



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
DESARROLLO LOCAL Y EMPRENDIMIENTO
SOCIOECONÓMICO SOSTENIBLE**

**TEMA
ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED
DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM
PARA LA EMPRESA SAAVNET EN LA CIUDADELA EL
RECREO DEL CANTÓN DURÁN**

**AUTOR
JARRIN SANTOS RONALD GEOVANNY**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. SIST. PINCAY BOHÓRQUEZ FREDDY STEVE, MG.**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2023



**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO
DE TITULACIÓN
FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO:	ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM PARA LA EMPRESA SAAVNET EN LA CIUDADELA EL RECREO DEL CANTÓN DURÁN	
AUTOR (apellidos y nombres):	JARRIN SANTOS RONALD GEOVANNY	
TUTOR y REVISOR (apellidos y nombres):	ING. SIST. PINCAY BOHÓRQUEZ FREDDY STEVE, MG. ING. MEC. ARÁUZ ARROYO OSWALDO ORLANDO, MG.	
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:		
GRADO OBTENIDO:	INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 DE SEPTIEMBRE DEL 2023	No. DE PÁGINAS: 90
ÁREAS TEMÁTICAS:	DESARROLLO LOCAL Y EMPRENDIMIENTO SOCIO ECONÓMICO SOSTENIBLE	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	TELECOMUNICACIONES, TRANSMISIÓN, REDES, ESTRUCTURA, FIBRA ÓPTICA, FACTIBILIDAD, SIMULACIÓN. TELECOMMUNICATIONS, TRANSMISSION, NETWORKS, STRUCTURE, FIBER OPTICS, FEASIBILITY, SIMULATION.	
RESUMEN:		
<p>En el ámbito de las telecomunicaciones existe un gran aumento de conexiones y dispositivos que demandan una mejor calidad y velocidad en el acceso al servicio de internet. El objetivo de la propuesta es determinar qué tan factible será para una empresa local migrar a una red óptica bajo la tecnología DWDM, con el propósito fortalecer la estructura detrás de la red del usuario, ser competitivos y satisfacer la demanda creada, esto a través de la utilización de nuevas tecnologías y procedimientos. El diseño y pruebas de la propuesta se la ha realizado simulando el sistema con la ayuda del software OptiSystem. Las gráficas BER muestran que las conexiones realizadas en tramos de hasta 10 Km, son de alta calidad. Luego de los 10 Km el Q-Factor va disminuyendo y degradando la conexión. En base a la valoración técnica y económica, se considera factible la migración hacia la tecnología DWDM.</p>		

ABSTRACT:

In the telecommunications field there is a great increase of connections and devices that demand a better quality and speed in the access to the internet service. The objective of the proposal is to determine how feasible it will be for a local company to migrate to an optical network under DWDM technology, with the purpose of strengthening the structure behind the user's network, being competitive and satisfying the demand created, this through the use of new technologies and procedures. The design and testing of the proposal has been carried out by simulating the system with the help of OptiSystem software. The BER graphs show that the connections made in stretches of up to 10 km are of high quality. After 10 Km the Q-Factor decreases and degrades the connection. Based on the technical and economic evaluation, the migration to DWDM technology is considered feasible.

ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 593-989448436	E-mail: ronaldg.jarrins@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Hurtado Paspuel Jimmy Fernando, Mgs.	
	Teléfono: 593-412658128	
	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: INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



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

Yo **JARRIN SANTOS RONALD GEOVANNY** con C.C. No. **0950038380**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM PARA LA EMPRESA SAAVNET EN LA CIUDADELA EL RECREO DEL CANTÓN DURÁN**”, 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 una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

A handwritten signature in blue ink that reads "Ronald Jarrin S." with a stylized flourish at the end.

JARRIN SANTOS RONALD GEOVANNY
C.C.: 0950038380



ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Habiendo sido nombrado **ING. SIST. PINCAY BOHÓRQUEZ FREDDY STEVE, MG.**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **JARRIN SANTOS RONALD GEOVANNY**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**.

Se informa que el trabajo de titulación: **ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM PARA LA EMPRESA SAAVNET EN LA CIUDADELA EL RECREO DEL CANTÓN DURÁN**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio TURNITIN quedando el 5 % de coincidencia.

<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?u=1133714434&o=2144500116&lang=es&s=1>

Iesis Jarrin Santos Ronald

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad de Guayaquil

Trabajo del estudiante

2%



Firmado electrónicamente por:

**FREDDY STEVE
PINCAY
BOHORQUEZ**

ING. SIST. PINCAY BOHÓRQUEZ FREDDY STEVE, MG.

DOCENTE TUTOR

C.C.: 0919786285

FECHA: 16 /08/2023



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

**FACULTAD: INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA: INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 16 de agosto de 2023

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizaraburu 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 Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM PARA LA EMPRESA SAAVNET EN LA CIUDADELA EL RECREO DEL CANTÓN DURÁN**”, del estudiante **JARRIN SANTOS RONALD GEOVANNY** 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 estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**FREDDY STEVE
PINCAY
BOHORQUEZ**

ING. SIST. PINCAY BOHÓRQUEZ FREDDY STEVE, MG.

DOCENTE TUTOR

C.C.: 0919786285

FECHA: 16 /08/2023



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



Guayaquil, 25 de agosto de 2023.

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 REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación "ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM PARA LA EMPRESA SAAVNET EN LA CIUDADELA EL RECREO DEL CANTÓN DURÁN" del estudiante **JARRIN SANTOS RONALD GEOVANNY**. 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 26 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:
OSWALDO ORLANDO
ARAÚZ ARROYO

ING. MEC. ARÁUZ ARROYO OSWALDO ORLANDO, MG.

DOCENTE TUTOR REVISOR

C.C.: 1001964749

FECHA: 25/08/2023

Índice General

Nº	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

El Problema

Nº	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del Problema	2
1.1.1	Delimitación del problema	2
1.1.2	Formulación del problema	3
1.1.3	Sistematización del problema	3
1.2	Justificación e Importancia	3
1.3	Objetivos de la Investigación	4
1.3.1	Objetivo General	4
1.3.2	Objetivos Específicos	4
1.4	Variables e Indicadores	4
1.4.1	Variables	4
1.4.1.1	Variable independiente	4
1.4.1.2	Variable dependiente	4
1.4.2	Indicadores	5
1.5	Alcance	5

Capítulo II

Marco Teórico

Nº	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes del estudio	6
2.2	Fundamentación Teórica	10
2.2.1	Introducción a las tecnologías de red	10
2.2.1.1	Definición de red.	10
2.2.1.2	Características de las redes	10

Nº	Descripción	Pág.
2.2.1.3	Tipología de redes.	10
2.2.1.4	Componentes de una red	14
2.2.1.5	Topologías de redes.	14
2.2.1.6	Tipos de topologías de red	15
2.2.2	Medios de transmisión	16
2.2.3	Clasificación de los medios de transmisión	166
2.2.3.1	Transmisión en medios guiados	166
2.2.3.2	Medios de transmisión no guiados.	177
2.2.4	Propiedades de la luz aplicadas a la fibra óptica.	188
2.2.4.1	Ley de Snell.	188
2.2.4.2	Reflexión.	188
2.2.4.3	Refracción.	19
2.2.4.4	Difracción.	199
2.2.5	Principio de funcionamiento de la fibra óptica	199
2.2.5.1	Índice de refracción	20
2.2.5.2	Reflexión interna total	20
2.2.6	Tipos de fibra óptica	20
2.2.6.1	Según la terminación del cableado	20
2.2.6.2	Clasificación según el tipo de cable	222
2.2.6.3	Clasificación considerando el modo de transmisión	233
2.2.6.4	Según la terminación del cableado	244
2.2.7	Tecnología DWDM	244
2.2.7.1	Proceso de evolución	244
2.2.7.2	Definición de DWDM	255
2.2.7.3	Estructura del equipamiento con Tecnología DWDM –Legacy	255
2.2.7.4	Lista de componentes dentro de DWDM	266
2.2.7.5	Arquitectura DWDM	266

Nº	Descripción	Pág.
2.2.7.6	DWDM, sus atributos y carencias	28
2.2.8	Servicios DWDM	29
2.2.9	Red de transporte óptico (OTN)	299
2.2.9.1	Arquitectura OTN	30
2.2.9.2	Ventajas y desventajas del sistema OTN	31
2.2.10	Situación actual de la empresa SAAVNET	322
2.2.10.1	Ubicación de la Empresa	322
2.2.10.2	Infraestructura de red la Empresa	322
2.2.10.3	Organigrama de la Empresa	333
2.2.10.4	Capacidad actual de transmisión	333
2.2.11	Equipos y software requeridos para el diseño de la red DWDM	355
2.2.11.1	OLT Huawei MA5608T	355
2.2.11.2	ONT Huawei EG8145X6	355
2.2.11.3	Amplificador de fibra	366
2.2.11.4	Solución de software para monitoreo de fallos	37
2.2.11.5	Protocolos a considerar	37
2.2.11.6	Transpondedores	38
2.2.11.7	ROADM	38
2.3	Marco Legal	38

Capítulo III

Desarrollo de la Propuesta

Nº	Descripción	Pág.
3.1	Metodologías de investigación	422
3.1.1	Bibliográfica	422
3.1.2	Descriptiva	422
3.1.3	Cualitativo/Cuantitativo	422
3.1.4	De Campo	422
3.2	Objetivo de la propuesta	433

Nº	Descripción	Pág.
3.3	Propuesta de red bajo el sistema DWDM	433
3.3.1	Topología y diseño de la red	433
3.4	Simulación de enlace DWDM	44
3.4.1	Parámetros de configuración en la OLT	455
3.4.2	Parámetros de configuración de los canales de transmisión	46
3.4.3	Parámetros de configuración del terminal óptico	477
3.5	Resultados obtenidos en la simulación de la red DWDM	48
3.6	Análisis de resultados de la simulación	522
3.7	Análisis de Factibilidad	544
3.7.1	Factibilidad Operacional	544
3.7.2	Factibilidad Técnica	544
3.7.2.1	Comparativa de beneficios de migrar a la red óptica DWDM	544
3.7.3	Factibilidad económica	555
3.7.4	Factibilidad ambiental	56
3.7.5	Factibilidad social	56
3.7.6	Factibilidad legal	56
3.8	Conclusiones	567
3.9	Recomendaciones	588
	Anexos	599
	Bibliografía	699

Índice de Tablas

Nº	Descripción	Pág.
1	Delimitación del problema	2
2	Comparativa de indicadores vs variables	5
3	Comparativas de antecedentes	9
4	Diferencias entre redes cableadas e inalámbricas	11
5	Ventajas y desventajas de la tecnología DWDM	28
6	Ventajas y desventajas de la tecnología OTN	31
7	Max Q Factor según distancia 10km, 20km, 50km	52
8	Beneficios de migrar de red actual a red DWDM	54
9	Costos para la migración a red DWDM	55
10	Análisis costo-beneficio	55

Índice de Figuras

Nº	Descripción	Pág.
1	Magnitud de las redes inalámbricas	13
2	Ley de Snell	18
3	Propiedad de reflexión de luz	18
4	Propiedad de refracción de la luz	19
5	Propiedad de difracción de la luz	19
6	Fibra FTTH	20
7	Fibra FTTN	21
8	Fibra FTTA	21
9	Fibra FTTB	22
10	Fibra monomodo	22
11	Esquema de fibra multimodo	23
12	Fibra según su función del modo de transmisión	23
13	Fibra compartida vs Fibra dedicada	24
14	Modelo OSI para tecnología DWDM	26
15	Configuración DWDM Punto a Punto	27
16	Configuración DWDM en malla	27
17	Esquema de una topología en anillo	28
18	Red de transporte OTN	30
19	Arquitectura OTN	31
20	Ubicación de la Empresa SAAVNET	32
21	Infraestructura de red actual de la Empresa	32
22	Organigrama de la Empresa SAAVNET	33
23	Distribución de las conexiones en la OLT	34
24	OLT de marca Huawei modelo MA5608T	35
25	ONT de marca Huawei modelo EG8145X6 V2	36

Nº	Descripción	Pág.
26	Amplificador de fibra dopada con erbio	36
27	Solución remota de pruebas ONMSi	37
28	Esquema de red óptica en su totalidad	42
29	Diseño de red DWDM en OptiSystem	43
30	Configuración de parámetros en la OLT DWDM	44
31	Configuración de las propiedades del canal de transmisión	45
32	Configuración de las propiedades del terminal óptico	46
33	Gráfica del Q Factor dentro de la simulación de la red DWDM a 10 km	47
34	Gráfica del Min BER dentro de la simulación con OptiSystem a 10 km	47
35	Gráfica del límite dentro de la simulación de la red DWDM a 10 km	49
36	Gráfica relacionada con la altura en la red DWDM a 10 km	49
37	Gráfica correspondiente al BER Pattern a 10 km	50
38	BER Pattern dentro del diagrama de ojo	50
39	Diagrama de ojo de la red DWDM con tendido de fibra a 10 Km.	51
40	Diagrama de ojo de la red DWDM con tendido de fibra a 20 Km.	51
41	Diagrama de ojo de la red DWDM con tendido de fibra a 50 Km.	52
42	Gráfica comparativa del Max Q Factor a 10 km, 20km y 50 Km.	53

Índice de Anexos

Nº	Descripción	Pág.
1	Datasheet OLT-10G Huawei MA5608T	60
2	Datasheet ONT WI-FI 6Huawei EG8145X6	61
3	Diagramas que se muestra en componentes analizadores	63
4	Valores a la salida del Demux DWDM	65
5	Fotos de campo	66
6	Carta autorización de inspección	68



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



**“ANÁLISIS Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA
CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM PARA LA EMPRESA SAAVNET EN LA
CIUDADELA EL RECREO DEL CANTÓN DURÁN”**

Autor: Jarrin Santos Ronald Geovanny

Tutor: Ing. Sist. Pincay Bohórquez Freddy Steve, Mg.

Resumen

En el ámbito de las telecomunicaciones existe un gran aumento de conexiones y dispositivos que demandan una mejor calidad y velocidad en el acceso al servicio de internet. El objetivo de la propuesta es determinar qué tan factible será para una empresa local migrar a una red óptica bajo la tecnología DWDM, con el propósito fortalecer la estructura detrás de la red del usuario, ser competitivos y satisfacer la demanda creada, esto a través de la utilización de nuevas tecnologías y procedimientos. El diseño y pruebas de la propuesta se la ha realizado simulando el sistema con la ayuda del software OptiSystem. Las gráficas BER muestran que las conexiones realizadas en tramos de hasta 10 Km, son de alta calidad. Luego de los 10 Km el Q-Factor va disminuyendo y degradando la conexión. En base a la valoración técnica y económica, se considera factible la migración hacia la tecnología DWDM.

Palabras Claves: Telecomunicaciones, Transmisión, Redes, Estructura, Fibra Óptica, Factibilidad, Simulación.



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



“ANALYSIS AND FEASIBILITY STUDY OF A FIBER OPTIC NETWORK WITH OTN-DWDM TECHNOLOGY FOR THE COMPANY SAAVNET IN CIUDADELA EL RECREO IN DURAN CANTON”

Author: Jarrin Santos Ronald Geovanny

Advisor: Eng. Pincay Bohórquez Freddy Steve, M.Sc.

Abstract

In the telecommunications field there is a great increase of connections and devices that demand a better quality and speed in the access to the internet service. The objective of the proposal is to determine how feasible it will be for a local company to migrate to an optical network under DWDM technology, with the purpose of strengthening the structure behind the user's network, being competitive and satisfying the demand created, this through the use of new technologies and procedures. The design and testing of the proposal has been carried out by simulating the system with the help of OptiSystem software. The BER graphs show that the connections made in stretches of up to 10 km are of high quality. After 10 Km the Q-Factor decreases and degrades the connection. Based on the technical and economic evaluation, the migration to DWDM technology is considered feasible.

Keywords: Telecommunications, Transmission, Networks, Structure, Fiber Optics, Feasibility, Simulation.

Introducción

Actualmente la sociedad vive un periodo de transformación en donde la informática se utiliza para múltiples actividades hogareñas y de la producción. El correcto desempeño de dichas actividades un buen tráfico de datos y una comunicación efectiva, lo cual es posible gracias a las redes de telecomunicaciones. A través de ellas las personas pueden conectarse desde cualquier punto del planeta (Palao, 2020).

La industria de las telecomunicaciones requerirá una inversión económica masiva desplegando redes para esta tecnología y expandirse a áreas que aún no están cubiertas impactando así sobre en el acceso a los servicios en esta industria cambiante y dinámica (D'almeida & Margot, 2018).

A nivel nacional, se ha observado un desarrollo en dentro del área de las telecomunicaciones, especialmente con la inversión privada. Se han fortalecido pilares básicos como, la infraestructura, el acceso a las TIC, impulso de desarrollo de las industrias, buscando el acceso a la tecnología en todos los sectores (Intel, 2022). El estado tiene el fin de promover dicho acceso a través del impulso de una conexión de alta capacidad para crear las condiciones propicias de desarrollo (BN Américas, 2022).

Catalano (2022) menciona además que el Ecuador continúa en el fortalecimiento de expandir sus políticas de telecomunicación y redes de internet. La misma autora además ofrece cifras de cobertura en donde manifiesta que el 54,4% de la población posee actualmente conectividad al internet y que la conectividad por fibra acumula más de 139000 km.

Además, debe tomar en consideración la demanda que se ha presentado, pues inicialmente los servicios se orientaban al servicio de llamadas de voz no obstante el actual tráfico de datos involucra contenidos multimedia, aplicaciones móviles, redes sociales lo cual implica que el ancho de banda deba elevarse.

Lo mencionado anteriormente hace necesario que los proveedores de estos servicios inicien con la búsqueda de nuevas tecnologías de transporte de datos más modernos, siendo caso de esta investigación la Red de Transporte Óptico, la misma que gracias a su diseño son empleadas para redes de gran capacidad constituyéndose como un transporte estándar óptimo y de preferencia por parte de quienes brindan este servicio pues es una buena alternativa para solventar las necesidades de demanda debidas al crecimiento.

Capítulo I

El Problema

1.1 Planteamiento del Problema

El intercambio de información a largas distancias se hace cada día más competitivo y exigente en todas las operadoras de servicios de telecomunicaciones, esto es resultado del desarrollo, el cual eleva la demanda en cuanto a un mayor requerimiento de la red, internet de alta velocidad, servicio de videos-conferencias y los servicios de IPTV.

La empresa SAAVNET al presente cuenta con una tecnología de red tradicional que no puede cumplir con los requisitos en los dispositivos actuales, ya que cuenta con una conexión de red de baja frecuencia, esto influye notablemente en la calidad del servicio y en las expectativas hacia la empresa, por parte de los usuarios del sector El Recreo-Durán.

Por esa razón, en este proyecto se ha de realizar el análisis y la determinación de la factibilidad técnica, operativa y financiera de una red de transmisión óptica bajo el sistema DWDM a fin de evidenciar la viabilidad en la implementación de la tecnología que garantice un alto nivel de calidad en el servicio ofertado por SAAVNET, orientado a satisfacer los requerimientos del cliente.

Adicionalmente se puede mencionar que el ancho de banda actual de la red tiene por el momento un tope de 5000 Mbps, teniendo presente que según el dueño de la empresa servicios como video, tele-presencia e interconexión de redes requieren mayor capacidad. Como dato referencial se sabe que 1295 usuarios, de los cuales al inicio de la empresa eran solamente 422. SAAVNET presta servicios con tecnologías basadas en MIKROTIK, V-SOL, ZTE.

1.1.1 Delimitación del problema

Acto seguido se ha delimitado la problemática en base a aspectos a considerar dentro del proceso.

Tabla 1: Delimitación del problema

Término	Descripción
Campo	Redes
Área	Tecnología de las Telecomunicaciones
Aspecto	Análisis y Estudio
Tema	Análisis y estudio de factibilidad de un sistema de transmisión óptico bajo la tecnología DWDM para SAAVNET, empresa ubicada en El Recreo-Durán

1.1.2 Formulación del problema

Conociendo las bondades que esta tecnología proporciona a la red y la problemática evidenciada, se genera la siguiente interrogante a investigar: ¿La migración de una red híbrida actual hacia una con tecnología DWDM será factible y mejorará el nivel de servicio ofertado por la empresa SAAVNET?

1.1.3 Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los beneficios que la empresa ha de percibir?
- ¿Cuáles son los beneficios que brindaría la empresa con esta intervención?
- ¿Qué equipos se requerirían para la actualización?
- ¿Qué modificaciones de software son necesarias?
- ¿Será necesario realizar capacitaciones adicionales para el manejo de esta tecnología?

1.2 Justificación e Importancia

Actualmente por la gran demanda de personas y por la capacidad de banda ancha requerida, el servicio que se ofrece actualmente en el cantón Duran no resulta ser óptimo para obtener una buena transmisión de datos, de ese modo se surge la necesidad de optar por una tecnología diferente que contiene una mayor transmisión de datos, mayor calidad, mayor cobertura.

Con este proyecto se pretende dar una solución a los usuarios del sector El recreo perteneciente al cantón Durán de la provincia del Guayas, a través del análisis de la simulación y lo factible que resultaría una red DWDM de última tecnología. La migración a dicha tecnología se ha de realizar mediante simulación, se espera que la propuesta de mejora sea de utilidad tanto para SAVVNET como para los usuarios en el desarrollo de sus variados requerimientos, teniendo en consideración que la DWDM está netamente diseñada para transmisiones de larga distancia donde las longitudes de onda requieren comprimir 32, 64 y 128 longitudes en una fibra utilizando multiplexores y demultiplexores tanto para emisor y receptor respectivamente con espacio entre canales de 100 GHz.

El estudio se justifica por cuanto los usuarios con requerimientos de alta conectividad necesitan contar con servicio con tecnología avanzada que les provoca interrupciones y molestias, impidiendo así tener buen acceso a las actividades diarias y cotidianas que se

realizan, de modo que con este estudio se brinda la posibilidad de obtener una nueva tecnología implementada con un mejor servicio y obtener una mayor valoración por parte de los clientes hacia la empresa SAAVNET, prestadora del servicio que permita aventurarse de mejor manera para contar con mayores abonados y poder realizar un escalamiento de la red en el futuro y proyectando de pasar de 1295 usuarios actualmente a 2000 durante el siguiente periodo anual.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar la factibilidad de una red de transporte óptico que soporte OTN-DWDM para la empresa SAAVNET dentro de la ciudadela El Recreo-Duran, mediante usos de modelados y simulaciones, así como el análisis económico de dicha red.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir los fundamentos técnicos de la tecnología OTN DWDM.
- Conocer la situación de la red actual y la capacidad de transmisión que tiene la empresa SAAVNET.
- Plantear una propuesta de red a través de la simulación de un sistema OTN-DWDM en una red óptica mediante modelado, uso de Software OptiSystem y descripciones topológicas.
- Realizar un estudio técnico, operativo y financiero y el análisis de los resultados obtenidos.

