



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previa a la obtención de Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

“Implementación de bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones de la
Universidad Estatal Península de Santa Elena.”

AUTORES:

Génesis Graciela Villacís Tigrero
Génesis Samanta Guamán Neira

PROFESOR TUTOR:

Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro, MSc.

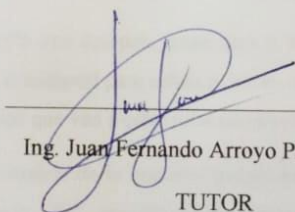
LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: "Implementación de bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones de la universidad estatal península de Santa Elena." Elaborado por los estudiantes **Génesis Graciela Villacís Tigrero** y **Génesis Samanta Guamán Neira**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo a los estudiantes para que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 08 de febrero del 2023


Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro, Mgt.

TUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación y la culminación de mi formación académica universitaria se lo dedico a mis padres Juana Tigreiro y Fulton Villacís, quienes supieron apoyarme y siempre tenían una palabra de aliento en el momento indicado, se lo dedico por ser el pilar fundamental de mi vida y por haberme dado la inspiración de superarme en cada etapa de mi vida.

A mi tía Alba Tigreiro, que el día de hoy ya no se encuentra presente para verme llegar a la meta, por ser una de las personas que siempre me inspiraba y tenía mucha fe en que lo iba a lograr.

A mis hermanos, tías, tíos, primas y mis amigos por todo el apoyo incondicional y cariño brindado a lo largo de este camino.

Génesis Villacís Tigreiro.

Dedico este trabajo de titulación a mis padres Mónica y Luis por ser los pilares fundamentales en mi vida, apoyo incondicional en mi proceso académico, lo cuales mediante enseñanzas, comprensión y amor incondicional me ayudaron a cumplir un objetivo más en la vida.

Y a cada una de las personas que extendieron su mano amiga y no dejaron que decaiga en el camino.

Génesis Guamán Neira.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por brindarme la oportunidad de vivir y permitirme cumplir mi meta académica.

A mis padres, quienes depositaron su confianza en mí, por brindarme su apoyo en todos los sentidos para que pueda cumplir mi objetivo.

A los amigos que encontré a lo largo del proceso, quienes supieron ayudarme en cualquier situación que se presentó, con quienes compartí gratos momentos y conocimientos, quienes hicieron que este proceso haya resultado un poco más liviano y llevadero.

Génesis Villacís Tigreiro.

Agradezco en primer lugar a Dios por caminar junto a mí y no abandonarme en cada momento difícil de mi vida, por darme fuerzas para culminar cada etapa propuesta.

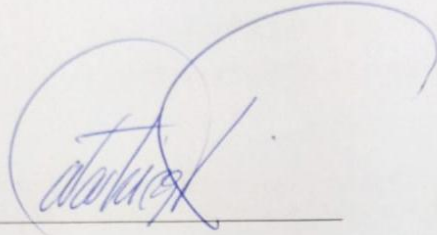
A mis padres por siempre creer en mí y ayudarme a convertir un sueño en realidad.

A mi abuela por estar presente en cada rincón en donde me encuentro y darme la calma que necesito.

A mis amigos y demás familiares por apoyarme en cada situación e impulsarme a seguir adelante.

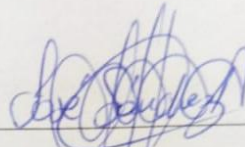
Génesis Guamán Neira.

TRIBUNAL DE GRADO



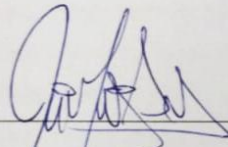
Ing. Washington Torres Guin, Mgt.

DECANO DE LA FACULTAD



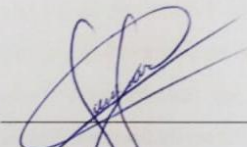
Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.

DIRECTOR DE LA CARRERA



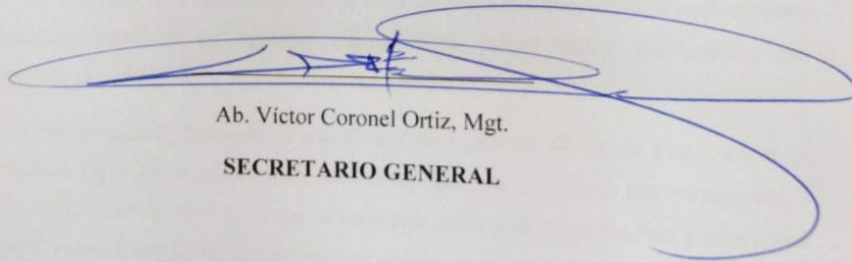
Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.

TUTOR DE ÁREA



Ing. Juan Arroyo Pizarro, Mgt.

PROFESOR TUTOR



Ab. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.

SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

“Implementación de bastidor de fibra óptica en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena”

Autores: **GÉNESIS GUAMÁN NEIRA.**

GÉNESIS VILLACÍS TIGRERO.

Tutor: **JUAN ARROYO PIZARRO**

RESUMEN

El presente trabajo de titulación propone la implementación de un bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena con la finalidad del desarrollo de prácticas a futuro de los estudiantes de la institución, beneficiando directamente a los estudiantes del área de telecomunicaciones.

La implementación cuenta con equipos, materiales y herramientas para efectuar prácticas reales dentro de la rama estudiantil para reforzar, en un ambiente real, lo aprendido en clases con los equipos necesarios que van a estar relacionados en el ámbito laboral.

La estructura física del modelo de la implementación está conformada por un bastidor que contiene: OLT, patchcords, ODF, mangas de fibra óptica, FDB que, junto al equipamiento del laboratorio como kit de limpieza, kit de fibra, power meter, fusionadora, etc. complementan el cumplimiento del objetivo del trabajo.

El diseño fue plasmado mediante la plataforma Sketchup en donde se pudo ubicar la infraestructura según lo implementado en el laboratorio, además cuenta con enlaces con 3 diferentes criterios de diseños, a los que se les puede realizar diversas pruebas y para poder comparar la variación en los resultados de cada enlace.

En este proyecto de titulación se presentan tres prácticas de fibra óptica con las cuales los estudiantes de Telecomunicaciones complementarán los conocimientos impartidos en el aula de clase.

ABSTRACT

The present work proposes to implement a fiber optic frame in the telecommunications laboratory of the UPSE university, it has the purpose of developing future practices for students of the Faculty of Systems and Telecommunications.

The implementation has equipment, materials, tools to make real practices within the student branch since many times it is not possible or has not been possible to demonstrate what has been learned in classes with the necessary equipment with which we are going to be related in the workplace.

The physical structure of the implementation model is made up of a rack that contains OLT, patchcords, ODF, fiber optic sleeves, FDB, splitters that together with laboratory equipment like cleaning kit, fiber optic kit, power meter, fusion splicer, etc. these will help us meet the objective of the work in progress.

The design was captured through the Sketchup platform where the infrastructure could be located with real measurements to those of the laboratory, it also has links with 3 different design criteria, to which various tests can be carried out and to be able to compare the variation results for each link.

In this thesis project, three fiber optic practices are presented with which the students of Telecommunications will complement the knowledge imparted in the classroom.

DECLARACIÓN

El contenido del presente trabajo de graduación es de nuestra responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Génesis Villacís

Génesis Graciela Villacís Tigreiro

AUTOR

Génesis Samanta

Génesis Samanta Guamán Neira

AUTOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	
APROBACIÓN DEL TUTOR	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN	V
DECLARACIÓN	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
ÍNDICE DE FÓRMULAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVIII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	XIX
1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1.1 MARCO REFERENCIAL	3
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	7
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	8
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO	9
1.7 METODOLOGÍA	9
1.8 RESULTADOS ESPERADOS	11
CAPÍTULO II	12
2.1 MARCO CONTEXTUAL	12
2.2 MARCO CONCEPTUAL	13
2.2.1 COMUNICACIONES ÓPTICAS	13
2.2.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS	13
2.2.2.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO	14

2.2.3 REDES DE COMUNICACIÓN	15
2.2.3.1 REDES DE COMUNICACIÓN ALÁMBRICA.....	16
2.2.3.2 REDES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	17
2.2.4 FIBRA ÓPTICA	19
2.2.4.1 BREVE HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA	21
2.2.4.2 PARTES DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA	22
2.2.4.3 PREPARACIÓN DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA.....	23
2.2.4.4 TRANSMISIÓN DE LUZ POR LA FIBRA ÓPTICA	24
2.2.4.5 VENTANAS Y BANDAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA	25
2.2.5 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA	27
2.2.5.1 FIBRAS ÓPTICAS SEGÚN SU MATERIAL	27
2.2.5.2 FIBRAS ÓPTICAS SEGÚN SU ESTRUCTURA	29
2.2.5.3 FIBRAS ÓPTICAS SEGÚN SU MODO DE PROPAGACIÓN.....	31
2.2.6 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE FIBRA ÓPTICA	36
2.2.6.1 REFRACCIÓN Y REFLEXIÓN.....	36
2.2.6.2 ÁNGULO CRÍTICO.....	39
2.2.6.3 APERTURA NUMÉRICA	39
2.2.6.4 ATENUACIÓN EN LA FIBRA ÓPTICA	40
2.2.6.5 DISPERSIÓN EN LA FIBRA ÓPTICA	41
2.2.6.6 ANCHO DE BANDA	45
2.2.6.7 DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL.....	45
2.2.6.8 LONGITUD DE LA ONDA DE CORTE	46
2.2.7 PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET – ISP.....	46
2.2.7.1 ISP DE ACCESO TELEFÓNICO.....	47
2.2.7.2 ISP DE ACCESO POR DSL	47
2.2.7.3 ISP DE ACCESO POR CABLE	47
2.2.7.4 ISP DE ACCESO POR SATÉLITE.....	47
2.2.7.5 ISP DE FIBRA ÓPTICA	48
2.2.8 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)	48
2.2.8.1 VENTAJAS DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS PON.....	50
2.2.8.2 DESVENTAJAS DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS PON.....	50
2.2.9 ARQUITECTURAS DE REDES PON	51

2.2.9.1 X PON - ITU-T G.983	51
2.2.9.2 X PON - ITU-T G.984	52
2.2.9.3 IEEE 802.3ah	52
2.2.10 ESTÁNDARES DE REDES PON	53
2.2.10.1 ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3	53
2.2.10.2 ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA 598-A	53
2.2.11 ELEMENTOS DE REDES DE FIBRA ÓPTICA	54
2.2.11.1 OLT	55
2.2.11.2 ONT	56
2.2.11.3 SPLITTERS ÓPTICOS	57
2.2.11.4 ODN	60
2.3 MARCO TEÓRICO	63
CAPÍTULO III	67
3.1 ANÁLISIS	67
3.1.1 COMPONENTES DE LA PLANTA INTERNA	67
3.1.1.1 ESTÁNDARES DE FIBRA ÓPTICA DE PLANTA INTERNA	67
3.1.2 BASTIDOR	69
3.1.2.1 ESTÁNDARES DE RACKS	70
3.1.3 OLT	72
3.1.3.1 OLT-ZTE C320	72
3.1.3.2 OLT-HUAWEI	73
3.1.3.3 OLT UBIQUITI 8 PUERTOS	73
3.1.3.4 OLT UBIQUITI 4 PUERTOS	74
3.1.3.5 OLT GPON DE 8 PUERTOS P1201-08	75
3.1.4 ODF	76
3.1.5 SPLITTERS ÓPTICOS	77
3.1.6 EMPALMES	79
3.1.6.1 EMPALME POR FUSIÓN	79
3.1.6.2 EMPALME MECÁNICO	80
3.1.7 CONECTORES ÓPTICOS	80
3.1.7.1 TIPOS DE CONECTORES ÓPTICOS	82
3.1.8 MÓDULO DE FIBRA GPON	84

3.1.9 PATCH CORD.....	85
3.1.10 FDB – CAJA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL	86
3.1.11 MANGA LINEAL.....	87
3.1.12 PROTECTORES DE EMPALMES.....	88
3.1.13 SELECCIÓN DE EQUIPOS	89
3.1.13.1 OLT	89
3.1.13.2 MODULO GPON.....	90
3.1.13.3 CORTADORA DE PRECISIÓN.....	91
3.1.13.4 OPM.....	92
3.2 COMPONENTES DE IMPLEMENTACIÓN DE FIBRA ÓPTICA	92
3.2.1 CORTADORA DE PRECISIÓN	92
3.2.2 FUSIONADORA.....	93
3.2.2.1 PROCESO DE FUSIÓN.....	95
3.2.3 VFL	95
3.2.4 BOBINA DE LANZAMIENTO	97
3.2.5 OPTICAL MULTIMETER	97
3.2.6 KIT FIBRA.....	99
3.3 COMPONENTE LÓGICO.....	100
3.3.1 SKETCHUP	100
3.4 DISEÑO DE LA PROPUESTA	100
3.4.1 DISEÑOS 3D.....	100
3.5 CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO	105
3.5.1 PRIMER CRITERIO DE DISEÑO	105
3.5.2 SEGUNDO CRITERIO DE DISEÑO.....	106
3.5.3 TERCER CRITERIO DE DISEÑO.....	107
3.5.4 CUARTO CRITERIO DE DISEÑO	108
3.6 IMPLEMENTACIÓN.....	108
3.7 CONSTRUCCIÓN	109
3.7.1 UBICACIÓN, MONTAJE DE MATERIALES.....	109
3.7.2 ETIQUETADO	114
3.8 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	119
3.8.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA	119

3.9 RESULTADOS	120
3.9.1 PRUEBAS	120
3.9.2 PRUEBAS DE CONTINUIDAD EN PATCHCORDS	126
3.9.3 MARGEN DE ERROR (RESULTADOS PRACTICOS Y TEÓRICOS)	130
3.9.3. 1 MARGEN DE ERROR PARA PRIMER CRITERIO DE DISEÑO	131
3.9.3. 2 MARGEN DE ERROR PARA SEGUNDO CRITERIO DE DISEÑO ...	131
3.9.3. 3 MARGEN DE ERROR PARA TERCER CRITERIO DE DISEÑO	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	137
ANEXOS	147
PRÁCTICA 1	148
PRÁCTICA 2	153
PRÁCTICA 3	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de comunicaciones.....	14
Figura 2. Elementos de un sistema de comunicación óptica.	14
Figura 3. Evolución de Redes Alámbricas	17
Figura 4. Fibra óptica.	20
Figura 5. Instalación de la primera red de fibra óptica.	22
Figura 6. Partes de un cable de fibra óptica.....	23
Figura 7. Ventanas de transmisión.	25
Figura 8. Bandas de transmisión.....	26
Figura 9. Fibra óptica de plástico.	28
Figura 10. Fibra óptica de vidrio – PCS.	28
Figura 11. Fibra óptica con estructura holgada.	30
Figura 12. Fibra óptica con estructura ajustada.	30
Figura 13. Fibra multimodo de índice escalonado.	33
Figura 14. Fibra óptica multimodo de índice gradual.	34
Figura 15. Fibra óptica monomodo.	35
Figura 16. Fenómeno de refracción.	37
Figura 17. Fenómeno de reflexión.....	38
Figura 18. Ángulo crítico.	39
Figura 19. Apertura numérica.....	40
Figura 20. Atenuación en la fibra óptica	40
Figura 21. Atenuación de una fibra de silicio.....	41
Figura 22. Dispersión en la fibra óptica	42
Figura 23. Dispersión cromática.....	43
Figura 24. Dispersión modal	44
Figura 25. Dispersión modo polarización.....	45
Figura 26. Red óptica pasiva.	49
Figura 27. Estándar de codificación esquemático TIA 598-A.	54
Figura 28. Esquema general de una red con FO.....	55
Figura 29. OLT.....	56
Figura 30. ONT.	57
Figura 31. Splitter.	58
Figura 32. Red de distribución óptica.....	60
Figura 33. Topología estrella simple.	61
Figura 34. Topología de red óptica pasiva.	62
Figura 35. Topología estrella doble activa.	63
Figura 36. Rack	71
Figura 37. OLT-ZTE C320.....	73
Figura 38. OLT-HUAWEI	73
Figura 39. OLT Ubiquiti 8 puertos.....	74
Figura 40. OLT Ubiquiti 4 puertos.....	75
Figura 41. OLT TP LINK p1201-08	76
Figura 42. ODF de 12 puertos	77

Figura 43. Distribución Splitter óptico	78
Figura 44. Splitters ópticos	78
Figura 45. Empalme por fusión	79
Figura 46. Empalme mecánico	80
Figura 47. Mecanismos del conector óptico	81
Figura 48. Pulido de las férulas.	81
Figura 49. Conector SC	82
Figura 50. Conector LC.	83
Figura 51. Conector ST.	83
Figura 52. Conector FC.	84
Figura 53. Conector MTRJ	84
Figura 54. Conector MPO.	84
Figura 55. Módulo de fibra GPON	85
Figura 56. Manga Lineal	87
Figura 57. Protectores de empalmes (tubillos)	88
Figura 58. Cortadora de precisión.	93
Figura 59. Fusionadora Fujikura 19s.	95
Figura 60. VFL, Localizador visual de fallas.	96
Figura 61. Bobina de lanzamiento.	97
Figura 62. Optical Multimeter	98
Figura 63. Kit de fibra óptica	99
Figura 64. Software Sketchup	100
Figura 65. Diseño de FDB en Sketchup	101
Figura 66. Diseño de la Manga lineal en Sketchup	101
Figura 67. Diseño del Rack en Sketchup	102
Figura 68. Diseño elaborado en Sketchup	103
Figura 69. Imagen elaborada en el Software Sketchup	104
Figura 70. Primer criterio de diseño	106
Figura 71. Segundo criterio de diseño	106
Figura 72. Tercer criterio de diseño	107
Figura 73. Cuarto criterio de diseño	108
Figura 74. Espacio para la implementación	109
Figura 75. Ubicación del rack	110
Figura 76. Ubicación de FDBs	110
Figura 77. Ubicación de la manga lineal	111
Figura 78. Alojamiento de equipos al rack	111
Figura 79. Paso de patchcord de ODF-FDB	112
Figura 80. Colocación de los splitters en bandejas del FDB	113
Figura 81. Preparación de cable de fibra óptica	113
Figura 82. Etiquetado según norma TIA/EIA	115
Figura 83. Etiquetadora Brady	116
Figura 84. Etiquetado del ODF	116
Figura 85. Etiquetado de los splitters dentro del ODF	116

Figura 86. Etiquetado de OLT	117
Figura 87. Etiquetado de la manga lineal	117
Figura 88. Etiquetado del FDB nodo A	117
Figura 89. Etiquetado del FDB nodo B	118
Figura 90. Etiquetado de los patchcord	118
Figura 91. Prueba de potencia de OLT	121
Figura 92. Primer diseño	122
Figura 93. Segundo Diseño	123
Figura 94. Prueba de potencia	124
Figura 95. tercer diseño	125
Figura 96. Prueba de potencia	126
Figura 97. Prueba de continuidad en patchcords	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la fibra óptica.....	20
Tabla 2. Parámetros de las ventanas de transmisión	25
Tabla 3. Bandas de transmisión.....	26
Tabla 4. Tabla comparativa de las estructuras de la fibra óptica.....	31
Tabla 5. Características principales de la fibra multimodo de índice escalonado.....	33
Tabla 6. Características principales de la fibra multimodo de índice gradual.....	34
Tabla 7. Índice de refracción según el material.....	38
Tabla 8. Valores referenciales del mercado por servicios de ISP	46
Tabla 9. Pérdidas introducidas por splitters.....	59
Tabla 10. Pérdidas introducidas por splitters.....	60
Tabla 11. Características del RACK.....	72
Tabla 12. Características del OLT.....	75
Tabla 13. Características del módulo de fibra GPON	85
Tabla 14. Características de los protectores de empalmes	89
Tabla 15. Comparación de características del equipo OLT.....	90
Tabla 16. Comparación de características del módulo de fibra GPON.....	91
Tabla 17. Comparación de características de la cortadora de precisión.....	91
Tabla 18. . Comparación de características del OPM.....	92
Tabla 19. Características de la cortadora de precisión.	93
Tabla 20. Características de la fusionadora.	94
Tabla 21. Característica del localizar visual de fallas, VFL.	96
Tabla 22. Características del Optical Multimeter.....	98
Tabla 23. Etiquetas	119

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Índice de refracción.....	37
Fórmula 2. Ley de Snell	37
Fórmula 3. Apertura numérica.....	39
Fórmula 4. Atenuación de splitters.....	58
Fórmula 5. Cálculo de atenuación	121
Fórmula 6. Margen de error.....	131

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Práctica 1.....	148
Anexo 2. Práctica 2.....	153
Anexo 3. Práctica 3.....	160
Anexo 4. Presupuesto	164

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
ANSI	American National Standards Institute. Instituto Americano de Estándares Nacionales.
AON	Active Optical Network. Red Óptica Activa.
APC	Angled Physical Contact. Contacto Físico Anulado.
ARCOTEL	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.
ATM	Ashynchronous Transfer Mode. Modo de Transferencia Asíncrono.
ATM- PON	ATM Passive Optical Network. Redes Ópticas Pasivas ATM.
BPON	Broadband Passive Optical Network. Red Óptica Pasiva de Banda ancha.
EFM	Ethernet in the First Mile. Ethernet en Ultima Milla.
EIA	Electronic Industries Alliance. Alianza de Industrias Electrónicas.
EPON	Ethernet over Passive Optical Networks. Ethernet sobre Redes Ópticas Pasivas.
FACSISTEL	Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones.
FC	Ferrule Connector. Conector de Férula.
FOCIS	Fiber Optic Connector Internateability Standard. Estándar de Internabilidad del Conector de Fibra Óptica.
FSAN	Full Service Access Network. Red de Acceso de Servicio Completo.
FTTH	Fiber To The Home. Fibra hasta el hogar.
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network.

	Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
ISP	Internet Service Provider. Proveedor de Servicios de Internet.
LC	Lucent Connector. Conector Lucent.
MPO	Multifiber Push On. Empuje Multifibra.
MTRJ	Mechanical Transfer Registered Jack. Jack Registrado de Transferencia Mecánica.
ODF	Optical Fiber Distribution. Distribuidor de Fibra Óptica.
ODN	Optical Distribution Network. Red de Distribución Óptica.
OLT	Optical Line Terminal. Terminal de línea Óptica.
ONT	Optical Network Terminal Terminal de Red Óptica.
ONU	Optical Network Unit. Unidad de Red Óptica.
OPM	Optical Power Meter. Medidor de Potencia de Fibra Óptica
OSIRM	Open Systems Interconnection Reference Model. Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos.
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer. Refractómetro Óptico en el Dominio del Tiempo.
PC	Physical Contact. Contacto físico.
PCS	Plastic Clad Silica. Silicio Revestido de Plástico.

PON	Passive Optical Network. Red Óptica Pasiva.
SC	Standard Connector. Conector de Estándar.
SCS	Silice Clad Silice Silicio Revestido de Silicio.
ST	Straight Tip. Punta recta.
TIA	Telecommunications Industry Association. Asociación de la Industria de Telecomunicaciones.
UPC	Ultra Physical Contact. Contacto Ultra físico.
UPSE	Universidad Estatal Península de Santa Elena.
VFL	Visual Fault Locator. Localizador Visual de Fallos.

1. INTRODUCCIÓN

La Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE [1], promueve un perfil profesional que aporta con una visión global e interdisciplinaria a la resolución de los problemas que la sociedad y los retos tecnológicos plantean, dentro de los valores éticos espirituales del ser humano, seleccionan e implantan la infraestructura para sistemas de telecomunicaciones, planifican, diseñan, administran y explotan sistemas de telecomunicación e integran sistemas electrónicos para la transmisión de datos y sistemas de telecomunicaciones.

Mientras que la carrera de Telecomunicaciones tiene la misión de formar profesionales competentes, comprometidos con la sociedad y el ambiente, en base a una alta calidad académica, a la investigación, la adopción y generación de conocimientos científicos y tecnológicos, respetando y promoviendo su identidad cultural, desde la capacidad para aplicar el conocimiento conceptos, teorías, principios y métodos necesarios en el área de Telecomunicaciones.

En este contexto, el presente proyecto se orienta hacia un trabajo práctico referido a planta interna en fibra óptica que consiste en la implementación de un bastidor, el cual es la estructura donde se alojara equipamiento y donde se puede organizar el cableado sobrante de fibra, su elaboración tiene la finalidad de ayudar a los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones a obtener un mejor entendimiento de los equipos y elementos que conforman al bastidor, es decir, saber cuál es su comportamiento y como se dan las diversas conexiones entre equipos.

Para ello, en el capítulo I de la propuesta se incluyen las generalidades del proyecto, el problema existente para elaborar dicho proyecto y su respectiva justificación, el impacto que tiene la fibra óptica a nivel nacional, además se mencionan los objetivos a cumplir y así mismo los resultados esperados que se obtienen una vez se culmine la implementación de la propuesta.

El capítulo II detalla los elementos que conforman el bastidor de fibra óptica, también se mencionan los equipos y herramientas para trabajar con fibra y sus respectivas características, además se toman en cuenta los conceptos generales para la mejor elaboración de la propuesta.

En el capítulo III, se detallan características y especificaciones de equipos a utilizar, además se plasman los diseños en la plataforma Sketchup, también se detalla la construcción e implementación del bastidor y se realizan las respectivas pruebas y resultados del proyecto.

CAPÍTULO I

1.1 MARCO REFERENCIAL

1.2 ANTECEDENTES

En este apartado, se encuentra la descripción de las generalidades de la propuesta, los objetivos y la justificación de la viabilidad de la implementación. Se hace, además, una revisión sobre los datos que se refieren a la fibra óptica en la región y la cobertura que esta tiene sobre el territorio ecuatoriano.

A fines de la década de 1990, alrededor del 80 % del tráfico de datos de larga distancia del mundo se transmitía a través de cables de fibra óptica. Es más, el primer cable de fibra óptica bajo el océano no tiene más de 24 años de historia. Se sumergió en el océano Pacífico recién en 1996, estableciendo el camino para la transmisión internacional de datos que conocemos hoy en día. [2] Desde marzo de 2020, la sólida infraestructura de telecomunicaciones alivió lo que fue el cambio drástico que trajo consigo la pandemia. Este avance proporcionó nuevas comunicaciones virtuales, amplificó la interacción del mundo moderno con la tecnología. La Fibra Óptica fue un “silencioso” protagonista durante y después de la pandemia. En la actualidad, hay muchas aplicaciones para ensambles de cables en Fibra Óptica cuyo uso sigue creciendo. Esta tecnología es la columna vertebral para las redes militares, las prácticas de imágenes médicas y láser, y las redes públicas y privadas para Cable e Internet [3].

Hoy en día son impresionantes las bondades de la fibra óptica, ya que hace posible navegar por internet, a una velocidad de 2 millones de bps, evita la interferencia electromagnética y es continuo las 24 horas del día, sin congestiones. La demanda de Internet en el mundo es el factor principal que impulsa el crecimiento del mercado de fibra óptica. Los últimos datos muestran que las suscripciones de banda ancha aumentaron un 8 %, o 108 millones de suscripciones. La fibra óptica ahora ha alcanzado el 26 % de todas las suscripciones de banda ancha fija. Es la tecnología de banda ancha de más rápido crecimiento, con una tasa de entre el 13 % y el 16 % [2]. Actualmente, hay aproximadamente 436 cables submarinos de fibra óptica, o lo que sería lo mismo, 1.3 millones de kilómetros de cables repartidos por todo el mundo. El mantenimiento de estos cables submarinos es complicado por el movimiento de elementos como barcos y anclas o por los ataques de

animales en la zona, como los tiburones. Por eso, están revestidos por capas de aislamiento y protección adicional. Estos cables suelen estar hecho de materiales como polietileno, cinta Mylar, policarbonato, aluminio [4].

Es por eso que la fabricación de esta fibra crece al año hasta un 20%. Se considera la clave para las telecomunicaciones pues transporta gran cantidad de data que genera internet. Gobiernos y empresas cada día más invierten en este servicio para aumentar su ancho de banda, obtener conexión directa de centrales a empresas y alcanzar la transmisión de datos de video y sonido en tiempo real [5].

Normalmente, el cable de fibra óptica puede funcionar a una velocidad de 10 Gbps, 40 Gbps e incluso 100 Gbps. Por lo tanto, es ampliamente utilizado en gran parte de Internet, televisión por cable y en los sistemas de telefonía del mundo. Los países en desarrollo están optando por financiar la construcción de este tipo de redes para optimizar su infraestructura. El mejor ejemplo lo da la Comisión Europea, la cual actualmente se esfuerza por tener un objetivo de cobertura del 100 % en velocidades de 30 Mbps o más para este 2020. Para lograr este objetivo, las redes de fibra óptica son una pieza esencial [2].

Los mercados como Estados Unidos y Portugal han invertido en estos beneficios tecnológicos y han observado la creación de economías con generación de ingresos. En cambio, países con menor capacidad tecnológica y menor desarrollo de infraestructura de fibra óptica, identifican un estancamiento y reducción en sus ingresos fijos. Mientras que, en Latinoamérica, Colombia lanzó el proyecto nacional de fibra óptica. México renovó sus redes para el uso de nuevas tecnologías. Brasil en alianza con España presentaron el proyecto denominado Ellalink, que buscó unir en 2018 a Brasil y Europa con un cable de fibra óptica con la capacidad de transmitir 72 Tbps. Mientras que Suiza actualmente ofrece la velocidad media más alta. Los otros países que le siguen son Bélgica, Holanda, Luxemburgo y Austria. Es decir, cada día el crecimiento tecnológico obliga al mundo a crear un soporte adecuado para su información [5].

En el Ecuador, el área de las telecomunicaciones es una de las más importantes, debido a que permite la transmisión de información a altas velocidades en el territorio de nuestro país, según la ARCOTEL, las conexiones mediante fibra óptica representan el 45,39%, es decir, que casi la mitad del país cuenta con este servicio [6]. A nivel mundial, el promedio

de velocidad para la descarga de datos es de 97,52 Megabits por segundo (Mbps); mientras que Ecuador llega a los 29,65 Mbps, según información proporcionada por el ministerio de Telecomunicaciones (Mintel). En el caso de la velocidad para la subida de información, la media mundial alcanza los 51,79 Mbps, pero en nuestro país no supera los 26.10 Mbps. Además, según el índice elaborado cada mes, cuyo último corte fue febrero 2021, el país todavía presenta problemas de intermitencia e inestabilidad de conexión, incluso en las grandes ciudades donde se concentra la mayoría de la infraestructura [7].

Según los datos de ARCOTEL, entidad adscrita al MINTEL, a junio de 2016, 70.713 kilómetros lineales de fibra óptica en el país se habían desplegado; mientras tanto, a junio de 2020, último corte, se desplegaron 171.354 kilómetros lineales, creciendo en 100.641 kilómetros lineales, en 4 años. La mayor cantidad de kilómetros de fibra óptica está en la red de acceso (hacia el usuario final) llegando a junio de 2020 a los 110.813 kilómetros, es decir, un 65% del total de kilómetros de fibra óptica desplegados; seguidos por 48.563 km en red troncal (28%) y 11.978 km en carreteras (7%) [8].

Si se analiza a nivel de cuentas de internet fijo a septiembre de 2020, según la ARCOTEL, las conexiones a través de fibra óptica representan el 45,39% del total de cuentas de este servicio que ascienden a 2'312.024, con una penetración por hogar de 50,35%, es decir, 5 de cada 10 hogares en Ecuador cuentan con acceso al servicio de internet fijo, usa la fibra óptica como red de acceso [8].

Por su parte, las universidades a nivel del país contribuyen al sector laboral de las telecomunicaciones, forjando profesionales con conocimientos óptimos en la administración y manejo de redes de fibras ópticas, los mismos que son impartidos en aulas de clases y complementados desde la realización de prácticas en los laboratorios que se han diseñado para ese efecto. Entre estas, la facultad de sistemas y telecomunicaciones de la Universidad Estatal península de Santa Elena UPSE, la misma que cuenta con un laboratorio de fibra óptica, que permite realizar escenarios prácticos para que sus estudiantes generen soluciones que se presentan en el campo laboral. Sin embargo, hay un déficit en el abastecimiento de los equipos de esta tecnología que no son suficientes para la demanda de estudiantes que realizan prácticas.

La materia denominada Sistemas de Fibra Óptica, introduce conocimientos teóricos sobre las diversas conexiones que deben existir entre los elementos de una red, las fusiones que se realizan, el armado de los armarios de distribución óptica (ODF) y conexiones de los módulos de fibra, que deben reforzarse de manera práctica, para que los estudiantes desarrollen habilidades para las soluciones de estos posibles problemas en el entorno laboral, por lo que, se requieren aplicar diversas técnicas de montaje de cables y dispositivos, tendido de cables, aplicación de normas de buenas prácticas en el laboratorio, como en este caso los bastidores con sus respectivos equipos de transmisión y conmutación, entre otros.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La presente propuesta tecnológica es implementar un bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones de FACSISTEL de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, el proyecto contará con dos partes importantes al momento de su implementación, se considerará la parte de la transmisión y conmutación en planta interna.

Como afirma Gaona et al. [9], la conmutación óptica es de vital importancia, ya que la conversión de las señales ópticas a electrónicas es un cuello de botella crítico en las redes totalmente ópticas AON, esto se debe a la enorme cantidad de información que tiene que conmutarse a través de varios nodos. Por lo tanto, la conmutación óptica es un desarrollo prometedor y una pieza clave en las redes ópticas dinámicamente reconfigurables.

Para la implementación del bastidor se deberá realizar la instalación y el armado de la estructura, siguiendo estándares de acuerdo al diseño y las aplicaciones para las que se vaya a construir el enlace en base a las recomendaciones ITU-T G.652D, ITU-T G.984, ITU-T G.655C y estándar ANSI/TIA-598-D, también ubicar o alojar los dispositivos que conformaran al mismo, es decir, tener una ubicación estratégica para los equipos y como consecuencia tener una buena organización del cableado.

En la parte de conmutación se procederá a trabajar con las conexiones de los módulos de fibras ya que estos dispositivos son los encargados de proporcionar conectividad de fibra de manera instantánea a un equipo de red, también se realizará la configuración del OLT en donde se procederá a realizar la segmentación para repartir 120 megas o gigas de velocidad

para servicios como: IPTV, servicios de internet o para realizar otras prácticas como por ejemplo de telefonía.

Debemos considerar de igual manera la parte de transmisión que el proyecto conlleva, por ejemplo, la fusión de las bandejas de los bastidores, el mismo que permitirá realizar una unión permanente en la fibra óptica, la bandeja de almacenamiento nos ayudará a gestionar, trazar y almacenar el sobrante de la fibra que se utilizará en las interconexiones a realizar.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones, para la adecuación de los enlaces y reforzamiento de los conocimientos de los estudiantes de la carrera de electrónica y telecomunicaciones.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los equipos y las características técnicas que formarán parte del bastidor de FO.
- Diseñar la estructura y disposición de equipos de manera espacial, dentro del laboratorio de telecomunicaciones.
- Realizar el montaje de los equipos y dispositivos ópticos al bastidor de FO para futuras prácticas de los estudiantes de telecomunicaciones.
- Conectar los equipos en el bastidor para el análisis de las características y capacidades tecnológicas que tiene cada uno de los elementos.
- Reestructurar el cableado de red saliente del bastidor basándose en estándares técnicos para evitar un mal funcionamiento o daño del mismo a futuro.
- Realizar pruebas de continuidad de fibra con un localizador visual de fallas (VFL) a medida que se vaya montando los equipos en el rack.
- Realizar mediciones con el equipo OPM para interpretar sus resultados y diagnosticar posibles fallas que pueda presentar la FO.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Las telecomunicaciones han tenido un avance notorio y eficiente en los últimos años, es por ello la necesidad de implementar nuevas tecnologías en espacios educativos, el presente proyecto es un valioso aporte para la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena pues la implementación de un bastidor de fibra óptica beneficiaría a los estudiantes y docentes de FACSISTEL de forma directa porque se podrá contar con el equipamiento necesario para realizar prácticas relacionadas con esta tecnología y consolidar los conocimientos teóricos que imparten los docentes y de esta manera adquirir experiencia necesaria para el campo laboral.

La importancia de un bastidor recae en los equipos que se van a utilizar, puesto que nos van a servir para ver cuáles son las ventajas que trae trabajar con los mismos, además que se logrará obtener conocimientos sobre la configuración que se realizará en cada uno de los equipos que abastecerá el bastidor, por ejemplo, tenemos una OLT que es un dispositivo de tecnología GPON, el mismo que se encarga de alimentar a las ONT (Terminal de nodo óptico) y de enviar la señal principal a las demás terminales, tenemos también divisores ópticos (splitters) que son componentes esenciales utilizados en la arquitectura de redes FTTH PON este nos permite el despliegue de la topología punto a multipunto de esa manera podemos concretar la configuración necesaria de los elementos, refiriéndonos al montaje del equipo es necesario adecuar el espacio en donde este será ubicado para esto se necesitan diferentes disposiciones, entre ellas la instalación de la toma de tierra misma que se estandariza con la norma TIA/IEA 607, para su debida instalación es importante tener conocimiento de seguridad en estos equipos, el bastidor debe tener un acceso directo al cableado tanto vertical como horizontal de esa manera lograr la conexión para obtener redes optimas de fibra óptica.

La implementación de un bastidor de fibra óptica en la UPSE permitirá adecuar y alojar de manera ordenada los equipos de esta tecnología, siguiendo las Norma ISO 17025 que es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo, el mismo que permite identificar la ubicación estratégica de los mismos hará posible que la conexión de los equipos no sea muy compleja, así mismo el bastidor de FO también

se encargará de contener y guiar el cableado a las mangas FDB permitiendo que los estudiantes tengan conocimiento de cómo es la conexión y que conlleva un bastidor de FO.

1.6 ALCANCE DEL PROYECTO

En la Universidad Estatal Península de Santa Elena, los estudiantes y docentes cuentan con elementos para practicar en áreas referentes a las diversas carreras y cátedras impartidas, pero puntualmente la carrera de electrónica y telecomunicaciones cuenta con algunos equipos, pero no los suficientes para abastecer la formación de sus estudiantes para su futuro laboral, siendo necesario implementar un sistema de fibra óptica, brindando un gran aporte para FACSISTEL, la realización del presente trabajo incluye:

- El estudio y diseño previo a la decisión de establecer la ubicación estratégica de los equipos que se alojaran en el bastidor de FO, en concordancia con las normativas vigentes.
- La aplicación práctica del modelo establecido para las conexiones entre los equipos y la distribución espacial y reorganización del cableado existente en el bastidor de FO, así como la conexión de los módulos de fibra óptica.
- Diseño, configuración de OLT, armado de ODF y fusiones de las fibras ópticas acorde a las recomendaciones ITU-T G.652D, ITU-T G.984, ITU-T G.655C y estándar ANSI/TIA-598-D.
- Pruebas físicas para verificar la estabilidad y el correcto funcionamiento de los equipos instalados en el bastidor de FO.

1.7 METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo aplicada, experimental, que se desarrollará desde un enfoque mixto, considerando que se hará una revisión documental de los principales componentes de un esquema de bastidores de fibra óptica, sus aplicaciones, elementos, ventajas y consideraciones. Por otra parte, la evaluación de los componentes que conforman el bastidor de FO, las pruebas serán cuantitativas utilizando los equipos necesarios para las mismas y evaluando de acuerdo a los estándares y normativa vigente.

Investigación Diagnostica:

En la cual se recurre a diferentes fuentes como por ejemplo libros, artículos de revistas científicas, manuales, informes de empresas y censos realizado, los cuales.

En este caso y para la presente investigación, se tiene previsto realizar la búsqueda de información secundaria en sitios de interés científico como Google Académic, Scopus, repositorios de universidades que tengas las carreras de telecomunicaciones y otros sitios de interés que aporten a la investigación propuesta.

