendido se empleará un cable de fibra óptica ADSS de tipo monomodo, ya que es conocido por ser resistente a las peores situaciones del ambiente, diseñado especialmente para rutas de transmisión y de distribución, poseen un coeficiente de atenuación menor a 0.4 dB por Km, con una longitud de bobinas de 500m.



Ilustración 31 Cable de fibra óptica

Empalmes. - son uniones permanentes de fibras realizadas en fábrica o en el lugar de la instalación, cuando no se requiere conectar o desconectar la fibra.

Hay dos tipos de empalmes a ser utilizados:

- Empalme de fusión o soldadura
- Empalme mecánico

Empalme de fusión o soldadura. - El empalme por fusión se realiza usando calores localizados en la interfaz de dos fibras pulidas y pre alineados, provocando que las fibras se suavicen y se fusionen simultáneamente para constituir un hilo de vidrio duradero.

El calor de la fusión es generado por el arco eléctrico de dos electrodos conectados a una fuente de alto voltaje. Este método proporciona un porcentaje más bajo de pérdida (menos de

0.05 dB.) y la más alta seguridad. Utilizado en enlaces de cables largos y continuos (decenas de Km).

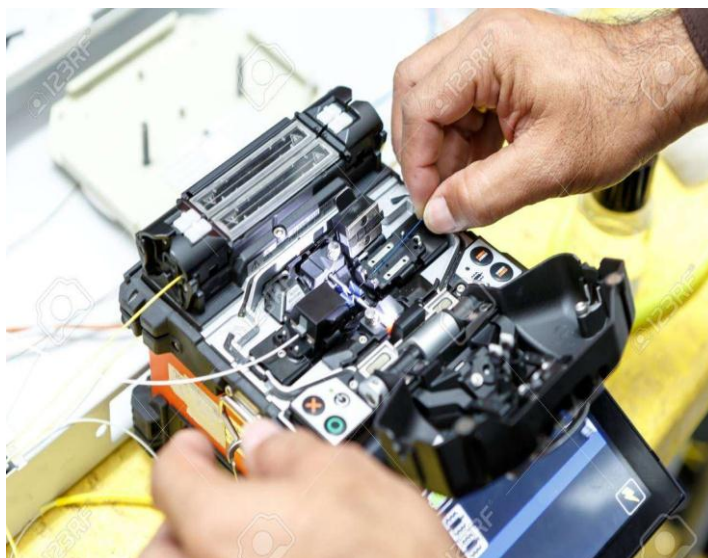


Ilustración 32 Empalme de fusión o soldadura

Empalme mecánico tiene generalmente la mayor proporción de pérdidas, a menudo en el rango de pérdida en fibra fluctúa en promedio desde 0,2 dB. 1.0 dB., esto dependiendo del tipo de empalme utilizado ya sea, empalme de tubo, empalme de acanalado o estría en v.

Cajas de Empalmes los empalmes exteriores se resguardan adentro de una caja de empalme, la cual tiene en un extremo unos tubos cerrados que se cortarán en su extremo por donde deba pasar un cable, para luego cerrarse herméticamente con termo contraíbles.

La caja tiene una tapa o domo que se cierra sobre la base con una abrazadera sobre uno-ring



Ilustración 33 Cajas de empalmes

Conectores para poder conectar un cable de fibra a un equipo es preciso que en cada fibra se monte un conector, o bien, cada fibra se empalme con un PIGTAIL, que es un cable de una sola fibra que tiene un conector en una de sus puntas, armado en fábrica óptica.



Ilustración 34 Conectores de fibra

Splitters Permiten la derivación de la señal óptica por dos o más fibras distintas

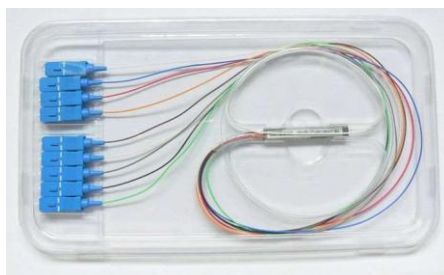


Ilustración 35 Splitters

Armarios Permite la protección la inclemencia del medio ambiente a los hilos de fibra que vienen del nodo central



Ilustración 36 Armarios

Cajas terminales Es donde llega la fibra óptica que va a ser conectada al equipo terminal que prestara el servicio que el usuario desea.

### 3.9. Desarrollo de la Simulación

#### 3.9.1 Ubicación

El desarrollo de la red se desarrollará en la Parroquia Tenguel, ya que según el análisis realizado esta población carece de un buen sistema de Internet, la gran mayoría son viviendas, aunque existen comercios, instituciones educativas y lugares turísticos.