1.4 Variables e Indicadores

1.4.1 Variables

1.4.1.1 Variable independiente

Estudio de factibilidad

1.4.1.2 Variable dependiente

Propuesta de una red de fibra óptica con tecnología OTN-DWDM

1.4.2 Indicadores

- Mercado
- Análisis del consumidor
- Análisis de competencia
- Modulación
- Tipos de fibra óptica
- Distancia
- Servicios
- Cobertura

Tabla 2: Comparativa indicadores vs variables

Indicador	Variable independiente	Variable dependiente
Transmisión	Estudio de factibilidad	
Modulación	Estudio de factibilidad	
Capacidad de canales		Propuesta de una red de fibra óptica con tecnología OTN-DWDM
Longitud de onda		Propuesta de una red de fibra óptica con tecnología OTN-DWDM

1.5 Alcance

El alcance esencial de este proyecto es:

- El análisis de la simulación y estudio de factibilidad técnico, operativo y financiero de una red óptica DWDM para la empresa SAAVNET.
- Presentación de esquemas y parámetros de configuración tanto de la OLT, como de la ONT. Gráficas de simulaciones considerando la distancia del recorrido de la fibra de 10-50 Km. Beneficios de la migración y el costo-beneficio del mismo.
- Determinar el número de nodos mediante análisis para acaparar los casi 1300 usuarios de la empresa con la tecnología y equipos propuestos.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes del estudio

Utilizar nuevas tecnologías de red es un tema relevante en los últimos años, en esa medida se han encontrado varios estudios de investigación que se relacionan a la temática propuesta, los cuales se citan a continuación.

Pincay Vitery (2021) con su trabajo denominado “Estudio de factibilidad de una red de fibra óptica para el mejoramiento de la comunicación de la Unidad Educativa Alejo Lascano” desarrollado con el objetivo de estudiar que tan factible será el desarrollo de una infraestructura nueva, encaminada al mejoramiento de la comunicación. Se aplicó metodologías para el análisis de información, entre ellas el método hipotético deductivo, estadístico y bibliográfico, para recoger información se aplicó la técnica de observación, encuestas y entrevistas con muestra de 321 participantes que forman parte de la institución. El resultado principal es la propuesta de diseño de red concluyendo así que es factible y mejora la velocidad de transmisión de los datos.

Romero Lucrecia y Vera Joel (2020) en su investigación bajo el tema “Diseño de red de fibra óptica para la empresa “Grupo internet para todos” basada en tecnología OTN-DWDM para proveer internet en la ciudadela “Valle Verde” provincia de los ríos” se evidencia que actualmente los moradores de la ciudadela Valle Verde que se encuentra a las afueras de la ciudad de Babahoyo presentan pérdida de señal y retardo en la comunicación debido a su gran vegetación.

En el trabajo de Solano & Zhagñay (2021) “Diseño, implementación y prueba de una red de fibra óptica para el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana” que tuvo como objetivo el diseño de lo planteado basándose en normas técnicas de construcción de las estatales CNT y ETAPA, adaptada a las condiciones del estudio. Como resultado se ha obtenido -16.29 dBm en potencia mínima y 19.75 dBm en potencia máxima; concluyendo que se encuentra dentro de los parámetros de operatividad.

En la investigación denominada “Análisis y propuesta de la implementación de una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendón” desarrollada por Espinoza (2021) tuvo como objetivo principal diseñar la plataforma GPON bajo una metodología no experimental de alcance descriptivo-correlacional. Por otro lado, la recolección y análisis de datos se ejecutó por medio del análisis documental y tabulación de datos, lo cual, desde un aspecto

técnico, llevo a concluir como viable el estudio, ya que se dispone de infraestructura necesaria (cables y nodos) para la instalación. En definitiva, el proyecto favorece a la comunidad rural Juan Gómez Rendón.

Ramos Flores (2019) realizó una investigación a la que denominó “Diseño e implementación de una red de acceso con fibra óptica utilizando tecnología VDSL/FTTX Para Mejorar Los Servicios De Telecomunicaciones, De La Corporación Nacional De Telecomunicaciones Empresa Pública en Guano”, su objetivo fue detallar el diseño, partiendo del estudio de la tecnología FTTX. Posteriormente se ha desarrollado la recopilación, análisis de datos y la implementación en sí. Por medio de métricas en 427 redes telefónicas de determino la deficiencia en el sector donde fue necesario intervenir. El resultado encontrado fue que al medir los parámetros con la tecnología VDSL/FTTC el funcionamiento es óptimo y cumple con la normativa definida y de esa forma se concluye que se ha mejorado la calidad del servicio de la demanda actual y se asegura un buen nivel de servicio para futuros usuarios.

En el estudio de Zambrano y Jibaja (2022), con el objeto de mejorar el servicio de video-voz-datos en el colegio financiero mixto “Dr. Enrique Díaz Galarza”, se ha creado e implementado una red GPON adaptada a las condiciones socioeconómicas del colegio para promover el desarrollo académico de la escuela. estudiantes. Para ello, se encuestó a estudiantes, padres y docentes para conocer el estado inicial; se tomó observaciones de la infraestructura de la escuela, incluidos dos pisos y una terraza, y se lo capturo en un diseño de plano creado en Ilustrador. La ruta de viaje de fibra óptica se agrega a estos datos. Para diseñar físicamente la red se ha utilizado OptiSystem con sus respectivas configuraciones. Finalmente, se ha desarrollado un diseño lógico en GNS3 para observar el desempeño del enlace de comunicación a través de sus respectivas simulaciones, mostrando la factibilidad del diseño propuesto.

A su vez, en el estudio de Mena y Velasco (2022), su principal objetivo ha sido crear la infraestructura de red en fibra para la cooperativa 28 de Agosto-Durán. Esto surgió ante la falta de una tecnología adecuada en cuanto a fibra acorde a los estándares actuales en comunicación. Ciertas tecnologías se han desarrollado exponencialmente a lo largo de los años, y cada vez se distribuye más información con requerimientos de tiempos menores en envío-recepción. Se ha recopilado la información necesaria para la creación de este tipo de proyectos a menor cuantía, una vez determinado la aprobación del mismo por parte de los

usuarios, se ha de considerar el crecimiento, expandiendo de a poco entre los demás residentes de la comunidad.

Vizueté (2021), en su estudio ha utilizado las propiedades en fibra óptica y tecnología SDH con el fin de mejorar los servicios de comunicación a los habitantes en Naranjito. Dicho servicio es considerado de alta disponibilidad, y lo componen dos rutas, la principal y la de respaldo en caso de algún tipo de falla en la ruta principal. La velocidad en lo que a transmisión respecta, será mucho más rápida con la tecnología SDH, permitiendo servicios como videoconferencia, correo electrónico y llamadas telefónicas. Incluso de desarrollará el plan para manejo de mantenimientos preventivos para así evitar la interrupción operativa.

De igual manera, Baquero (2020), se enfoca en la ubicación escogida para la simulación y el bosquejo de una red óptica con fibra con tecnología GPON. Sector seleccionado para ello es la parroquia rural Tenguel perteneciente a Guayaquil. Además, se ha realizado un relevamiento del estado actual, consultando directamente a la población. En base a la simulación el autor ha concluido que la implementación de la red óptica bajo la tecnología GPON es de gran beneficio y aceptación, convirtiendo viable el diseño considerando parámetros relacionados con calidad.

Así mismo, González (2022), ha elaborado un proyecto orientado tanto al sector domiciliario como a la industria y su necesidad de contar con un internet estable, de gran velocidad y seguro a través de fibra de 2 hilos y llegar al usuario con un enrutador inalámbrico que se pueda conectar a 2.4 y 5 GHz dentro de un rango de cobertura de aproximadamente 20 metros. Para completar el proyecto, se encuestó a un porcentaje de los residentes de la cooperativa 24 de mayo para comprender las necesidades en cuanto a los proveedores de servicios existentes. El proyecto también ayudará a las personas a comprender qué es la fibra óptica, ya que hay algunos en la encuesta que no saben qué es Internet por fibra óptica, solo saben que pasa por líneas telefónicas y antenas, lo que significa que desconocen las nuevas tecnologías para conectividad.

Tabla 3: Comparativas de antecedentes

Tema de tesis	Problemática	Tecnología utilizada
Estudio De Factibilidad De Una Red De Fibra Óptica Para El Mejoramiento De La Comunicación De La Unidad Educativa Alejo Lascano	Perdida de los datos debido a las debilidades que presenta la infraestructura física de la red LAN y sus limitaciones en la transmisión de los datos	Migración a fibra óptica
Diseño de red de fibra óptica para la empresa “Grupo internet para todos” basada en tecnología OTN-DWDM para proveer internet en la ciudadela “Valle Verde” provincia de los ríos	Actualmente los moradores de la ciudadela Valle Verde que se encuentra a las afueras de la ciudad de Babahoyo presentan perdida de señal y retardo en la comunicación debido a su gran vegetación.	DWDM
Diseño, implementación y prueba de una red de fibra óptica para el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana	Falta de una red de fibra óptica para el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana	OLT-ZTE C320 OLT-HUAWEI FIBRA ÓPTICA ADSSG652
Diseño e implementación de una red de acceso con fibra óptica utilizando tecnología VDSL/FTTX Para Mejorar Los Servicios De Telecomunicaciones, De La Corporación Nacional De Telecomunicaciones Empresa Pública en Guano	Red Telefónica que provee servicio de voz y datos limitados en algunos sectores y en otros solo servicio de voz	VDSL/ FTTX

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Introducción a las tecnologías de red

2.2.1.1 Definición de red.

Las redes hacen referencia a la conexión entre varios equipos por medio de hardware y software, estableciendo así la existencia de un receptor y emisor (Oviedo Bayas et al., 2018).

Una red informática está constituida por una serie de dispositivos conectados entre sí por medios alámbricos, señales, ondas electromagnéticas, entre otros. Por medio de esta vinculación pueden compartir datos (Gorgona , 2022).

La Real academia española (RAE, 2021) hace referencia a la red como el conjunto de computadoras y equipos informáticos que mantienen un vínculo de conexión entre sí, por medio del cual se intercambia información. Además, el portal Alpha Telecom Solutions (2021), complementa esto al afirmar que la conexión entre elementos materiales e inmateriales está guiada por protocolos bien definidos

En definitiva, es todo medio que sirve de transporte de la información entre equipos que requieren comunicarse a determinada distancia.

2.2.1.2 Características de las redes

Las redes poseen características propias relacionadas a su funcionalidad y ventajas que según Oviedo Bayas et al (2018) son:

- Permite compartir recursos, documentos, archivos, programas entre equipos que estén disponibles para usuarios conectados a la red
- Brindan fiabilidad pues los recursos son reutilizados con fuentes opcionales de suministro.
- Ahorro económico debido a que los equipos tiene la posibilidad de ser empleados en diferentes redes
- Es un medio de comunicación consistente, y accesible desde cualquier lugar y desde cualquier equipo

2.2.1.3 Tipología de redes.

La tipología es una clasificación de las redes que le permiten agruparse en distintas categorías, por ello las redes pueden diferenciarse en las siguientes.

a. Según la forma de conexión

- **Redes cableadas**

Emplean un medio físico de conexión, es decir, usan un cable de datos entre el router y el dispositivo (Ros, 2018).

- **Redes inalámbricas**

Su comunicación no requiere de una conexión física, sino emplea ondas electromagnéticas (Ros, 2018).

En la Tabla se puede evidenciar las diferencias relevantes entre las redes con cable y sin él.

Tabla 4: Diferencias entre redes cableadas e inalámbricas

Red cableada	Red inalámbrica
- Mayor seguridad contra delincuentes y ataques informáticos	- Riesgo de manipulación por terceros por medio de aplicaciones web
- Requiere planificación de la distribución de cables	- Requiere tomar en cuenta objetos que pueden generar interferencias
- Costo elevado del cableado	- Costo elevado del equipo
- Buena velocidad	- Baja velocidad
- Baja interferencia	- Buena estética
- Mala estética	- Fácil de instalar
- Limitado número de puertos para la conexión	- Conexión múltiple

Elaborado por el autor a partir de (Soluciones informáticas, 2022)

b. Según la extensión

Las redes cableadas a su vez de acuerdo con la extensión pueden diferenciarse en las siguientes clases.

- **Red de Área Personal**

Está conformada por la conexión integrada de dispositivos personales en cantidades mínimas y a distancias cortas una del otro se las conoce por su abreviatura del inglés Personal Area Network (PAN) (Oviedo Bayas et al., 2018)

- **Red de área local**

Denominada como LAN, conectan uno o más ordenadores dentro de un lugar pequeño y limitado, permite compartir datos y recursos entre sí accediendo a los mismos datos y enlazándose entre dispositivos fácilmente, (Mariño y otros, 2019).

Presentan las siguientes características:

- Cobertura de mínimo 200 metros máximo 1km con los componentes correctos.
- Velocidad de transmisión elevada
- Uso del estándar Ethernet para transferencia de datos a 10 Mb/s
- Adaptable a topologías bus, estrella, anillo.

- **Red de Área Metropolitana**

Hace referencia a las redes urbanas, conocida como MAN (Metropolitan Area Network), su servicio consiste en comunicar varias redes LAN dentro de un área geográfica determinada y relativamente cercanas. (IONOS, 2019).

- **Red de Área Extensa**

La Wide Area Network (WAN) conectan áreas geográficas extensas, conexiones entre países e incluso continentes, por lo general suelen pertenecer a estados o a empresas privadas que se encargan de gestionar la conectividad y alquilar el acceso. (IONOS, 2019).

Así mismo, dentro del medio inalámbrico las redes tienen su clasificación, la cual puede ser:

- **Red inalámbrica para Área Personal**

Es la variante inalámbrica de PAN y se denomina *Wireless Personal Area Network* (WPAN) (IONOS, 2019).

- **Red inalámbrica para Área Local**

Si se tiene un medio inalámbrico LAN esta toma la denominación WLAN-Wireless Local Area Network. Según con lo que expresa Kollolu (2017) fortalece la eficiencia con el acceso a la información en tiempo real, independientemente área individual, en base a la tecnología utilizada se obtienen una conexión más rápida, segura y mucho más eficiente. Además, tiene un menor costo de instalación.

- **Red inalámbrica para Área Metropolitana**

Para conectividad inalámbricas regionales de una superior envergadura se utiliza la denominada *Wireless Metropolitan Area Network* (WMAN), la cual se caracteriza por tener un diámetro de cobertura mayor que una red LAN, su uso se aplica para edificios, campus universitarios donde su ubicación geográfica sea de un área metropolitana (Mariño y otros, 2019).

- **Red inalámbrica de Área Extensa**

Se denominan *Wireless Wide Area Network* (WWMAN) cuando las WMAN son inalámbricas. Las redes inalámbricas WAN se basan en tecnología de comunicaciones móviles, es decir, en una red de comunicación celular móvil como por ejemplo UMTS, GPRS, HSPA, 4G/5G con la finalidad de comunicarse a Internet (Mariño y otros, 2019).

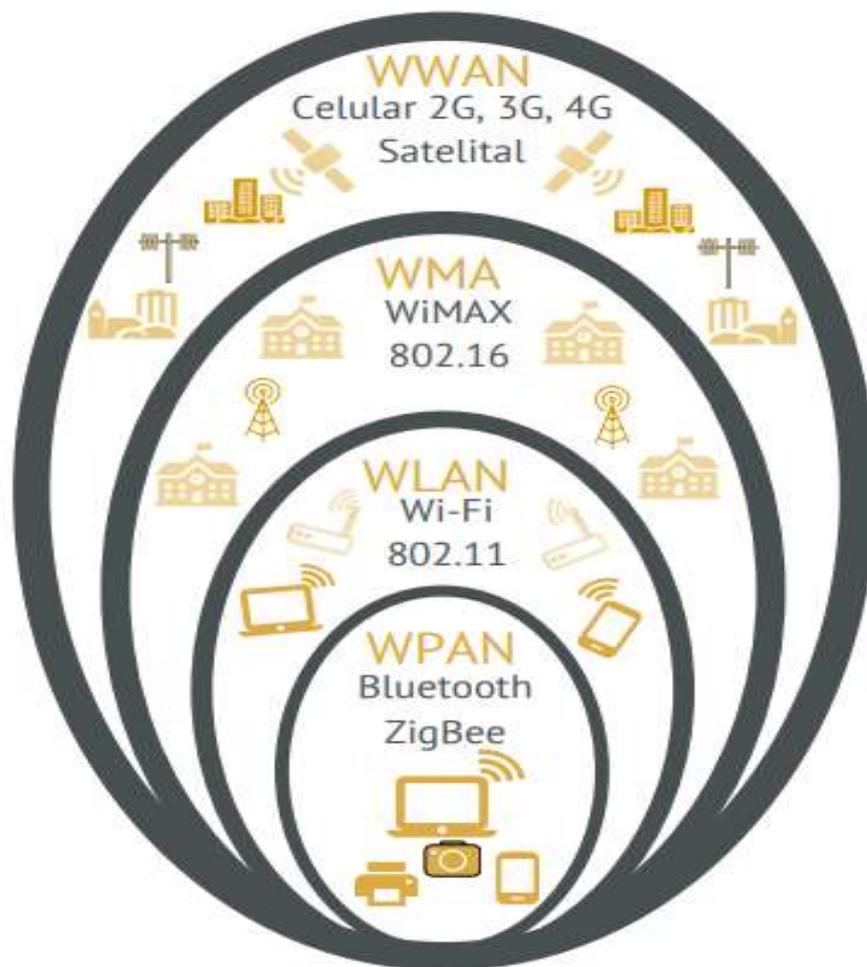


Figura 1. Magnitud de las redes inalámbricas. Fuente: (ARCOTEL, 2020)

2.2.1.4 Componentes dentro de la red

- **Servidor:** Este se encarga de ejecutar el S.O. y ofrecer los servicios a las estaciones de trabajo (Oviedo Bayas et al., 2018).
- **Estaciones de trabajo:** son ordenadores con o sin el disco duro que son usan los recursos proporcionados por el servidor (Oviedo Bayas et al., 2018).
- **Sistemas de cableado:** se constituye por el cable que permite la conexión entre si el servidor, concentradores y estaciones de trabajo, los principales cables pueden ser el coaxial, UTP y fibra óptica (Oviedo Bayas et al., 2018).

2.2.1.5 Topologías de red.

Este concepto tiene que ver con la organización de la red, considerando sus nodos, intersecciones y uniones entre varios elementos, así como también las líneas que se emplean para que se genere una transmisión-recepción de datos en forma adecuada y segura, estas configuraciones evitan que el flujo de información se corte y al contrario se incrementa (UNIR, 2022).

La topología de red puede categorizarse en dos niveles, estos son:

- **Físico:** este nivel se encarga de identificar cómo se conectan de forma física entre ellos los terminales y dispositivos, por medio del uso de cables y antenas (UNIR, 2022).
- **Lógico:** se refiere a la transferencia de datos en nodos, aquí se toma en consideración además las subredes que existen y la manera en la que se interconectan (UNIR, 2022).

Contar con una red informática bien estructurada tanto a nivel físico y lógico es considerado muy importante como garantía de que todos los componentes vinculados funcionen adecuadamente. Sin importar el tipo de dispositivo o componente; la red debe estar en capacidad de crecer y adaptarse a los nuevos requerimientos sin afectar su funcionamiento (UNIR, 2022).

2.2.1.6 Tipos de topologías de red

Las diferentes topologías de red ofrecen características propias que benefician según el entorno en el que se instalan, por lo tanto, es fundamental conocer sus aspectos con el fin de elegir la opción más adecuada acorde a los requerimientos. Las más usadas son:

- **Topología de Bus.** Es una red donde los dispositivos se agregan o conectan en un canal y no hay otras conexiones entre nodos. Es fácil de instalar ya que se requiere muy poco cableado, pero las desventajas son el amontonamiento, los golpes y los bloqueos. Si el canal falla, el dispositivo permanece remoto y no puede comunicarse (UNIR, 2022).
- **Topología en Anillo.** Esta contiene un conjunto de componentes que juntos forman una configuración de red cerrada con estructura en forma anillar. En dicha configuración los nodos están interconectados entre ellos de forma que, durante el intercambio de datos, se va enviando información nodo tras nodo hasta llegar al componente receptor. Para ello el mensaje que llega al dispositivo es objeto de comprobación de envío hasta llegar al destinatario final que recibe el mensaje, es decir, el mensaje va de nodo en nodo desde el origen hasta el destino. La ventaja esta topología es que es fácil de configurar, proporciona un mejor rendimiento que las topologías de bus y es fácil de detectar cuando se producen errores. Como desventaja de la configuración en anillo se tiene no se puede enviar mensajes al unísono entre nodos, además, ante una desconexión de una de las máquinas se corta la comunicación y el sistema no funcionará. (UNIR, 2022)
- **Topología en Anillo Doble.** Esta conexión cuenta con una redundante estructura entre nodos. Con lo cual se consigue una velocidad y fiabilidad mayor entre las estaciones remotas, ya que se pueden evitar los errores de comunicación. (UNIR, 2022).
- **Topología de Estrella.** Es una de las formaciones más utilizadas, en donde todos los dispositivos, como concentradores, conmutadores o servidores, están conectados a un punto central, el cual toma las veces de servidor y se encarga del control y de la gestión de red. Como ventaja en esta configuración se tiene una correcta comunicación de cada lugar, uno con el otro, aunque se pueden presentar problemas como colisiones. Aparte cuando el nodo central es anormal, toda la red queda expuesta, lo que puede provocar interferencias (UNIR, 2022).
- **Topología de Estrella Extendida.** Cada elemento conectado al nodo central se convierte en el centro de una estrella diferente. Esto acorta el cable, pero también limita la cantidad de dispositivos que puede conectar (UNIR, 2022).

- **Topología en Árbol.** Consiste en la combinación de topologías, en este caso bus y estrella, la cual va a permitir que los usuarios utilicen varios servidores. Una red tiene un nodo maestro desde el cual se ramifican otros nodos (UNIR, 2022).

Además, se cuenta con dos subniveles:

- *Árbol binario*, Aquí cada uno de los nodos se divide en dos conexiones. (UNIR, 2022)
 - *Árbol columna*, consiste en un tronco que tiene un cable primario, el cual se lo denomina backbone, este es el encargado de llevar la información a lo largo de toda la rama de nodos. (UNIR, 2022)
- **Topología en Malla.** Aquí los componentes están conectados directamente en rutas separadas. De esta forma, se introducen caminos redundantes para que la información pueda fluir por varios caminos alternativos en caso de un error de comunicación. Este modelo, proporciona una redundancia y una fiabilidad óptimas. Esta estrategia solo es efectiva con una cantidad limitada de dispositivos conectados porque muchos puntos finales tienen demasiadas conexiones (UNIR, 2022).
 - **Topología Híbrida.** Combina diferentes topologías buscando adecuar su estructura con los requisitos físicos donde se lleva la instalación, así como a los requisitos de seguridad, velocidad e interconexión (UNIR, 2022).

2.2.2 Medios de transmisión

Es la vía que conecta el origen de los datos con su destino, es decir se encarga de crear el enlace entre el receptor y el transmisor (Rodríguez, 2019).