Investigación Descriptiva:

Es el tipo de investigación que ayudara a relacionar las variables o en este caso los equipos ópticos que van a formar parte del proyecto para una futura implementación de un bastidor.

Para la propuesta a implementarse se hará una descripción de elementos que deben estar considerados dentro del bastidor de FO, la disposición espacial de los elementos y equipos, incluso la ubicación estratégica del mismo reposa en una ficha descriptiva dentro del proyecto.

Investigación Aplicada:

Es el tipo de investigación que ayuda obtener conocimiento de cómo se podrán implementar los diferentes dispositivos sabiendo que el objetivo principal es implementar un bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones para mejorar la conectividad, adecuación de los enlaces y reforzar los conocimientos prácticos de los estudiantes.

Dado que el proyecto es una implementación de un bastidor de fibra óptica en el laboratorio de la carrera de Telecomunicaciones, y que servirá para lograr que se realicen prácticas estudiantiles de la misma carrera, se considera que existe un componente de aplicación práctica que permitirá demostrar los conocimientos necesarios que tiene el equipo investigador en la instalación y funcionamiento de los bastidores de FO.

Investigación Experimental:

Mediante el transcurso se vaya realizando el proyecto se necesitarán realizar varias pruebas para verificar el correcto funcionamiento de cada dispositivo.

En este caso, las pruebas para la implementación se harán en base a las recomendaciones de las normativas Norma ISO 17025 que es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración acoplándolos a un laboratorio didáctico y adicionalmente a las recomendaciones otorgadas para la norma ISO/IEC 14763- 1.

1.8 RESULTADOS ESPERADOS

Se espera como resultado tener:

- Instalación de un bastidor de fibra óptica en el laboratorio de telecomunicaciones, en donde se evidencie la ubicación estratégica de los equipos para tener una buena organización en el cableado según Norma ISO 17025 que es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración acoplándolos a un laboratorio didáctico.
- Se espera realizar las respectivas pruebas para verificar el buen funcionamiento de los equipos montados en el rack.
- Realizar prácticas con los equipos de FO.
- Se analizará los componentes de fibra óptica existentes en el cableado del rack.
- Se contará con el análisis de pérdidas por cada componente óptico.
- Se realizará el análisis de pérdidas desde la OLT hasta cada tramo de la red flexible.

En lo referente a las pruebas y prácticas realizadas, se evidenciará con los registros numéricos respectivos mientras que, para la documentación de espacios y diseños, se hará la descripción narrativa de lo que se ha realizado.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO CONTEXTUAL

Dentro de este apartado se reconocen las variables de estudio y las investigaciones que se relacionan a su tema.

El campo de las telecomunicaciones con el pasar de los tiempos crece a gran escala y a grandes pasos, estos avances toman fuerza debido a que son cada vez más esenciales en la vida diaria de los estudiantes, profesionales, y la población en general, pues ofertan diversidades de beneficios al momento de emplear estas nuevas tecnologías.

La Universidad Estatal Península de Santa Elena – UPSE, bajo las atribuciones que le confiere el Art. 2. - Constitución y Sede Matriz, fue creada mediante Ley N° 110 de 02 de julio de 1998 y publicada en el suplemento del Registro Oficial N° 366 de 22 de julio de 1998; ubicada en la avenida principal La Libertad – Santa Elena perteneciente al cantón La Libertad provincia de Santa Elena. [10]

La Universidad, es una institución académica de docencia e investigación de carácter laico, pluralista y abierta a todas las corrientes y formas del pensamiento universal comprometida a llevar el conocimiento y los saberes al servicio de las colectividades santaelenense, ecuatoriana y latinoamericana.

En este cambio que se dio al pasar de los años, la provincia de Santa Elena no se quedó atrás, porque dentro de la institución de nivel superior UPSE, se cuenta con la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones y en ella se ven notables cambios desde su creación, pues con el fin de satisfacer la necesidad de desarrollar las habilidades prácticas de los estudiantes, se fueron creando espacios donde los estudiantes puedan mostrar sus conocimientos prácticos haciendo uso de laboratorios como el de fibra óptica.

El proyecto se desarrollará en uno de los laboratorios de la institución, en la facultad de sistemas y telecomunicaciones se cuenta con el espacio físico suficiente para la implementación del mismo, esto con el fin de adecuar y efectuar practicas reales dentro de la carrera en la rama de telecomunicaciones, puesto que se contará con una red pasiva de fibra óptica tipo ISP donde se implementaran varios modelos de distintos criterios de diseño para llegar a diferentes tipos de usuarios con el fin de comprobar y comparar los diferentes

resultados que se pueden obtener al momento de realizar las practicas impuestas por los docentes. El beneficio directo al realizar el presente trabajo de titulación es para los estudiantes de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones pues gracias a esto podrán desarrollar habilidades necesarias que servirán a largo plazo al momento de ejercer como profesional en Telecomunicaciones.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 COMUNICACIONES ÓPTICAS

Un sistema óptico de comunicaciones es aquel que usa la luz como portadora de información, pero hay que tener en cuenta que no es práctico y ciertamente es difícil realizar la propagación de ondas luminosas por la atmosfera terrestre, es por ello por lo que las comunicaciones por fibras ópticas guían las ondas luminosas a través de fibras de vidrio o plástico. La capacidad de transmisión de información de un sistema de comunicaciones es directamente proporcional a su ancho de banda. [11]

2.2.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICAS

Desde hace mucho tiempo atrás el ser humano presenta la necesidad de transmitir información de un punto a otro, y gracias a esta necesidad es que tomaron lugar los sistemas de comunicaciones, pues cumple satisfactoriamente la transmisión de información.

El fin de generar dichos sistemas de comunicaciones es poder mejorar la fidelidad en la transmisión, otorgando mejoras como la velocidad de transmisión e incluso abarcar más distancias en la transmisión. [12]. Los sistemas de comunicación son de gran relevancia por su ayuda a la hora de transmitir información, nos permiten transportar una señal, misma que contiene el mensaje y se emite desde la fuente de información hasta el destino mediante el canal de comunicación.

A continuación, en la figura 1 se muestra un diagrama de bloques de la representación de un sistema de comunicaciones ópticas.

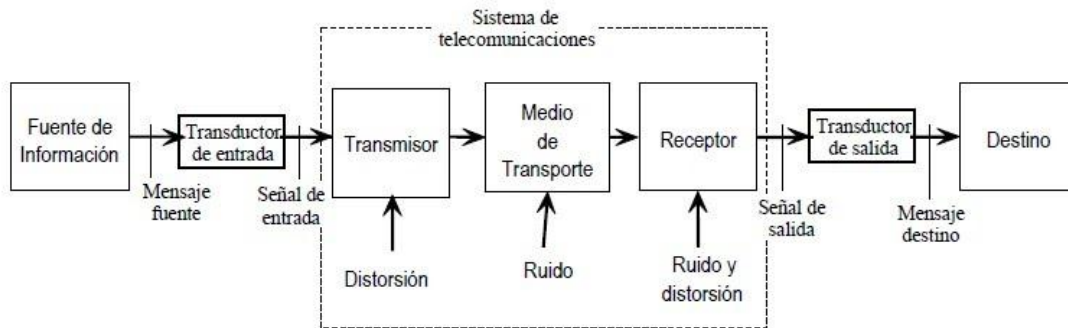


Figura 1. Sistema de comunicaciones

Imagen tomada de *Sistemas de comunicaciones y analógicos de Couch León W*

2.2.2.1 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN ÓPTICO

Un sistema de comunicaciones ópticas está constituido fundamentalmente por un transmisor óptico, un canal de transmisión de fibra óptica y un receptor, como podemos observar en la figura 2. Si el sistema es utilizado para comunicar puntos separados por grandes distancias, es necesario incluir repetidores de señal, dependiendo de las pérdidas en el canal a lo largo de la distancia de enlace. El objetivo de todo sistema de comunicaciones es la transmisión de la mayor cantidad de información en el menor tiempo posible, lo que implica que la investigación en este campo se concentre más en los sistemas de comunicaciones de alta velocidad [13].

Una transmisión elaborada con fibra óptica está compuesta con los siguientes elementos:

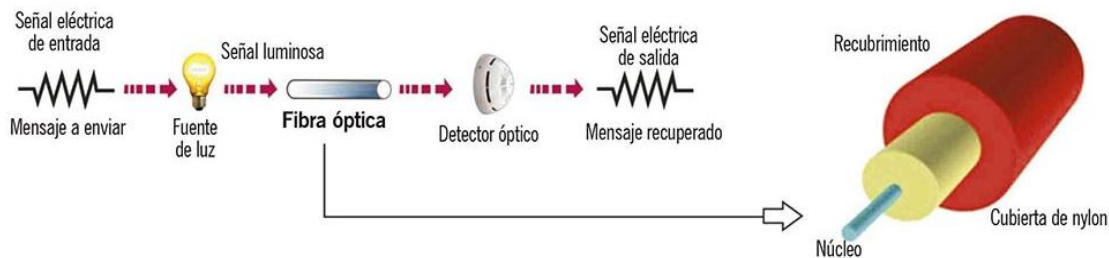


Figura 2. Elementos de un sistema de comunicación óptica.

Imagen tomada de la página *Saberes y Ciencias*.

Una fibra óptica puede ser instalada de diversas maneras, estas son: aérea, en ductos, submarina o en tierra. La longitud en cada una de estas instalaciones no es la misma, esta va a variar de cientos metros a varios kilómetros de distancia. [12]

Los elementos que conforman un sistema de comunicación con fibra óptica son:

- **Fuente de Información:** es donde se produce el origen de la información a transmitir y puede darse de dos formas.
- **Fuente de información digital:** la información digital produce una cantidad considerable de posibles mensajes.
- **Fuente de información analógica:** la información analógica nos da la facilidad de producir mensajes de manera continua.
- **Transmisor:** es aquí donde se recibe la información que se desea transportar desde la fuente ya sea esta digital o analógica para entregarla a el canal de transmisión.
- **Medio de transmisión:** es donde llega la señal modificada desde el transmisor y este se encarga de transportarla hacia el su destino que es el receptor
- **Receptor:** el receptor, cambia o modifica la naturaleza de la señal que recibe del medio de transmisión para entregarle al destino la información.

2.2.3 REDES DE COMUNICACIÓN

Las redes de comunicación nos ayudan a proporcionar capacidad necesaria para de esa manera mantener un intercambio de información sea esta de voz, datos, video o una mezcla de todos los datos ya mencionados.

Una red es un conjunto de dispositivos (a menudo denominados nodos) conectados por enlaces de un medio físico. Un nodo puede ser una computadora, una impresora, o cualquier otro dispositivo capaz de enviar y/o recibir datos generados por otros nodos de la red. Según el medio de transmisión por el que se propaga la información puede clasificarse en: Red alámbrica y red inalámbrica. [14]

2.2.3.1 REDES DE COMUNICACIÓN ALÁMBRICA

La historia de la red se puede remontar al principio del siglo XIX. El primer intento de establecer una red amplia estable de comunicaciones que abarcaba al menos un territorio nacional se produjo en Suecia y Francia a principios del año del siglo XIX. Se entiende por red al conjunto interconectado de computadoras autónomas. Es decir, es un sistema de comunicaciones que conecta a varias unidades y que les permite intercambiar información. La red permite comunicarse con otros usuarios y compartir archivos y periféricos. [15]

En otros términos, una red de computadoras también llamada red de ordenadores, red de comunicaciones de datos o red informática es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí por medio dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información recursos y ofrecer servicios.

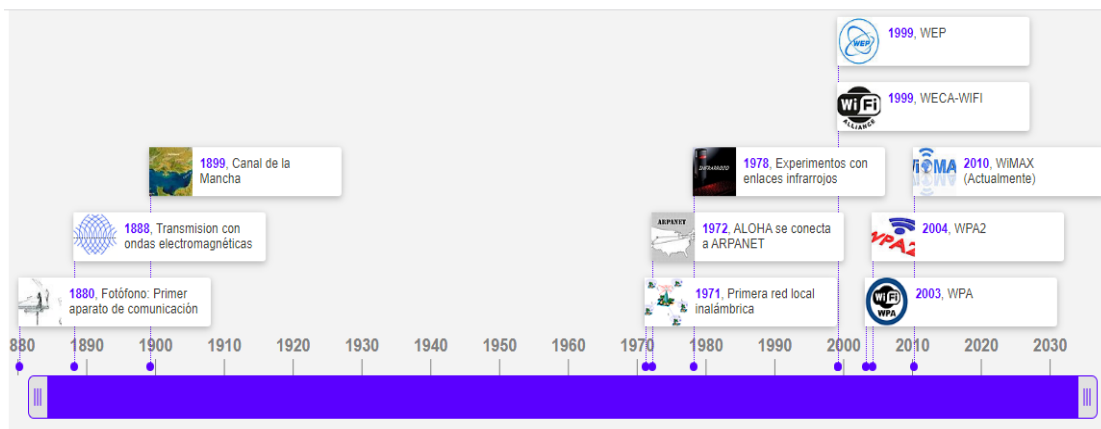
Se dice que la red informática nombra al conjunto de computadoras y otros equipos interconectados, que comparten información, recursos y servicios. Puede a su vez dividirse en diversas categorías según su alcance (red de área local o LAN, red de área metropolitana o MAN, red de área amplia o WAN), su método de conexión por (cable coaxial, fibra óptica, radio, microondas, infrarrojos) o su relación funcional (cliente – servidor, persona a persona). entre otras.

Entre los diferentes tipos de redes destacamos la red alámbrica la cual se comunica a través de cables de datos generalmente basada en Ethernet. Los cables de datos conocidos como cables de red de Ethernet o cables con hilos conductores (CAT5), que es tipo de cable de par trenzado cuya categoría es uno de los grados de cableado UTP descritos en el estándar EIA/TIA 568B, conectan computadoras y otros dispositivos que forman las redes. Las redes alámbricas son mejores cuando usted necesita mover grandes cantidades de datos a altas velocidades como medios multimedia de calidad profesional.

Como resultado de las discusiones y sugerencias, se elaboró el modelo de referencia OSI en 1984, denominado Modelo de Referencia de Interconexión de Sistemas Abiertos, OSIRM [16], el cual proporcionó a los fabricantes un conjunto de estándares que aseguraron una mayor compatibilidad e interoperabilidad entre los distintos tipos de tecnología de red utilizados para las empresas a nivel mundial

La extensión de una red de área local (LAN) está limitada físicamente a un edificio o un entorno de 200 m, o con repetidores se podría llegar a la distancia de un campo de 1 km. Su aplicación más extendida es la interconexión de ordenadores personales y estaciones de trabajo en oficinas, fábricas, etc., para compartir recursos e intercambiar datos y aplicaciones. En definitiva, permite que dos o más máquinas se comuniquen. El término red local incluye tanto el hardware como el software necesario para la interconexión de los distintos dispositivos y el tratamiento de la información a velocidad de 10/100/1000 Mbps [17].

En la figura 3 se puede observar un cuadro representativo de la evolución de las redes alámbricas.



*Figura 3. Evolución de Redes Alámbricas
Imagen tomada de la página TIMETOAST.*

2.2.3.2 REDES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

En los últimos años se ha verificado la proliferación de redes inalámbricas. Esto se debe a varias razones, como el estilo de vida actual, la necesidad de mantener conectividad a redes locales o Internet de forma constante, el soporte a la movilidad, mayor flexibilidad, etc. La aparición de las redes inalámbricas ofrece muchas ventajas además de las referidas anteriormente. Entre ellas está la compatibilidad con las redes cableadas ya existentes, la facilidad de instalación, la reducción en los costes, la sencillez de administración, su escalabilidad, la capacidad de atravesar barreras físicas, etc. Pero su existencia no es fruto de un trabajo ni mucho menos sencillo, para comprender como hemos llegado hasta las redes WI-FI actuales, será mejor que vayamos al origen de las comunicaciones sin cable [18].

La forma de trabajar de las redes utiliza ondas electromagnéticas para transportar información de un punto a otro, para este objetivo se hace uso de ondas portadoras. Estas ondas son de una frecuencia mucho más alta que la onda moduladora (la señal que contiene la información a transmitir). La onda moduladora se acopla con la portadora, a esto se llama modulación, surgiendo una señal de radio que ocupa más de una frecuencia (un ancho de banda) debido a que la frecuencia de la primera se acopla a la de la segunda [18].

En 1999 Nokia y Symbol Technologies crearon la asociación Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), que en 2003 fue renombrada a WI-FI Alliance (Wireless Fidelity), el objetivo de ésta fue crear una marca que permitiese fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de equipos. En el 2000, la WECA certificó según la norma 802.11b (revisión del 802.11 original) que todos los equipos con el sello WI-FI podrán trabajar juntos sin problemas. 802.11b utilizaba la banda de los 2,4Ghz y alcanzaba una velocidad de 11Mbps. Posteriormente surgiría 802.11a que generó problemas puesto que usaba la banda de los 5Ghz que, si bien estaba libre en Estados Unidos, en Europa estaba reservada para fines militares. Esto generó un parón en esta tecnología inalámbrica, lo que nos hace ver la importancia de la instauración de unos estándares válidos para todos. En 2003 tras costosas deliberaciones vio la luz el 802.11g que funcionaba en la misma banda que la «b», pero tenía una velocidad máxima de 54Mbps [18].

Debido a las vulnerabilidades descubiertas en el sistema WEP en 2003 se desarrolló WPA en la versión 802.11i del estándar IEEE. WPA autentica los usuarios mediante el uso de un servidor donde se almacenan las credenciales y las contraseñas de los usuarios de la red. Un año después, sobre 802.11i, se ratificó WPA2, una mejora del anterior que hoy en día, se considera el protocolo más robusto para WI-FI. Tanto WPA como WPA2 no sustituyen WEP, sino que lo refuerzan [18].

Otras desventajas que tienen las redes WI-FI es la incompatibilidad con otros sistemas inalámbricos como Bluetooth, UMTS, GPRS, etc. Así como la menor velocidad en comparación con las redes cableadas debido a las interferencias (otras señales de redes inalámbricas), ruidos como las ondas que emite un microondas por ejemplo y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear. Estos problemas se pueden solucionar en parte

generando canales de tráfico simultáneos entre las distintas antenas de los productos 802.11n [18].

Actualmente existe una norma de transmisión de datos llamada WIMAX (IEEE 802.16) que utiliza las ondas de radio en las frecuencias 2,5 y 5Ghz, es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla.

Está diseñada para dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por baja densidad de población representa unos costes por usuario muy elevados. Este sistema cubre distancias de hasta 80km y una velocidad máxima de 75Mbps.

Finalmente, hay que señalar que las redes de Internet inalámbricas siguen en constante desarrollo para mayores velocidades de transmisión, para obtener tecnologías que mejoren la conectividad, la fiabilidad, la seguridad y que resuelvan problemas de ruidos e interferencias [18].

2.2.4 FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica (Figura 4), es un medio de transmisión de datos que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico por el cual viajan impulsos fotoeléctricos, estos hilos de fibras son muy finos, siendo este el medio de transmisión de la señal. Por medio del fino cable es por donde viaja la señal luminosa desde un extremo a otro.

La luz que viaja por la fibra óptica puede ser generada por un láser con el fin de transportar información a largas distancias es por ello que posee un ancho de banda mucho mayor que otros cables, como el de los metálicos, además genera menos pérdidas y su velocidad de transmisión es mucho mejor, así mismo al trabajar con fibra óptica se genera la ventaja de no ser propensos a las interferencias electromagnéticas, ya que no transporta energía eléctrica solo señales de luz. [19]

A continuación, en la tabla 1, se mencionarán algunas ventajas y desventajas de la fibra óptica:

Ventajas	Desventajas
Medio físico de transmisión con menor atenuación.	En el mercado la disponibilidad de conectores es limitada.
Cuentan con una elevada capacidad de transmisión.	Las fibras ópticas son más frágiles, por lo que se debe trabajar con cuidado.
Compatibilidad con tecnología digital.	El costo de instalación es elevado.
Es multiprotocolo.	Costo alto de los cables en comparación con otros.
Transmiten con luz por lo que no genera radiaciones electromagnéticas.	Presenta dificultades para reparar un cable de fibra roto en el campo.
Inmunidad al ruido y las interferencias.	Son unidireccionales.
Ancho de banda es grande.	El empalme de fibras es difícil, y requiere de un equipo especial.
Ofrece mayor seguridad en los datos.	Purificación del núcleo es costosa y elevada.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la fibra óptica.