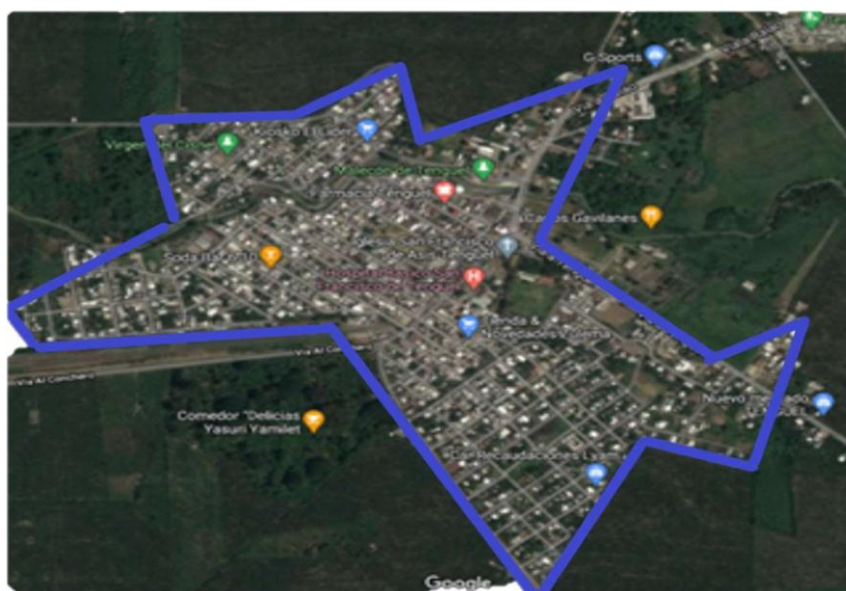


Ilustración 37 Mapa de la Parroquia Tenguel

#### 3.9.2 Características del Diseño

Para la conexión de la fibra se empleará un modelo de cascada partiendo de una OLT de fibra óptica ADSS de 48H, siguiendo de un Splitter de primer nivel 1x2, el segundo nivel se usará un Splitter 1x64 para el acceso de la red FTTH, obteniendo un total de 512 usuarios conectados a la Red Troncal, como se muestra en la tabla 8.

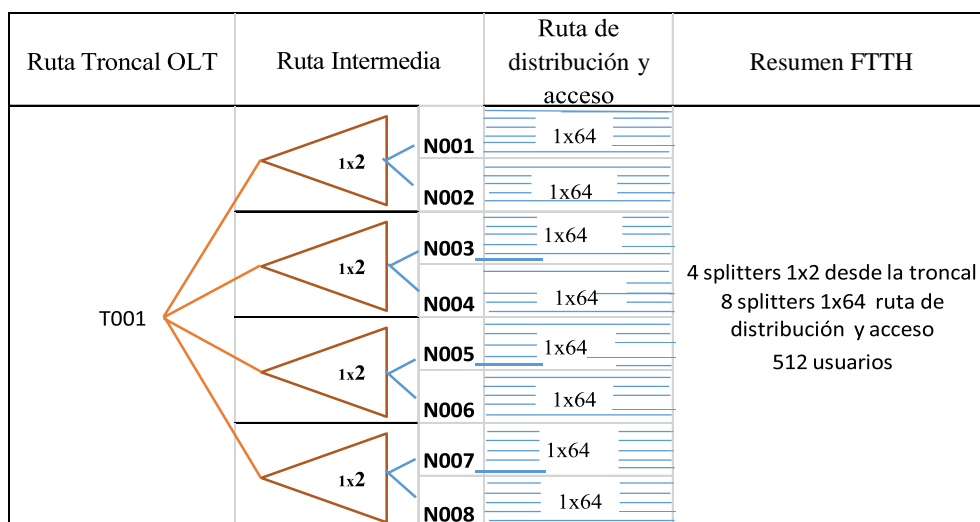


Tabla 8 Distribución de la Ruta Troncal

Para obtener un buen funcionamiento de la red se deben tener en cuenta principalmente las pérdidas totales, las que son de extremo a extremo y las de retorno; inicialmente los splitters son los que inducen a las grandes pérdidas si se trata de redes GPON, por ello es importante no olvidar llevar un control adecuado de las pérdidas ya que podría generar interferencia. Cabe recalcar, que esta investigación se basará en métodos y cálculos supuestos

De acuerdo a lo expuesto, la señal de la OLT será transmitida por un láser DFB (Retroalimentación distribuida), que ayudará a estabilizar la longitud de onda y amenorar las pérdidas.

Se considerarán márgenes de potencia y de pérdida para el diseño de la red, siendo estos referenciales ya que están sujetos a las herramientas utilizadas, su calidad y garantía, se empleó una OLT con una potencia de salida mínima de 3dBm y máxima de 7dBm; y una ONT con sensibilidad de recepción de -32dBm, la distancia máxima de la OLT al usuario final es de 8Km. y se distribuyó los nodos centrales o armarios a 1.5km. de distancia para cubrir eficientemente la zona señalada; en la tabla 9 y 10 se encuentran las atenuaciones por fibra y por splitters y a partir de estos valores se calcula el presupuesto óptico para el cliente que está más alejado

Tipo de cable	Longitud de onda	Atenuación máxima
Monomodo Exteriores	1310 nm	0,35 dB/km
	1383 nm	0,35 dB/km
	1550 nm	0,35 dB/km
Monomodo Interiores	1310 nm	1,0 dB/km
	1383 nm	1,0 dB/km
	1550 nm	1,0 dB/km

Tabla 9 Atenuación de fibra óptica

Atenuación	
Splitters	promedio
1×2	3.4 dB
1×4	6.6 dB
1×8	9.7 dB
1×16	12.9 dB
1×32	15.8 dB
1×64	19.2 dB

Tabla 10 Atenuación de splitters

Considerando los valores expuestos del cliente más lejano, encontrándose a 8 Km de la OLT se realizará el cálculo de atenuación utilizando la siguiente ecuación:

$$AT = KM \times (AD) + \# \text{ conectores} \times (AC) + \# \text{ Splitter} (AS)$$

Datos:

AT. - Atenuación teórica

AD. - Atenuación por distancia (según la hoja técnica del cable)

AC. - Atenuación de conectores. 0.5 dB (generalmente 2, uno a cada lado del enlace)

AS.- Atenuación splitters

$$AT = 8 (0.35) + 2 (0.5) + 1(3.4) + 1(19.2)$$

$$AT = 2.8 + 1 + 3.4 + 19.2$$

$$AT = 26.4 \text{ db}$$

Potencia de Recibida en el Emisor más lejano: 32 dBm – 26,4 dB = 5,6 dBm.