2.2.3 Clasificación de los medios de transmisión

Dentro de la transmisión se distinguen dos grupos de medios, los guiados y los no guiados. (Rodríguez, 2019)

2.2.3.1 Transmisión en medios guiados

Son tangibles, y están limitados a su medio material como cobre, fibra de vidrio, entre otros, y no pueden salir de este, se denominan también confinados.

Tipos

- Cable metálico: es un alambre no aislado que puede ser de cobre, aluminio o de otro tipo de conductor, son empleados en telefonía, electricidad, redes (Rodríguez, 2019).
- Coaxial: cable que contiene en su centro un conductor fijo, se ahí su nombre de axial, está compuesto de una capa aislante fuerte y con consistencia, también de una capa de hilos metálicos, el mismo que constituye un segundo conductor. Es característico de la banda base o banda ancha, para uso de televisión por cable (Rodríguez, 2019).
- Cable par trenzado: se integra por ocho hilos cuyo material interno es de cobre puro o combinado, con su respectivo aislamiento plástico y se trenza en pares, la razón para reducir la diafonía, ruido e interferencia (Rodríguez, 2019).
- Fibra óptica: medio que utiliza luz como medio de transmisión a través de una fibra en vidrio, con la que se trasmite enormes cantidades de datos (Rodríguez, 2019).

2.2.3.2 Medios de transmisión no guiados.

Denominados también inalámbricos, los cuales no están contenidos en materiales, se trata de medio no físicos en el que las señales avanzan por la radiofrecuencia en la que se difunden, el medio usado es el aire por el que circulan bandas de espectro frecuencias (Rodríguez, 2019).

Tipos

- Antena: dispositivo que se utiliza en la transmisión y/o la recepción de señales electromagnéticas (Rodríguez, 2019).
- Infrarrojo: enlaza un transmisor con un receptor, sin embargo, esta ya está en decadencia, y su mayor uso es en tácticas militares para visión en la noche (Rodríguez, 2019).
- Bluetooth: permite transmitir datos y voz entre dos dispositivos por medio de radiofrecuencia (Rodríguez, 2019).
- Wifi: posibilita la conexión inalámbrica entre varios dispositivos. La transmisión de la señal requiere de un modem mediante la cual la señal es difundida y captada por los dispositivos (Rodríguez, 2019).

2.2.4 Propiedades de la luz aplicadas a la fibra óptica.

2.2.4.1 Ley de Snell.

Establece la relación entre el índice de refracción de cada medio de acuerdo con el ángulo desplazado en relación con la línea normal. (Veloso, 2018). La teoría Snell menciona que una onda cambia su dirección, es decir se refracta, al momento de que pasa con velocidad diferente de fase, por algún medio de transmisión que sea transparente. (Rollero, 2020).

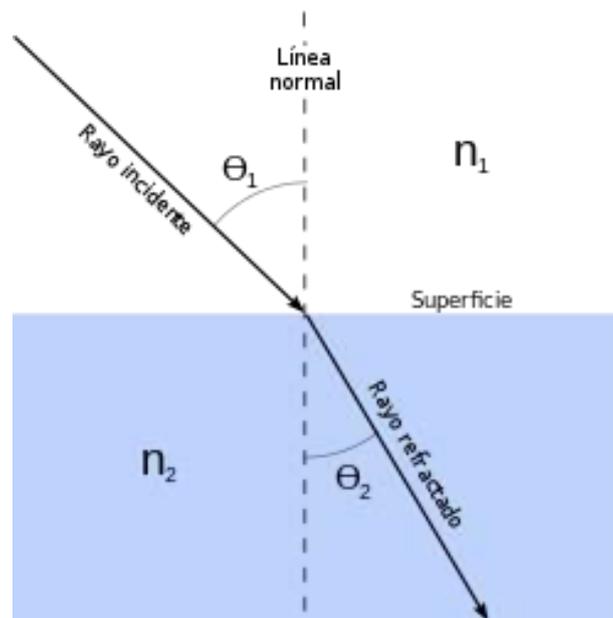


Figura 2. Ley de Snell. Fuente: (Wikimedia, 2019)

2.2.4.2 Reflexión.

Es la condición en la que una porción de la radiación rebota en el nuevo material y se refleja en un ángulo similar al cual ingresa. (Martinez, La propagación de la luz en la fibra óptica, 2018).

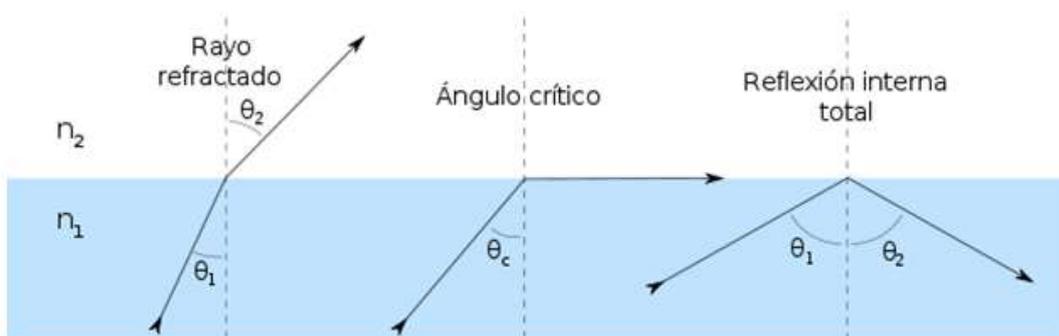


Figura 3. Propiedad de reflexión de luz. Fuente: (Blogseas, 2012)

2.2.4.3 Refracción.

En la situación en la que los rayos sobre un material son transmitidos hacia su interior (Martinez, La propagación de la luz en la fibra óptica, 2018).

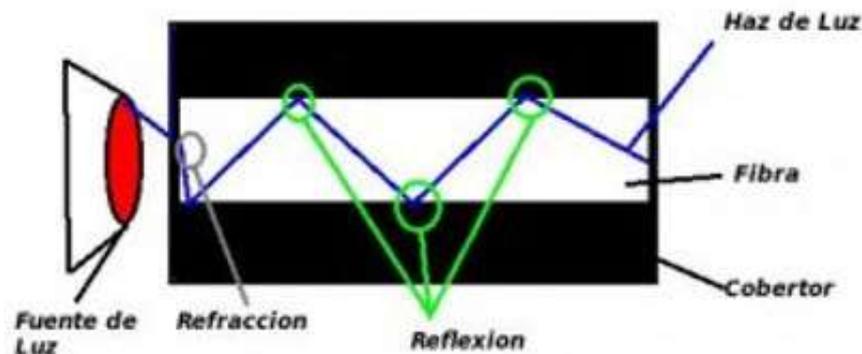


Figura 4. Propiedad de refracción de la luz. Fuente: (Aastel, 2018)

2.2.4.4 Difracción.

Hace referencia a la ruptura o quebrado en pedazos, son las dispersiones o redistribuciones de la energía que pasad cerca del borde o esquina de un objeto no nítido (Martinez, La difracción en las ondas y radioenlaces, 2018).

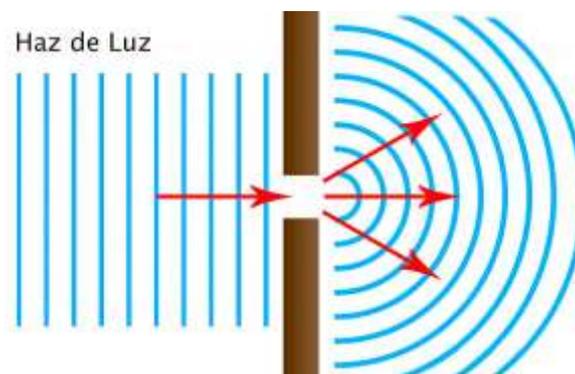


Figura 5. Propiedad de difracción de la luz. Fuente: (dzoom, 2022)

2.2.5 Principio de funcionamiento de la fibra óptica

Este principio considera el efecto de las guías no conductoras, es decir, ondas dieléctricas cilíndricas, la cuales en todo el largo de su eje se encarga de transmitir la luz. Este funcionamiento guarda relación con la reflexión interna en todo su proceso. (Totalplay Empresas, 2021).

Las fibras ópticas están integradas por un núcleo rodeado por un revestimiento, los dos son confirmados de material dieléctrico. Con el objetivo de alcanzar en su núcleo una adecuada señal, en tal sentido, el índice de refracción debe superar al índice de refracción (Totalplay Empresas, 2021).

2.2.5.1 Índice de refracción

Este índice tiene que ver con la velocidad de la luz de acuerdo al material que la traslada. Se tiene como referencia que la luz se transporta con mayor rapidez al vacío, con una velocidad de aproximadamente 300,000 km/s. Se calcula considerando la relación velocidad al vacío con la velocidad de la misma en el medio exterior. (Totalplay Empresas, 2021).

2.2.5.2 Reflexión interna total

En la situación donde la luz que viaja en un medio ópticamente denso, este se presenta a un límite de ángulo pronunciado, este es superior al ángulo crítico del límite, en esa circunstancia la luz se refleja por completo. Lo descrito adquiere el nombre de reflexión interna total, se utiliza en fibras ópticas como limitante de la luz en el núcleo (Totalplay Empresas, 2021).

2.2.6 Tipos de fibra óptica

Entre los criterios para su clasificación se tiene:

2.2.6.1 Según la terminación del cableado

- FTTH. Hace relación a Fiber-to-the-home, la más adecuada para la conexión de la central del operador con el hogar u oficinas, su velocidad alcanza los rangos entre 300 Mbps y 1 Gbps, además se la puede denominar Fibra compartida (Citelia, 2020).

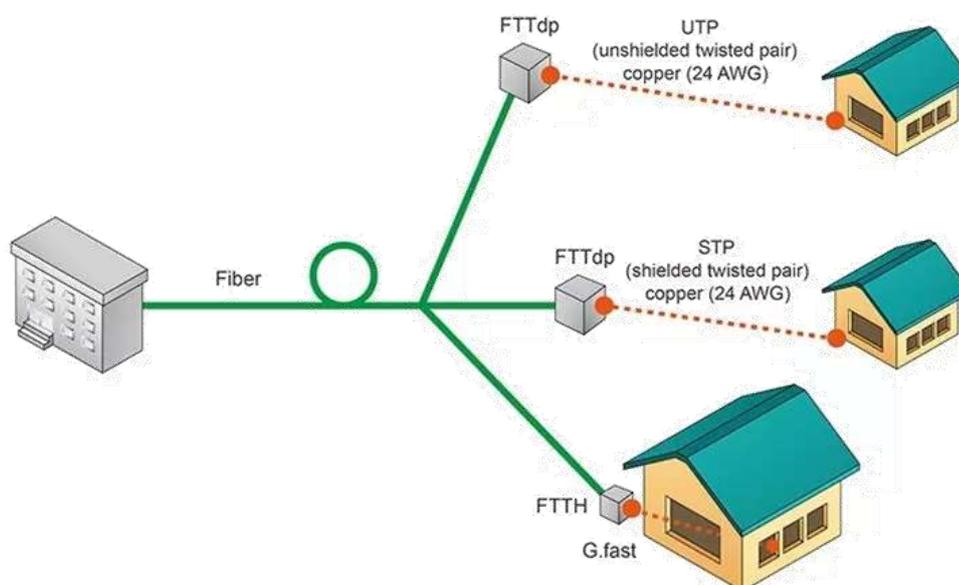


Figura 6. Fibra FTTH. Fuente: (GR, 2023)

- FTTN. Este tipo de fibra es utilizar para la interconexión entre la central principal y algún nodo como punto intermedio y a partir de este se conecta al usuario final, utilizando para ello una conexión coaxial. (Citelia, 2020).

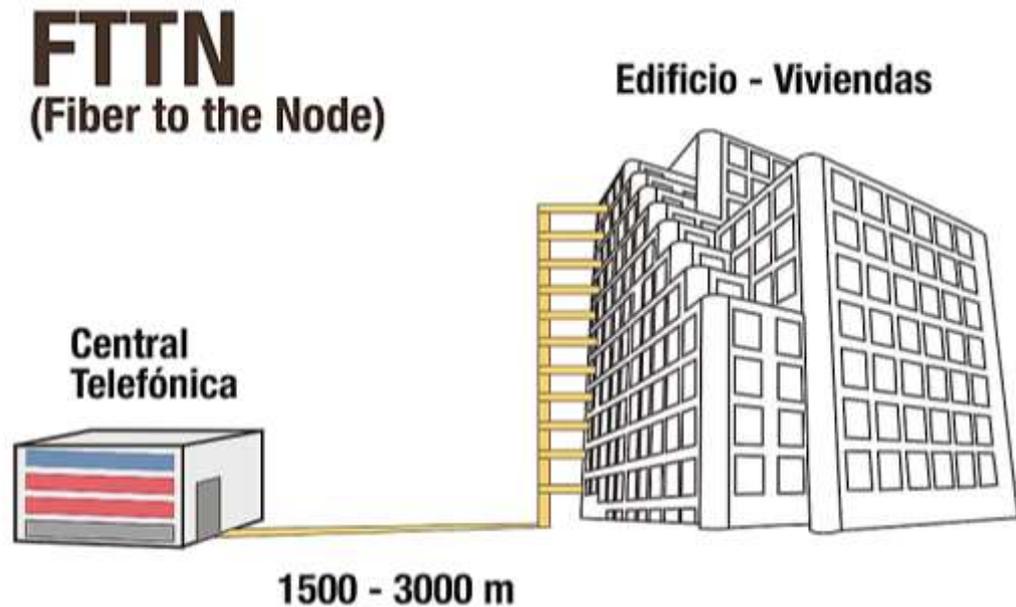


Figura 7. Fibra FTTN. Fuente: (ServiHelp, 2023)

- FTTH. Este tipo de fibra se conecta hacia las antenas de transmisión de las telefónicas, lo que cual permite dar alta velocidad detrás de la conexión móvil, permitiendo que los dispositivos que se conecten cuenten con un gran ancho de banda. (Citelia, 2020).



Figura 8. Fibra FTTH. Fuente: (FOM, 2023)

- FTTB. Con este tipo de fibra se llega desde la ONU hasta el punto de entrada en edificios, a partir de ese punto se genera la distribución interna utilizando el cableado coaxial. (Citelia, 2020).

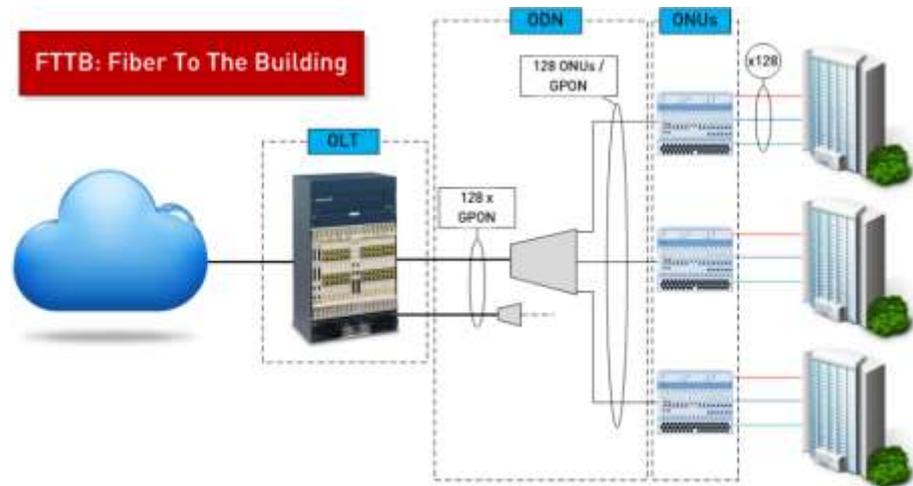


Figura 9. Fibra FTTB. Fuente: (Telequismo, 2013)

2.2.6.2 Clasificación según el tipo de cable

- SMF, es una fibra monomodo, que cuenta con dimensiones de 8-10 μ m y proporcionan un solo modo de transmisión (paralelo al eje de la fibra), por lo que pueden transmitir señales a alta velocidad a largas distancias con poca atenuación. Son de color amarillo (OS1 y OS2) (Citelia, 2020).

Fibra monomodo (SMF)

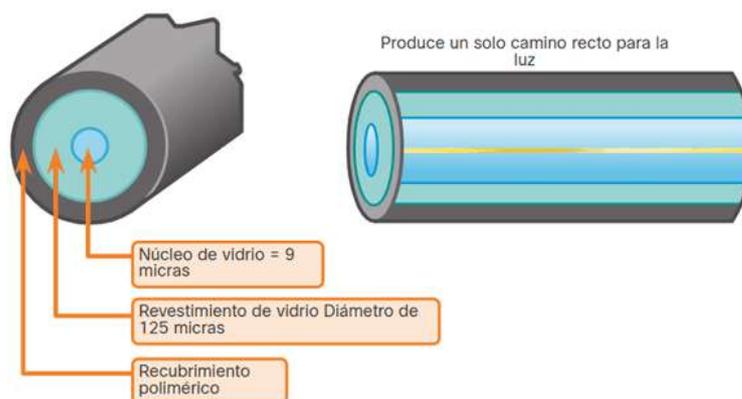


Figura 10. Fibra monomodo. Tomado de CCNA, 2023

- MMF. Es una fibra multimodo que tienen una dimensión entre 50-62,5 μ m es capaz de realizar variadas transmisiones en forma simultánea, ya que la luz con un diámetro mayor puede reflejarse desde diferentes ángulos. Comúnmente utilizado

para cables de fibra óptica de recorrido corto o conexiones de panel de conexiones a equipos. Es naranja (OM1, OM2) y azul (OM3, OM4), no son empleados para la conexión de largas distancias, su máximo es 2 km (Citelia, 2020).



Figura 11. Esquema de fibra multimodo. Fuente: (CCNA, 2023)

2.2.6.3 Clasificación considerando el modo de transmisión

- Modo Simplex, está conformado por la fibra, en cada extremo un conector.
- Dúplex. Consta de dos filamentos y en ambos extremos dos juntas. Se utilizan tapas etiquetadas o de colores para distinguir cada fibra A o B (Citelia, 2020).

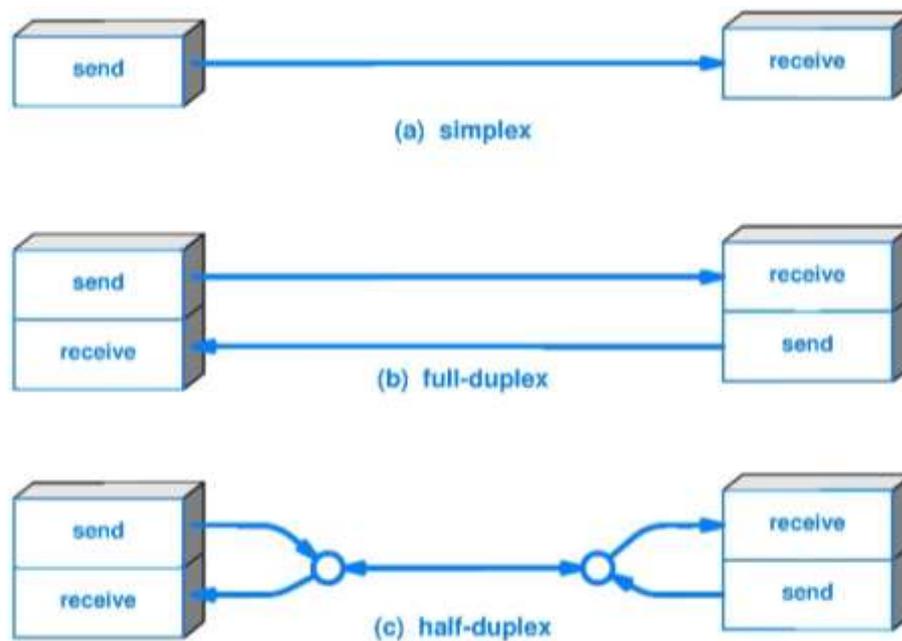


Figura 12. Fibra según su función del modo de transmisión: (BlackBox, 2023)

2.2.6.4 Según la terminación del cableado

- Fibra compartida: Este tipo de fibra brinda velocidades más rápidas y, por lo tanto, es la más utilizada (Citelia, 2020).
- Fibra Dedicada: se utiliza para las conexiones a Internet porque va directamente desde el proveedor del servicio hasta el cliente sin mamparas ni cables. Esto asegura que el abonado tenga confianza de que su servicio no se vea interrumpida o interrumpida por terceros. Además, es utilizada para requerimientos más exigentes que necesitan un contra con un alto ancho de banda (Citelia, 2020).



Figura 13. Fibra compartida vs Fibra dedicada. Fuente: (Redfibra, 2021)

2.2.7 Tecnología DWDM

2.2.7.1 Proceso de evolución

Esta tecnología surgió en 2003 transmitiendo por canales STM-16, STM-64 de voz y datos en paquetes de 1, 10 y 40GBE sobre SDH llamado DWDM-OTN-Legacy. Luego, con el desarrollo de la tecnología DWDM (2009), es posible transmitir paquetes Ethernet de hasta 8 GB. Durante los siguientes años, la tendencia fue utilizar nodos P-OTS, que permiten la integración de capas de Lo a L3 en un solo nodo, lo que permite una sola herramienta de programación y un solo administrador, lo que reduce significativamente los costos de CAPEX y operativos, lo que reduce el retorno de la inversión. En 2019, DWDM con switches – OTN se desarrolló con ventajas cuando se trata de la latencia y la precisión ideales de la puerta de enlace para los servicios 5G, ya se han mencionado los nuevos servicios de TI e Industria 4.0 (Sposato & Saez, 2020).

2.2.7.2 Definición de DWDM

Red óptica actualizada en la cual los equipos que la conforman realizan en la salida de los transmisores también ópticos la combinación para que se transporte a través de solo una fibra. (Foc Technology, 2019).

En cuanto a los beneficios de esta tecnología, uno de ellos es que en el par de transmisión-recepción no se ocupa una fibra, en vez de ello el mismo cable se ve ocupado por variados canales ópticos. (Foc Technology, 2019).

En otras palabras, esta tecnología nos permite transmitir varios canales de diferentes fuentes dentro de una misma arquitectura física. Luego de la transmisión por la fibra óptica, cada longitud viaja a través de la fibra sin producir interferencias entre ellas, al componente encargado de realizar esta inyección de distintas fuentes sobre la misma fibra se lo conoce como multiplexor y en el receptor se encarga de separarla el compete llamado demultiplexor. Si la distancia transmisor-receptor es pequeña dentro de una red, la implementación de una nueva fibra es muy conveniente, pero si nos referimos a distancias mucho más grandes, la tecnología DWDM es una alternativa mucho más económica (Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2018).

2.2.7.3 Estructura del equipamiento con Tecnología DWDM –Legacy

Diagrama en bloques del equipamiento:

Para (Sposato & Saez, 2020), los equipos tradicionales que soportan DWDM Legacy, poseen:

- Modulación entre Transpondedores y Muxpondedores.
- Modulación Multiplexor
- Amplificadores (Sposato & Saez, 2020).

En la estructura, las posibles disposiciones son:

- El Equipamiento en configuración de respaldo, con sus respectivos terminales, repetidoras y anillos.
- Dentro de las capacidades en cuanto al manejo esta puede ser en STM-16 o 64, y de 1-10GBE con su respectivo mapeo mapeados OTU1-4 (Sposato & Saez, 2020).