Fuente: Telecable [20].

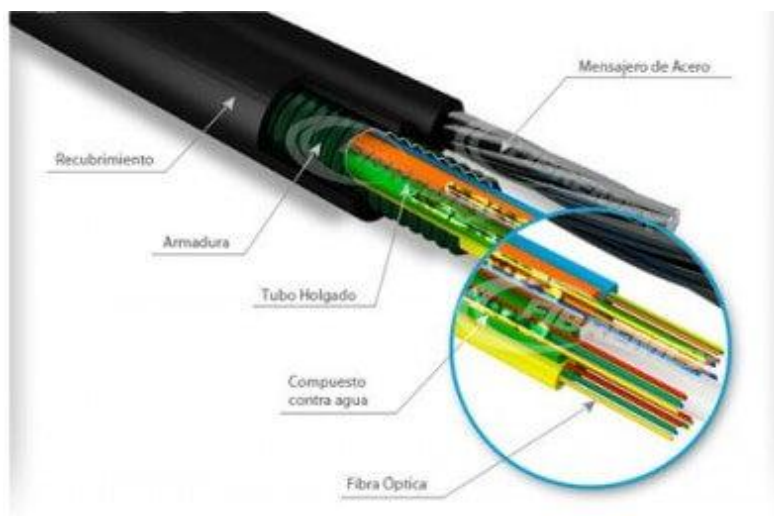


Figura 4. Fibra óptica.

Imagen tomada de la página FibraOptica [21].

2.2.4.1 BREVE HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA

En 1880, Alexander Graham Bell realizo experimentos con un dispositivo al que denomino fotófono, este era un aparato por el cual se transmitían ondas sonoras sobre un rayo de luz y estaba constituido por espejos y detectores de selenio. En aquel entonces el fotófono era considerado muy malo y la luz visible era el medio principal antes de que tomaran lugar las comunicaciones electrónicas. En esos años la óptica en las fibras se consideraba más como un “juego” o era una gracia de laboratorio, hasta que en la década de los 50 fueron evolucionando los avances en el campo de la fibra óptica [22].

En 1951 fue usado por primera vez el término “fibra óptica” haciendo referencia a la transmisión de luz a través de un haz de fibra, esto fue llevado a cabo por Harold Hopkins y Narinder Singh Kapany, quien es reconocido como el padre de esta rama, ellos fueron capaz de lograr dicha transmisión obteniendo perdidas muy pequeñas. Tras este gran hallazgo en el año 1956 estos científicos lograron emplear un haz de fibra para realizar la transmisión de imágenes que fue usado en un endoscopio médico. En 1958, Charles H. Townes y Arthur L. Schawlow presentaron un trabajo un trabajo en donde explicaban como se daba la posibilidad de usar emisión estimulada para amplificar las ondas luminosas [23].

En el año 1960 los cables de fibra aun presentaban perdidas considerablemente grandes, 1000 dB/Km, provocando limitaciones para realizar las transmisiones ópticas considerando distancias cortas.

Las tecnologías de fibra óptica ya presentaron un crecimiento de manera exponencial a partir del año 1970, en este periodo de tiempo los laboratorios Bell transmitieron de manera correcta 1000 millones de bps por medio de un cable de fibra de 600 m, sin hacer uso de un regenerador [24].

A finales de la década de los 70 y principio de los 80, el desarrollo de las fuentes luminosas y detectores de alta calidad abrió la puerta al desarrollo de sistemas de comunicaciones ópticas, siendo estos considerados de gran calidad y económicos. [25]

Desde los primeros intentos y superando los problemas encontrados, se fue extendiendo el uso de las fibras. Las compañías telefónicas comenzaron a realizar pruebas a mediana escala. En 1976 la compañía AT&T instalo dos cables de fibra óptica, cada uno de

630 metros de largo y con 144 fibras. La instalación se llevó a cabo a través de conductos subterráneos, donde los cables debían evitar curvas pronunciadas. Debido al éxito alcanzado y a la excepcional capacidad de la fibra para transportar tráfico telefónico, su uso comercial aumento rápidamente. La empresa GTE inauguró una línea entre Long Beach y Artesia en California con un transmisor de diodos LED. Cada cable de fibra podía transportar un equivalente a 672 canales de voz. [26]



Figura 5. Instalación de la primera red de fibra óptica.

Imagen tomada de la página Tecnología, Telecomunicaciones e Innovación.

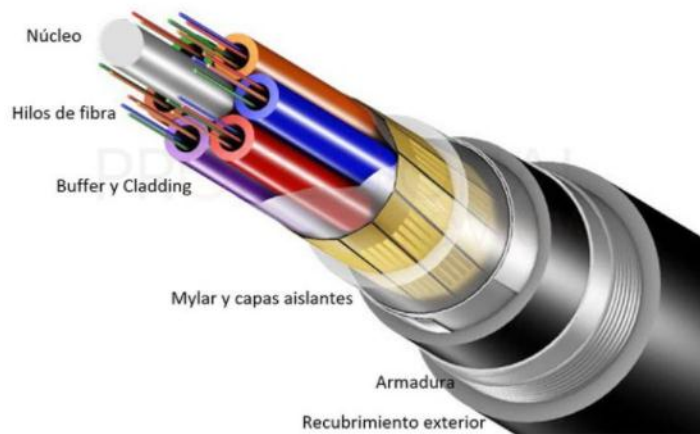
2.2.4.2 PARTES DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Es importante conocer cuál es la estructura que compone la fibra óptica a continuación, mencionaremos las partes que la conforman:

- **Núcleo:** Es el elemento central de cable de fibra, el fin del núcleo es dar un refuerzo para evitar que el cable se deforme
- **Hilos de fibra:** es el elemento conducto por el cual viaja la luz y la información, están fabricados de plástico o material por el cual puedan reflejarse o refractarse hasta llegar a su destino.
- **Buffer:** Es el recubrimiento de los hilos de fibra y tiene como función evitar que los rayos de luz salgan de la fibra.

- **Mylar y capas aislantes:** Este es un recubrimiento encargado de proteger los buffers y están elaborados de materiales dieléctricos.
- **Armadura:** La siguiente capa es armadura del cable, que la mayoría de las veces están construidas de hilos de Kevlar.
- **Recubrimiento exterior:** Como todo cable, consta de un recubrimiento exterior que generalmente es de plástico o PVC.

A continuación, en la figura 6 se puede observar la composición de un cable de fibra óptica. [19]



*Figura 6. Partes de un cable de fibra óptica.
Imagen tomada de la página Professional Review.*

2.2.4.3 PREPARACIÓN DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Existen muchos modelos de cables de fibra en el mercado. El pelado de este es más complicado porque la capa exterior es muy dura.

El proceso a seguir para pelar este tipo de cable es el siguiente:

Primero, pelamos la funda exterior del cable, esta es la tarea más complicada porque es una cubierta bastante dura. para ello, haremos uso del alicate de corte. Una vez hecha la hendidura en toda la superficie alrededor del cable, según la profundidad de la cubierta, con un cúter cortaremos la cubierta hasta la punta, de forma que lo que realmente hacemos es

quitar la funda como si se trata de pelar un plátano. Debemos mencionar en este punto que todo este proceso debemos hacerlo con guantes de protección.

Cortamos el kevlar sobrante con las tijeras o con otra herramienta de corte. En este caso, la capa del kevlar suele utilizarse para dar sujeción al cable dentro de la caja en el que vayan conectadas las fibras, como veremos más adelante.

Pelamos la funda interior común a todas las fibras a qui hemos de tener cuidado de no pasarnos de la funda porque podemos cortar las fibras y tendríamos que repetir el proceso, con el consiguiente desperdicio del trozo de fibra que habíamos pelado. Teniendo en cuenta que puede ser necesario hacer el uso del cúter.

Una vez a la vista todas las fundas de las fibras propiamente dichas, pelaremos las fundas necesarias, para lo que usaremos la misma herramienta.

Las fibras están en un gel que sirve para lubricar y mantener las fibras en el interior del cable, así como para evitar el contacto con el agua (hidrófugo) si el cable se agrieta. Para usarlas, se limpian con alcohol isopropílico y un paño que no suelte pelusa o toallitas impregnadas en alcohol isopropílico.

Por último, se puede pelar el revestimiento de cada una de las fibras si fuese necesario, aunque lo normal en estos tipos de cable de fibra es hacer un empalme por fusión, aunque lo normal no es necesario pelar este revestimiento, como veremos en un apartado posterior. [27]

2.2.4.4 TRANSMISIÓN DE LUZ POR LA FIBRA ÓPTICA

La transmisión de luz se fundamenta en la reflexión interna total; los rayos de luz se propagan por el núcleo de la fibra óptica cumpliendo la condición que el índice de refracción del núcleo debe ser mayor al índice de la cubierta y el ángulo de incidencia mayor al ángulo crítico, de esta manera toda la luz se refleja hacia el interior de la fibra sin pérdidas además puede transmitirse a grandes distancias reflejándose miles de veces. Cuando los ángulos de incidencia son menores al ángulo crítico los rayos de luz se refractan y pasan a la cubierta de la fibra óptica, y en los ángulos iguales al ángulo crítico, los rayos se refractan paralelamente a la superficie de separación entre el núcleo y el revestimiento. [28]

2.2.4.5 VENTANAS Y BANDAS DE TRANSMISIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

Cuando transmitimos información por una fibra óptica, lo hacemos por medio de pulsos de luz, rayos lumínicos que viajan confinados entre el núcleo y el revestimiento o cladding. Se generan en un emisor, un dispositivo óptico que crea luz de una longitud de onda determinada. Con la evolución de la tecnología, se han ido afinando las longitudes de onda óptimas para transmitir, denominándose a estos rangos ventanas de transmisión [29].

Una ventana de transmisión de fibra es la zona donde la atenuación de estas en función de su longitud de onda suele ser menor y relativamente constante, además su desempeño es mucho mejor, a continuación, se presentarán en la tabla 2 los parámetros de las ventanas de transmisión:

Parámetro	Primera Ventana	Segunda Ventana	Tercera Ventana
Rango	800 a 900 nm	1250 a 1350 nm	1500 a 1600 nm
λ central	850 nm	1310 nm	1550 nm
Atenuación	2,5 dB/km	0,38 dB/km	0,25 dB/km

Tabla 2. Parámetros de las ventanas de transmisión

Fuente: Guía de referencia FOA [30]

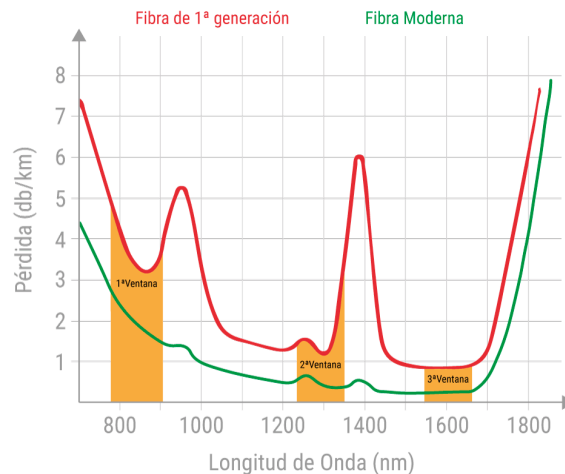


Figura 7. Ventanas de transmisión.

Fuente Ventanas de transmisión de J. Martínez [29].

En la figura 7 puede ver las 3 ventanas de transmisión clásicas y una comparativa de la pérdida de una fibra óptica antigua contra una moderna. Como puede apreciar, la evolución en los compuestos y métodos de fabricación ha conseguido obtener una respuesta casi lineal y minimizar los picos debidos a la absorción del ión hidroxilo, que antiguamente eran muy marcados.

Las bandas de transmisión de fibra óptica están representadas por la siguiente gama de longitudes de ondas como se puede observar en la tabla 3.

Descripción	Longitud de onda
Original Band	1260 - 1360 nm
Extended Band	1360 - 1460 nm
Short Band	1460 – 1530 nm
Conventional Band	1530 – 1565 nm
Long Band	1565 – 1625 nm
Ultralong Band	1625 – 1675 nm

Tabla 3. Bandas de transmisión.

Fuente Bandas de transmisión de J. Martínez [29].

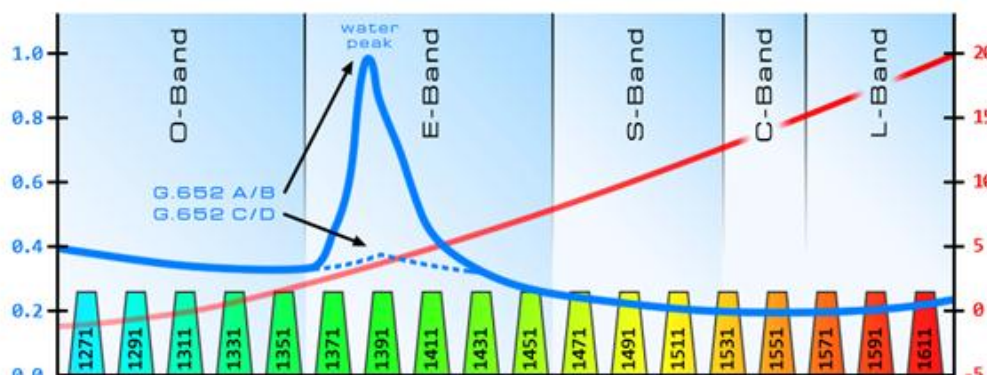


Figura 8. Bandas de transmisión.

Imagen tomada de la página FOCC Technology Co.

La International Telecommunication Union (ITU) tiene una serie de estándares publicados que definen bandas de transmisión recomendadas, abarcando desde la 2ª ventana

clásica para arriba, lo que sería la zona de menor pérdida, como lo podemos evidenciar en la figura 8.

2.2.5 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Una vez que la luz entra en una fibra óptica, se propaga de una forma uniforme llamada modo, que no es más que el camino que sigue a través de una fibra (la onda electromagnética). Dependiendo del número de modos de propagación, hay dos grandes tipos de fibra óptica: monomodo y multimodo. Las fibras monomodo están compuestas de un hilo de núcleo de muy pequeño diámetro (8,3 μm) que soporta un solo modo de transmisión luminosa. [31]

Asimismo, existen diferentes tipos de fibras ópticas y estas pueden estar clasificadas de la siguiente manera:

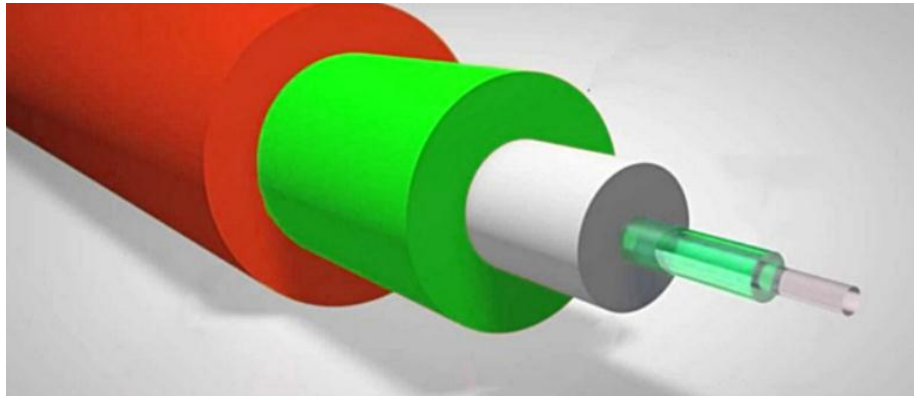
- Según su material
- Según su estructura
- Según su modo de propagación

2.2.5.1 FIBRAS ÓPTICAS SEGÚN SU MATERIAL

En esta clasificación de fibra óptica encontramos dos variantes:

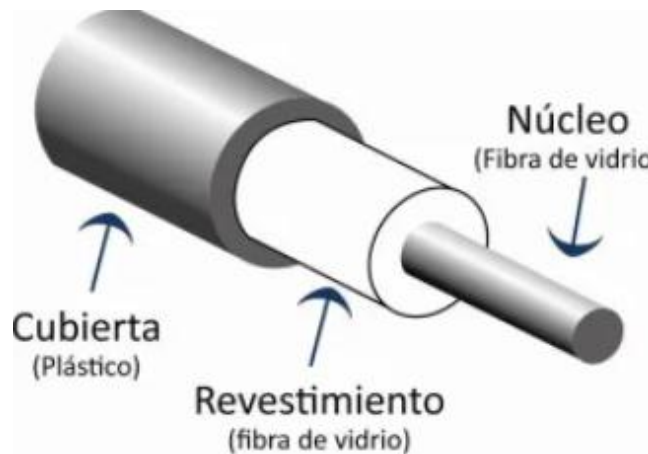
- **Plástica:** están constituidas de núcleo y cubierta plástica (Figura 9), estas poseen ventajas sobre las fibras de vidrio porque llegan a ser más flexibles y fuertes, además que son un poco más fácil de instalar en lugares pequeños, tienen mejor resistencia a la presión y en cuanto al peso son 60% más ligeras, pero a diferencia a las de vidrio presentan un nivel de atenuación más alto por lo que trabajan con distancias mucho más cortas.

Están basadas, según la ITU (el organismo de telecomunicaciones de las Naciones Unidas), además de ser reconocida por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) como la referencia para todas las instalaciones basadas en este nuevo material para el Viejo Continente.



*Figura 9. Fibra óptica de plástico.
Imagen tomada de la página ACTELSER.*

- **Núcleo de vidrio:** a diferencia de las fibras con núcleo de vidrio presentan un nivel de atenuación bajo, dentro de estas fibras se encuentran las de PCS (Plastic Clad Silica) que se muestra en la figura 10, estas son las de núcleo de vidrio con cubierta de plástico y suelen ser menos afectadas por la radiación y son mucho mejores para aplicaciones militares, también se encuentran las de SCS (Silice Clad Silice), que son las de núcleo y cubierta de vidrio.



*Figura 10. Fibra óptica de vidrio – PCS.
Imagen tomada de la página Comunicaciones con fibra óptica.*

Fibra óptica PCF 200/230: Fibra óptica MM de salto de índice, adecuada para trabajar a 650 y 850 nm, en cortas distancias (Sistemas sensores e iluminación. Atenuación 6/7 dB/km.

Fibra óptica MM OM5: Fibra óptica sílice/sílice, adecuada para aplicaciones WBMMF.