Presupuestos de pérdidas para el sistema GPON Class B+		
Items	Unit	Single Fibre
Minimum optical loss at 1490 nm	dB	13
Minimum optical loss at 1310 nm	dB	13
Maximum optical loss at 1490 nm	dB	28
Maximum optical loss at 1310 nm	dB	28

Tabla 11 Atenuación de splitters

En base a los rangos indicados en la figura la red cumple con los parámetros GPON Clase B+ que corresponde a entre 13 y 28 db para la OLT según la recomendación G.984.2, con lo que se puede sostener que, con los valores obtenidos de atenuación, la señal óptica puede llegar hasta al ONT sin problema alguno.

### 3.9.3. Software de simulación

Para efectos de la simulación que se realizará se empleará OptiSystem versión 17.0 de 64bits versión de prueba, que es un simulador que permite diseñar, simular y analizar el desempeño de un sistema de comunicación mediante fibra óptica; es sencilla de utilizar y eficaz en los resultados. Una de las principales características de la versión usada es que los componentes de procesamiento digital de señales se han actualizado para soportar una gama más amplia de formatos de modulación, incluyendo BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK, 8QAM, 16QAM, 32QAM, 64QAM, 128QAM, 256QAM. Este trabajo se basa en desarrollar un sistema de fibra óptica basado en codificación NRZ que es capaz de realizar comunicación de punto único a múltiple.



Ilustración 38 Ingreso a programa Optisystem 17



### 3.9.4 Desarrollo

Con este diseño red de fibra óptica se brindará flexibilidad y accesibilidad mediante la multiplexación por división de longitud de onda, actuará con una longitud de onda de 1550nm de bajada en el OLT y 1330nm de subida para los ONT. Como punto de partida en la distribución de la FTTH se tomó una OLT del cual se elaboró un subsistema de transmisión óptico, generando un pulso de luz de 7dBm, que es lo suficientemente potente para cubrir el área deseada, siendo ésta 8km. aproximadamente, adicionalmente las especificaciones técnicas de la fibra ADSS nos permite manejar 100MHz por Km. como ancho de banda modal.