2.2.7.4 Lista de componentes dentro de DWDM

(Carranco, 2018), presenta el siguiente listado de elementos de dicha tecnología:

- Dispositivos de Emisión y detección de la luz. (Carranco, 2018).
- Bobinas de fibra. (Carranco, 2018).
- Los Multiplexores. (Carranco, 2018).
- Los demultiplexores. (Carranco, 2018).
- Los moduladores. (Carranco, 2018).
- Los amplificadores de señal óptica. (Carranco, 2018).
- Los conmutadores. (Carranco, 2018).
- Los filtros de señal. (Carranco, 2018).

2.2.7.5 Arquitectura DWDM

Aplicando el modelo OSI, la tecnología trabaja en la capa física, esta permite el intercambio de unidades de datos sobre canales de transmisión, la capa 1 además define las conexiones mecánicas que son requeridas para la activación, mantenimiento o desarticulación.

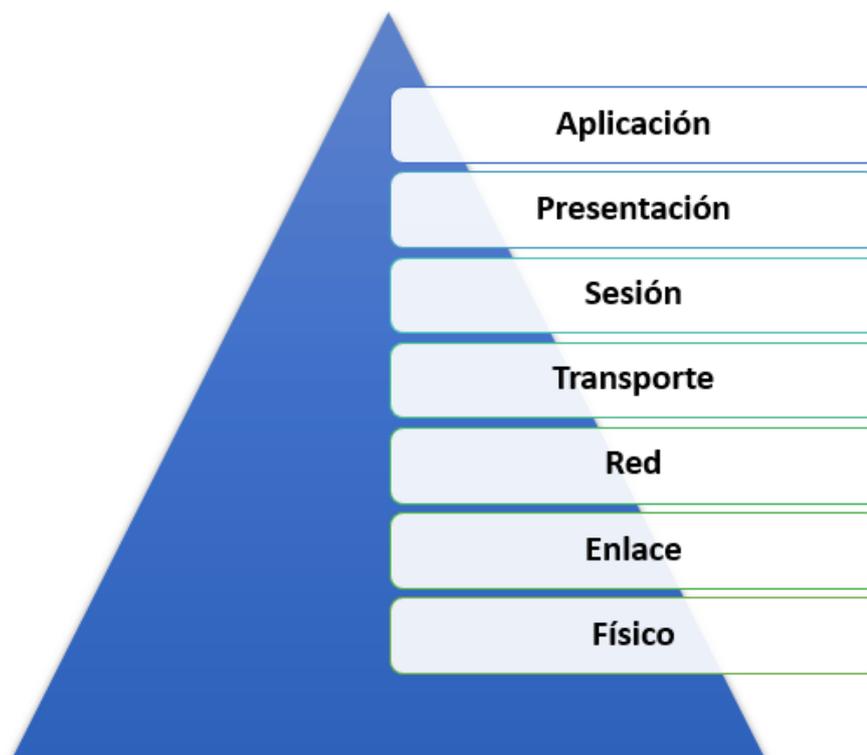


Figura 14. Modelo OSI para tecnología DWDM. Fuente: (García Fernandez, 2020)

Según Carranco (2018), DWDM se basa en la aplicación y el tipo de arquitectura de la misma, protocolo, distancia, los modelos para el acceso y la utilización uso, y la topología en capas de la red. La topología utilizada en DWDM se describe a continuación:

- **Topología Punto a Punto**

Estas redes se utilizan para conectar múltiples ubicaciones dentro de una empresa y se pueden implementar utilizando o prescindiendo de los multiplexores ópticos. Posee una señal confiable de alta velocidad y una escalada rápida. OADM permite una rápida recuperación de errores al cambiar las rutas que siguen las señales.



Figura 15. Configuración DWDM Punto a Punto (Chavarria Vera,, 2010)

- **Topología configuración en Malla**

Todos los nodos ópticos están interconectados y se utilizan en una red metropolitana, por lo que el sistema, las tarjetas de placa o las fibras ópticas requieren un esquema de protección redundante.

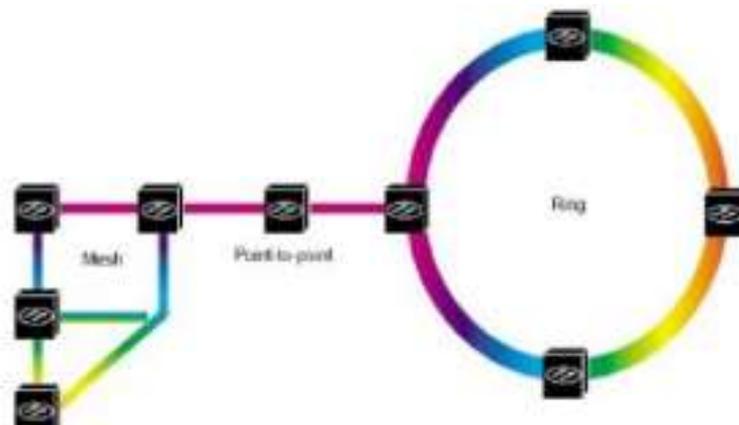


Figura 16. Configuración DWDM en malla. Adaptado de Chavarria Vera, 2010

- **Topología configuración Anillo**

Se utiliza dentro de la configuración punto a punto con anillos cerrados que reducen la cantidad total de fibras, pueden auto repararse, pero solo por una vía. El tráfico en los canales se transporta a través del OADM hacia el destino. Las velocidades de tráfico van desde 622 Mb/s hasta 10 Gb/s de banda. Pueden viajar decenas de kilómetros sin hacer zoom.

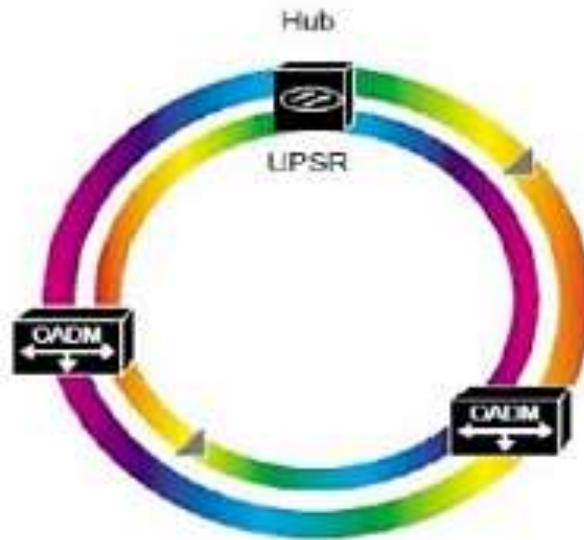


Figura 17. Esquema de una topología en anillo. Tomado de Chavarria Vera, 2010

2.2.7.6 DWDM, sus atributos y carencias

Tabla 5: Ventajas y desventajas en la tecnología DWDM

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Transparencia, opera en la capa física. - Escalabilidad, funciona en áreas metropolitanas y redes empresariales - Aprovisionamiento dinámico, es rápida, sencilla. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es costosa pues emplea componentes ópticos con filtros - Láseres con tolerancias a las longitudes de ondas. - Es de tipo multiplexión densa por lo tanto tiene menor espacio de tolerancia respecto a la dispersión de cada longitud de onda

Nota. La tabla cita los beneficios y desventajas de DWDM. Fuente: (Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2018).

2.2.8 Servicios DWDM

Según Carranco (2018), DWDM, por pertenecer dentro del medio transmisión del modelo OSI a la capa física, es posible su implementación en todo tipo de red, sea cual fuere el protocolo utilizado. Beneficio que ofrece DWDM es el de redes de larga distancia, área metropolitana.

- **Redes de Larga Distancia**

Una característica que presenta esta red es el alto volumen en transmisión de información y están conectadas a redes metropolitanas u otras redes de larga distancia. Estas redes alcanzan distancias de 300 a 2500km, esto significa que abarca ciudades e incluso países. DWDM opera con una longitud de onda EDFA (amplificador de fibra dopada con erbio), es decir, de 1530 a 1625 nm. DWDM ayuda a resolver los problemas de crecimiento empresarial porque el expandirse a largas distancias puede resultar un proceso lento y costoso. (Carranco, 2018)

- **Redes para áreas Metropolitanas**

Estas redes hacen más requisitos para la tecnología que se implementarán porque son buenas empresas de información, como voz, datos y tráfico de videos; Por lo tanto, necesitan mayores anchos de banda, confiabilidad y escalabilidad. (Carranco, 2018).

Las redes deben ser compatibles con otras tecnologías relacionadas con el acceso al medio y operaciones a larga distancia a medida que conectan estas redes. (Carranco, 2018).

2.2.9 Red de transporte óptico (OTN)

La transmisión de este tipo de red, es de nueva generación y está basada bajo sistema denominado multiplexación por división de longitud de onda, además de una distribución efectiva dentro de la capa óptica. Esta tecnología se agrega al módulo de conmutación OTN buscando la planificación flexible del servicio, busca además la expansión, el mejoramiento y el aumento de información y la capacidad del servicio de comunicación dentro de la red, y resolver así problemas como longitudes de onda/sub-longitudes de onda de las redes WDM tradicionales solventando la planificación de servicios, capacidad de red débil y capacidad de protección débil (Shenzhen HTFuture , 2020).

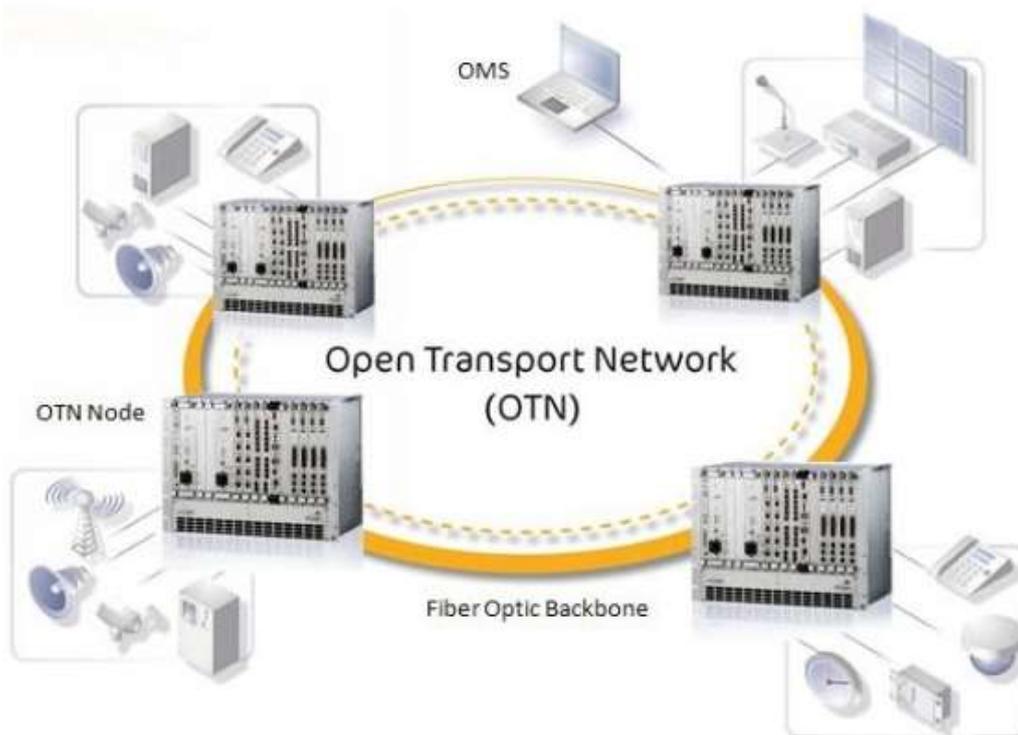


Figura 18. Red de transporte OTN. Fuente: FiberMall

OTN compone una mecanización completa en donde el nivel de programación de longitud de la onda que utiliza tecnología de transición eléctrica puede proporcionar funciones de transición eléctrica similares a SDH, lo que permite el ensamblaje y el transporte de moléculas pequeñas en canales grandes. Los canales OTN también son tan grandes como el SDH. En la utilización de contenedores grandes y chicos, OTN utiliza el ingreso al sistema y las capacidades en cuanto a procesamiento para lograr una mejora en eficiencia del ancho de banda utilizado. La red OTN se encarga además del monitoreo del rendimiento y posibles fallas durante la restauración eléctrica dentro de la red. La tecnología OTN es aún mejor cuando se trata de detectar errores de rendimiento. (Shenzhen HTFuture, 2020).

2.2.9.1 Arquitectura OTN

La arquitectura OTN se basa en canales ópticos que son transportados sobre una onda específica que está definida por capas (Vásquez, 2018). Las capas de OTN que la componen son tres:

- Transporte óptico OTS: consiste en transportar la señal transmitida entre los puntos accesibles. (Vásquez, 2018)

- Multiplexación Óptica OMS: es la distancia entre el multiplexor y el demultiplexor sobre la cual es transportada la señal. (Vásquez, 2018).
- Canal Óptico OCH: es la conexión óptica entre dos usuarios, el cual abarca todo el camino óptico. (Vásquez, 2018).

Una tecnología en OTN, propiamente no solo puede llevar a cabo una gestión óptima de la red de transporte, en otras palabras “encapsulamiento” de los datos, sino también crear una conexión de cliente OTN (como SONET/SDH, IP, ATM) en la red central y metropolitana.

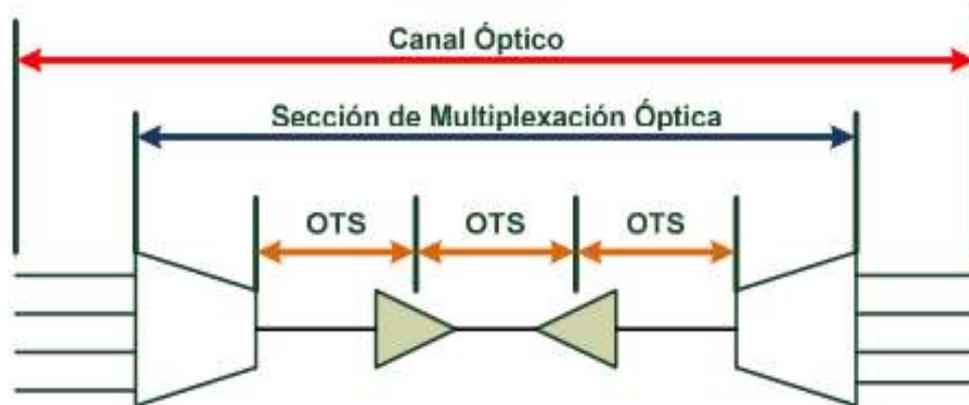


Figura 19. Arquitectura OTN. Fuente: (Vásquez, 2018)

2.2.9.2 Ventajas y desventajas del sistema OTN

Tabla 6: Beneficios e insuficiencias al utilizar la tecnología OTN

Ventajas	Desventajas
- Empleo de capacidad	- Requiere equipos actualizados y de un sistema de administración
- Convergencia de red	- Requiere una Relación ruido-síñal óptica más alta
- Robustez de red	- Reduce en gran medida la distancia de transmisión a menos de 200 km.
- Empleo y provisión del servicio	- Susceptible al ruido de fase láser y a los efectos no lineales de la fibra.
- Mejor transparencia y sincronización en el servicio	
- Gestión en banda y fuera de ella	
- Opciones de protección	

Nota. La tabla cita los beneficios y desventajas de DWDM. Fuente: (Reyes , 2018)

2.2.10 Situación actual de la empresa SAAVNET

2.2.10.1 Ubicación de la Empresa

La empresa SAAVNET se encuentra ubicada en la Cdla. Durán, El recreo 1 etapa MZ:152 que corresponde al cantón Duran, esto en la provincia del Guayas.

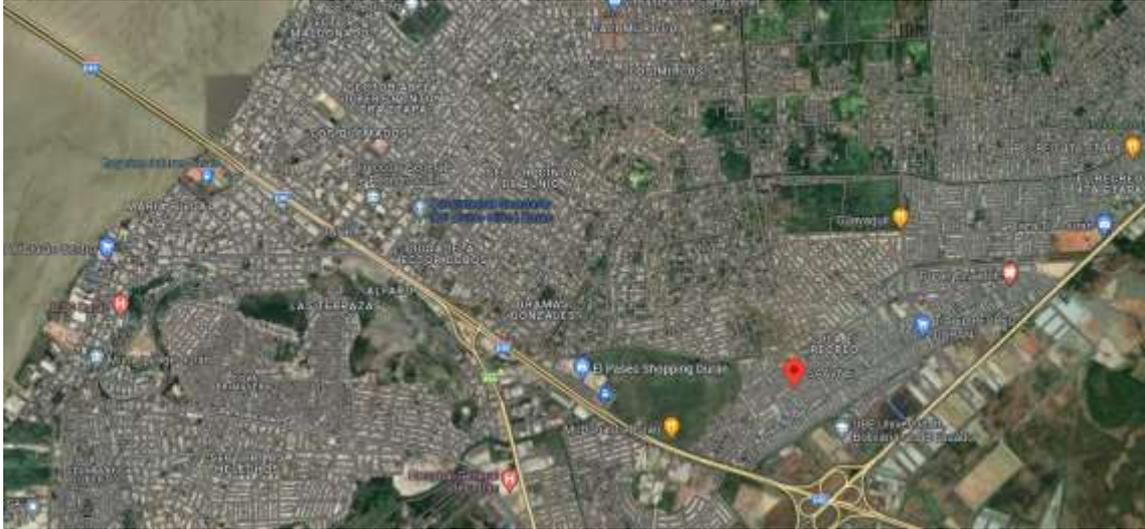


Figura 20. Ubicación de la Empresa SAAVNET. Fuente: Google Maps

2.2.10.2 Infraestructura de red la Empresa

La empresa cuenta con una infraestructura de fibra de 64 hilos con tendido aéreo en lo que es en toda la ciudadela El recreo, comenzando de la central del proveedor de Internet y terminando en el equipo de distribución ubicado en la parte interior de la ciudadela. El tendido de la fibra es por medio aéreo, utilizando previo el permiso respectivo, los postes de CNEL EP, ubicados en el sector referido.

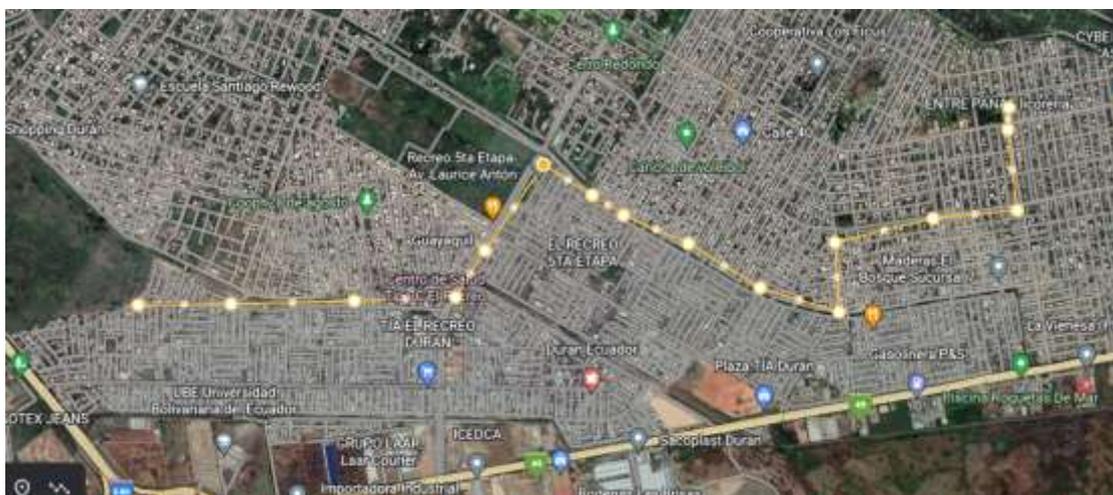


Figura 21. Infraestructura de red actual de la Empresa. Fuente: Google Maps

2.2.10.3 Organigrama de la Empresa



Figura 22. Organigrama de la Empresa SAAVNET

Como se observa en el organigrama, la cabeza de la empresa es el gerente general, los encargados operativos, recursos humanos, administración y finanzas, secretaria y marketing son aquellos que están vinculados al gerente general para que ellos luego puedan brindar ayuda y soporte al personal y así dar una mejor atención al cliente. Es así que:

- El Gerente General, es el encargado de dirigir, realizar controles y ejecutar la administración los recursos de la empresa de forma eficaz para la expansión de ella.
- El encargado operativo es quien supervisa las obras de tendido de fibra y garantizar que se ejecuten los procesos de manera eficiente.
- Recursos humanos: Buscar los mejores perfiles laborales para la empresa.
- Administración y finanzas: Encargado de la contabilidad; pago del personal, compras, pagos de impuestos, etc.
- Secretaria: Cumple el rol de organizar reuniones, dar información, recibir llamadas y atención al cliente.
- Marketing y publicidad: Crear planes de productos de ventas, desarrollando estrategias de venta e impresión y difusión de medios.

2.2.10.4 Capacidad actual de transmisión

La empresa SAAVNET, es un negocio de tipo familiar que en sus inicios ha realizado la distribución de internet en el cantón Durán, sector de El Recreo a través de conexión inalámbrica. En la actualidad, el servicio lo distribuye por fibra y sus clientes van migrando hacia la nueva red de distribución.

La capacidad actual de red la conforma el cable de 64 hilos en monomodo, la monofibra la conforman 8 tubos de 8 fibras por cada tubo.

Actualmente se encuentra instalado y en servicio 3 tubos, quedando a partir de la cuarta tubería disponibles para la alimentación por fibra.

En relación a los divisores el criterio de compartición es de 1:64. Este sistema es recomendado ya que con ello se evita dividir demasiado la señal, reduciendo además la atenuación por cada divisor, con esto se garantiza que la potencia enviada por la OLT no se reduzca en demasía hacia las ONT del abonado.



Figura 23. Distribución de las conexiones en la OLT de la empresa SAAVNET

2.2.11 Equipos y software requeridos para el diseño de la red DWDM

Dentro de la elección de los componentes necesarios para diseñar la red en mención, debemos tener en cuenta que tanto la OLT como las ONT sean del mismo fabricante, ya que al momento hace falta dentro del mercado la estandarización de estos equipos de transmisión.

2.2.11.1 OLT Huawei MA5608T



Figura 24. OLT de marca Huawei modelo MA5608T

En la figura 24 se puede apreciar una Mini OLT de 16 puertos cuyo fabricante es Huawei, este modelo ha de permitir realizar una eficiente migración a la red DWDM, el mismo puede dar servicio hasta 4096 abonados.

2.2.11.2 ONT Huawei EG8145X6

En lo relacionado con la ONT, se ha realizado la propuesta de integrar la solución Huawei EG8145X6 en su versión 2 (figura 25), el cual cuenta con la última tecnología inalámbrica IEEE 802.11ax conocida como Wi-Fi 6, además de sus puertos LAN Gigabit Ethernet y de telefonía.