Normativas aplicables:

- IEC 793: FO 100/140
- UIT G651: FO MM perfil de índice gradual
- UIT G- 652: FO SM Dispersión standard
- UIT G- 653: FO SM dispersión desplazada, optimizada a 1500 nm (Aplic. Larga distancia)
- UIT- G655: FO SM Non Zero Dispersión (Aplicaciones DWDM)
- UIT- G657: FO SM insensible a las curvaturas (Aplicaciones FTTx)
- ISO 11801: FO OM- 1, OM- 2, OM- 3 y OM- 4 (MM 40G/100G), OM- 5 (WBMMF) OS- 1 y OS- 2 en fibras SM

2.2.5.2 FIBRAS ÓPTICAS SEGÚN SU ESTRUCTURA

En esta clasificación de fibra óptica encontramos las fibras de estructura holgada y ajustada

- **Estructura holgada:** Son aquellas fibras que llevan dentro de sí una segunda cubierta, la misma que tiene un diámetro de 1 a 3 mm, estas fibras se las encuentra con un gel que ayuda a protegerlas del agua. El miembro de refuerzo posee un aislamiento de las diversas tensiones mecánicas que se generan durante su instalación, es usada normalmente en exteriores y su uso no es recomendado para instalaciones verticales, esto debido al gel que poseen. A continuación, en la figura 11 se muestra una fibra con estructura holgada:

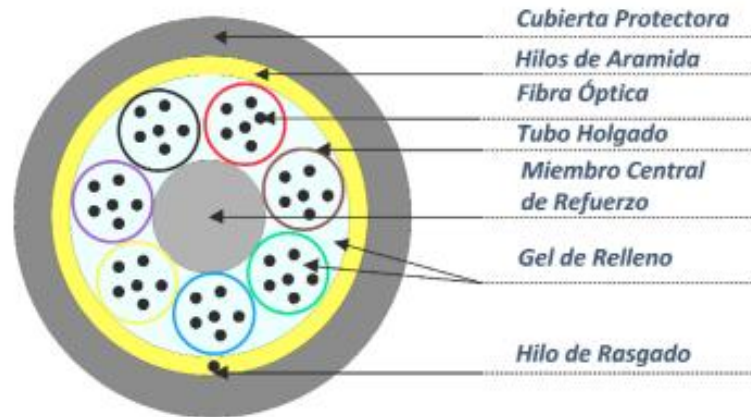


Figura 11. Fibra óptica con estructura holgada.

Imagen tomada de trabajo de titulación: “Diseño de procedimientos para fiscalización de trabajos de redes ópticas pasivas en QUITO” [32]

- Estructura ajustada:** su característica principal es que la fibra se encuentra junto a la cubierta secundaria haciendo que ese ajuste proporcione protección y soporte a cada fibra existente, además, permite una mejor identificación de los colores de las fibras. Generalmente es usada en interiores porque son más flexibles y su radio de curvatura es mayor. A continuación, se muestra la figura 12 de como luce una fibra con estructura ajustada:

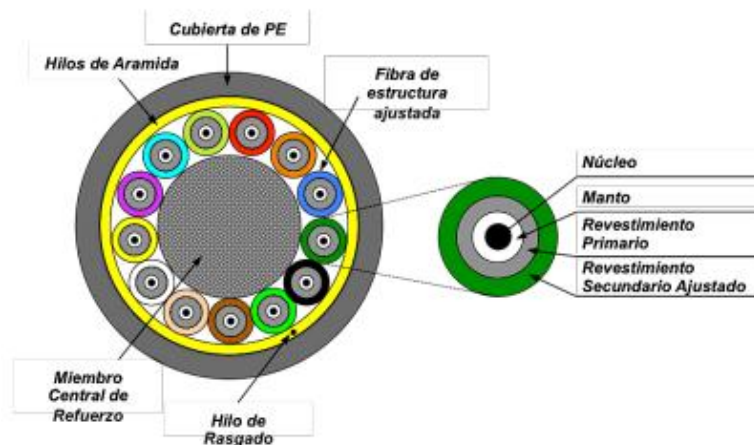


Figura 12. Fibra óptica con estructura ajustada.

Imagen tomada de trabajo de titulación: “Diseño de procedimientos para fiscalización de trabajos de redes ópticas pasivas en QUITO” [32]

Como ya se mencionó las fibras con estructuras holgadas y ajustadas presentan diferentes características, por la cual, se presentará la tabla 4 en donde se presentan comparaciones entre las mismas.

Características	Est. Holgada	Est. Ajustada
Resistencia a golpes	Menor	Mayor
Radio de curvatura	Grande	Pequeño
Protección a la humedad	Con gel	Sin gel
Flexibilidad	Sin flexibilidad	Flexibles
Diámetro del cable	Grande	Pequeño
Densidad de fibras	Alta	Baja
Conexión de fibra óptica	Tedioso	Sencillo
Nº de fibras en protección secundaria	Varias	Una

Tabla 4. Tabla comparativa de las estructuras de la fibra óptica.

Fuente: Investigación de campo (2022)

2.2.5.3 FIBRAS ÓPTICAS SEGÚN SU MODO DE PROPAGACIÓN

Según su modo de propagación se encuentra diferentes tipos de fibras, a continuación, se presenta un detalle de cada una de estas:

- **Fibra Multimodo:** según su nombre, se llama así a las fibras que no guían de un solo modo, estas pueden guiar con muchos rayos luminosos, los cuales toman caminos diferentes dentro de la fibra.

Estas fibras poseen un núcleo con diámetro variable de 50 a 200 μm y el de su revestimiento varía de 125 a 240 μm , trabajando con la primer y segunda ventana Su instalación generalmente es para distancias cortas menores a 1 o 3 km.

Estas fibras cumplen o exceden la Recomendación ITU-T G.652.D, los estándares IEC 60793-2-50 B.1.3, ISO/IEC 11801 OS1, ISO/IEC 24702 OS2, Telcordia GR-20-CORE, ANSI/ICEA S-87-640 y RUS 7CFR 1755.900 [33].

La fibra monomodo tiene la menor atenuación, y por lo tanto el mayor ancho de banda de todos los tipos de fibra óptica. Estas fibras tienen la característica de tener un

alcance muy superior (hasta 10 Km); se emplean fundamentalmente para conexiones de media, larga y muy larga distancia. La electrónica de transmisión, recepción y repetición también es más cara que la de los sistemas multimodo, se precisan emisores láser más potentes y sofisticados [34].

Una de las desventajas de este tipo de fibras, es que al ser el núcleo mucho más estrecho que en las fibras multimodo, la conexión entre dos fibras tiene que ser mucho más precisa, encareciendo los conectores y el costo del cable en general. Existen diferentes tipos de fibra monomodo, las diferencias se basan principalmente en su adecuación para el funcionamiento con diferentes láseres que funcionen en distintas longitudes de onda [34].

En especial para usar en FTTH es ideal la fibra “Sin Pico de Agua” (Zero Water Peak) que se ha diseñado para funcionar en cualquier rango de longitud de onda, desde 1280 nm a 1625 nm, con la eliminación de picos de agua (atenuación alta) en la ventana de 1400 nm, ampliando así el rango de longitud de onda utilizable con fibra monomodo convencional en más de un 50%.

De esa forma garantizan bajos valores de atenuación y pérdidas por curvatura por todo el espectro de transmisión, resultando muy interesante cuando hay que instalarla en lugares donde los cables tendrán curvas más cerradas, como en los cableados de edificios y en el interior de viviendas. Sin embargo, debemos aclarar que todas las diferentes tecnologías PON son capaces de funcionar con fibras ópticas estándar, sin necesidad de fibras especiales [34].

- **Fibra Multimodo de índice escalonado:** También conocidas como fibras de salto índice, su núcleo está compuesto por un material homogéneo con índice de refracción constante, estas fibras suelen ser más simples y poseen características inferiores en comparación con otras fibras, llevan este nombre es debido a que su índice de refracción aumenta de manera escalonada porque sufre cambios abruptos en la unión núcleo-manto. A continuación, en la figura 13 se puede observar cómo se comporta el pulso cuando la fibra posee un índice de refracción escalonado.

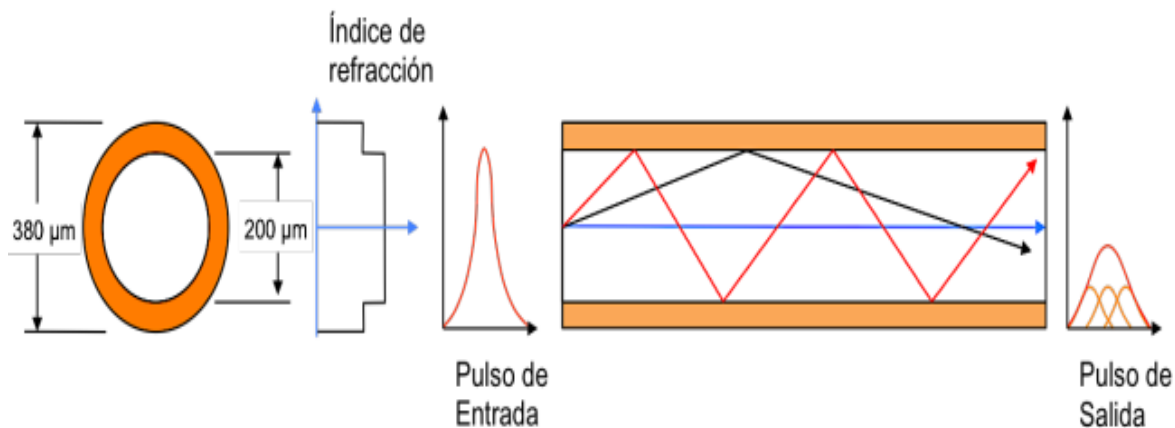


Figura 13. Fibra multimodo de índice escalonado.

Imagen tomada de la página Instant Byte.

Las características principales de la fibra multimodo de índice escalonado se encuentran detalladas en la tabla 5:

Característica	Valor
Ancho de banda (BW)	4 GHz/Km
Pérdidas	0,3-0,5 dB/Km
Diámetro del núcleo	200-1000 μm
Longitud de onda	660-1060 nm

Tabla 5. Características principales de la fibra multimodo de índice escalonado.

Investigación de campo.

- Fibra multimodo de índice gradual:** Posee un índice de refracción que va disminuyendo gradualmente desde el centro del núcleo hasta llegar al revestimiento haciendo que la luz se propague de manera ondulada. En este tipo de fibras el núcleo está constituido con varias capas concéntricas de material óptico. En comparación con la fibra de índice escalonado estas tienen menos modos de propagación. A continuación, en la figura 14 se puede observar cómo se comporta el pulso cuando la fibra posee un índice gradual.

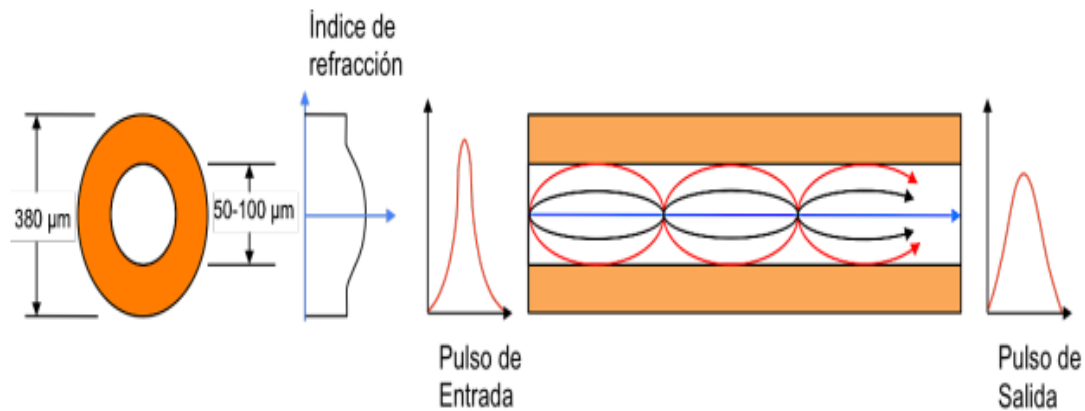


Figura 14. Fibra óptica multimodo de índice gradual.
 Imagen tomada de la página Instant Byte.

Las características principales de la fibra multimodo de índice gradual se encuentran detalladas en la tabla 6:

Característica	Valor
Ancho de banda (BW)	100 MHz/Km
Pérdidas	3-20 dB/Km
Diámetro del núcleo	50-100 μm
Longitud de onda	1330-1550 nm

Tabla 6. Características principales de la fibra multimodo de índice gradual.
 Investigación de campo.

Además, según el sistema ISO 11801 para clasificación de fibras multimodo según su ancho de banda las fibras pueden ser OM1, OM2 u OM3 [35].

- OM1: Fibra 62.5/125 μm, soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores [35].
- OM2: Fibra 50/125 μm, soporta hasta Gigabit Ethernet (1 Gbit/s), usan LED como emisores [35].
- OM3: Fibra 50/125 μm, soporta hasta 10 Gigabit Ethernet (300 m), usan láser como emisores [35].

- **Fibra monomodo:** como su nombre lo indica solo tiene un modo de propagar la luz y este es de manera paralela al eje de la fibra. El diámetro del núcleo de la fibra es reducido a un tamaño de 8 a 10 μm . las fibras monomodo logran alcanzar grandes distancias, máximo hasta 400 km (usando un láser de alta densidad) y la transmisión de información es de tasas elevadas. Al momento de realizar la Conectorización de las fibras estarás requieren gran precisión por lo que su instalación debe ser de manera más rigurosa.

A continuación, en la figura 15 se puede observar cómo se comporta la fibra monomodo.

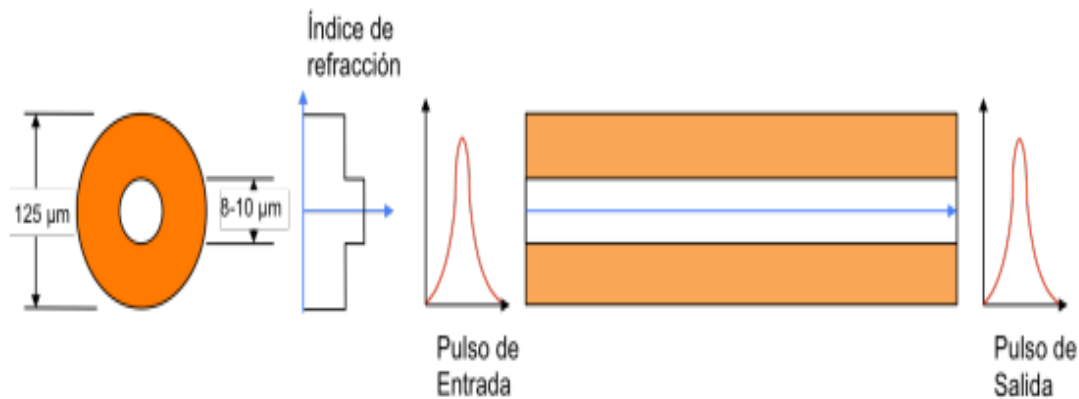


Figura 15. Fibra óptica monomodo.

Imagen tomada de la página Instant Byte.

Este tipo de fibra también se puede clasificar según el índice de refracción catalogándolas según su perfil escalón, triangular, gaussiano, además la clasificación de estas fibras también puede ser por el tipo de dispersión que poseen:

- ➔ **Dispersión normal:** sigue la recomendación UIT-T G.652 y aunque no es recomendable puede ser usada en la ventana de 1510 nm, otra característica de esta dispersión en la fibra monomodo es que en la ventana de transmisión de 1310 nm tiene cero dispersiones.
- ➔ **Dispersión desplazada:** al igual que en la dispersión normal esta también posee cero dispersiones, pero como su nombre lo indica, al poseer la característica de desplazamiento puede ser usada en la ventana de 1510 nm haciendo posible

alcanzar grandes velocidades y distancias. Este tipo de dispersión sigue la recomendación UIT-T G.653.

→ **Dispersión plana:** estas fibras operan en las ventanas de 1530 nm a 1625 nm, entre sus características esta que posee un índice de pérdidas bajo, pero esto sucede cuando trabajan en la ventana de 1550 nm debido a que su núcleo es de silicio puro, sigue la recomendación UIT-T G.654. Así mismo existen fibras con dispersión plana que trabajan con la recomendación UIT- G655 y se caracterizan por tener el índice de dispersión cromática mayor a cero en todas las trayectorias de longitudes de onda.

2.2.6 CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

Los cables de fibra óptica están compuestos por filamentos de vidrio, cada uno de ellos con capacidad para transmitir datos digitales modulados en ondas de luz. Envían información codificada de manera eficaz en un haz de luz a través de un tubo de vidrio o plástico. Una ventaja clave de los cables de fibra óptica respecto a los cables conductores de metal es su rendimiento superior en lo que al ancho de banda se refiere y, por lo tanto, su mejor rendimiento a la hora de transportar datos. Por lo general, los cables de fibra óptica son más ligeros y menos susceptibles a las interferencias electromagnéticas. Sin embargo, la fibra óptica tiende a ser más frágil que los cables con conductor de metal [36]. Dentro de las características que dependen la capacidad de transmisión de fibra óptica tenemos:

2.2.6.1 REFRACCIÓN Y REFLEXIÓN

Refracción: El cambio de dirección que presenta una onda, rayo de luz al pasar de un material a otro es conocido como el fenómeno de refracción como se puede observar en la figura 16, la refracción se produce si la onda incide de manera oblicua sobre la superficie de los dos medios y solo si los índices de refracción son diferentes.

La desviación de esta onda o rayo de luz depende de varios factores, que son índice de refracción y el ángulo de incidencia. Este principio solo se da cuando se cumple lo siguiente:

- El rayo refractado y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano.

- La ley de Snell de la refracción considera un frente de ondas que se acerca a la superficie de separación de dos medios de distintas propiedades. Si en el primer medio la velocidad de propagación de las ondas es v_1 y en el segundo medio es v_2 vamos a determinar, aplicando el principio de Huygens, la forma del frente de onda un tiempo posterior t . [37]

Se denomina índice de refracción, al cociente entre la velocidad de la luz c en el vacío y la velocidad v de la luz en un medio material transparente.

$$n = \frac{c}{v}$$

Fórmula 1. Índice de refracción

La ley de Snell de la refracción se expresa en términos del índice de refracción:

$$(n_1 \text{sen} \theta_1 = n_2 \text{sen} \theta_2)$$

Fórmula 2. Ley de Snell

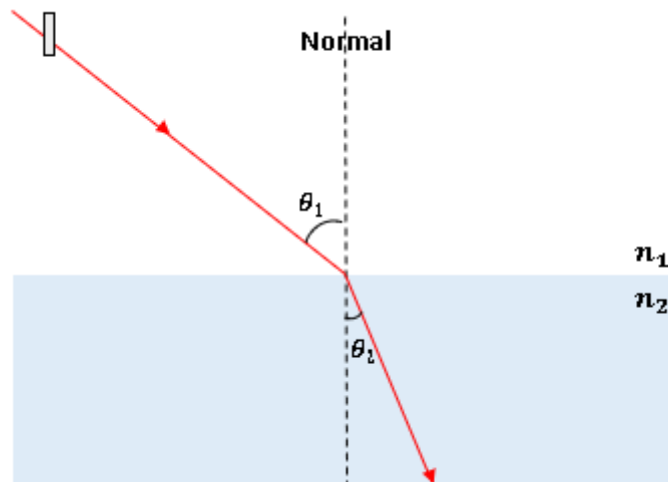


Figura 16. Fenómeno de refracción.

Fuente: Investigación de campo (2022)

La tabla 7, está detallada con algunos índices de refracción según el material:

Material	Índice de refracción
Vacío	1
Aire	1,00029
Hielo	1,31
Agua	1,333
Alcohol etílico	1,36
Cubierta FO	1,45
Núcleo	1,47
Cuarzo	1,544
Diamante	2,417

Tabla 7. Índice de refracción según el material.

Fuente: Investigación de campo (2022)

Reflexión: Este fenómeno de reflexión se da cuando un rayo de luz choca con un objeto, pero rebota de manera que el rayo de luz sea reflejado en el mismo medio. El ángulo de incidencia y los índices de refracción son los que permiten la cantidad de luz reflejada.

El ángulo formado por el rayo incidente y el reflejado con la superficie es exactamente el mismo, como podemos visualizar en la figura 17. Cuando el fenómeno de la reflexión se da no se altera la frecuencia, ni longitud de onda y tampoco su velocidad de la luz. [38]

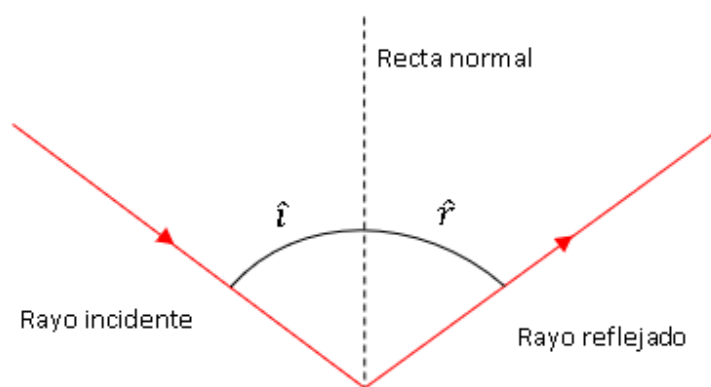


Figura 17. Fenómeno de reflexión.