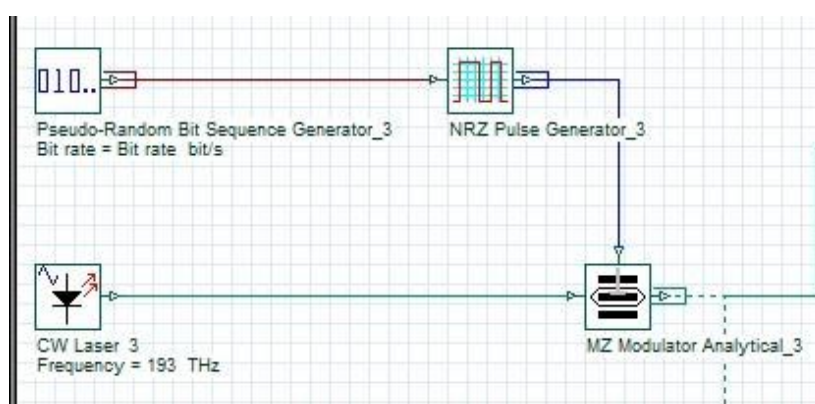


Ilustración 39 OLT

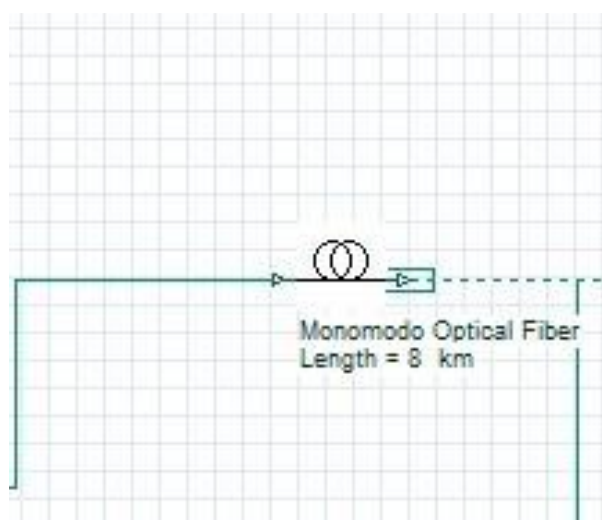


Ilustración 40 Enlace de fibra

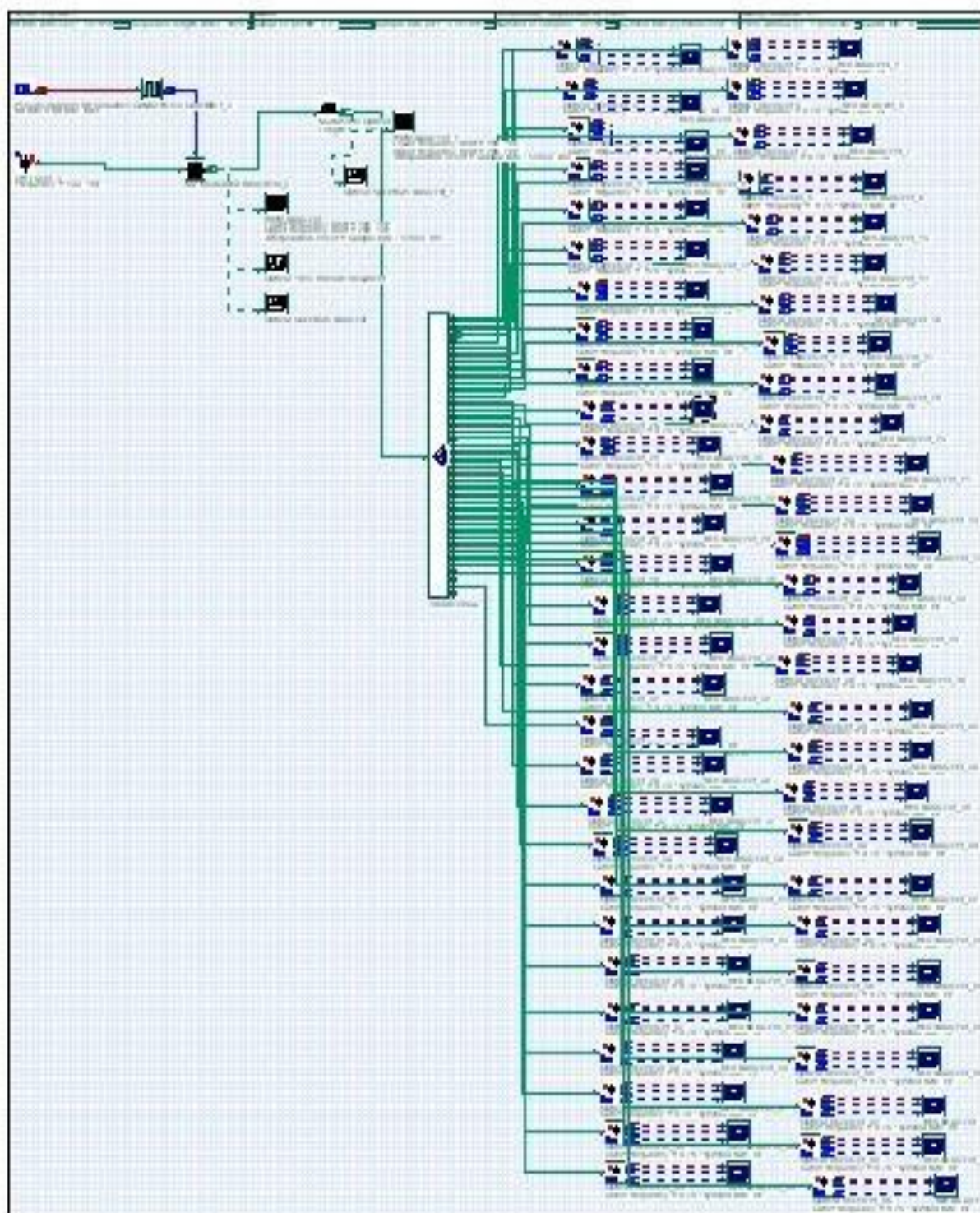


Ilustración 41 se muestra el diagrama completo de la simulación

CW Laser\_3 Properties

Label: CW Laser\_3

Main | Polarization | Simulation | Noise | Random nu... | Custom o...

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input checked="" type="checkbox"/>	Frequency	193	THz	Normal
<input type="checkbox"/>	Power	7	dBm	Sweep
<input type="checkbox"/>	Linewidth	100	MHz	Normal
<input type="checkbox"/>	Initial phase	0	deg	Normal

OK

Cancel

Evaluate Script

Ilustración 42 Propiedades del Láser

Ideal Demux Properties

Label: Ideal Demux

Main | Custom order

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input type="checkbox"/>	Number of output ports	64		Normal
<input type="checkbox"/>	Insertion loss	26.4	dB	Normal

OK

Cancel

Evaluate Script

Ilustración 43 Valores de Pérdida

Optical Receiver\_1 Properties

Label: Optical Receiver\_1

Main | Low Pa... | 3R Reg... | Downs... | Noise | Rando... | Custom...

Disp	Name	Value	Units	Mode
<input type="checkbox"/>	Noise calculation type	Numerical		Normal
<input type="checkbox"/>	Add signal-ASE noise	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
<input type="checkbox"/>	Add ASE-ASE noise	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
<input type="checkbox"/>	Add shot noise	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
<input type="checkbox"/>	Add thermal noise	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
<input type="checkbox"/>	Estimate receiver noise	<input checked="" type="checkbox"/>		Normal
<input type="checkbox"/>	Thermal power density	100e-024	W/Hz	Normal
<input type="checkbox"/>	Approximate sensitivity	-32	dBm	Normal
<input type="checkbox"/>	Reference extinction ratio	10	dB	Normal
<input type="checkbox"/>	Reference Q factor	6.4634		Normal

OK

Cancel

Evaluate Script

Load...