Este nuevo estándar inalámbrico Wi-Fi 6 ofrece un desempeño muy superior a sus antecesores al incorporar nuevas tecnologías como OFDMA la misma que reduce las interferencias de redes vecinas y mejora significativamente la latencia; MU-MIMO que permite múltiples usuarios conectados al mismo tiempo sin disminuir el rendimiento del ancho de banda. Es estándar posee además una mayor cobertura y velocidad tanto en la banda de los 2.4 GHz como en los 5 GHz. Los dispositivos que dispongan del mismo estándar aprovecharán al máximo los beneficios de esta nueva tecnología Wi-Fi, los equipos con estándares anteriores se podrán seguir utilizando al existir compatibilidad en el sistema.



Figura 25. ONT de marca Huawei modelo EG8145X6 V2

2.2.11.3 Amplificador de fibra

En la figura 26a, se muestra un componente necesario para aumentar la ganancia de la transmisión óptica, en este caso se trata del amplificador de fibra óptica, para las rejillas en el sistema DWDM, con potencia ajustable en el rango de los -3dB. En la figura 26b se muestra es esquema de amplificación del equipo.

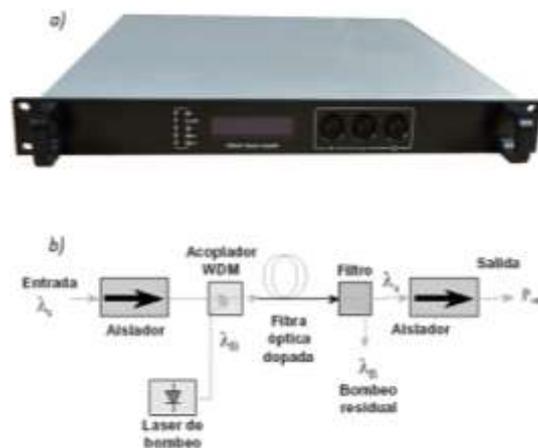


Figura 26. a) Amplificador de fibra dopada con erbio b) Esquema de trabajo del equipo amplificador

2.2.11.4 Solución de software para monitoreo de fallos

En cuanto a soluciones de software y a la capacidad instalada, se requiere adaptar es una técnica de gestión de red de distribución óptica que logre incrementar la productividad al poder detectar y localizar fallos en el tendido de fibra y dar señal de alerta y detalle pormenorizado del fallo a los operadores técnicos.



Figura 27. Solución remota de pruebas ONMSi

Se puede apreciar en la figura anterior un software de la empresa ONMSi que realiza las funciones de pruebas y monitoreo en forma remota en los puntos del tendido de fibra con el objetivo de detectar fallos o deterioro de la red, con sus respectivas verificaciones.

La capacitación y asesoramiento que reciba el personal operativo será factor determinante para la detección de errores y fallos en los componentes o en la fibra, de esta manera evitar que el servicio no se vea interrumpido.

2.2.11.5 Protocolos a considerar

- **SDH.** Considerado netamente un protocolo de la capa física de transporte, actuando como portador de tráfico tanto de voz, video, datos y multimedia, por lo que su uso principal es para la infraestructura de fibra. Destacando la particularidad de contar con mecanismos como re-enrutamiento del tráfico.

- **Ethernet.** Es la forma actual más utilizada para la conexión de dispositivos de una red a través de un cable, utilizado en áreas como domicilios, organizaciones tipo empresa, colegios, universidades, se considera fiable y con velocidades óptimas con normativa IEEE 802.3.
- **MPLS.** Protocolo que utiliza un mecanismo de transporte de datos, mediante señalización de túneles, lo que hace que los datos viajen más seguros y de manera confiable, mejorando la experiencia de los usuarios
- **GMPLS.** Este protocolo es una versión mucho más extendida de MPLS, abarca divisiones de tiempo como SONET/SDH, PDH consta de varias capas que pueden usar diferentes tipos de datos. Esta particularidad hace que se cubra tanto la señalización como el enrutamiento.

2.2.11.6 Transpondedores

Se utilizan los transpondedores de manera común en la tecnología CWDM o DWDM, exactamente como repetidor de redes en el caso de cobertura en largas distancias. Estos módulos se pueden apreciar alcanzando distancias de 100Km, con una longitud de onda de 1550nm

2.2.11.7 ROADM

Cuando utilizamos el termino ROADM, se hace referencia al multiplexor óptico reconfigurable, con el detalle de que es una versión programable de OADM teniendo como función la capacidad de cambiar de forma remota el tráfico en la capa de longitud de onda, logrando de esta manera conectar múltiples ubicaciones de manera flexible dentro de una red.

2.3 Marco Legal

La Constitución, en el Art. 16, numeral 2 expresa que a toda persona le asiste el derecho a: “El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación” (Asamblea Constituyente, 2008).

La misma Constitución en el artículo 261, numeral 10 refiere a las competencias del estado en cuanto a: “El espectro radioeléctrico y el régimen general de comunicaciones y telecomunicaciones; puertos y aeropuertos.” (Asamblea Constituyente, 2008).

La Ley Orgánica de Telecomunicaciones, en su artículo dos, referente con ámbito de aplicación expresa:

Ámbito, esta ley se aplica a todas las actividades relacionadas con la creación, instalación y uso de redes, el uso y explotación del espectro de frecuencias radioeléctricas, los servicios de telecomunicaciones y todas las personas naturales o jurídicas que realicen tales actividades con el fin de asegurar el cumplimiento de los derechos y obligaciones de la red, proveedores de servicios y usuarios. Las disposiciones de esta ley se aplican a las redes e infraestructuras para la prestación de servicios de radiodifusión de audio y televisión, así como a las redes e infraestructuras de sistemas de audio y video de pago. (Asamblea Nacional, 2015).

De igual manera la LOT, en su artículo tres, numerales del 1 al 6 en relación a los objetivos expresa:

1. Promover el desarrollo y crecimiento de la industria de las telecomunicaciones.
2. Promover inversiones nacionales e internacionales, estatales o privadas, en el desarrollo de las telecomunicaciones.
3. Promover el desarrollo de productos y servicios de telecomunicaciones.
4. Impulsar y promover la convergencia de redes, servicios y dispositivos.
5. Promover la difusión de las redes e infraestructuras de telecomunicaciones, tales como suscripciones de audio y video (Asamblea Nacional, 2015)

La LOT, en su artículo nueve, se refiere a las redes de telecomunicaciones de la siguiente manera:

Las redes de telecomunicaciones son sistemas y otros recursos que permiten la transmisión, transmisión y recepción de voz, video, datos o cualquier tipo de señal física o inalámbrica, independientemente del contenido o la información transmitida. La creación o despliegue de una red incluye la construcción, instalación e integración de componentes activos y pasivos, así como todas las actividades hasta la puesta en servicio. Al implementar redes e infraestructura de telecomunicaciones (incluido audio y video por suscripción, etc.), los proveedores de servicios de telecomunicaciones se apegarán estrictamente a las normas técnicas y políticas nacionales emitidas para este fin. (Asamblea Nacional, 2015).

Para la red física, el tendido y tendido se realizará a través de tuberías y cámaras soterradas de acuerdo con la política de ordenamiento y soterramiento de red dictada por el Ministerio de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información. (Asamblea Nacional, 2015)

En su artículo nueve la LOT, refiere en relación a las redes públicas de telecomunicaciones lo siguiente:

Toda red en la que se presten servicios públicos de telecomunicaciones o se utilicen para apoyar la prestación de servicios a terceros se considerará red pública y, con sujeción a lo dispuesto en esta Ley, sus reglas y reglamentos generales. emitido por una agencia, requiere que una red esté disponible de un proveedor de servicios de telecomunicaciones de red. Regulación y control de las telecomunicaciones. Las redes públicas de telecomunicaciones tenderán a un diseño de red abierto, es decir, sin protocolos ni especificaciones propias que proporcionen interconexión, acceso y conectividad y se ajusten a un diseño de ingeniería básica. Una red pública puede soportar la prestación de varios servicios siempre que cuente con el permiso correspondiente. (Asamblea Nacional, 2015).

En el artículo once la LOT, describe el establecimiento y la explotación de las redes públicas de telecomunicaciones a saber:

El establecimiento o instalación y operación de una red pública de telecomunicaciones requiere un permiso apropiado de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Los operadores de las redes públicas de telecomunicaciones deberán cumplir con la planificación técnica básica, las normas técnicas y las reglas específicas de implantación y explotación de redes y garantizar la interconexión con otras redes públicas de telecomunicaciones. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones supervisa el establecimiento y funcionamiento de las redes públicas de telecomunicaciones. (Asamblea Nacional, 2015).

En el artículo doce la referida LOT sobre la convergencia se señala:

El Estado promueve la construcción y operación de dichas redes, así como la prestación de servicios de telecomunicaciones que promuevan la integración empresarial de acuerdo con el interés público y la presente ley y sus disposiciones. El Negociado de Administración de Telecomunicaciones formula las siguientes normas y reglamentos: De acuerdo con el principio de neutralidad tecnológica, se permite brindar múltiples servicios en una red, lo que promueve efectivamente la integración de servicios y es beneficioso para el desarrollo tecnológico del país. (Asamblea Nacional, 2015).

Dentro del artículo veinte de la LOT, en cuanto a las obligaciones y limitaciones tenemos:

La autoridad reguladora de telecomunicaciones establecerá obligaciones específicas para garantizar la calidad y expansión de los servicios de telecomunicaciones y prestar los servicios de telecomunicaciones en condiciones privilegiadas, garantizar la igualdad de acceso o imponer las restricciones necesarias para proteger el interés público, todas ellas con carácter obligatorio. (Asamblea Nacional, 2015).

La LOT, en su artículo veintidós, numerales 1 y 2, regula los derechos de los usuarios a los servicios de telecomunicaciones a saber:

“La gestión y recepción continua, regular, eficiente, de calidad y eficiente de los servicios de telecomunicaciones convenidos” (Asamblea Nacional, 2015)

“Libre elección de proveedores de servicios, planes de servicios, modalidades de contratación y dispositivos finales de los servicios contratados” (Asamblea Nacional, 2015)

Art. 15.- Obligaciones. - Los propietarios de redes físicas aéreas tendrán las siguientes obligaciones (Arcotel, 2015):

1. Identificar sus redes físicas aéreas de conformidad a los criterios técnicos establecidos en esta Norma.
2. Retirar y asumir el costo por retiro de los insumos e infraestructura tecnológica en desuso que actualmente no mantienen abonados/clientes/ suscriptores de conformidad con esta Norma.
3. Mitigar el impacto visual que genera el tendido de redes físicas aéreas, conforme a lo establecido en la presente norma técnica y en ordenamiento jurídico vigente.
4. Efectuar los trabajos de instalación, mantenimiento preventivo y correctivo de su red física aérea, cumpliendo las normas de seguridad industrial vigentes.

Capítulo III

Desarrollo de la Propuesta

3.1 Metodologías de investigación

Se presentan las metodologías de investigación utilizadas en el estudio, las mismas se detallan en los ítems subsiguientes:

3.1.1 Bibliográfica

Este tipo de diseño es fundamental para conformar el marco de referencia que le da el soporte académico y científico necesario por medio de la revisión de documentos en bases de datos como repositorios institucionales, revistas de carácter científico, documentos y guías de diseño.

3.1.2 Descriptiva

Según el propósito se emplea una investigación descriptiva ya que se pretende buscar y visualizar datos con la mayor exactitud para a través de esa información lograr determinar la capacidad de la red que está actualmente y posibilite a realizar una proyección a futuro.

3.1.3 Cualitativo/Cuantitativo

El trabajo se desarrolla bajo un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo. El enfoque cualitativo permite comprender de forma cercana la situación actual de la red por medio de la información subjetiva de carácter crítico de la población de estudio, para de esa forma describir todas sus características. Por otro lado, el enfoque cuantitativo, contribuye en la generación fundamentada de la capacidad de la red lo cual deriva en la propuesta de red.

3.1.4 De Campo

El diseño de campo ha permitido obtener información de la situación actual de la empresa, ha servido para conocer sus inicios en la distribución del internet, que dicho sea paso la misma se la ha realizado por medios inalámbricos, quedando algunos clientes aún bajo ese sistema. Cabe señalar que, tras pedido formal, se ha logrado la información requerida, la misma ha sido proporcionada por el propietario del emprendimiento Ing. Julio Saavedra Palacios en temas relacionados a: costos de equipos, cobertura, competencia, posibilidad de proyecciones con la red. A través de la observación se ha podido apreciar que

el negocio no cuenta con ningún medio visible que identifique a la empresa como tal, dentro del sector referido, consultando el motivo con el propietario, nos ha podido manifestar que es por motivos de seguridad y para evitar la extorsión.

3.2 Objetivo de la propuesta

Determinar la factibilidad de migrar hacia un sistema DWDM con el fin de mejorar la conectividad.

3.3 Propuesta de red bajo el sistema DWDM

La presente propuesta bajo la tecnología DWDM, se fundamenta en la necesidad de poder brindar a los abonados del sector El Recreo-Durán una nueva experiencia de calidad en lo relacionado al servicio de internet con tecnología, velocidades y equipos que cumplan con las exigencias actuales de conectividad. Esto traerá beneficios no solo a los abonados sino a misma empresa SAAVNET, que podrá posicionarse en el mercado actual y con posibilidad de extenderse a otros sectores dentro del cantón Duran e irse abriendo paso hacia el noreste hacia otros cantones y provincias.

3.3.1 Topología y diseño de la red

La topología que la empresa SAAVNET utiliza en la actualidad es la topología punto a punto, en tal sentido la misma tecnología se ha de aplicar en la actualización a la red DWDM ya que es la más idónea tomando en cuenta las características de la red y del medio físico en que se transporta, con beneficios en cuanto a privacidad, mayor velocidad, comunicación ágil y eficiencia para la empresa. Con desventaja en cuanto a seguridad, pero esta es compensada con la creación de una ruta propia de transferencia de datos. El diseño de la red bajo DWDM va a permitir emitir señales múltiples por un mismo canal y con un nivel alto en cuanto a la transmisión. Además, por cada canal se va a poder transmitir todo tipo de formato, ya sea en forma sincrónica o asincrónica, digital o analógica.

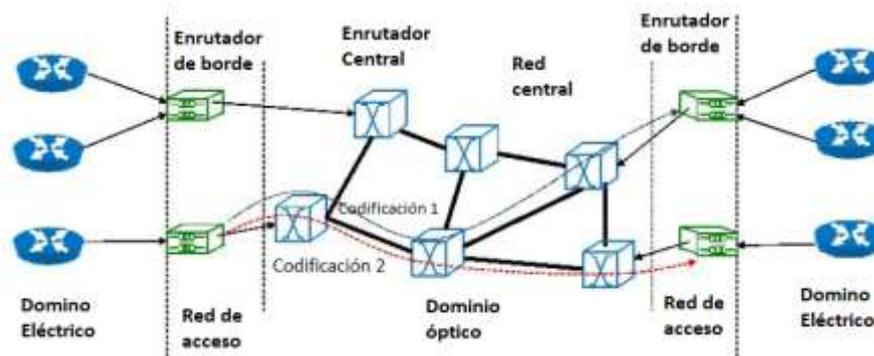


Figura 28. Esquema de red óptica en su totalidad

En la figura 28 se puede apreciar el esquema de una red totalmente óptica desde el inicio hasta el final, lo cual representa tener un mejor aprovechamiento de los recursos de red y una gran capacidad de gestionar la misma. Puede ser aprovechada para transmitir datos a grandes distancias con una alta velocidad, flexibilidad y con una transmisión transparente.

3.4 Simulación de enlace DWDM

En la presente propuesta, el sistema DWDM ha sido planteado mediante simulación para determinar la factibilidad técnica de migración a la red mencionada. Para lo cual se ha utilizado como herramienta el software OptiSystem, el mismo va a permitir realizar la planificación, realizar el diseño, las pruebas necesarias y ejecutar la simulación.

Dentro del programa OptiSystem se ha realizado las respectivas configuraciones tanto en la OLT como en los canales de transmisión y en los terminales ópticos que vienen a constituir los usuarios finales.

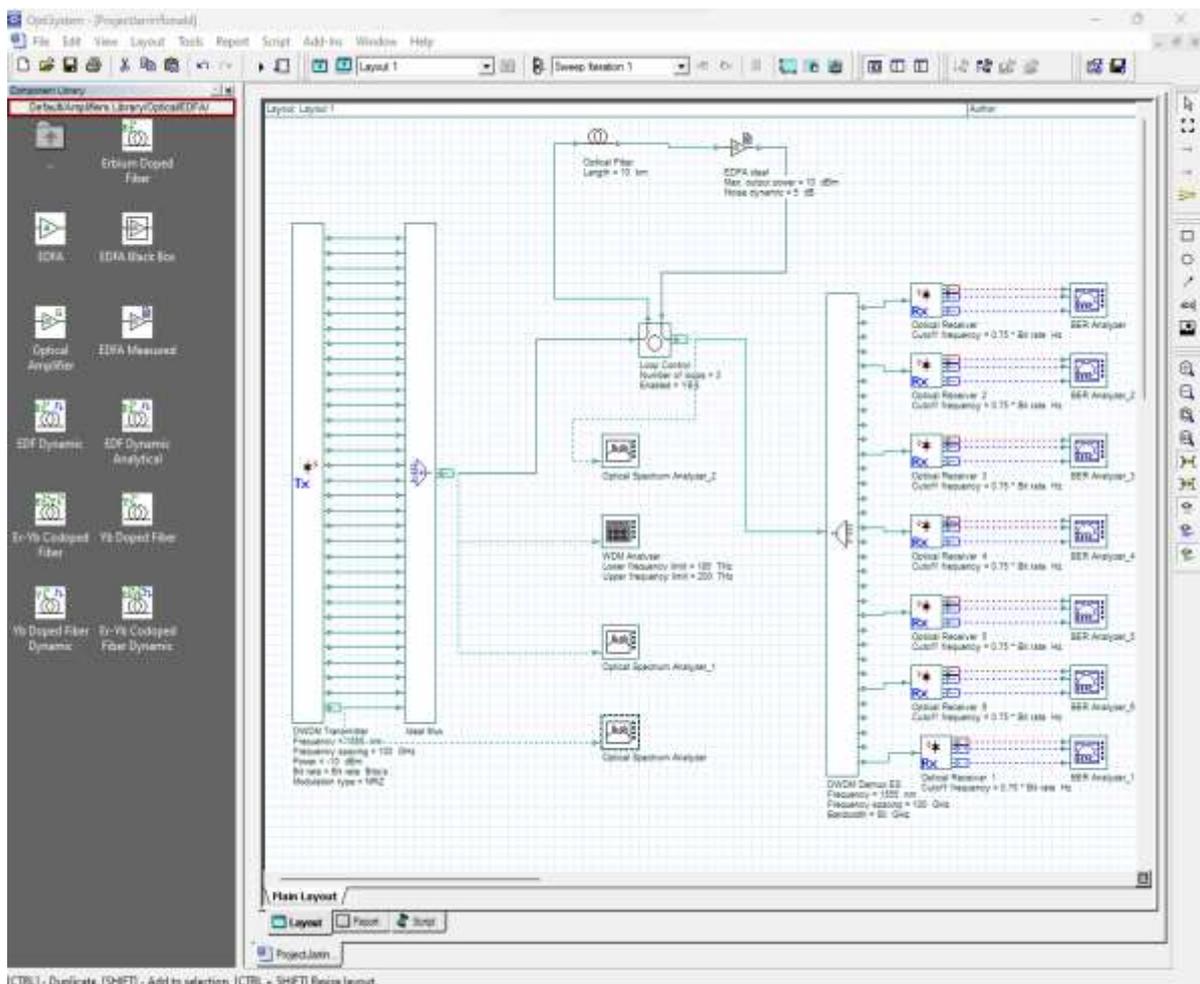


Figura 29. Diseño de red DWDM en OptiSystem para simulación de la misma

En la figura 29 se muestra la creación de una red óptica utilizando la multiplexación por división de longitud de onda densa, conocida como DWDM. Dentro del diagrama se ha ido añadiendo cada uno de los componentes de la red. Para el envío de la señal se tiene elementos como: un DWDM transmisor (Tx), un multiplexor (Ideal Mux) de 32 puertos, el EDFA ideal, el Loop control, la fibra y el amplificador óptico.

En la parte de la recepción se ha utilizado un demultiplexor de 32 puertos conectado al Loop de control, además se ha utilizado un receptor óptico y para la visualización del respectivo diagrama de ojo se ha utilizado el Ber Analyzer.

Se ha utilizado el multiplexor y demultiplexor de 32 puertos para que la simulación dentro del OptiSystem corra con fluidez, esto en base a las características del equipo de computación donde se encuentra instalado el software, el mismo que es de gama media y conociendo que dentro del sistema DWDM en redes MAN y WAN, los canales por fibra son de 32 a 80.

Para la visualización de las señales de entrada se ha integrado en el diseño tres analizadores del espectro óptico ubicados en las secciones respectivas de división de la señal, se cuenta además con analizador WDM. Cabe resaltar que la simulación es en escenario ideal, lo cual podrá ser visualizado en los diagramas de ojo por medio del Ber Analyzer a la salida de cada receptor óptico conectado al demultiplexor.

En lo relacionado con las distancias de recorrido de fibra considerados en la simulación para una posible expansión, se ha tomado como referencia los 10 Km, mismos que corresponden a la distancia entre el Campo Santo Parque de la Paz en Durán hasta el peaje de la población de Yaguachi. Los 20 Km, corresponden hasta la salida de la población de Yaguachi y los 50 Km, es considerando el recorrido hasta la población de Jujan, pasando por el Recinto Tres Postes.

3.4.1 Parámetros de configuración en la OLT

En la figura 37 se puede apreciar las configuraciones realizadas para el transmisor DWDM. Dentro de las propiedades se observa el número de puertos de salida, en este caso se han fijado 32 puertos. En cuanto al parámetro de frecuencia que tiene relación con el ancho de banda, ha sido fijado en 1555nm. El espaciado de frecuencia o longitud de onda se ha determinado en los 100 GHz y la potencia en -10dB.

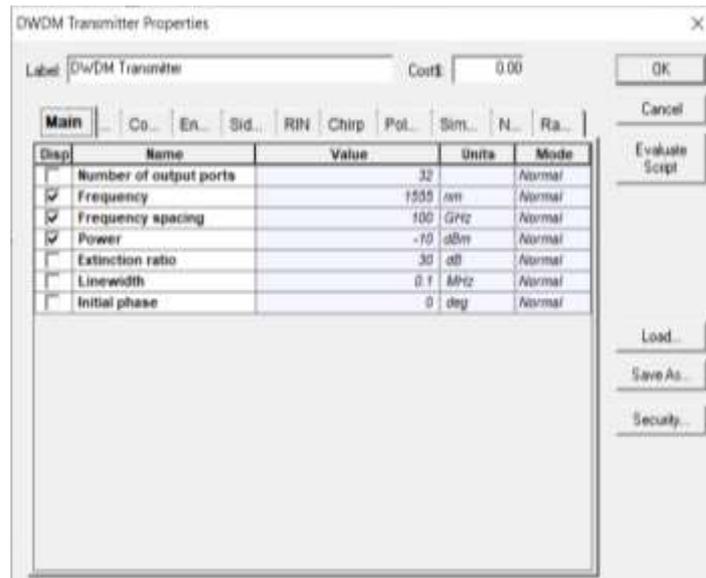


Figura 30. Configuración de parámetros en la OLT DWDM dentro de la simulación con OptiSystem

3.4.2 Parámetros de configuración de los canales de transmisión

La figura 31 presenta la configuración de las propiedades de la fibra óptica, en ella se ha definido la referencia por usuario y la longitud de onda de referencia, esta última en 1550nm. Se ha utilizado para efectos de la simulación una longitud de 10 Km, esto para no saturar la simulación y que el tiempo de respuesta de presentación de la información sea menor. La atenuación fijada dentro de las propiedades es de 0.2 dB/km, el tipo de atenuación es constante.