Fuente: Investigación de campo (2022)

2.2.6.2 ÁNGULO CRÍTICO

Mediante la ecuación de Snell se puede observar que el ángulo de incidencia puede crecer y este depende del índice de refracción de los materiales mismo que denotara que la refracción no puede darse por la existencia de una reflexión total del haz de luz, por lo que el ángulo de incidencia con que llega a la frontera de los medios de propagación posee un valor crítico en donde el haz de luz no podrá pasar al otro medio ya que la potencia lumínica de dicho haz será reflejada en forma interna, a este fenómeno se lo conoce como reflexión total interna y es el que sirve como base en el proceso de propagación de los haces de luz en la fibra óptica. [39]

En la figura 18 podemos observar que el rayo refractado se encuentra en posición paralela al medio de propagación y de esta manera se forma un ángulo recto con la normal.

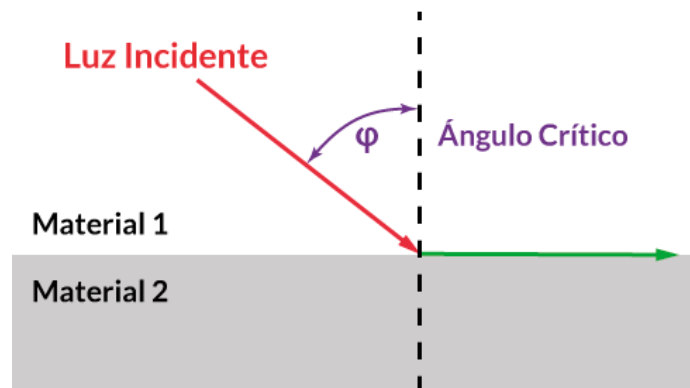


Figura 18. Ángulo crítico.

Imagen tomada de la página PRORED.

2.2.6.3 APERTURA NUMÉRICA

La apertura numérica es la capacidad que ayuda a captar los haces de luz a la fibra óptica mediante el cual se produce el fenómeno de refracción interna total de esta manera se propaga la luz atrapada en el conducto con una velocidad máxima, la apertura numérica son todos los ángulos diferentes que se pueden propagar en la fibra llamados haces de luz.

Misma que se representa con la formula adjunta a continuación.

$$NA = \sin \theta_{MAX} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Fórmula 3. Apertura numérica

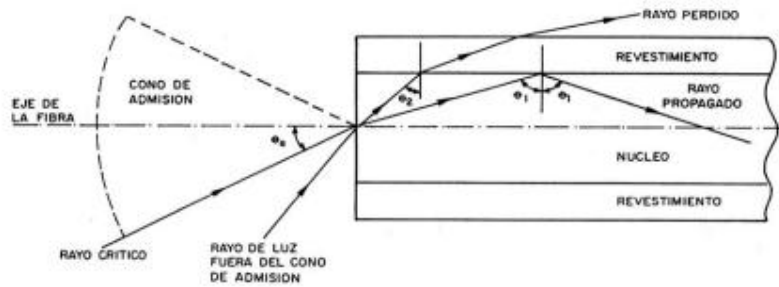


Figura 19. Apertura numérica.

Imagen tomada de la página Minmodo.

2.2.6.4 ATENUACIÓN EN LA FIBRA ÓPTICA

La atenuación en fibra óptica se considera uno de los factores fundamentales con respecto a limitaciones de rendimiento en todos sus sistemas de comunicación, la atenuación limita la distancia de transmisión de una manera diferente a la de la dispersión. Si la pérdida de potencia en la señal óptica a través de la fibra es excesiva, no habrá suficiente potencia en el receptor para reconocer la señal de transmisión. Se refiere a la pérdida de potencia como tasa de atenuación, la cual es especificada en unidades de dB/Km. [40]

Las ventajas que se presentan por la baja atenuación en las fibras ópticas respecto a conductores convencionales se expresan en la figura 20:

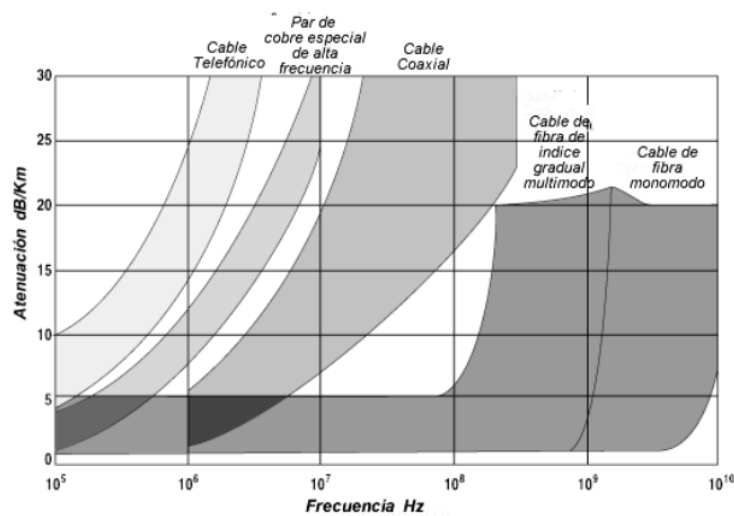


Figura 20. Atenuación en la fibra óptica

Imagen tomada de la página "La fibra óptica".

A continuación, la figura 21 nos muestra el espectro de la curva de atenuación en una fibra de silicio, esta presenta tres características principales, y estas son:

- ➔ La tendencia que tiene de atenuarse a medida que la longitud de onda se incrementa (dispersión rayleigh).
- ➔ Atenuación en los picos de absorción, los cuales se asocian con el ion hidroxilo (OH^-).
- ➔ Tendencia a incrementar las longitudes de onda por encima de $1.6 \mu\text{m}$, y esto debido a las pérdidas inducidas por la absorción del silicio.

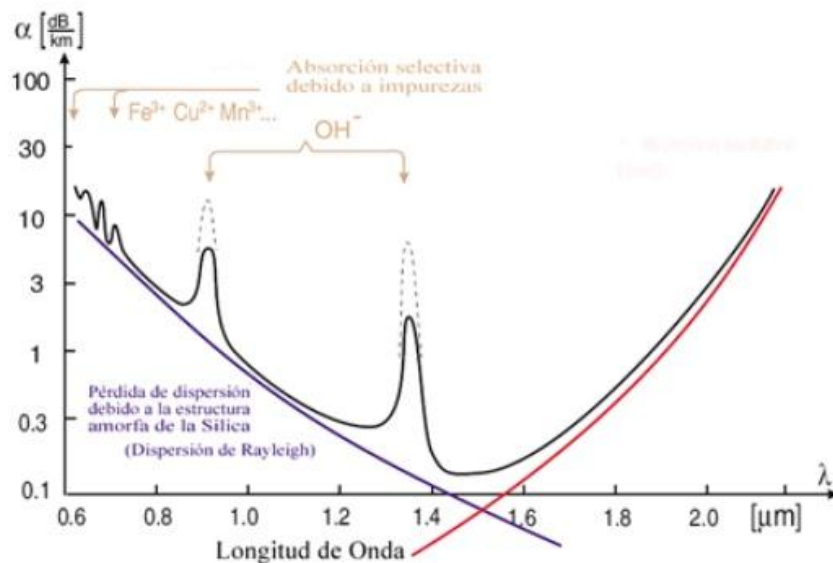


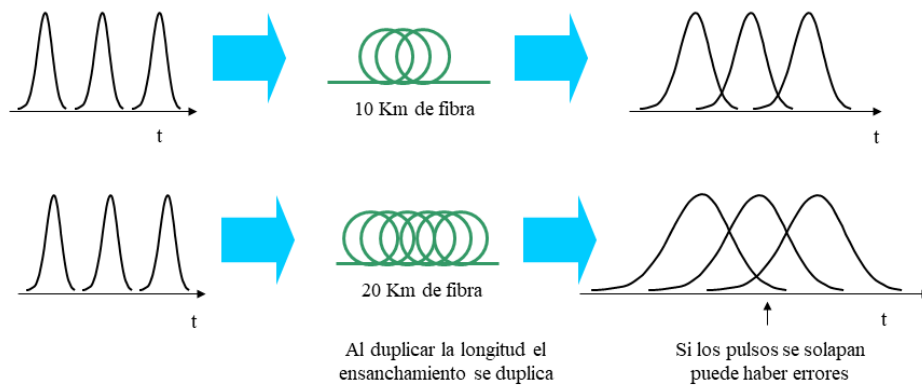
Figura 21. Atenuación de una fibra de silicio
Imagen tomada de la página “La fibra óptica”.

2.2.6.5 DISPERSIÓN EN LA FIBRA ÓPTICA

La dispersión es el fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material. Todos los medios materiales son más o menos dispersivos, y la dispersión afecta a todas las ondas. Cuando un pulso de luz viaja a lo largo de la fibra, la señal no solo se atenúa, sino que también se desvía o ensancha en el tiempo. Este ensanchamiento va a producir una reducción en el ancho de banda, por lo tanto, una baja velocidad de transmisión. La dispersión óptica ocurre debido a que la velocidad de la luz a

través de la fibra depende de su longitud de onda y del modo de propagación. Las diferencias en la velocidad son pequeñas, pero de manera similar a la atenuación, esta se acumula con la longitud. [41]

La dispersión causa la separación de los pulsos de luz mediante su propagación por la fibra óptica estos causan errores en el receptor y a sus parámetros como la atenuación y el ancho de banda.



*Figura 22. Dispersión en la fibra óptica
Imagen tomada de la página PRORED.*

La dispersión total se clasifica en:

- Dispersión cromática
- Dispersión modal
- Dispersión por modo de polarización

La dispersión cromática se clasifica en:

- Dispersión de guía de onda
- Dispersión del material

2.2.6.5.1 DISPERSIÓN CROMÁTICA

La dispersión intramodal o cromática se presenta en todos los tipos de fibras ópticas y tiene como origen el hecho de que las fuentes de luz disponibles no emiten una sola frecuencia, sino un cierto espectro de un determinado ancho de banda.

Los diodos emisores de Luz (LED) emiten luz que contiene una combinación de longitudes de onda. Cada longitud de onda, dentro de una señal de luz compuesta, viaja a una velocidad diferente. En consecuencia, los rayos de luz que simultáneamente se emiten de un LED y se propagan por una fibra óptica no llegan, al extremo lejano de la fibra, al mismo tiempo, teniendo una señal de recepción distorsionada. La dispersión cromática se puede eliminar usando una fuente monocromática como láser. [42]

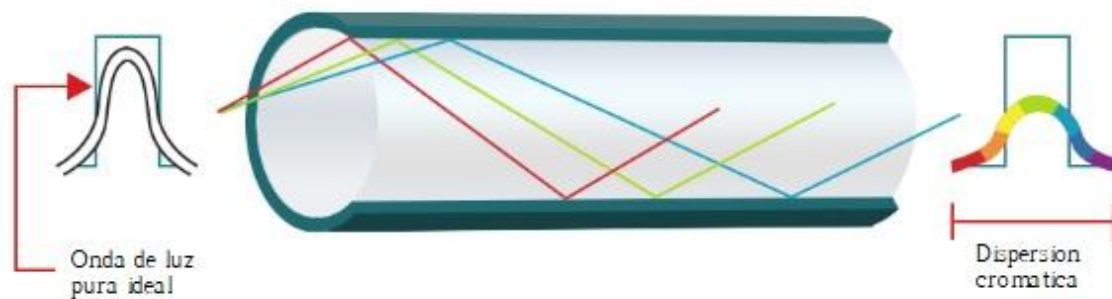


Figura 23. Dispersión cromática

Imagen tomada de la página "Community".

- **DISPERSIÓN DE GUÍA DE ONDA**

La dispersión de guía de onda la podemos observar de forma significativa en fibras monomodo ya que su energía se propaga por el núcleo, sin embargo, existe una pequeña cantidad de energía que se propaga por la cubierta de la fibra, estas se propagan en velocidades distintas por su índice de refracción y los pulsos llegarán al receptor con diferentes retardos.

- **DISPERSIÓN DEL MATERIAL**

La dispersión del material afecta a cualquier tipo de fibra sea esta monomodo o multimodo, esto sucede debido al cambio del índice de refracción puesto que varía con la longitud de onda de la luz en la fibra, la fuente de luz tiene más de una longitud de onda por ello los rayos

de luz que tengan diferentes longitudes de onda viajaran a velocidades diferentes formando la separación del pulso.

2.2.6.5.2 DISPERSIÓN MODAL

Este tipo de dispersión solo afecta a la fibra multimodo, sus rayos de luz tienen diferentes recorridos dentro de la fibra, esto ocasiona que las distancias por su diferencia lleguen a su destino en diferentes tiempos.

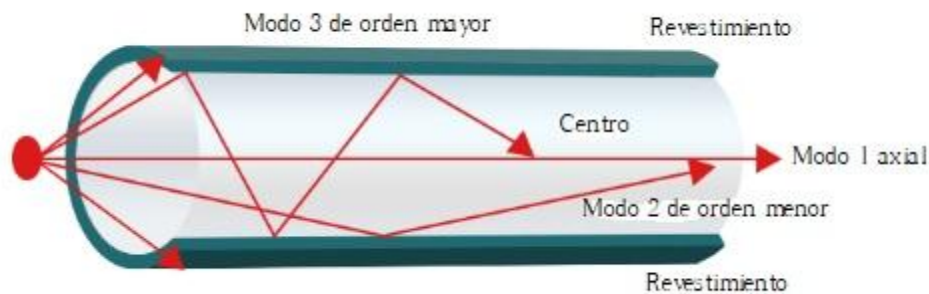


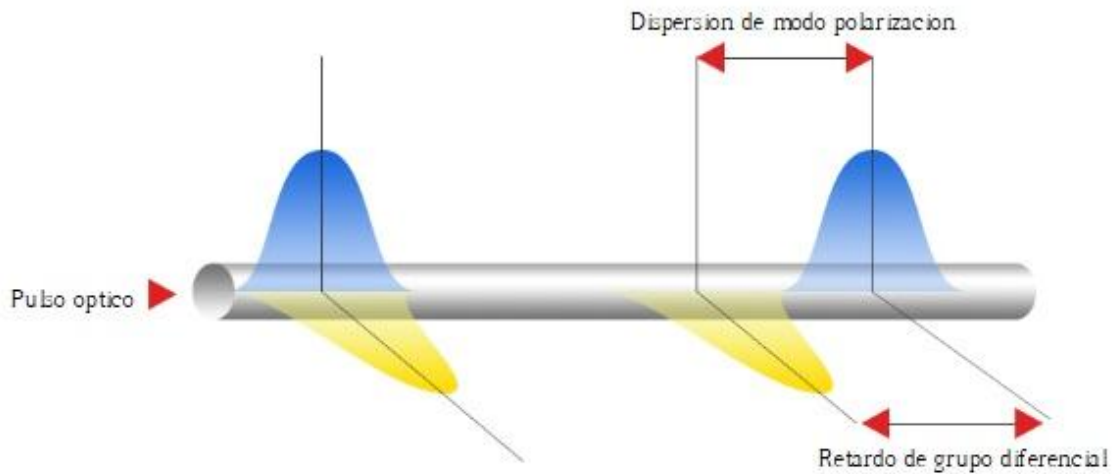
Figura 24. Dispersión modal

Imagen tomada de la página "Community".

2.2.6.5.3 DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN

La dispersión por modo de polarización se origina solamente en fibras monomodo que trabajan a velocidades mayores de 10 Gbps.

Se relaciona con la propiedad de la luz, en el cual durante su propagación ésta presenta vibraciones en distintas direcciones, las cuales determinan distintas velocidades a propagarse. Se tiene por convención que al vibrar sobre el eje X se tiene un modo lento, mientras que al vibrar sobre el eje Y se tiene un modo rápido. Por lo tanto, al otro lado de la fibra los modos llegan en tiempos distintos, causando distorsión en los pulsos, lo que ocasiona que el receptor no pueda distinguir los pulsos individuales. [43]



*Figura 25. Dispersión modo polarización
Imagen tomada de la página "Community".*

2.2.6.6 ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es el rango de modulación o medida de capacidad de transmisión a la cual la potencia luminosa decae comparado con el valor que tiene a la frecuencia central.

El término ancho de banda en enlaces de comunicaciones hace referencia la cantidad de información o datos que se pueden transferir entre dos puntos, la cual se da a través de una conexión de red en un tiempo determinado, generalmente en cuestión de segundos. En sus inicios el ancho de banda solía medirse en bits por segundo (bps), pero fue gracias a los avances en las comunicaciones que las velocidades para transmitir datos en la actualidad pueden medirse en Megabits, Gigabits o Terabits por segundo.

2.2.6.7 DIÁMETRO DEL CAMPO MODAL

El diámetro del campo modal aumenta cada que la longitud de onda guiada incrementa este emitido desde el extremo de la fibra óptica.

2.2.6.8 LONGITUD DE LA ONDA DE CORTE

Mediante la fibra monomodo se propagan cierta cantidad de rayos de luz para una determinada longitud de onda, sin embargo, al guiar varios rayos de luz se comportaría como una fibra multimodo.

La separación que existe por la longitud de onda entre fibra monomodo y multimodo tiene el nombre de longitud de onda de corte, en un sistema de comunicación, para la transmisión en un solo modo, se debe cerciorar que la longitud de onda de transmisión sea mayor que la de corte, si la de onda decrece por debajo de la de corte, se producen más modos ocasionando pérdidas de información. [28]

2.2.7 PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET – ISP

Un ISP o proveedor de servicios de internet es el nombre con el que se conoce a las compañías que se encargan de proporcionar el acceso al internet a los respectivos clientes, es decir, lo que hace un ISP es desplegar una red de telecomunicaciones que se conecta a otras redes. [44]

Las opciones de conexión a Internet varían según el Proveedor de Servicios de Internet y la región. Los clientes tienen que considerar algunos de los siguientes factores antes de seleccionar un paquete de Internet y un tipo de conexión a Internet: velocidad de conexión o ancho de banda, costo, disponibilidad, fiabilidad y conveniencia [45].

En la tabla 8 se encuentran los servicios que se ofrecen desde los ISP:

Programa	Descripción
Fibra Óptica GO	\$22.31/mes
Conexión Hogar	Desde \$11.70/mes
Plan Conectados	\$26.23/mes
Plan Servidor Público y CNT	\$20.91/mes

Tabla 8. Valores referenciales del mercado por servicios de ISP

Fuente: Valores de CNT - Investigación de campo (2022)

Cada proveedor de internet ofrece distintos tipos de conexiones y esto va a depender del número de usuario, velocidad de conexión o cantidad de espacio libre en la web, existen diversos tipos de ISP, y estos son:

2.2.7.1 ISP DE ACCESO TELEFÓNICO

Hace años atrás la conexión a internet se daba mediante la marcación a través de una línea telefónica en un dispositivo modem, la conexión era lenta es por ello por lo que los proveedores del servicio proporcionaban aumento de velocidad en la transferencia de datos mediante aceleradores, era el proveedor de servicio de internet más económico, pero al pasar el tiempo y con el avance de la tecnología fue quedando obsoleta.

2.2.7.2 ISP DE ACCESO POR DSL

Al pasar el tiempo la conexión mediante modem fue quedó atrás y surgió la conexión DSL, conexión mediante línea de cobre que llegaba a cada uno de los usuarios en casa.

2.2.7.3 ISP DE ACCESO POR CABLE

Esta tecnología ofrecía conexión a internet mediante cable coaxial, el mismo que se utilizaba para las conexiones de tv, para el acceso a internet mediante este ISP se necesitaba un modem, mismo que facilitaba el proveedor del servicio y realizaban una sola conexión entre tv e internet.