Ilustración 44 Propiedades de la ONT



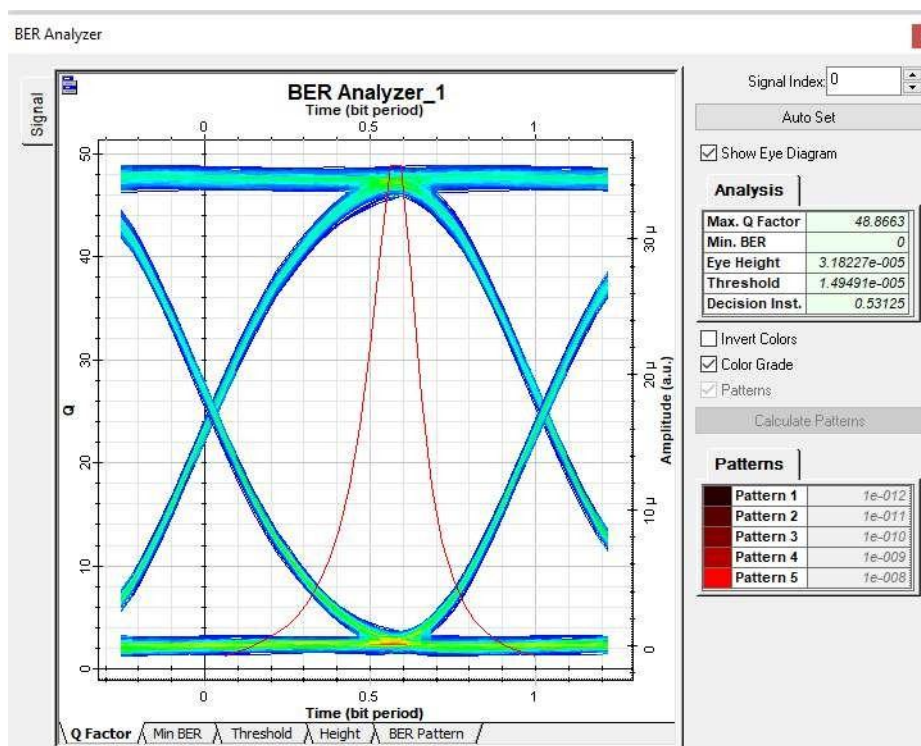


Ilustración 45 Diagrama de Ojo a 8Km.

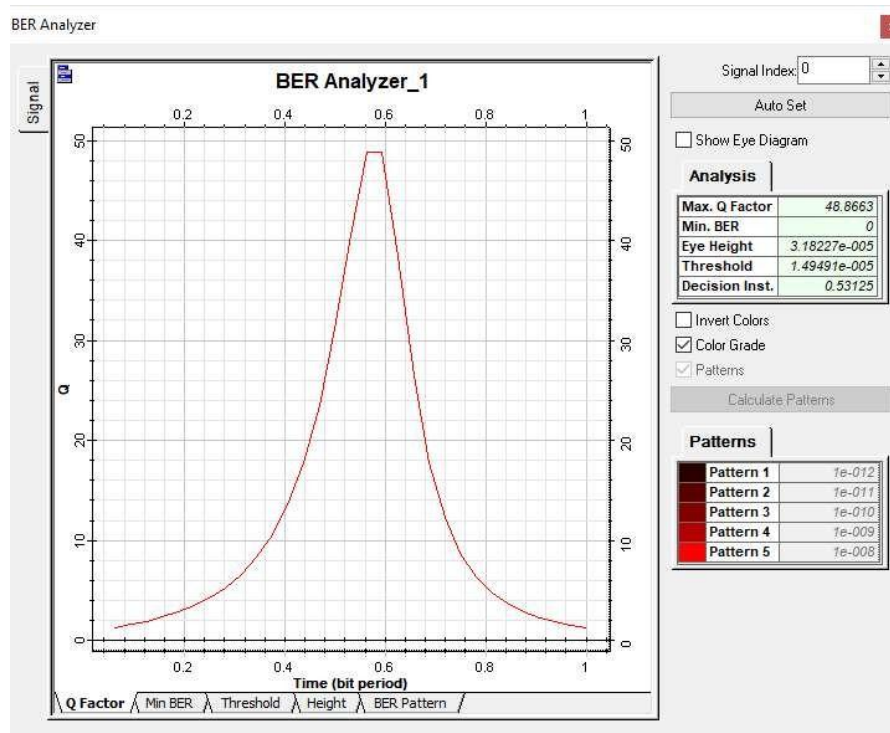


Ilustración 46 Diagrama de BER 8Km.

Como se muestra en la figura 45, para una transmisión sin errores en ausencia de ruido, el ojo debe mantener cierta apertura vertical que es el Max. Q Factor, caso contrario existirán señales de interferencia. Por tanto, cuanto mayor apertura vertical, mayor inmunidad frente al ruido, esta simulación presenta una buena apertura de ojo, la presencia de ruido es mínima y no ingresa al centro del ojo.

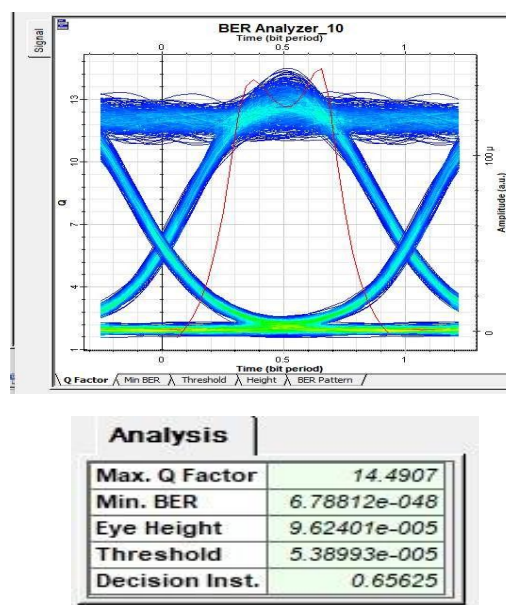


Ilustración 47 Ejemplo de diagrama de ojo

En la figura 47 se muestra un diagrama de ojo afectado por las interferencias y el ruido, generalmente esto se debe a que no se usa una adecuada modulación, los valores de 3 pérdidas son demasiado altos, se utilizan fotodetectores que no tienen una sensibilidad adecuada,

En el cuadro se puede observar la potencia óptica, así como el ruido dentro de la red, el SNR y el OSNR que son factores importantes que influyen dentro de la red, en cuanto a la calidad de la señal transmitida.