Los efectos de atenuación están en esta ocasión activados para simular alguna consecuencia relacionada con este aspecto.

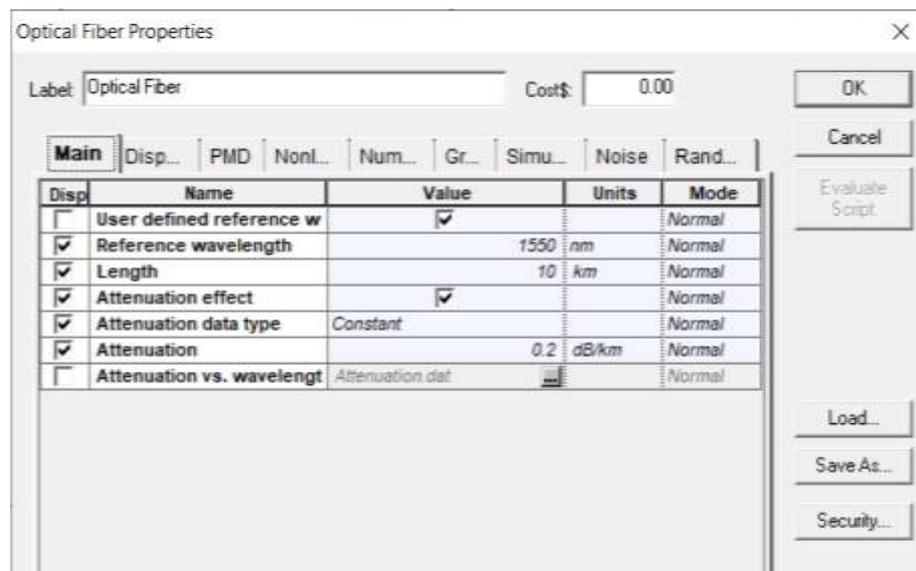


Figura 31. Configuración de las propiedades del canal de transmisión, dentro de la simulación con OptiSystem

3.4.3 Parámetros de configuración del terminal óptico

Dentro de las propiedades del receptor de señal óptica, se ha realizado la configuración de dicho terminal en lo relacionado a la programación del foto-detector, con una ganancia de 3dB, una relación de ionización de 0.9, con una capacidad de respuesta de 1A/W y corriente de 10 nA, como se muestra en la figura 32.

Adicionalmente se ha configurado dentro de estas propiedades la frecuencia de corte, la misma que es de 0,75 x tasa de bit.

La frecuencia central ha sido valuada en 193.1 THz, este valor se encuentra configurado dentro de la pestaña Downsampling, igualmente dentro de las propiedades del receptor óptico.

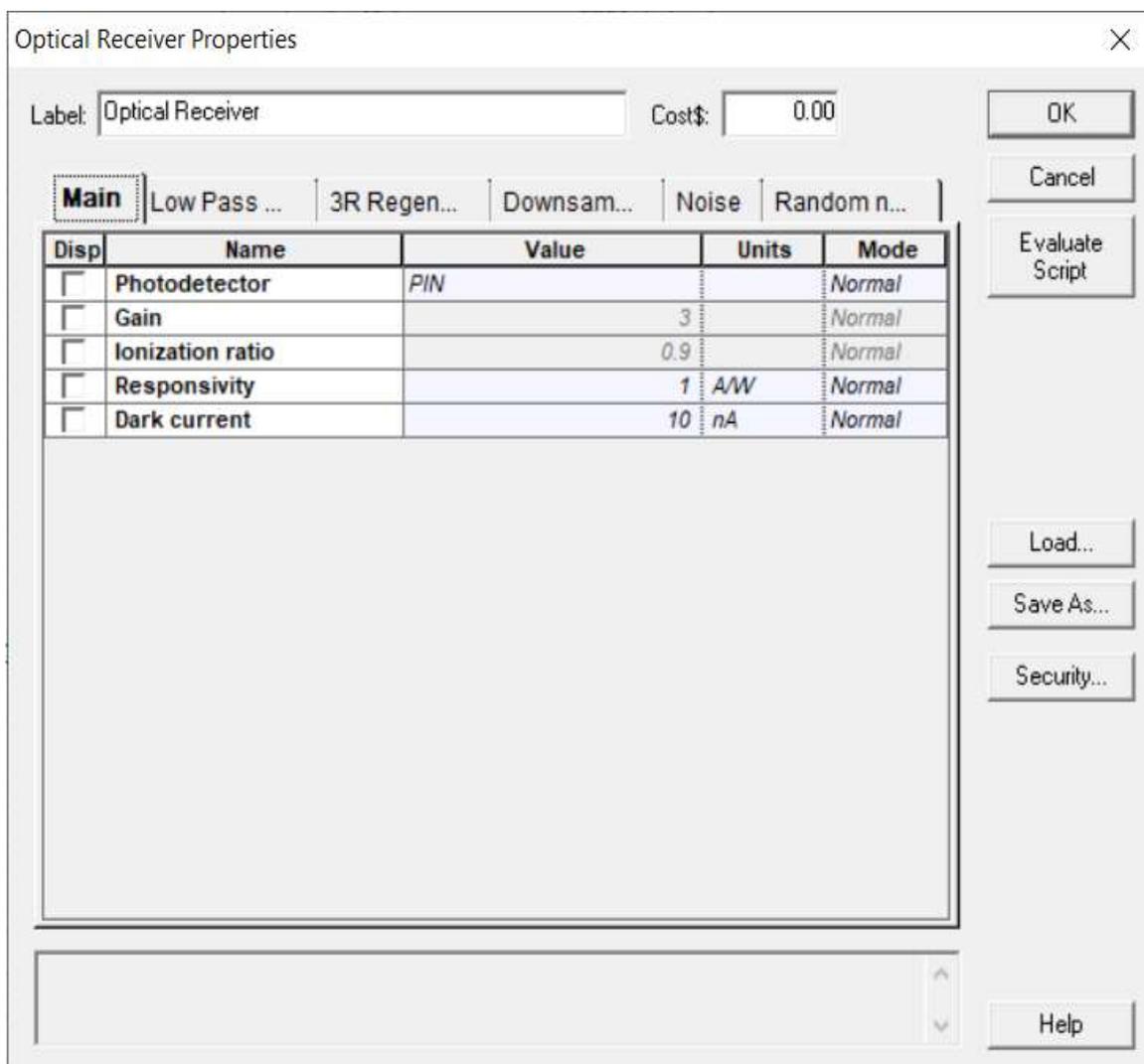


Figura 32. Configuración de las propiedades del terminal óptico, dentro de la simulación con OptiSystem

3.5 Resultados obtenidos en la simulación de la red DWDM

Una vez corrida la simulación se muestran los resultados numéricos y gráficos del BER Analyzer en los parámetros *Q Factor*, *Min Ber*, *Límite*, *Altura*, *Patrón Ber*. Además, se muestra el diagrama de ojo óptico. Las gráficas corresponden a la salida número 16 del receptor óptico

Las figuras 33 y 34, muestran las gráficas de la simulación de la red DWDM. Dentro del *Q Factor* el valor máximo es de 10.2106 y el *Min. Ber* es de $8.8752e-025$.

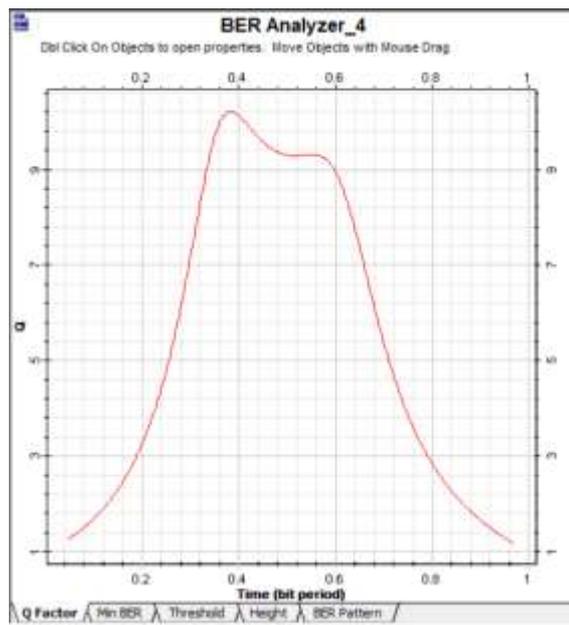


Figura 33. Gráfica del Q Factor dentro de la simulación de la red DWDM a 10 km

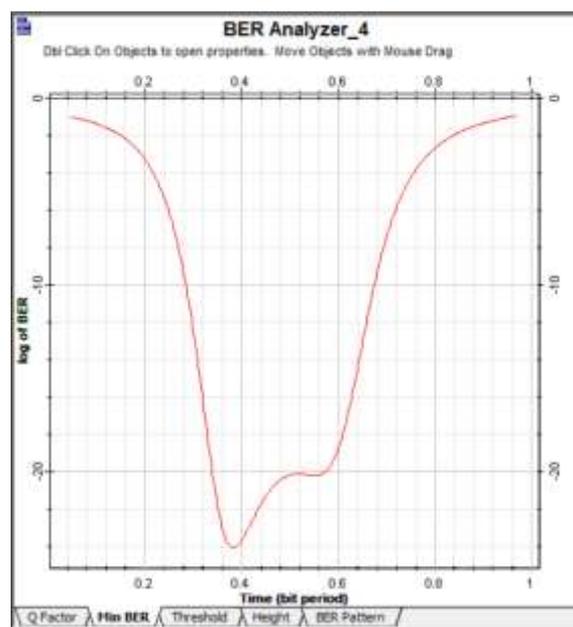


Figura 34. Gráfica del Min BER dentro de la simulación con OptiSystem a 10 km

Las figuras 35 y 36, muestran las gráficas dentro de la simulación de los parámetros Threshold con un valor de 0.000404625 y el *Eye Height* con un 0.000461404.

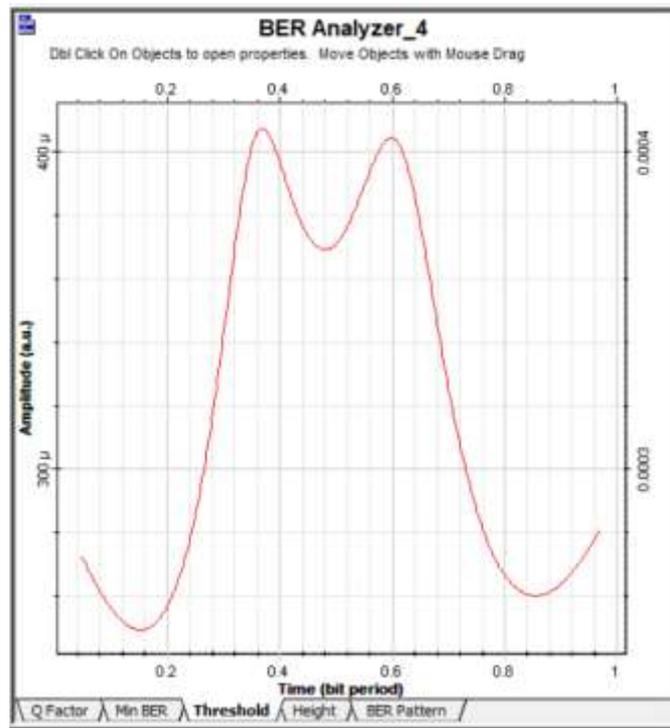


Figura 35. Gráfica correspondiente al límite dentro de la simulación de la red DWDM a 10 km

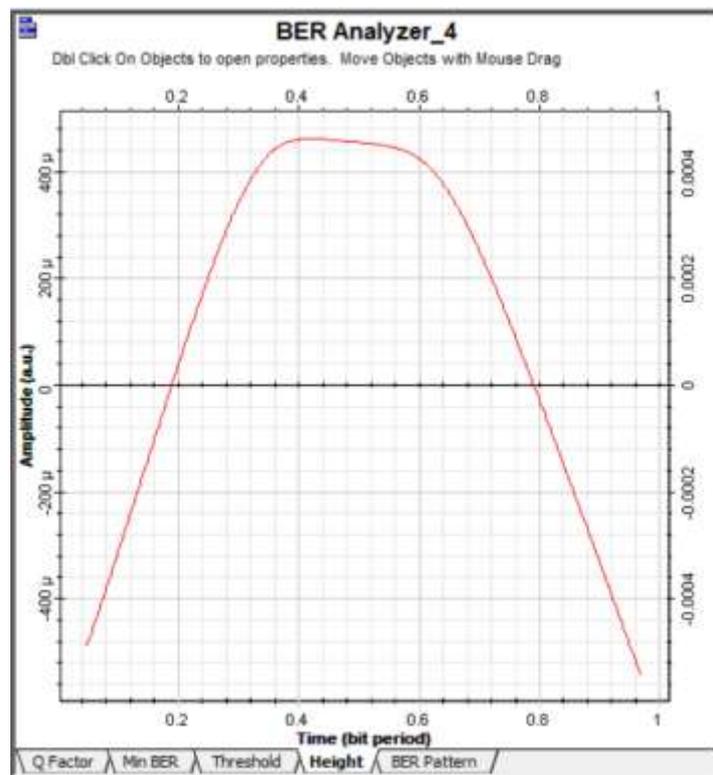


Figura 36. Gráfica relacionada con la altura en la red DWDM a 10 km

En la figura 37 se muestra el patrón BER del área definida por el usuario en cuanto a la amplitud y el tiempo.

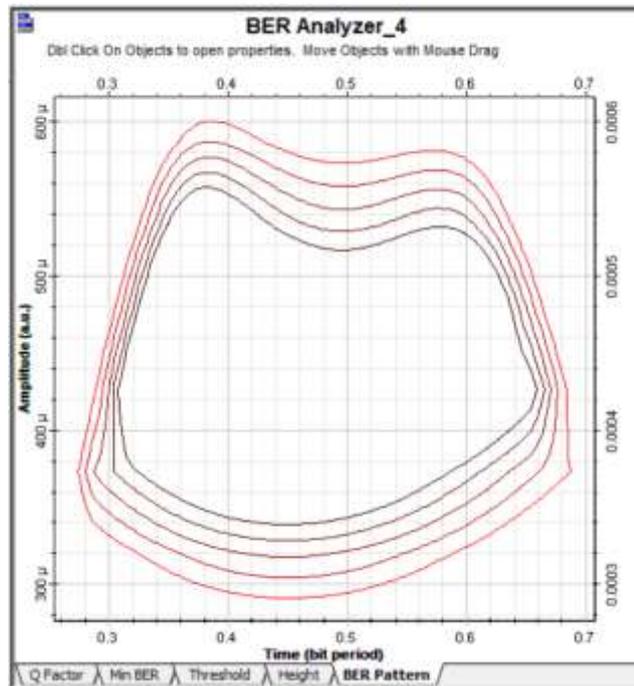


Figura 37. Gráfica correspondiente al BER Pattern a 10 km

El patrón no es uniforme porque el mismo cambia a medida que recorre el ojo y además por la distorsión. En términos generales el BER Pattern lo vamos a ver centrado justo a la mitad del ojo, como se muestra en la figura 38 con sus respectivos valores Patterns.

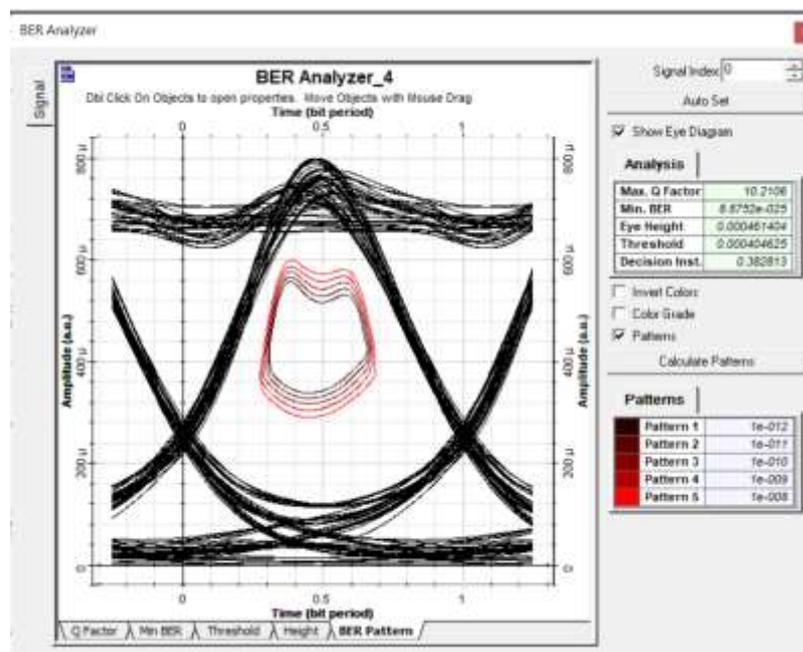


Figura 38. BER Pattern dentro del diagrama de ojo

Las figuras 39, 40 y 41, muestran el diagrama de ojo que presenta la simulación de la red DWDM a 10 Km, 20 Km y 50 Km.

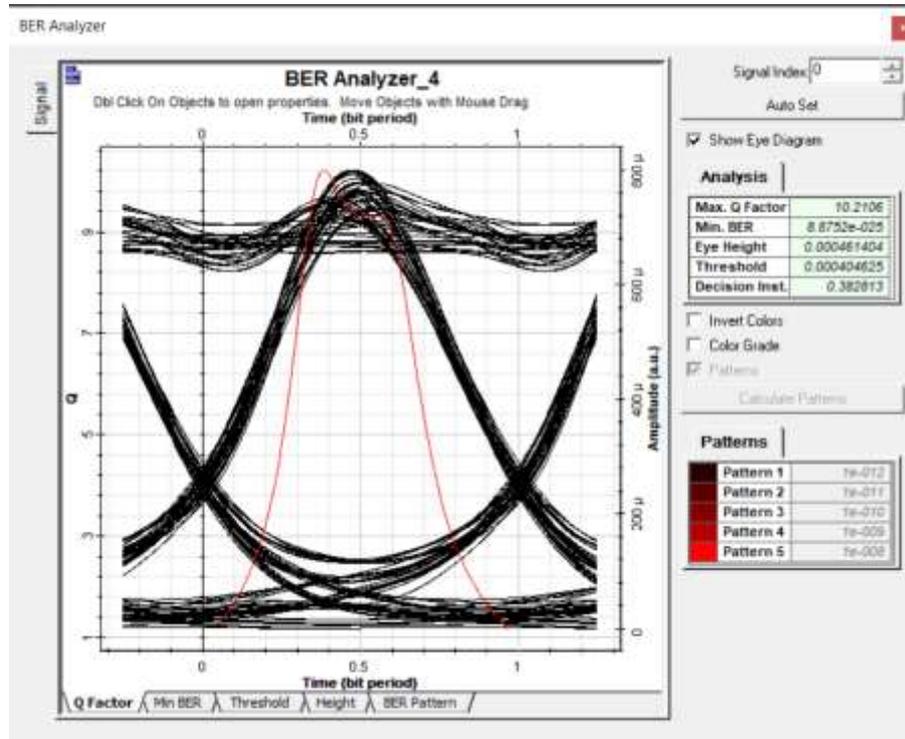


Figura 39. Diagrama de ojo en simulación de la red DWDM con tendido de fibra a 10 Km.

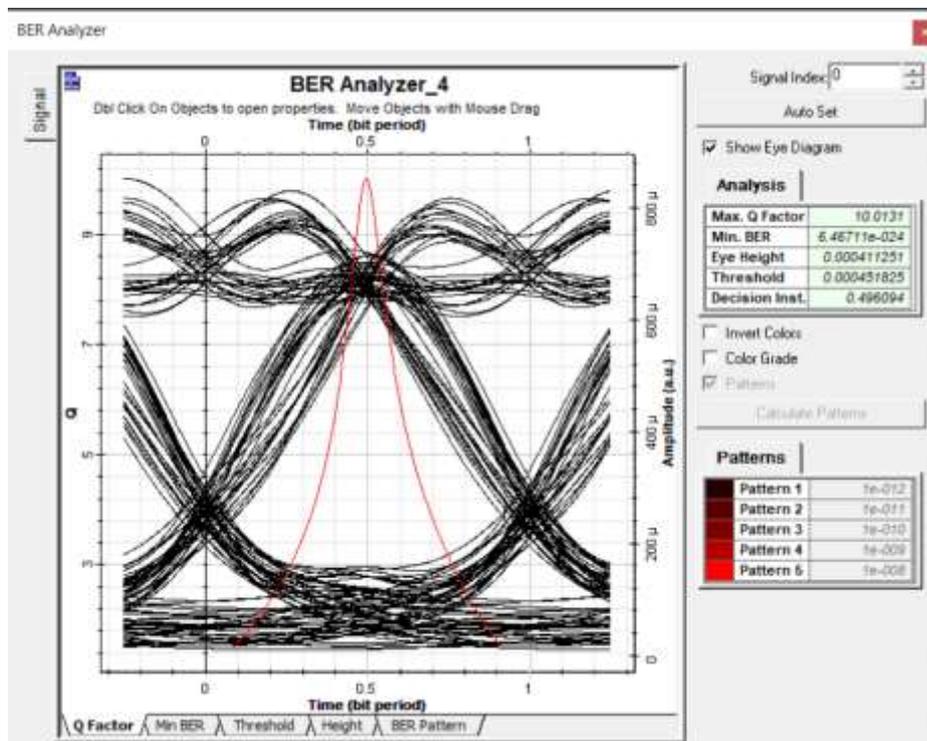


Figura 40. Diagrama de ojo en simulación de la red DWDM con tendido de fibra 20 Km.