2.2.7.4 ISP DE ACCESO POR SATÉLITE

La conexión por satélite debía darse en lugares en donde no existieran infraestructura de antenas o cables en el subsuelo, cuentan con una alta velocidad para la transmisión de datos y descargas respectivas una de sus desventajas es que su velocidad disminuía al realizar subida de información.

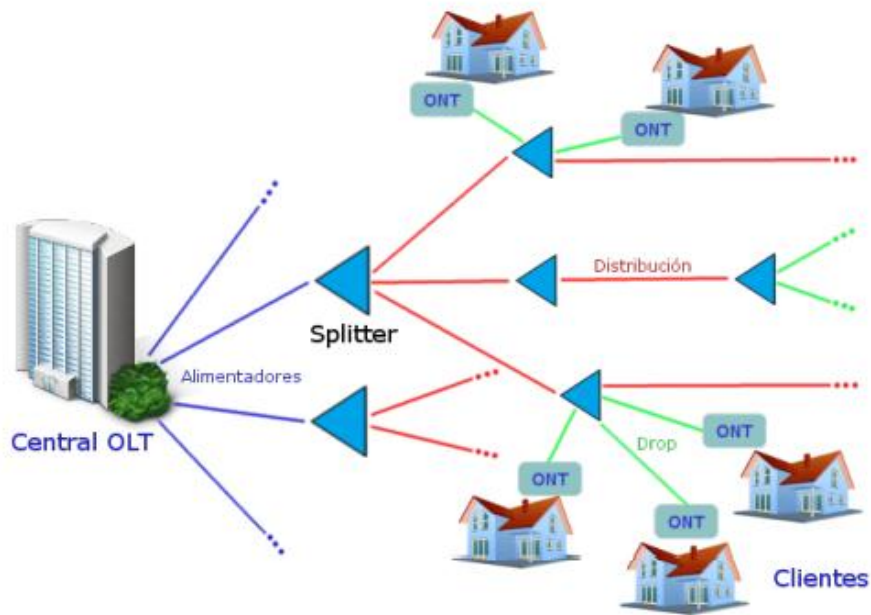
2.2.7.5 ISP DE FIBRA ÓPTICA

La conexión mediante fibra óptica es la más demandada en la actualidad por su velocidad en todos los servicios mediante un solo cable a varios usuarios y por el alcance que tiene en cada uno de los lugares del país.

2.2.8 REDES ÓPTICAS PASIVAS (PON)

La red óptica pasiva o red PON (Passive Optical Network), es una red punto multipunto, se la llama así porque todos los elementos que conforman la red son pasivos, lo que quiere decir que no requiere de energía en ningún punto intermedio de la red, en si las redes pasivas han sustituido al cable coaxial por fibra monomodo y además se encuentran a lo largo de la red solo dispositivos ópticos como divisores ópticos. La red óptica pasiva es aquella red de acceso que fue diseñada con base a la estructura punto-multipunto y a una topología tipo árbol. En este tipo de redes una sola troncal puede ser utilizada por varios usuarios proporcionando así una reducción de costos cuando la red de distribución realice su despliegue [35].

Dentro de la estructura de estas redes se encuentran el uso de divisores ópticos, los denominados Splitters, siendo este el elemento central en la red de distribución, es decir entre la OLT y la ONT. Los splitters son los encargados de distribuir la señal según el haz de luz, repartiendo el haz entrante a diversas fibras según la salida del mismo elemento, para mayor comprensión se adjunta Figura 26.



*Figura 26. Red óptica pasiva.
Imagen tomada de la página Globenetcorp.*

Posee dos canales uno ascendente la cual envía información al nodo y otro descendente donde llega la información de cada nodo y se utiliza TDMA. Presenta las siguientes características:

- ✓ Esta red permite una cobertura que llega a los 20 Km
- ✓ Reduce la densidad de equipos
- ✓ Simplifica el despliegue de fibra
- ✓ Mayor ancho de banda por cliente
- ✓ Permiten superponer señales ópticas
- ✓ Poseen mayor calidad de servicio
- ✓ Facilidad de mantenimiento de la red
- ✓ Crecimiento a mayores en tasas de transferencia.
- ✓ Se utilizan de forma masiva

Las redes PON utilizan dos formas de transmisión y estas son:

- **Transmisión unidireccional:** Se da cuando la transmisión utiliza dos fibras diferentes. Una fibra es utilizada para el canal ascendente y la otra fibra para el canal descendente.

- **Transmisión bidireccional:** Utiliza una única fibra para transmitir, pero hace uso de diferentes longitudes de ondas utilizando diferentes técnicas como TDM, WDM, etc. [32]

2.2.8.1 VENTAJAS DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS PON

Las redes PON traen consigo algunas ventajas al momento de ser implementadas, estas son:

- **Consumo energético eficiente:** es esta su ventaja principal debido a que no se requiere energía para la red de acceso, puesto que el suministro de esta es solo necesario en el origen y en la recepción de la señal.
- **Infraestructura y actualización más sencillas:** debido a que la fibra y la infraestructura de los conectores ópticos (splitters) permanece igual estas no deben ser cambiados a medida que el tiempo avanza, solo deben ser renovados los dispositivos extremos, OLT y ONT.
- **Uso eficaz de la infraestructura:** se procura obtener el máximo beneficio de la infraestructura para generar una capacidad de servicio óptimo. Los estándares de redes PON al ser combinados con otros servicios, como el de radiofrecuencia sobre vidrio (RFoG) o superposición de video de RF pueden coexistir en la misma red PON para ofrecer diferentes servicios y de esta manera obtener un mejor beneficio en el ancho de banda de una sola fibra.

2.2.8.2 DESVENTAJAS DE LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS PON

Así como las redes PON tienen sus ventajas, también presentan sus limitaciones que serán mencionadas, a continuación:

- **Distancia:** este parámetro en una red PON es menor en comparación con las redes ópticas activas, AON. Una red PON cubre entre 20 y 40 km, a diferencia de la red AON que su cobertura abastece hasta los 100km.
- **Acceso a la prueba:** es una limitación, debido que en el momento que ocurra algún fallo, para dar solución al mismo se debería dejar por fuera o sin servicio

temporalmente a una sección de la red PON o si no el acceso a la prueba debe ser verificado desde algún extremo de la OLT.

- **Alta vulnerabilidad a averías en la línea de alimentación o el OLT:** por su arquitectura P2MP y gran cantidad de usuarios finales del servicio OLT (hasta 256) la redundancia es mínima y dado el caso de poseer un OLT defectuoso o se realice un corte de fibra accidental la interrupción del servicio es a gran escala [46]

2.2.9 ARQUITECTURAS DE REDES PON

Las redes PON, están constituidas por redes xPON, su origen fue en base a un grupo de 7 operadores de telecomunicaciones, su objetivo es agrupar todas las características que están tengan para de esa manera tener un mejor acceso de banda ancha en diferentes entidades.

2.2.9.1 X PON - ITU-T G.983

- **APON** (ATM ((Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network): Es la primera red la cual fue definida para poder realizar diferentes normas para el acceso de banda ancha a los hogares. Posee una tasa máxima de 155 Mbps que luego paso a 622 Mbps, la misma que se reparte de acuerdo al número de unidades ópticas de usuario ONUs. La transmisión se la realiza en base a ráfagas de celdas ATM, en donde a la trama se le agrega 2 celdas PLOAM para indicar el destino de cada celda y otra para mantenimiento [35].

El éxito de la arquitectura APON fue notable pero no tenía la capacidad para ofrecer el servicio de video. Inicialmente su velocidad era de 155 Mbps, pero con el tiempo alcanzo velocidades hasta 622 Mbps. Su protocolo de transmisión era basado en ATM (Ashynchronous Transfer Mode). [32]

- **BPON** (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha): Esta se basa en las redes APON y se diferencian de las mismas ya que esta red permite el soporte de otros estándares de banda ancha, posee un tráfico asimétrico con una canal descendente con tasas de 622Mbps y un canal ascendente con 155 Mbps, y un tráfico

simétrico en donde los canales ascendente y descendente tienen tasas de 622 Mbps. Además, este tipo de red presentaba altos costos y varias restricciones técnicas [35].

2.2.9.2 X PON - ITU-T G.984

- **GPON** (Gigabit-capable PON): Este tipo de red se encuentra basada en BPON en lo referente a la arquitectura que posee, pero puede brindar: soporte global multi servicio, amplia cobertura (20 Km), seguridad a nivel de protocolo y además posee tasas de transferencia de forma simétrica de 622Mbps y 1.25Gbps, y de forma asimétrica de 2.5 Gbps para el canal 49 descendente y 1.25 Gbps para el canal ascendente.

2.2.9.3 IEEE 802.3ah

- **EPON** (Ethernet PON): Constituido por la IEEE para poder sacar provecho de las distintas características de la fibra óptica y poder utilizarlas en Ethernet. Las ventajas que presenta este estándar son: o Trabaja en el orden de los Gigabit o La interconexión es más sencilla. o Reduce costos ya que no posee elementos de ATM o SDH [35].

Paralelamente a la evolución de las redes PON estandarizadas por la ITU, y que tienen su origen en la FSAN, surge una nueva especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile o Ethernet en última milla), constituido por la IEEE. Este sistema se basa principalmente en el transporte de tráfico Ethernet en vez del transporte por medio de celdas de ATM, que en muchos casos resulta ser muy ineficiente. Funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONT que se interconecten a cada OLT. [47]

- **FUTURA GEAPON**: Se pretende mediante este estándar obtener un ancho de banda 10 veces mayor.

Gigabit PON es otra tecnología perteneciente a la arquitectura PON. Hoy, se trata del estándar más avanzado sobre el que se sigue aun trabajando. Cabe destacar que es una

evolución de las redes BPON, por lo cual, al igual que este, se basa en el protocolo ATM. Fue creado con el principal objetivo de poder ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus predecesores, y por tanto lograr una mayor eficiencia para el transporte de servicios de hoy en día. [47]

2.2.10 ESTÁNDARES DE REDES PON

2.2.10.1 ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA-568-B.3

Estándar publicado en el año 2000, este nos indica todos los requerimientos necesarios para componentes de fibra óptica dentro de edificaciones, en donde encontramos conectores, cables, hardware de conexión, patchcord, instrumentos de prueba y demás elementos necesarios para su conexión, también establece el tipo de fibra sea este monomodo o multimodo.

Se especifica un ancho de banda de 160/500 MHz/Km para la fibra de 62.5/125 μm y de 500/500 MHz/Km para la fibra de 50/125 μm , y atenuación de 3.5/1.5 dB/Km para las longitudes de onda de 850/1300 nm en ambos casos respectivamente. [48]

2.2.10.2 ESTÁNDAR ANSI/TIA/EIA 598-A

Este estándar es utilizado para la codificación de colores y así aislar el cableado, de esta manera al tener una conexión con múltiples fibras en un solo buffer es más factible su identificación, esto nos ayuda a tener una mejor estructura de los elementos.

Por lo general, se utilizan fibras de 2 hilos hasta 144 hilos, estas para construcciones de redes urbanas e interurbanas, son agrupadas en cada buffer y contienen hasta 12 hilos cada uno, el estándar TIA 598-A, nos indica el orden según el color asignado, a continuación, en la Figura 27 se muestran el código de colores del estándar antes mencionado.

Posición	Color
1	Azul
2	Naranja
3	Verde
4	Marron
5	Gris
6	Blanco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa
12	Turquesa

Figura 27. Estándar de codificación esquemático TIA 598-A.

2.2.11 ELEMENTOS DE REDES DE FIBRA ÓPTICA

Antes de ver cuáles son los componentes de una red de fibra óptica se debe comprender en qué consisten este tipo de redes. Para comenzar es una tecnología que ha tenido un desarrollo largo, remontándose a unos 60 años. Sin embargo, ha sido necesario mejorar el proceso de fabricación del vidrio empleado en la fibra óptica para acercarse a la tecnología que hoy se conoce. Actualmente, su uso no está relegado únicamente a las telecomunicaciones, sino que es usada en otras industrias como en la biomédica, la automoción o aviación entre otras.

Una red de fibra óptica de última milla está compuesta de elementos activos y pasivos. Los elementos pasivos son principalmente las propias fibras ópticas, los atenuadores ópticos, los repartidores y los derivadores ópticos que podremos usar en el despliegue. Los elementos activos más habituales son las OLTs, colocadas en la cabecera, los amplificadores ópticos y las ONTs, elementos de recepción del usuario [49]. Gráficamente una red de este tipo la describimos en la siguiente figura:

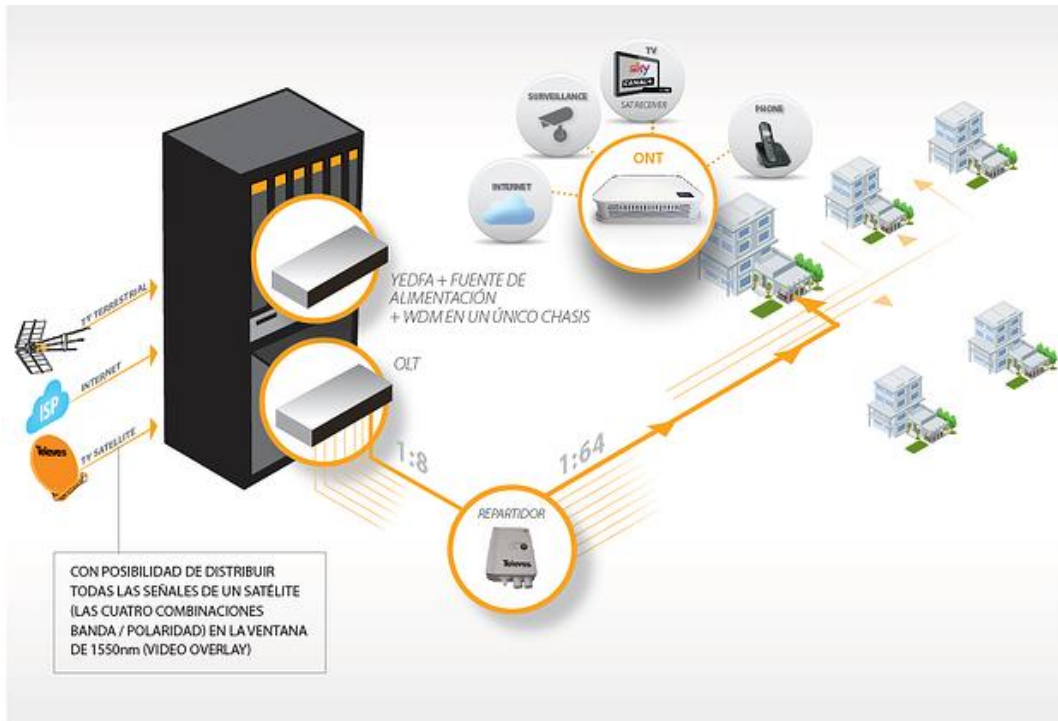


Figura 28. Esquema general de una red con FO.

Imagen Tomada de la página por Comesur [49]

2.2.11.1 OLT

La OLT como la que se muestra en la figura 29, está situado en la central del proveedor, es uno de los equipos activos que conforman una red GPON. Entre sus principales funciones tenemos: realizar funciones de control en la red de distribución, coordinar la multiplexación de los canales ascendentes y descendentes.

En los puertos uplink es donde se realiza la conversión electroóptica, para que ésta última atraviese la ODN y de esta manera llegue hacia el domicilio del abonado para su conexión hacia el ONT, éstos a su vez transmiten su tráfico como señales ópticas hacia el OLT, cerrándose de esta manera la comunicación existente entre OLT y ONT. [50]

El OLT, está conformado de Interfaces GPON del tipo SFP (Transceptor Modular Óptico), cada uno de éstos admite hasta 64 abonados con un alcance de cobertura de hasta 20 Km, que trabajan con combinaciones simétricas y asimétricas de velocidades tanto de bajada como de subida:

- 155 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 622 Mbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 1,2 Gbps (Upstream), 1,2 Gbps (Downstream).
- 155 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 622 Mbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 1,2 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream).
- 2,4 Gbps (Upstream), 2,4 Gbps (Downstream) [50]



Figura 29. OLT.

Imagen tomada de los equipos del laboratorio.

2.2.11.2 ONT

También conocidas como ONUs y se encuentran instaladas en la casa del usuario junto a una roseta óptica, son los equipos que se encargan de recibir y filtrar la información que proviene del OLT hacia los usuarios y así mismo realiza la función de manera inversa, es decir, encapsula la información obtenida desde el usuario o cliente para proceder a enviarla a la cabecera del OLT

Según la función que cumpla la ONT se encuentran dos tipos:

- **H-OLT (ONT del hogar):** esta es aquella que está ubicada dentro del hogar para proporcionar los servicios a un cliente en particular.
- **B-ONT (ONT de edificio):** este tipo de ONT es capaz de proporcionar servicio a varios usuarios conectados por medio de un repartidor y están ubicados usualmente en los cuartos de comunicaciones de los edificios o empresas.

El equipo ONT (Figura 30), puede enviar información al OLT en una longitud de onda de 1310 nm por lo que cuenta con un LED que envía señales luminosas. [32]



Figura 30. ONT.

Imagen tomada de la página rzfibra.

2.2.11.3 SPLITTERS ÓPTICOS

Los divisores ópticos mostrados en la Figura 31, son componentes pasivos que realizan la división de la señal óptica en una red PON. Se componen de una o dos fibras de entrada y N fibras de salida, las cuales dividen la potencia de la señal óptica de forma proporcional entre ellas, caracterizándoles como splitters balanceados.

Los splitters modulares 19" son específicamente desarrollados para aplicaciones plug-and-play, aumentando la velocidad y la organización de la instalación [51].

Son elementos pasivos de distribución óptica bidireccional y su ubicación parte desde un OLT hacia cada ONT a la que se le brindara el servicio. Estos equipos desempeñan las siguientes funciones:

- La señal con acceso al puerto de entrada proviene del OLT y se divide entre múltiples salidas, según la capacidad del splitter con la finalidad de multiplexar o dividir la señal.
- La señal que accede por las salidas proviene de las ONT para combinarse en la entrada.

Es considerado como uno de los elementos más importantes de la red debido a que gracias a estos se disminuyen los costos de manera notable en el despliegue y mantenimiento de la red gracias a su capacidad de unir y dividir señales. A continuación, se detallan características de los divisores ópticos en la tabla 8.

Una ventaja de trabajar con los divisores ópticos es que al ser un elemento pasivo no requiere ser energizado, pero también entre sus desventajas se encuentra que genera pérdidas de potencia sobre las señales, la cual se ve reflejada con la siguiente formula:

$$Atenuación = 10 \log \left(\frac{1}{N} \right)$$

Fórmula 4. Atenuación de splitters

Donde:

N: es el número de salidas del splitter.



Figura 31. Splitter.

Imagen tomada de los materiales a utilizar.

Estos divisores ópticos poseen varias características y encuentran detalladas en la tabla 9.

Característica	Máxima
Especificaciones ambientales	Temperatura de Operación $-25^{\circ}\text{C}\sim+70^{\circ}\text{C}$ Temperatura de Almacenamiento $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ Humedad Relativa de Operación 5%~95%UR Humedad Relativa de Almacenamiento
Características Dimensionales	SC-APC o SC-UPC Aviso: Es muy importante que se alinee el guía del conector con la fenda del adaptador, para que se garantice que no haya atenuaciones extras. Attenuation: Typical = 0.15dB / Maximum = 0.30dB Pérdida de Retorno: >60 dB (APC), >50 dB (UPC) Tipo: Push-pull; Cuerpo: Plástico; Férula: cerámica (Zirconia)
Tipo de conector en la Salida	15 dB
Tipo de conector en la Entrada	SC-APC o SC-UPC Aviso: Es muy importante que se alinee el guía del conector con la fenda del adaptador, para que se garantice que no haya atenuaciones extras. Attenuation: Typical = 0.15dB / Maximum = 0.30dB Pérdida de Retorno: >60 dB (APC), >50 dB (UPC) Tipo: Push-pull; Cuerpo: Plástico; Férula: cerámica (Zirconia);
Desempeño	7.8 dB
Garantía	4.2 dB

Tabla 9. Pérdidas introducidas por splitters

Fuente: Investigación de campo (2022)

A continuación, en la tabla 10 mostraremos las pérdidas que generan los splitters.