	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	SNR (dB)	Noise Power: 0.1nm (dBm)	OSNR (dB)
Min value	3.5762726	-38.449713	42.025986	-40.490913	44.067185
Max Value	3.5762726	-38.449713	42.025986	-40.490913	44.067185
Total	3.5762726	-38.449713		-40.490913	
Ratio max/min	0	0	0	0	0
	(THz)	(THz)	(THz)	(THz)	(THz)
Frequency at min	193	193	193	193	193
Frequency at max	193	193	193	193	193

Ilustración 48 WDM Analyzer

### 3.10. Costo de la Red Propuesta

Para seleccionar un buen equipo OLT se deben considerar parámetros técnicos esenciales como puertos Ethernet GPON, para un mínimo número de usuarios por puerto, capacidad del equipo de 60 Gbps, una longitud de onda de trabajo 1550nm y una capacidad de transmisión de hasta 20km; de la misma manera se debe seleccionar una ONT que cumpla con requisitos básicos primordialmente este debe ser compatible para GPON, con capacidad de 3 Gbps, con el fin de establecer un modelo de lo que costaría la red presentare las características de los OLT y ONT elegidos para esta propuesta:

PARAMETROS TECNICOS OLT HUAWEI	
Modelo no.	MA5680T
Dimensión:	490 * 275.8 * 447.2 mm
Entorno operativo	Temperatura:-25 ° c ~ + 55 ° c humedad:5% ~ 95% (sin condensación)
Parámetros de suministro de energía	-Entrada de corriente continua de 48V compatible con la protección de la energía dual voltaje de funcionamiento de la gama - 38.4V ~-72V
Capacidad de intercambio de la placa base	3.2Tbit / s
Capacidad de intercambio de tablero de control	1920 Gbit/s
Capacidad de acceso	128 * 10G EPON 64 * 10G GPON 128 * EPON 256 * GPON 768 * GE
Tipo de acceso	Upstream interfaz: interfaz de negocio de 10GE óptico, GE ópticos/electricidad: EPON puerto óptico, puerto óptico de GPON, puerto óptico de EPON 10G, puerto óptico FE P2P, puerto óptico P2P GE, interfaz óptico de Ethernet
Rendimiento del sistema	Capa 2 reenvío de capa 3 velocidad de cablesoporte estático Router RIP/OSPE. MPLS BITS/E1/STM-1/Ethernet/1588v2/1PPS + ToD reloj máximo apoyo 1:256 partir de la relación Apoyo máximo 60KM de distancialógica

Tabla 12 Características técnicas OLT

## PARAMETROS TECNICOS ONT HUAWEI

Artículo	Descripciones
Modelo	HG8245H
Puerto de fibra	1 Interfaz GPON, 4GE + 2POT + 1USB + WIFI,SC monomodo, Tasa aguas abajo 2.5Gbps, Velocidad aguas arriba 1.25Gbps
Longitud de onda	Tx 1310nm, Rx 1490nm
Interfaz de fibra	SC / UPC
Sensibilidad RX	<-32dBm (1490Nuevo México)
WLAN	IEEE802.11b / g / n,2*2 A PESAR DE, 2.4GRAMO&5WIFI,2*Antena externa
LAN	1*10/100/1000Puertos Ethernet adaptativos Mbps, full / half-duplex, Interfaz RJ45
Rendimiento	Aguas abajo 950Mbps,Upstream 930 Mbps
Capacidad de reenvío L2	200 Mbit / s aguas abajo (con paquetes de cualquier longitud) 2Gbit / s con paquetes de cualquier longitud en la dirección aguas
Capacidad de reenvío de IPv4 L3	abajo1Gbit / s con paquetes de cualquier longitud en la dirección ascendente 2Gbit / s con paquetes de cualquier longitud en la dirección
Capacidad de reenvío de IPv6 L3	aguas abajo1Gbit / s con paquetes de cualquier longitud en la dirección ascendente
Método de configuración	NMS, Web, o TR069
Protocolo de voz	sorbo, H.248
Energía DC	Entrada del adaptador: 100-240 V AC, 50 – 60 Hz ; Salida del adaptador: 11 - 14 V DC, 1 UNA
Poder	≤8W
Operación	Temperatura de trabajo: -0-+40°C humedad de trabajo:5-95%(sin condensación)
Dimensión	200*180*50mm(Largo ancho alto)
Peso neto	≤0.8Kg

Tabla 13 Características técnicas ONT

Los valores que se tomarán para obtener el costo de la Red propuesta son rubros lo más acercados a la realidad posible, aun así, son valores referenciales.

MATERIALES PARA LA RED PROPUESTA			
DETALLE	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
OLT	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
ONT	512	\$ 40,00	\$ 20.480,00
Instalación de herraje para fibra óptica	20	\$ 55,00	\$ 1.100,00
Instalación de herraje para retención	185	\$ 20,00	\$ 3.700,00
Colocación de Caja DE DISTRIBUCIÓN NAP	200	\$ 190,00	\$ 38.000,00
Tendido de cable Monomodo Fibra Óptica 12 hilos	3200	\$ 3,00	\$ 9.600,00
Tendido de cable Monomodo Fibra Óptica 24 hilos	4300	\$ 3,10	\$ 13.330,00
Sangrado de buffer	120	\$ 12,00	\$ 1.440,00
Sangrado de cable fibra óptica	120	\$ 10,00	\$ 1.200,00
Fusión de fibra óptica	345	\$ 7,00	\$ 2.415,00
Prueba de potencia fibra óptica GPON	200	\$ 5,00	\$ 1.000,00
Prueba reflectometrica para fibra en GPON	200	\$ 6,00	\$ 1.200,00
Manga Área para fusión	4	\$ 225,00	\$ 900,00
Manga Área para Splitter	8	\$ 420,00	\$ 3.360,00
Splitters	200	\$ 120,00	\$ 24.000,00
Mano de Obra			\$ 2.800,00
TOTAL			\$ 154.525,00

Tabla 14 Costos referenciales para la red propuesta

La rentabilidad del proyecto únicamente podrá medir por el nivel de usuarios que se unan a esta red, se está presupuestando un inicial de 512 usuarios que se espera con el tiempo crezca.