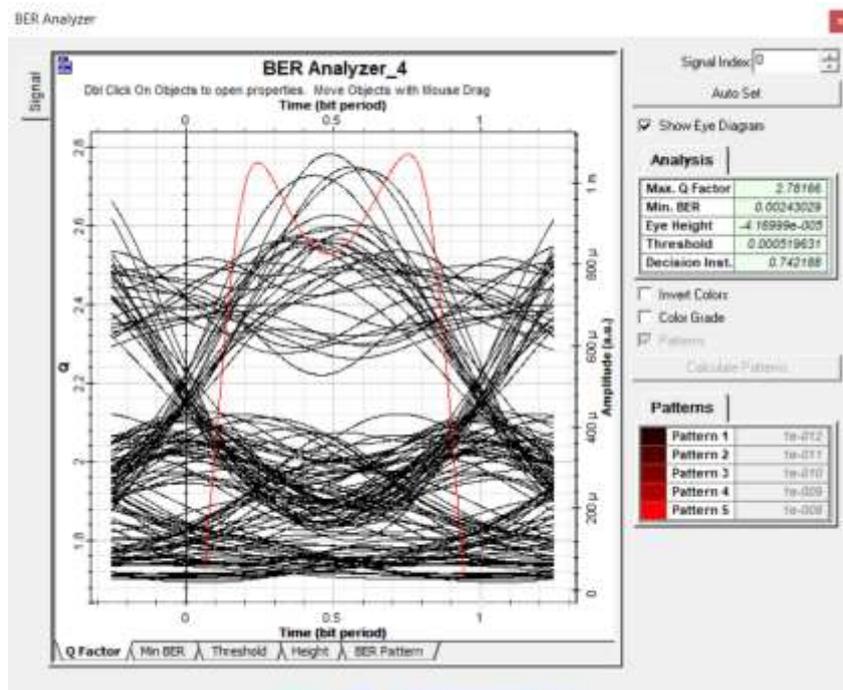


Figura 41. Diagrama de ojo en simulación de la red DWDM con tendido de fibra a 50 Km.

3.6 Análisis de resultados de la simulación

La tabla 5, presenta los valores correspondientes al Q Factor con las simulaciones realizadas con una distancia de fibra óptica de 10 km, 20km y 50 km; cuyos valores han sido tomados del BER Analyzer a la salida de los seis receptores considerados para la muestra.

Tabla 7: Max Q Factor según distancia 10km, 20km, 50km

Salidas del receptor	Max Q Factor a:		
	10 km	20 km	50 km
1	10,8402	10,3225	2,8697
5	9,4126	9,5475	3,0058
11	9,5857	8,8448	2,9839
16	10,2106	10,0131	2,7817
22	10,5214	9,9669	2,9241
27	10,7514	10,1732	2,7792
32	12,8949	9,8738	2,9406

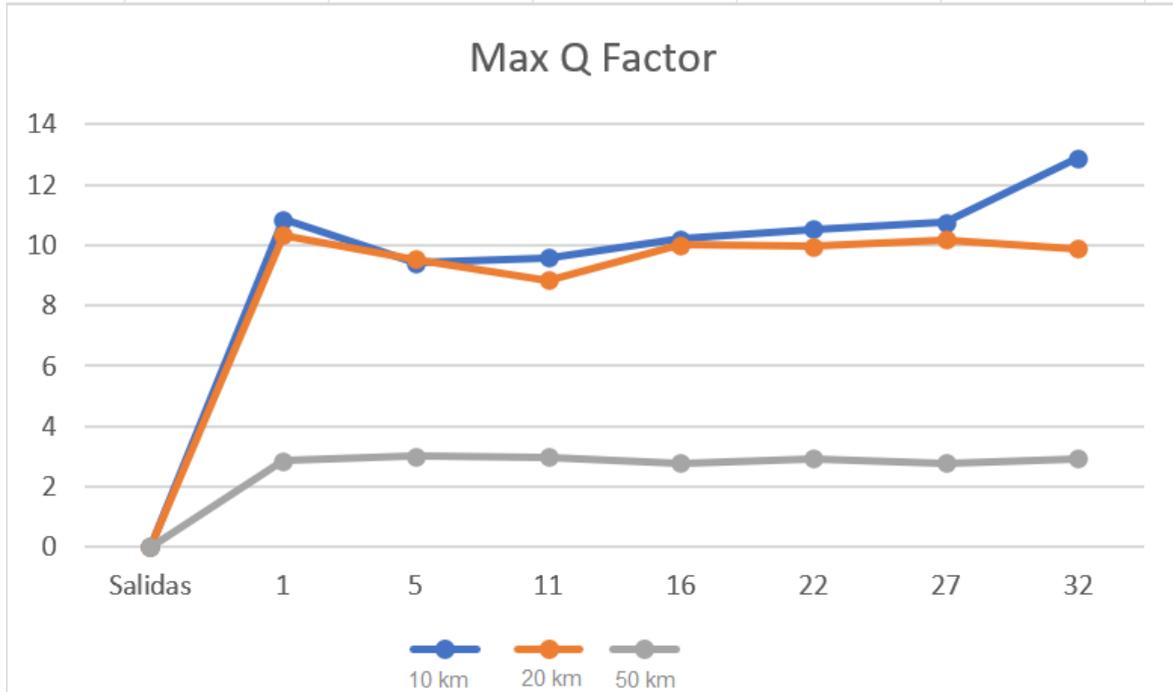


Figura 42. Gráfica comparativa del Max Q Factor a 10 km, 20km y 50 Km.

La simulación de la transmisión DWDM se ha realizado a través de 32 canales con un espacio de 100 GHz entre canales.

El medio óptico utilizado ha sido fibra monomodo en distancias de 10 km, 20 km y 50 km para efectos de la simulación.

La parte final de la red la ha conformado un demultiplexor compuesto igualmente de 32 canales, con sus respectivos foto-detectores ADP y los BER Analyzer como comprobadores.

En la figura 42, se puede apreciar cómo con el aumento en la distancia de recorrido de fibra óptica se va disminuyendo considerablemente el Q Factor y se va degradando la conexión como se puede apreciar en el diagrama de ojo de la figura 41 correspondiente a una distancia de 50 km de fibra.

Tomando en consideración los resultados obtenidos y el patrón en el diagrama de ojo, relacionados a una distancia de 10 km de fibra, se puede considerar que las conexiones realizadas en estos tramos son de alta calidad, esto en base a los valores obtenidos en el BER que van de 10 a 9 como se aprecia en la figura 39. Además, en la misma grafica se puede apreciar el nivel de apertura del ojo óptico, el cual determina que a 10 km, no se presenta un nivel de ruido exagerado, el ojo óptico se encuentra despejado, lo que no ocurre con la simulación realizada con 50 km especialmente y mostrada en la figura 41.

3.7 Análisis de Factibilidad

3.7.1 Factibilidad Operacional

Luego de culminar el actual estudio de factibilidad del diseño de una red de fibra óptica para la empresa “SAAVNET” basada en tecnología OTN-DWDM para proveer internet en la ciudadela “El Recreo” del cantón Duran en base a los resultados del análisis de factibilidad, se logró identificar los equipos que se utilizarían para migrar en el diseño de una red de fibra óptica DWDM.

Esta red mediante la simulación ha estado acorde al funcionamiento de acuerdo con su diseño. Podremos entender cómo factible su operatividad en base a los resultados.

3.7.2 Factibilidad Técnica

El estudio de factibilidad de una red de fibra óptica para mejorar la comunicación para la empresa SAAVNET en la ciudadela el recreo del cantón Durán, es técnicamente muy factible ya que mediante la entrevista al gerente de la empresa se ha determinado que existe una insuficiencia en la velocidad de transmisión de datos entre el programa y el centro de datos. También vale la pena señalar que en varias ocasiones la red tiende a colapsar, lo que generalmente causa daños.

La cantidad de equipos o dispositivos conectados a la red, el medio de transmisión inalámbrica, que ralentiza la señal cuando hay suficientes computadoras conectadas a la vez y provoca la pérdida de datos.

3.7.2.1 Comparativa de beneficios de migrar a la red óptica DWDM

Tabla 8: Beneficios de migrar de red actual a red DWDM

Parámetros a considerar	Actual CDWM	Migrar a DWDM
Espacio entre los canales	20 nm	25GHz, 50GHz, 100GHz, 200GHZ 0.2nm, 0.4nm, 0.8nm, 1.6nm
Número de canales	Mayor a 160 canales	Hasta 18 canales
Amplificación óptica	No disponible	Sí dispone
Velocidad mayor a 10Gbps	No disponible	Sí dispone

3.7.3 Factibilidad económica

En los costos de migración de la red actual hacia la red DWDM se ha incluido los costos en equipos actualizados y en sistemas de control de fallos, mismos que son necesarios para el transporte y funcionamiento de esta red.

Los valores en el equipamiento y software para la actualización del sistema se presentan en la tabla 7.

Tabla 9: Costos para la migración a red DWDM

Descripción	Total \$
Una Mini 10G OLT HUAWEI MA5608T	2,933.77
100 unidades de ONT Huawei EG8145X6 con Wi-Fi 6	7,617.43
Un Amplificador de fibra dopada con erbio	1,871.00
Sistema para pruebas de fibra de fallos de fibra óptica	4,500.00

Tabla 10: Análisis costo-beneficio

Costo	Beneficio
Migración a DWDM	Se va a obtener una red más flexible y robusta con capacidad de transporte de tráfico intenso para clientes actuales y nuevos usuarios.
Compra de equipos y soluciones	Se va a lograr aprovechar al máximo los recursos de red. Se podrá ampliar la cobertura a otros sectores del país.
Inversión	Capacidad de obtener mayores utilidades anuales.
Mantenimiento	Se va a obtener una red confiable y con disponibilidad permanente

Retorno de inversión por inyección de capital (ROI)

Se ha realizado la medición del retorno de la inversión generada en la migración hacia la red DWDM. Para el cálculo se ha utilizado la fórmula del ROI a continuación:

$$ROI = \frac{\text{ingresos} - \text{inversión}}{\text{inversión}} \times 100\%$$

$$ROI = \frac{26400 - 16900}{16900} \times 100$$

$$ROI = 56\% \text{ retorno en 1 año}$$

Los valores referidos son en base a la tabla 7. El valor de la inversión corresponde a la suma de los valores descritos y el ingreso anual, producto de 100 usuarios nuevos a \$22 c/u por mes.

3.7.4 Factibilidad ambiental

Dentro del aspecto relacionado al medio ambiente es factible utilizar medios ópticos, al ser el impacto dentro de este aspecto, significativamente menor en comparación con la utilización de cobre, además de tener mayor velocidad, ser más eficiente, lograr un menor consumo energético en los equipos y obtener dentro de las capas de red un mayor ciclo de vida.

3.7.5 Factibilidad social

En la actualidad resulta muy factible el desarrollo y la masificación de proyectos de conectividad a través de fibra óptica de nueva generación, al coincidir todos los actores dentro de la población, en la necesidad de reducir la brecha digital buscando que, cada vez más ciudadanos vayan teniendo acceso a las TIC, mediante conexiones de gran velocidad y servicios de mejor calidad.

3.7.6 Factibilidad legal

En caso de optar la empresa SAAVNET por la migración hacia el nuevo sistema DWDM, no tendría impedimentos legales por cuanto la misma ya cuenta con los permisos respectivos y contratos de alquiler por donde corre ya en la actualidad los cables de fibra óptica, esto es por los postes de alumbrado público. En este caso sólo se estaría realizando la migración a equipos que generen un mejor servicio.

3.8 Conclusiones

- En base al crecimiento exponencial de las conexiones y dispositivos, que requieren conectividad a internet de mejor calidad, es necesario aplicar nuevas tecnologías como el sistema DWDM que satisfagan las necesidades de este crecimiento, esto sin la necesidad de realizar nuevos tendidos de fibra, sino migrando con equipos y técnicas actualizadas, lo que conlleva una inversión de alrededor de \$15.000, monto analizado y desglosado en la propia tesis, con análisis mediante fórmulas que estiman un retorno de hasta el 50% de la inversión luego del primer año, lo significa un ahorro en costos futuros.
- Mediante la fórmula de retorno de inversión para inyección de capital, en este caso para una posible compra de equipos de nueva generación se ha determinado que en dos años ya habría recuperado el valor invertido, siempre y cuando se mantenga un excelente servicio, cotización y compra de equipos adecuados e inversión planificada.
- Para el desarrollo de la migración al sistema DWDM es importante que todos los actores dentro de la empresa conozcan todas las características y propiedades de los elementos que constituyen e interactúan en la red en especial los equipos a ser instalados a los usuarios finales, en este caso las ONT provistos con el nuevo estándar conocido como Wi-Fi 6 y cuya correcta configuración va a brindar la mejor solución acorde a las necesidades de los abonados.
- En el análisis y determinación de factibilidad de migración a una red con el sistema óptico DWDM, el software de simulación OptiSystem, ha sido útil para establecer el comportamiento del enlace y los efectos que se han producido en intervalos de tiempo. La instalación del software en un equipo de gama media ha permitido que las simulaciones se generen en un tiempo aceptable, permitiendo visualizar las señales en variadas secuencias, lo que genera una visión del comportamiento de la red en la práctica y es de mucha utilidad para este tipo de proyectos.
- En la simulación de la transmisión DWDM en los 32 canales, utilizando un espacio de separación de 100 GHz. Se ha determinado a través del BER y el Max Q Factor, que la modulación con formato RZ tiene un mejor rendimiento, se aprovecha la velocidad al máximo y se obtiene una baja tasa de error en sistemas con compensación de dispersión a largas distancias.

3.9 Recomendaciones

- Se puede considerar como forma de retorno de la inversión, el alquiler de la red DWDM a otros pequeños operadores que tengan recelo en realizar la alta inversión inicial que requiere este tipo de proyectos. En alquiler consiste en que puedan utilizar puertos de la OLT, ya que el equipo considerado en la propuesta contiene 32 puertos para 128 usuarios por puerto. Dicho alquiler aparte de generar beneficios fomenta a otros operadores a conocer e invertir en nuevas tecnologías.
- Con la implementación del sistema óptico DWDM, se puede iniciar, de cara al apagón analógico de la TV ecuatoriana, con brindar el servicio de televisión digital en HD, servicio que no se está ofreciendo por parte de ningún operador con redes de fibra óptica, sólo se realiza por medio de antenas satelitales.
- En cuanto a los softwares de simulación, se recomienda configurar los parámetros y valores de forma adecuada, principalmente en cuanto a la frecuencia y al espaciado de la misma esto para los resultados del enlace sean los adecuados y en cuanto a los componentes como el multiplexor y demultiplexor con un equipo de mejores características se puede ir aumentando las salidas a 64, 96 y 128 e ir calculando la demora en la presentación de los resultados.
- Se recomienda la capacitación para una correcta configuración de los equipos ONT instalados a los usuarios, en especial a lo relacionado a la habilitación de los canales de 2.4 y 5 GHz, mismos que en la actualidad están siendo configurados en conexión automática provocando ciertos errores en los dispositivos móviles con tecnologías actuales.

Anexos

Anexo N° 1

Datasheet OLT-10G Huawei MA5608T

MA5608T Datasheet

[Get a Quote](#)

Overview

The MA5608T is the Huawei SmartAX MA5600T model, providing 5 slots. Huawei SmartAX MA5600T is the global first OLT which integrates the functionality of aggregation switch and edge router. It can provide high-density GPON, 10GPON and Ethernet P2P optical access, triple play service, TDM/ATM/Ethernet leased line services for business customers and high precision clock, and high-density GE/10GE interfaces for cascading remote access equipments. MA5600T helps to simplify network architecture, to improve network reliability and lower TCO essentially.

Quick Spec

Table 1 shows the quick spec.

Model	MA5608T
(W/D/H) mm	442×233.5×88
Cabinet	Indoor: N63E-22 Outdoor: F01S200
Configuration	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
MTBF	≈45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	720Gbit/s
Switching Capacity of the Control Board	N/A
Access Capacity	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE
Maximum uplink port (GIU)	-

Specification

MA5608T Specification	
(W/D/H) mm	442×233.5×88
Operating Environment	Temperature: -40°C to +65°C RH: 5% to 95%
Power Parameter	Supports DC and AC power supply modes, and dual-power supply protection. Provides battery for power backup when AC power is used.
Cabinet	Indoor: N63E-22 Outdoor: F01S200
Configuration	control board: 2 Service board: 2 Power interface board: 1
MTBF	≈45 years
Switching Capacity of the Backplane Bus	720Gbit/s
Switching Capacity of the Control Board	N/A
Access Capacity	• 8*10G GPON • 32*GPON • 96*GE
Maximum uplink port (GIU)	-

Anexo N° 2

Datasheet ONT WI-FI 6 Huawei EG8145X6



Datasheet

EG8145X6 Datasheet 01

Huawei intelligent GPON and Wi-Fi 6 routing-type ONT

Overview

The Huawei OptiXstar EG8145X6 is an intelligent GPON and Wi-Fi 6 routing-type ONT. It uses the GPON Wi-Fi 6 technology to implement ultra-broadband access, high performance and wide coverage for users. The high forwarding performance ensures the user experience of voice, data and HD video services, and provides customers with an ideal all-optical access solution and future-oriented service support capability.

It provides 4 GE ports, 1 POTS port, 1 USB port and 1 2.4G&5G Wi-Fi port.

- Next generation Wi-Fi 6 technology
- Smart service
- Smart interconnection
- Smart O&M



Device Parameters

Operating temperature	0°C to 40°C	NNI	GPON
Operating humidity	5% RH to 95% RH (non-condensing)	UNI	4*GE+1*POTS+2.4G/5G Wi-Fi 6+1USB
Power adapter input	100–240 V AC, 50/60 Hz	Optical connector	SC/APC
System power supply	11–14 V DC, 1.5 A	Indicators	Power/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS
Static power consumption	6 W	Weight	About 372 g
Maximum power consumption	18 W	Dimensions (H x W x D) (without external antenna and pads)	35 mm x 195 mm x 125 mm
Memory	128M Flash, 256M RAM		

Interface Parameters

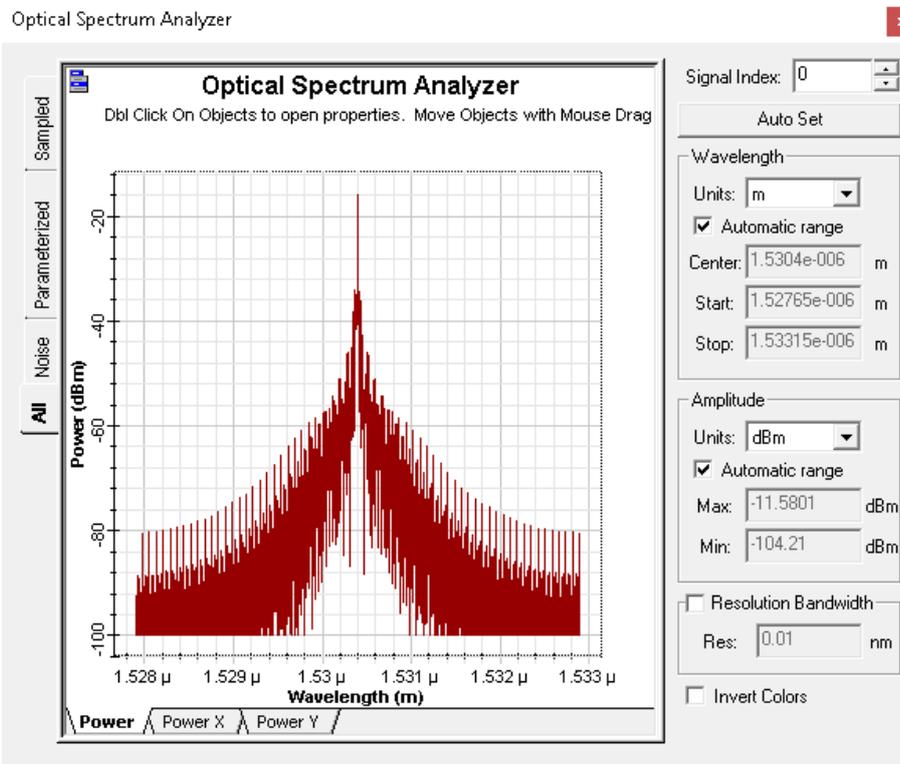
GPON port <ul style="list-style-type: none"> • Class B+ • Receiver sensitivity: -27 dBm • Overload optical power: -8 dBm • Wavelengths: US 1310 nm, DS 1490 nm • Wavelength blocking filter (WBF) of G.984.5 • Flexible mapping between GEM Port and TCONT • GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3 • Bi-directional FEC • SR-DBA and NSR-DBA • Type B (single-homing&dual-homing) 	POTS port <ul style="list-style-type: none"> • Maximum REN: 4 • G.711A/μ, G.729a/b and G.722 encoding/decoding • T.30/T.38/G.711 fax mode • DTMF • Emergency calls (with the SIP protocol)
	USB port <ul style="list-style-type: none"> • USB2.0 • FTP-based network storage • File/Print sharing based on SAMBA • DLNA function
WLAN <ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.11 b/g/n/ax (2.4G) • IEEE 802.11 a/n/ac/ax (5G) • 2 × 2 MIMO (2.4G) • 2 × 2 MIMO (5G) • Antenna gain: 5 dBi • WMM/Multiple SSIDs/WPS • 2.4G&5G concurrent • Air interface rate: 574 Mbit/s (2.4G), 2402 Mbit/s (5G) • Beamforming • Band steering • DL OFDMA • DL MU-MIMO • 1024QAM • 160MHz frequency bandwidth • WPA3 	Ethernet port <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port-based VLAN tags and tag removal • 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission • QinQ VLAN • Limit on the number of learned MAC addresses • MAC address learning • Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s or 1000 Mbit/s

Product Function

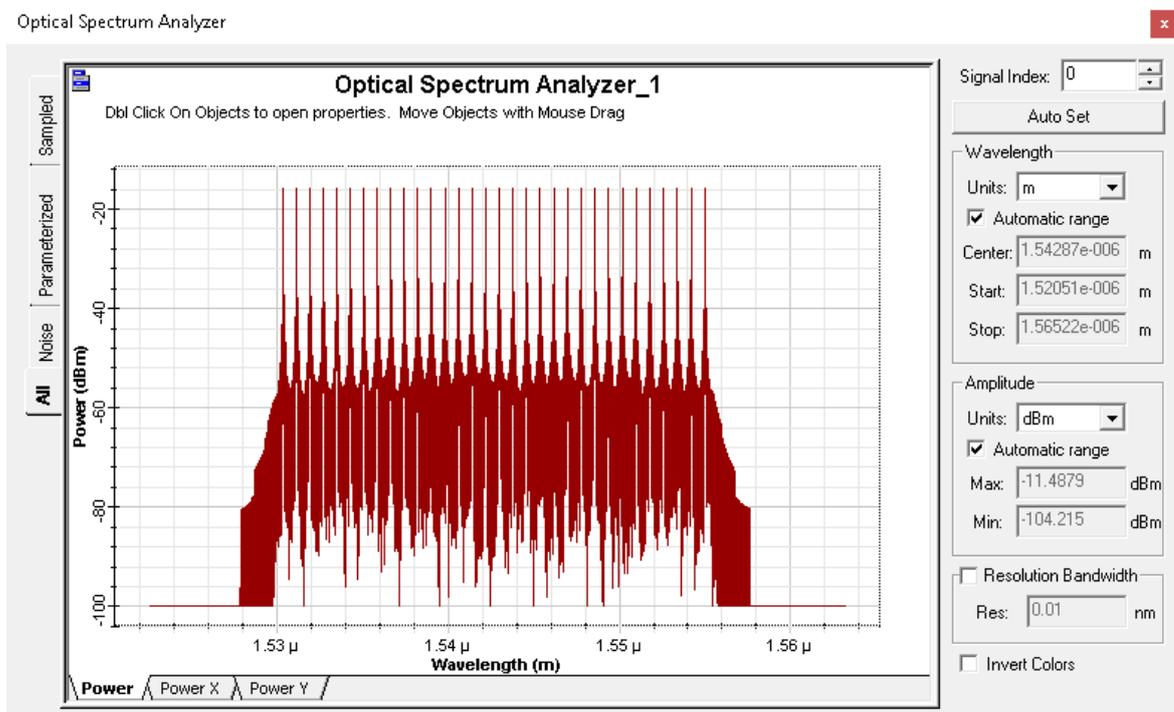
Smart interconnection <ul style="list-style-type: none"> • Smart Wi-Fi coverage • SIP/H.248 auto-negotiation • Any port any service • Parental control 	Smart service <ul style="list-style-type: none"> • Scheduled Wi-Fi shutdown • Smart Wi-Fi sharing: Portal/802.1x authentication; SoftGRE-based sharing 	Smart O&M <ul style="list-style-type: none"> • IPTV video quality diagnosis • eMDI • Rogue ONT detection and isolation from the OLT • Call emulation, and circuit test and loop-line test • PPPoE/DHCP simulation testing • WLAN emulation 	Common O&M <ul style="list-style-type: none"> • OMCI/Web UI/TR069 • Variable-length OMCI messages • Dual-system software backup and rollback
Multicast <ul style="list-style-type: none"> • IGMP v2/v3 proxy/snooping • MLD v1/v2 snooping 	Security <ul style="list-style-type: none"> • SPI firewall • Filtering based on MAC/IP/URL addresses 	Layer 3 features <ul style="list-style-type: none"> • PPPoE/Static IP/DHCP • NAT/NAPT • Port forwarding • ALG, UPnP • DDNS/DNS server/DNS client • IPv6/IPv4 dual stack, DS-Lite and IPv6 SPI • Static/Default routes • Multiple services on one WAN port 	Home network feature <ul style="list-style-type: none"> • Visualized home network management • User-defined bandwidth allocation • Wi-Fi optimization & Wi-Fi roaming • Wi-Fi O&M • intelligent identification and anti-interference
Power saving <ul style="list-style-type: none"> • Indicator power saving • COC V7 	QoS <ul style="list-style-type: none"> • Ethernet port rate limitation • 802.1p priority • SP/WRR/SP+WRR • Broadcast packet rate limitation 		

Anexo N° 3

Diagramas que se muestra en componentes analizadores

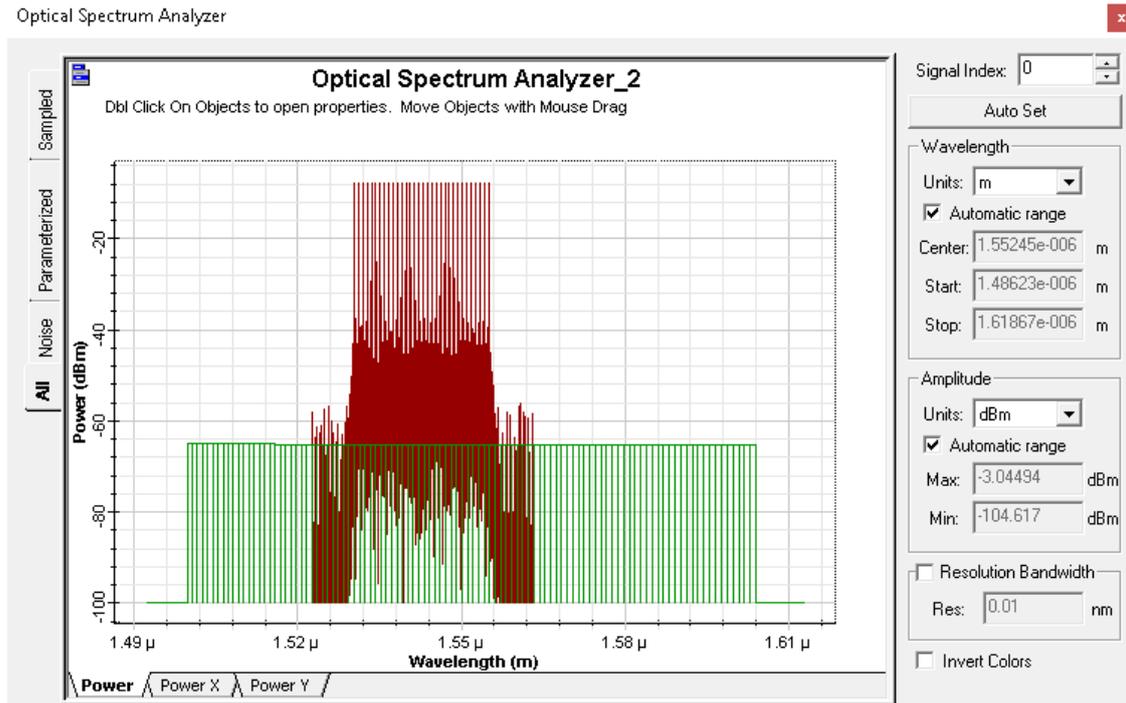


Analizador Óptico a la salida del DWDM Transmitter



Analizador Óptico a la salida del Ideal Mux

Optical Spectrum Analyzer



Analizador Óptico a la salida del Loop Control

WDM Analyzer

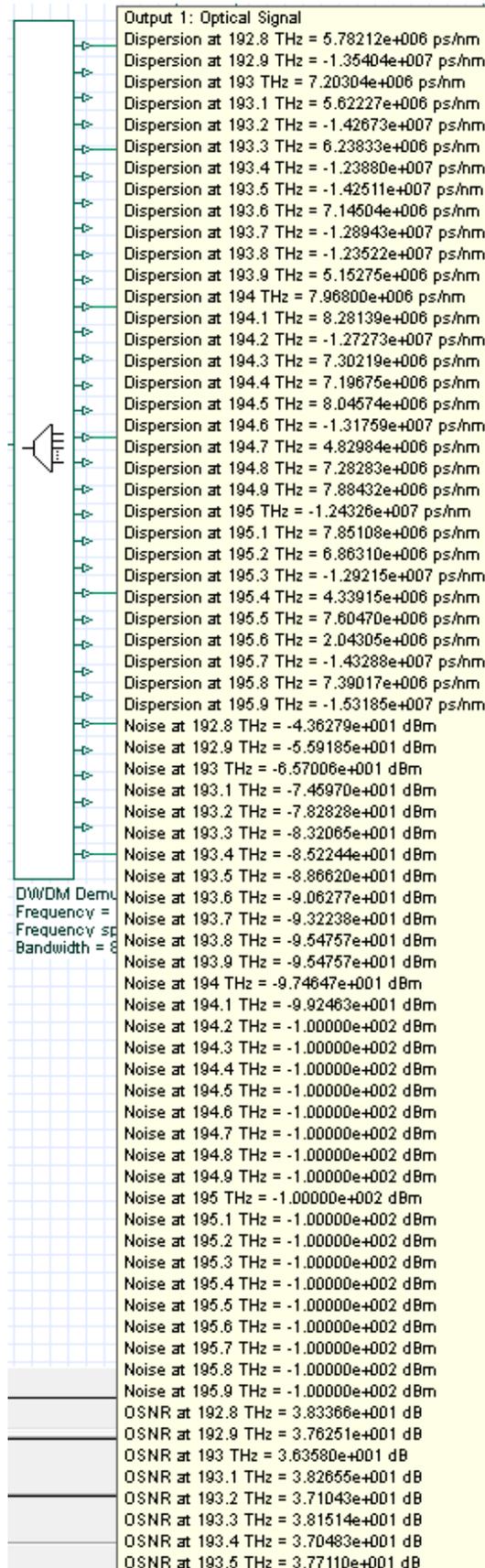
Frequency (THz)	Signal Power (dBm)	Noise Power (dBm)	OSNR (dB)
192.79258	-13.288913	-42.156308	28.867395
192.89258	-13.383497	-39.824134	26.440637
192.99258	-13.30988	-39.764578	26.454698
193.09258	-13.401109	-39.829497	26.428387
193.19258	-13.308189	-39.788878	26.480689
193.29258	-13.319899	-39.88163	26.561731
193.39258	-13.313066	-39.761519	26.448453
193.49258	-13.390239	-39.796848	26.406608
193.59258	-13.382009	-39.89044	26.508431
193.69258	-13.322224	-39.669709	26.347485
193.79258	-13.399898	-39.701065	26.301166
193.89258	-13.382649	-39.751347	26.368698
193.99258	-13.325828	-39.881866	26.556037
194.09258	-13.306581	-39.933626	26.627045
194.19258	-13.380589	-39.912526	26.531937
194.29258	-13.380279	-39.933024	26.552745
194.39258	-13.391954	-39.805292	26.413338
194.49258	-13.311894	-40.144654	26.83276
194.59258	-13.314709	-39.944423	26.629714
194.69258	-13.366176	-39.905666	26.53949
194.79258	-13.378703	-40.057968	26.679265
194.89258	-13.379022	-40.01732	26.638298
194.99258	-13.387009	-39.959284	26.572275
195.09258	-13.315181	-39.866757	26.551576
195.19258	-13.311205	-39.898514	26.587309
195.29258	-13.385988	-39.842749	26.456761
195.39258	-13.387057	-39.940049	26.552992
195.49258	-13.383052	-39.834292	26.45124
195.59258	-13.379617	-39.86411	26.484493
195.69258	-13.38262	-39.898315	26.515695
195.79258	-13.306772	-39.991163	26.684392
195.89258	-13.336867	-42.250734	28.913867

The screenshot shows the 'WDM Analyzer' window with a table of signal and noise parameters. The table has columns for Frequency (THz), Signal Power (dBm), Noise Power (dBm), and OSNR (dB). The interface also includes control panels for Frequency (Units: THz) and Resolution Bandwidth (Res: 0.10000 nm).

Analizador WMD a la salida del Ideal Mux

Anexo N° 4

Valores a la salida del Demux DWDM



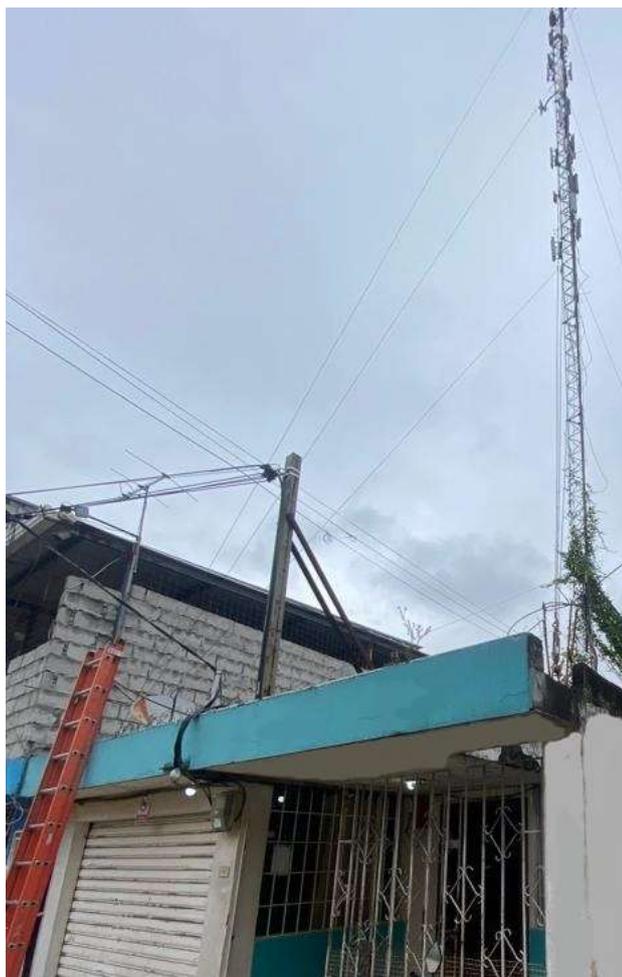
Anexo N° 5
Fotos de campo



OLT en postes de empresa eléctrica



Recorrido inicial de fibra



Centro de gestión Durán-El Recreo



Colaboración del Gerente General de SAAVNET

Anexo N° 6

Carta autorización de inspección

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA 

Yo..... **SAAVEDRA PALACIOS JULIO WILLIAM**.....
(Nombre del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)

Identificado con C.I: **0918382219**, en mi calidad de..... **GERENTE GENERAL**.....
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en permitir el uso de datos)

..... Del área de..... **AREA EN GENERA**.....
(Nombre del área de la empresa)

..... de la empresa/institución **SAAVNET**.....
(Nombre de la empresa)

con R.U.C N° **0918382219001**....., ubicada en la ciudad de **DURAN**.....

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor: **Ronald Geovanny Jarrin Santos** Identificado con C.I **0950038380**, egresado de la (x) Carrera profesional o () Programa de Postgrado de Ingeniería en Teleinformática para que utilice información de la empresa con la finalidad de que pueda desarrollar su trabajo de Titulación en el presente año 2023.


Firma y sello del Representante Legal o Representante de la empresa

C.I: **0918382219**

Bibliografía

- Alpha Telecom Solutions. (2021). *¿Qué es una red informática? Tipos de redes y características*. <https://alphaenginyeria.com/red-informatica>
- Arcotel. (2015). *Norma técnica y despliegue de redes*. https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/02/029_norma-tecnica-despliegue-redes-fisicas-servicios-telecomunicaciones.pdf
- ARCOTEL. (2020). *Servicio de acceso a Internet*. <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/BOLETIN-NOVIEMBRE-2020-25-11-2020.pdf>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Asamblea Nacional. (2015). *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2018). *Estudio del BID insta a América Latina y el Caribe a modernizar la gobernanza de las telecomunicaciones para reducir la brecha digital*. <https://www.iadb.org/es/noticias/estudio-del-bid-insta-america-latina-y-el-caribe-modernizar-la-gobernanza-de-las>
- Baquero, J. (2020). *Análisis de una red GPON mediante simulación para el servicio de internet en la parroquia Tenguel*. Universidad de Guayaquil.
- BN Américas. (2022). *Ecuador se propone agilizar agenda de transformación digital 2022-2025*. <https://www.bnamericas.com/es/noticias/ecuador-se-propone-agilizar-agenda-de-transformacion-digital-2022-2025#:~:text=De%20acuerdo%20con%20las%20%20C3%BAltimas,%20el%2017%2C1%25>.
- Carranco, C. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGÍA OTN-DWDM PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS DE DATOS, TELEVISIÓN POR CABLE Y TELEFONÍA A GRAN DISTANCIA*. ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/15374/T-ESPE-040561.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Catalano, A. (2022). *Ecuador continúa ajustando sus regulaciones para que las telecomunicaciones sean el motor del desarrollo del país*.

- <https://www.telesemana.com/blog/2022/04/25/ecuador-continua-ajustando-sus-regulaciones-para-que-las-telecomunicaciones-sean-el-motor-del-desarrollo-del-pais/>
- Chavarria Vera, G. (2010). *Tecnología DWDM*.
<https://es.slideshare.net/gersonchavarriavera>
- Citelia. (2020). *Tipos de Fibra Óptica*. citelia.es: <https://citelia.es/blog/tipos-fibra-optica-internet/>
- D'almeida, F., & Margot, D. (2018). *La Evolución de las Telecomunicaciones Móviles en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
<https://www.idbinvest.org/es/publicaciones/reporte-la-evolucion-de-las-telecomunicaciones-moviles-en-america-latina-y-el-caribe>
- Escuela Superior Politécnica del Litoral. (2018). *Tecnología DWDM*. Diseño De Redes Conmutadas (TELG1013): <https://www.studocu.com/vn/document/escuela-superior-politecnica-del-litoral/disenio-de-redes-conmutadas/tecnologia-dwdm/5739080>
- Espinoza, L. (2021). *Análisis y propuesta de la implementación de una red GPON en la comunidad rural Juan Gómez Rendón*. Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/15912/1/T-UCSG-POS-MTEL-189.pdf>
- Focc Technology. (2019). *Una descripción general de la tecnología DWDM y los componentes del sistema DWDM*. fibresplitter.com:
<http://www.fibresplitter.com/info/an-overview-of-dwdm-technology-and-dwdm-system-35917982.html>
- Garcia Fernandez, N. (2020). *Qué es el Modelo OSI*. openwebinars.net:
<https://openwebinars.net/blog/que-es-el-modelo-osi/>
- Gonzalez, C. (2022). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA DE 48 HILOS EN EL SECTOR DE LA COOP 24 DE MAYO KM 14 Y 1/2 VÍA A LA COSTA*. Universidad de Guayaquil.
- Gorgona , L. (2022). *Teoría de Redes de Computadoras*.
https://www.oas.org/juridico/spanish/cyber/cyb29_computer_int_sp.pdf

- Huawei. (2021). *Guía de conocimiento sobre Wi-Fi 6, Publicación 5: Modulación de alto orden 1024-QAM*. Comunidad Huawei. <https://forum.huawei.com/enterprise/es/wi-fi-6-publicaci%C3%B3n-5-modulaci%C3%B3n-de-alto-orden-1024-qam/thread/710853-100239>
- IONOS. (2019). *Digital Guide IONOS*. [https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/los-tipos-de-redes-mas-conocidos/#:~:text=Local%20Area%20Networks%20\(LAN\)%20o,o%20red%20de%20%C3%A1rea%20global](https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/los-tipos-de-redes-mas-conocidos/#:~:text=Local%20Area%20Networks%20(LAN)%20o,o%20red%20de%20%C3%A1rea%20global)
- Joel, R. L. (2020). *DISEÑO DE RED DE FIBRA ÓPTICA PARA LA EMPRESA “GRUPO INTERNET PARA TODOS” BASADA EN TECNOLOGÍA OTN-DWDM*. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8253>
- Kollolu, R. (2017). A review on the advantages and types of wireless networks. *Journal Of Composition Theory*, 10(2). <http://www.jctjournal.com/gallery/16-issue2,%202017.pdf>
- Mariño, J., Márquez, J., & Rosario, M. (2019). *Evaluación de una red inalámbrica de banda ancha para VoIP*. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572260689009/572260689009.pdf>.
- Martinez, L. (2018). *La difracción en las ondas y radioenlaces*. prored.es: <https://www.prored.es/la-difraccion-en-las-ondas-y-radioenlaces/>
- Martinez, L. (2018). *La propagación de la luz en la fibra óptica*. prored.es: <https://www.prored.es/la-propagacion-de-la-luz/>
- Mena, G., & Velasco, J. (2022). *Diseño de infraestructura de red y simulación GPON FTTH para la migración de WIMAX a FIBRA ÓPTICA en la cooperativa 28 de agosto del cantón Durán*. Universidad de Guayaquil.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2022). *Sector de las telecomunicaciones continúan creciendo en el país*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/?s=Sector+de+las+telecomunicaciones+contin%C3%BAan+creciendo+en+el+pa%C3%ADs>
- Oviedo Bayas, B., Samaniego Mena, E., & Murillo Oviedo, J. (2018). *Fundamentos de redes*. Compás.

- https://www.researchgate.net/publication/358105030_Libro_de_Fundamentos_de_REDES
- Palao, C. (2020). *La importancia de las telecomunicaciones en tiempos de coronavirus*. ComputerWorld.es: <https://www.computerworld.es/tecnologia/la-importancia-de-las-telecomunicaciones-en-tiempos-de-coronavirus>
- Pincay Vitery, D. (2021). *Estudio de factibilidad de una red de fibra óptica para el mejoramiento de la comunicación de la Unidad Educativa Alejo Lascano*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3042/1/PINCAI%20VITERI%20ODIANA%20LISBETH.pdf>
- RAE. (2021). *Red*. dle.rae.es: <https://dle.rae.es/red>
- Ramos Flores, A. (2019). *Diseño e implementación de una red de acceso con fibra óptica utilizando tecnología VDSL/FTTX Para Mejorar Los Servicios De Telecomunicaciones, De La Corporación Nacional De Telecomunicaciones Empresa Pública en Guano*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13354/1/20T01290.PDF>
- Reyes , F. (2018). *OTN: Red de Transporte Óptico*. telecomunicaciones-peru: <http://telecomunicaciones-peru.blogspot.com/2016/08/otn-red-de-transporte-optico.html>
- Rodríguez, J. (2019). *Medios de transmisión | Que son y como se clasifican?* 247tecno.com: <https://247tecno.com/medios-de-transmision/>
- Rollero. (2020). *Ley de Snell: Refracción*. informacionopticas.com: <https://www.informacionopticas.com/ley-de-snell-refraccion/>
- Ros, I. (2018). *Conexiones a Internet cableadas e inalámbricas: un vistazo a los tipos más importantes*. <https://www.muyccomputer.com/2018/12/23/conexiones-internet-cableadas-inalambricas/>
- Shenzhen HTFuture . (2020). *¿Cuál es la diferencia entre DWDM y OTN?* . fiber-optical-transceivers.com: <http://www.fiber-optical-transceivers.com/info/what-is-the-difference-between-dwdm-and-otn-47350455.html>
- Solano, R., & Zhagnay, D. (2021). *Diseño, implementación y prueba de una red de fibra óptica para el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica*

- Salesiana. Universidad Politécnica Salesiana.*
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20457/1/UPS-CT009176.pdf>
- Soluciones informáticas. (2022). *Redes cableadas e inalámbricas: todas las diferencias.*
<https://compumax.ec/redes-cableadas-e-inalambricas-todas-las-diferencias/#:~:text=La%20principal%20diferencia%20entre%20estas,para%20transmitir%20la%20informaci%C3%B3n%20necesaria.>
- Sposato, E., & Saez, C. (2020). *Tecnología DWDM-OTN ITU-T G.709.*
<https://www.cepetel.org.ar/wp-content/uploads/2021/07/Curso-d-Backhaul-y-Metroethernet-Modulo-DWDM-.pdf>
- Totalplay Empresas. (2021). *Fibra Óptica: Principios y Fabricación.* tpempresas.com:
<https://tpempresas.com/fibra-optica-principios-y-fabricacion>
- UNIR. (2022). *Topología de red: qué es y cuáles son los tipos más habituales.* Universidad Internacional de La Rioja: <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/topologia-red/>
- Vásquez, E. (2018). *Estudio de redes de transporte óptico OTN, como plataforma para redes multiservicios.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4172/1/CD-2559.pdf>
- Veloso, C. (2018). *LEY DE SNELL – REFLEXION Y REFRACCION.* electronrtools.com:
<https://www.electronrtools.com/Home/WP/ley-de-snell-reflexion-y-refraccion/>
- Vizquete, J. (2021). *DISEÑO DE UN ENLACE CON MULTIPLICIDAD DE RUTA POR MEDIO DE FIBRA ÓPTICA A TRAVÉS DE TRANSMISIÓN SDH ENTRE EL CANTÓN NARANJITO Y LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.* Universidad de Guayaquil.
- Zambrano, F., & Jibaja, E. (2022). *DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON EN LA ESCUELA FISCAL MIXTA “DR. ENRIQUE DÍAZ GALARZA PARA PROVEER SERVICIOS DE VIDEO VOZ Y DATOS.* Universidad de Guayaquil .