## Conclusiones

- Se estudió la situación actual de la Parroquia Tenguel respecto al acceso a Internet, siendo un área rural la gran parte de la población no posee un buen servicio de internet ya sea porque no llega la señal o por simple desconocimiento, la red propuesta por ser una tecnología sencilla será de fácil acceso para esta población además de brindar un servicio de calidad.
- La fibra óptica posee múltiples beneficios que la convierten en el elemento más elegido para la transmisión de la información; y, a pesar que sufra atenuaciones en el camino existen maneras de evitar la pérdida por lo que no deja de ser la mejor opción para las comunicaciones, de igual manera la red de tipo GPON tiene la capacidad de reducir ruidos, interferencias y protege el ancho de banda.
- Mediante la simulación se comprobó el correcto funcionamiento de la red propuesta obteniendo el margen de pérdida dentro de los niveles, se determinó que es posible instalar una red en esta población.
- De acuerdo a la evaluación del costo referencial de la red se concluyó que se tendrá la recuperación de la inversión a partir del 3er año de servicio, todo dependiendo de la cantidad de usuarios que contraten el servicio.

## **Recomendaciones**

- Para propuestas futuras que sean similares, es importante previo al diseño de la Red, realizar un estudio profundo de la situación actual de la localidad para verificar donde se va a realizar, las necesidades de los usuarios, los equipos que se emplearán y lograr que la información llegue sin dificultades a los abonados.
- Se recomienda realizar y revisar que los cálculos respecto de las pérdidas en cada uno de los puntos estén correctos, manteniendo el control de cada una de las herramientas empleadas en la red, con el fin de garantizar que se cumplan los objetivos principales del proyecto.
- Tener en cuenta que, para el diseño e implementación existen diversas normativas, tanto nacionales como internacionales que obligatoriamente deben estar impuestas, se recomienda la aplicación de dichas normas para evitar incurrir en faltas que acareen problemas más graves.
- Si se va a realizar una simulación, se recomienda elegir un buen programa que sea sencillo y seguro, que permita tener los resultados de manera confiable, como el tráfico, la calidad de la señal, el análisis a través de los gráficos correspondientes y tomar una decisión respecto de la viabilidad de la propuesta previo a la implementación.

## BIBLIOGRAFIA

AHCIET. (s.f.). Obtenido de AHCIET: <http://www.ahciet.net/>

ALEBEN TELECOM. (05 de FEBRERO de 2013). *ALEBEN TELECOM*. Recuperado el 29 de MAYO de 2019, de ALEBEN TELECOM: <https://www.alebentelecom.es/servicios-informaticos/faqs/fibra-optica-que-es-y-como-funciona>

Alvarez Restrepo, D., & Trefftz Gomez , H. (13 de Mayo de 2004). *Universidad EAFIT*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de Universidad EAFIT: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/866/772>

ARCOTEL. (2019). *BOLETIN ESTADISTICO 2020-01*. Ecuador.

ASETA. (s.f.). Obtenido de ASETA: <http://www.aseta.org/>

BAENA PAZ, G. (2014). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. Mexico: Grupo Editorial Patria.

BOLAÑOS PLATA, O. (2014). IMPORTANCIA EN LA SIMULACION EN LA MEJORA DE PROCESOS. MEXICO, MEXICO, MEXICO.

Butler, J. (2013). *Redes Inalámbricas en los países en desarrollo 4ta Edición*. Creative Commons Attribution.

Camara, M. (07 de Abril de 2017). *fibropticalahoy*. Recuperado el Junio de 2019, de fibropticalahoy: <https://www.fibropticalahoy.com/cajas-empalme-distribucion-fibras-opticas/>

CITEL. (s.f.). Obtenido de CITEL: [www.citel.oas.org](http://www.citel.oas.org)

Coimbraweb. (23 de Abril de 2011). *Coimbraweb*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de Coimbraweb: <http://oss.mx/data/documents/GOOD-Fibra-calculo-de-perdidas.pdf>

Cordova, J. (16 de Enero de 2016). *REVISTA DE LOGISTICA* . Recuperado el Agosto de 2020, de REVISTA DE LOGISTICA SUPPLY CHAIN:

<https://revistadelogistica.com/actualidad/la-banda-ancha-velocidad-al-servicio-de-las-telecomunicaciones/>

Correa Muñoz, A., & Serpa Imbett, C. (24 de Julio de 2010). *redalyc*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234318004>

ENACOM. (13 de MARZO de 2019). *ENACOM*. Recuperado el 12 de MAYO de 2019, de ENACOM: [https://www.enacom.gob.ar/institucional/mas-conectividad-para-zonas-rurales\\_n2002](https://www.enacom.gob.ar/institucional/mas-conectividad-para-zonas-rurales_n2002)

García Yagüe, A. (Mayo de 2014). *ccapitalia*. Recuperado el Junio de 2019, de ccapitalia: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>

González Carmona, A. F., & Pérez, Ó. A. (2011). Simulador de enlaces SCM-WDM para redes tipo PON. *Revista en telecomunicaciones e informática*, 21.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado , C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodologia de la Investigacion*. Mexico: McGraw Hill.

INEC. (2013). *Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC'S) 2013*.

International Telecommunication Union. (Junio de 2008). *International Telecommunication Union*. Recuperado el junio de 2019, de International Telecommunication Union: <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.622-200806-I/>

ITU. (s.f.). Obtenido de ITU: <http://www.itu.int/net/home/index-es.aspx>

Joskowicz, J. (Febrero de 2015). *Instituto de Ingeniería Eléctrica Uruguay*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de Instituto de Ingeniería Eléctrica Uruguay: <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Historia%20de%20las%20Telecomunicaciones.pdf>

Kaur, R., Kaur, B., & Rajandeep, S. (2017). Broadband Passive Optical Networks(BPON): A Review. *International Journal of Emerging Technologies in Engineering Research*, 2.

LA HORA. (MARZO de 2020). Al menos 79.000 estudiantes no tienen acceso a internet. *LA HORA*, pág. WEB.

LA VANGUARDIA. (2017). ¿Por qué sigue sin llegar internet al mundo rural? *LA VANGUARDIA*.

LACNIC. (s.f.). Obtenido de LACNIC: <http://lacnic.net/sp/>

lightwave. (Agosto de 1999). *lightwave*. Recuperado el Junio de 2019, de lightwave: <https://www.lightwaveonline.com/fttx/pon-systems/article/16648549/atm-pon-maximizes-bandwidth-to-homes-and-businesses>

Lopez Bonilla, M., Moschim, E., & Rudge Barbosa, F. (2009). ESTUDIO COMPARATIVO DE REDES GPON Y EPON. *Revistas UTP*, 2-3.

Millan Tejedor, R. (Enero de 2008). *Amazon*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de Amazon:

[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38407118/gpon\\_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1559627525&Signature=unZJluaaWakRJRpPY2G2hwGQJjQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DQUE\\_ES...\\_GPON\\_Gigabit\\_Passive\\_Optical](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38407118/gpon_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1559627525&Signature=unZJluaaWakRJRpPY2G2hwGQJjQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DQUE_ES..._GPON_Gigabit_Passive_Optical)

—

Mojica Diaz, Y. (2002). *Academia*. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de Academia:

[http://www.academia.edu/download/35223654/CABLEADO\\_ESTRUCTURADO\\_YE\\_INER.docx](http://www.academia.edu/download/35223654/CABLEADO_ESTRUCTURADO_YE_INER.docx)

NETGEAR.COM. (NOVIEMBRE de 2019). *ETGEAR.COM*. Recuperado el AGOSTO de 2020, de ETGEAR.COM:

<https://kb.netgear.com/es/000060369/Qu&eacute;-es-el-ancho-de-banda-de-canal-de-160-MHz>

Purser, M. (1990). *Redes de Telecomunicación y ordenadores*. Madrid: Díaz de Santos S.A.

Ramaswami, R., Sivarajan, K., & Sasaki, G. (2014). *Optical Networks*.

REGULATEL. (s.f.). Obtenido de REGULATEL: <http://www.regulatel.org/>

Rodella, F. (06 de Abril de 2019). Muchas zonas de Europa aún carecen de conexión de calidad a Internet. *El País*.

Rodriguez, P. (Junio de 2019). *Xataka Smart Home*. Recuperado el Agosto de 2020, de Xataka Smart Home: <https://www.xatakahome.com/la-red-local/como-mejorar-velocidad-tu-wifi-eligiendo-correctamente-canal-ejemplo-practico>

Rodriguez, R. (08 de Abril de 2020). Coronavirus: Solo seis de cada diez niños tienen acceso a Internet en Ecuador. *Expreso*, pág. web.

Romero Martinez, J. (28 de Junio de 2019). *Universidad Politecnica de Valencia*. Recuperado el Agosto de 2020, de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/124665/Sobreviela%20-%20Calidad%20de%20servicio%20\(QoS\)%20con%20routers%20Cisco.pdf?sequence=1#:~:text=La%20Calidad%20de%20Servicio%20o,disfruten%20de%20un%20servicio%20satisfactorio.](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/124665/Sobreviela%20-%20Calidad%20de%20servicio%20(QoS)%20con%20routers%20Cisco.pdf?sequence=1#:~:text=La%20Calidad%20de%20Servicio%20o,disfruten%20de%20un%20servicio%20satisfactorio.)

Shahed. (15 de Enero de 2012). *gponsolution*. Recuperado el Junio de 2019, de gponsolution: <http://gponsolution.com/gpon-network-architecture-diagram.html>

Sidor.com. (Julio de 2017). *Sidor.com*. Recuperado el Agosto de 2020, de Sidor.com: <http://sidor.com/noticias-sidor/noticias/104-noticiencias/891-importancia-de-la-simulacion-de-los-procesos-industriales>

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2017). *ITU*. Recuperado el Agosto de 2020, de ITU: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG01.05-2017-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/stg/D-STG-SG01.05-2017-PDF-S.pdf)

Velasco, R. (marzo de 2014). *Redeszone.net*. Recuperado el Agosto de 2020, de Redeszone.net: <https://www.redeszone.net/2014/03/20/lista-de-simuladores-de-redes-para-virtualizar-nuestra-propia-red/>

Wordpress.com. (2016). *Wordpress.com*. Recuperado el Agosto de 2020, de Wordpress.com: <https://sistemascomunic.wordpress.com/sistemas-de-comunicacion/>