Taza	Promedio
1x64	19.2 dB
1x32	15.8 dB

1x16	13.4 dB
1x8	9.7 dB
1x4	6.6 dB
1x2	3.4 dB

Tabla 10. Pérdidas introducidas por splitters

2.2.11.4 ODN

La ODN es la red de distribución óptica, es el medio de transmisión que da lugar a la conexión física de las ONT a los OLT, dentro de esta se encuentran un conjunto de elementos ópticos como conectores, splitters, empalmes y esencialmente el cable de fibra óptica, red de distribución puede alcanzar una cobertura de 20 km a más.

Una ODN cuenta con cinco segmentos que son:

- Fibra de alimentación
- Punto de distribución óptica
- Fibra de distribución
- Punto de acceso óptico
- Divisor de fibra

A continuación, en la Figura 32 se puede observar una red de distribución óptica.

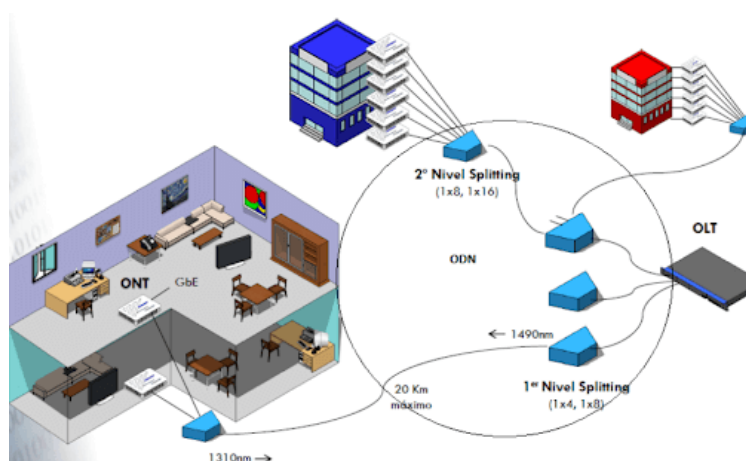


Figura 32. Red de distribución óptica.

Imagen tomada de la página Fibra óptica y Redes.

Una ODN puede presentar las siguientes características:

- Es capaz de permitir la comunicación entre el OLT y un usuario y así mismo de manera contraria.
- También proporciona el medio de transmisión para la conexión del OLT hacia las ONT/ONU.
- La ODN se basa en divisores ópticos pasivos y bifurcadores ópticos.
- Proporcionan cualquier servicio y esto debido a sus propiedades ópticas.

2.2.11.4.1 TOPOLOGÍAS ODN

Las topologías que presentan una ODN pueden ser las siguientes:

- **ESTRELLA SIMPLE**

La topología estrella simple se puede observar en la Figura 33, esta consiste en conectar el OLT directamente a cada ONT, generando un gran ancho de banda como beneficio al abonado, pero genera gran costo debido a que necesita de dos Transceptores ópticos por abonado. La ODN permite la comunicación entre una OLT y el usuario y viceversa mediante la utilización de un dispositivo óptico pasivo. La ODN proporciona el medio de transmisión óptico para la conexión física de las ONU (Unidad de Red Óptica) con las OLT. La ODN está basada en divisores ópticos pasivos y bifurcadores óptico

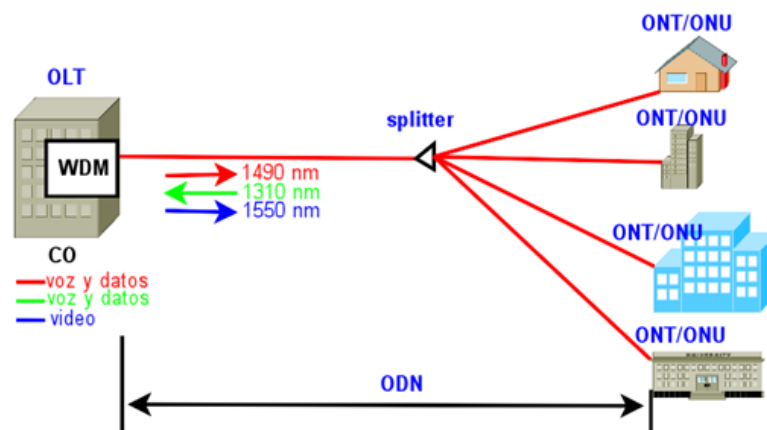


Figura 33. Topología estrella simple.

Fuente: Característica generales de tecnología GPON [52]

- **RED ÓPTICA PASIVA**

La Topología de red óptica pasiva mostrada en la Figura 34, se basa en propagarse por medio de divisores, siendo una topología de fusión es capaz de permitir a la ONU recibir la señal completa, la misma que trabaja como mecanismo de multiplexación por división de dominio en el tiempo.

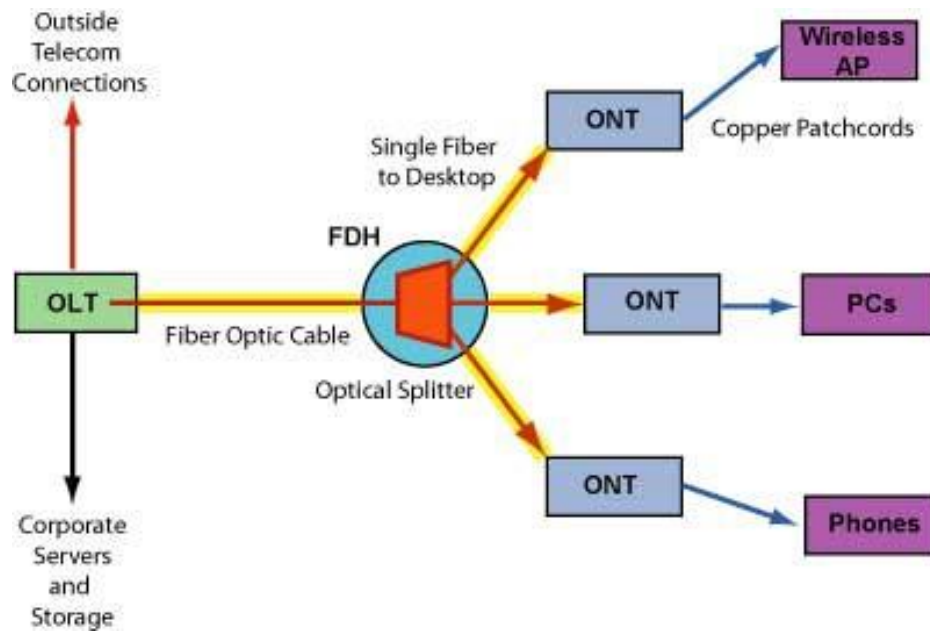


Figura 34. Topología de red óptica pasiva.

Fuente: [53]

- **ESTRELLA DOBLE ACTIVA**

La topología Estrella doble activa mostrada en la Figura 35, es una mejora significativa de la topología estrella simple, lo que la diferencia es que usa equipos activos que si bien es cierto permiten al usuario mantener una buena sucesión con excelentes resultados de pérdidas de datos.

Sin embargo, en esa categoría no borraremos por lo que la implementación correspondiente por de las que revisan la vida una opción viable, porque se genera más costes en mantenimiento.

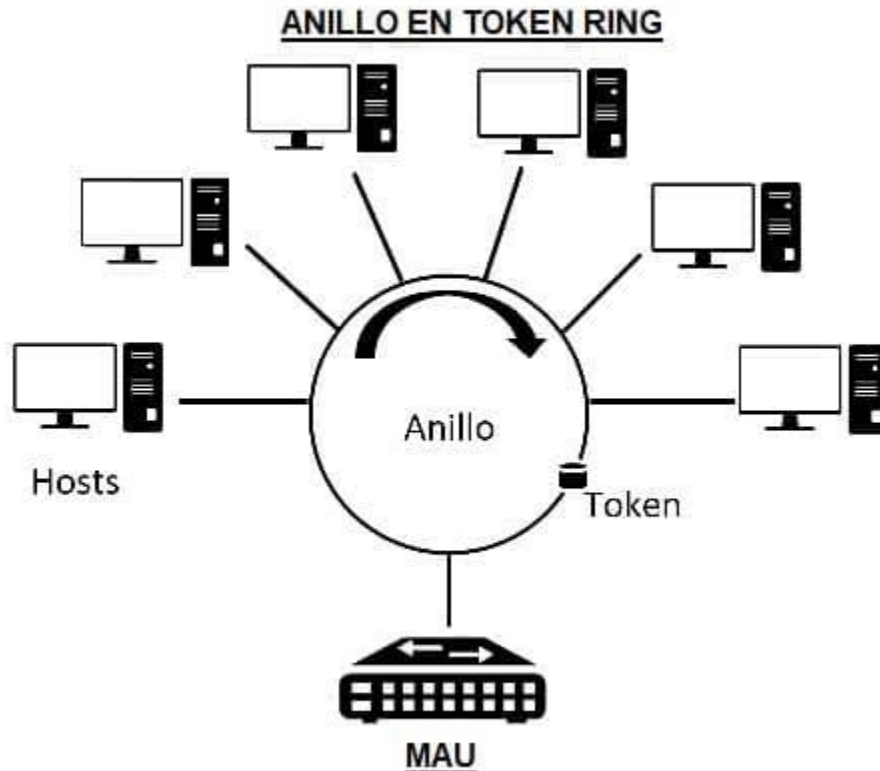


Figura 35. Topología estrella doble activa.

Fuente: Investigación de mercado (2022)

El tiempo estimado de vida útil de una ODN es de 10 a 20 años según la fiabilidad de la construcción de la red. [54]

2.3 MARCO TEÓRICO

En esta sección, se procede a mostrar una breve descripción de algunas investigaciones que influyeron al momento de recolectar información para realizar la presente propuesta tecnológica.

En el año 2015, en la provincia de Loja , se realizó el trabajo titulado: **Análisis para el equipamiento y el uso adecuado del laboratorio de fibra óptica a implementarse en el A.E.I.R.N.N.R de la Universidad de Loja** [55], en donde se la implementación de un laboratorio de Fibra Óptica permitirá contar con el equipamiento necesario y adecuado para que tanto estudiantes como docentes puedan realizar diferentes actividades y proyectos

acordes con la materia, reforzando sus conocimientos mediante la práctica y así por medio de estos poder desenvolverse de una mejor manera en su vida profesional. Dentro de la metodología a utilizar, se realizaron visitas técnicas a diferentes Universidades para ver su infraestructura dentro del campo de la fibra óptica, sobre equipos de planta interna para el equipamiento del laboratorio de la misma universidad con la finalidad de obtener nuevas tecnologías de telecomunicaciones para brindar el conocimiento necesario para el desempeño de los estudiantes en el área, además el trabajo mencionado elaboro una guía de prácticas referidas a fibra óptica para dejar un manual a seguir.

En el año 2020, en la ciudad de Guayaquil, se realizó el trabajo titulado: **Diseño e implementación de un modelo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas** [56], tiene como finalidad el diseño e implementación de un modelo educativo para el desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas para los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. El mismo se complementa con 10 ejercicios de prácticas que se puedan realizar con ODF, ODT, fusión de fibra óptica mono y multimodal, entre otros.

En el trabajo de titulación: **Implementación de un módulo experimental de laboratorio de comunicaciones ópticas, para el desarrollo de prácticas con las técnicas de empalmes para fibras ópticas.**, exponer los resultados obtenidos de la implementación de un módulo experimental de laboratorio de comunicaciones ópticas, para el desarrollo de prácticas con las técnicas de empalmes en fibras ópticas, y por otra parte la creación de un manual de prácticas y la aplicación en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Israel. Como resultado de la investigación y trabajo, se elaboró un módulo experimental de laboratorio para Comunicaciones Ópticas con su respectivo equipamiento, un manual de tres guías de prácticas de laboratorio que reúne los temas propuestos en este módulo experimental, además de un manual de usuario para el equipo electrónico denominado fusionadora [57].

Po su parte, la investigación de Cáceres [58], Laboratorio de aprendizaje de comunicaciones ópticas basado en normas internacionales para la Facultad De Ingeniería En Sistemas, Electrónica E Industrial de la Universidad Técnica De Ambato, propone el diseño

de un laboratorio de Comunicaciones Ópticas basado en la Norma ISO 17025 que es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración acoplándolos a un laboratorio didáctico, por otra parte, la creación de un manual de prácticas y la aplicación en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de un laboratorio de Comunicaciones Ópticas. El análisis financiero realizado sirvió para determinar cuál será la inversión aproximada necesaria para adquirir e importar los equipos para que el laboratorio de Comunicaciones Ópticas sea implementado.

En el estudio de Vargas et al. [59], se desarrolla el diseño de un Kit de Entrenamiento sobre la Transmisión de señales a través de Fibra Óptica, teniendo como principal objetivo la elaboración de un folleto de prácticas experimentales, las mismas que utilicen infraestructura ya existente en los laboratorios de la Universidad. Este Kit de Entrenamiento tendrá como pilar fundamental de su implementación una nueva tecnología, la fibra óptica plástica, ya que por sus ventajas de reducción de costos y facilidad de manejo es la opción escogida como medio físico de transmisión. Se revisa a la fibra óptica como medio de transmisión, sus diferentes clases y parámetros de transmisión. Por último, se analiza a la fibra óptica de plástico como una tendencia diferente en el desarrollo de los sistemas de comunicaciones, sus múltiples ventajas y diversas aplicaciones. Finalmente, se expone a manera de una guía documentada o manual de laboratorio, las prácticas experimentales, referentes al funcionamiento, características y propiedades que envuelven a un sistema de comunicaciones sobre fibra óptica tales como: atenuaciones en la fibra, ancho de banda, velocidad de respuesta, pérdidas en acoples y empalmes, comparación de diferentes diseños de transmisores/receptores, prácticas demostrativas sobre transmisión de voz, transmisión digital, etc.

Guachamin y Jaramillo [60], presentan el estudio para la implementación de un laboratorio de comunicaciones ópticas para la Facultad de Ingeniería Eléctrica e implementación de un equipo didáctico, con la finalidad de que este proporcione las herramientas necesarias para conocer de mejor manera como se realizan las comunicaciones por medio de fibra óptica. El laboratorio no solo servirá a los estudiantes sino también prestará servicio al medio externo. El equipo didáctico básico es capaz de transmitir voz,

video y datos; se presenta un manual de prácticas. Para evaluar enlaces con fibra óptica, se desarrolla un programa bajo Windows 95.

Las prácticas desarrolladas se consideran fundamentales según la propuesta en el proyecto. Son laboratorios prácticos que se necesitan con el fin de conocer el correcto entendimiento de las técnicas utilizadas en la industria de las Telecomunicaciones, como son empalme por fusión y empalme mecánico, además de la transmisión de luz visible a través de la fibra óptica.

CAPÍTULO III

3.1 ANÁLISIS

Una vez definida la metodología a emplearse, se puede determinar que actualmente los estudiantes de la facultad de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones obtienen el conocimiento teórico sobre la materia de Sistemas de Fibra Óptica, pero existe un gran vacío en cuanto a la parte experimental, puesto que no se cuenta con equipamiento necesario para que así los estudiantes puedan realizar prácticas adecuadas sobre los diferentes tipos de empalmes de fibra óptica (fusión o mecánico), tampoco de la medición de potencia óptica y la detección de fallas y otros parámetros en un enlace de fibra óptica. Por lo tanto, es necesario diseñar un módulo de pruebas de fibra óptica adecuado, con el cual, se pueda realizar diferentes tipos de empalmes, medidas de potencia y detección de fallas en fibras ópticas, de tal forma que se podrá contrastar la parte teórica impartida en el aula de clases y la parte experimental en el laboratorio.

3.1.1 COMPONENTES DE LA PLANTA INTERNA

Se conoce como planta interna a todos los equipos y el tendido de cable que se encuentra ubicado en el interior de una central. Dentro de planta interna se encuentran tanto elementos activos como pasivos y los más comunes son: switches, OLTs, servidores, convertidores de medios, APs, pigtails, conectores, splitters, entre otros.

3.1.1.1 ESTÁNDARES DE FIBRA ÓPTICA DE PLANTA INTERNA

- **ANSI/TIA-568-C.0:** Estándar para “cableado de telecomunicaciones genérico para instalaciones de clientes”. Es una recopilación de guías y documentos aplicables universalmente pero que se encontraban repetitivos en los archivos controlados por la TR-42 y la ANSI/TIA/EIA-568B.1, permitiendo la planificación e instalación de un sistema de cableado estructurado seleccionando esta información útil para ser aplicada en todo tipo de edificaciones. Esta recomendación fue elaborada para convertirse en una base de desarrollo para nuevos estándares que puedan surgir como es el caso de los Data Center. [61]

- **ANSI/TIA-568-C.1:** Estándar de “norma para sistemas de cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales”. Esta es una revisión del estándar en la cual se acentúan nuevas consideraciones a las 568-C.0, tiene un enfoque hacia las oficinas y otro tipo de instalaciones relacionadas con el ámbito comercial, financiero y educativo. [61]
- **ANSI/TIA-568-C.2:** Estándar de “norma para sistemas de cableado de telecomunicaciones con pares trenzados balanceados”.
- **ANSI/TIA-568-C.3:** Estándar de “norma para sistemas de cableado de telecomunicaciones de fibra óptica”. Este estándar se enfoca en el desempeño de transmisión que debe existir en las instalaciones con cableados de fibra óptica multimodo 50/125 μm y 62.5/125 μm y fibras monomodo, especificando radios de curvatura, uso de los conectores para fibra, además de especificar la nomenclatura para los diferentes tipos de fibra. [62]
- **TIA/EIA-569 A re1.7:** es el “Estándar de rutas y espacios de telecomunicaciones para edificios comerciales”. El objetivo de esta norma es brindar una guía estandarizada para el diseño de sistemas de cableado estructurado, la cual incluye detalles acerca de las rutas de cables y espacios para equipos de telecomunicaciones en edificios comerciales. Hace referencia a los subsistemas definidos por la norma ANSI/TIA/EIA 568-B. Los espacios de telecomunicaciones como el cuarto de equipos, los cuartos de telecomunicaciones o el cuarto de entrada de servicios tienen reglas de diseño en común:
 - Las puertas deben abrirse hacia fuera del cuarto, deslizarse hacia un costado o ser removibles. Sus medidas mínimas son 0.91 m. de ancho por 2 metros de alto.
 - La energía eléctrica debe ser suministrada por al menos 2 outlets que provengan de circuitos diferentes. Esto es aparte de las necesidades eléctricas que se requieran en el cuarto por los equipos que se tengan.
 - Cualquier pasante hecho en las paredes protegidas contra incendios deberán ser sellados para evitar la propagación.
 - Cualquier ruta de cableado deberá evitar cualquier clase de interferencia electromagnética. [63]

- **ANSI/TIA-569-E:** es el “Estándar de espacios y canalizaciones de telecomunicaciones” que fue publicado en mayo de 2019, este estándar tiene algunas variaciones del estándar 569-D y en el incluye información para dar ayuda a planificadores de sistemas de cableado que admitirán alimentación remota. [64] Entre lo que establece el estándar 569-D tenemos que en dichas rutas y espacios se instala toda la infraestructura del cableado (racks, gabinetes, cables de cobre, cables de fibra óptica, terminaciones, sistemas eléctricos para equipos de telecomunicaciones, etc.). El estándar nos permite generar un diseño para que las rutas y los espacios de telecomunicaciones sean óptimos para cada subsistema por medio de las especificaciones técnicas de materiales, ductos, espacios y prácticas de instalación. [65]

Todos estos estándares están basados en lineamientos adecuados para redes PON, para su diseño e instalación, y deberán ser respetados para así asegurar su operabilidad. Los espacios en planta interna generalmente suelen tener en cuenta distancias cortas en lo que respecta a su cableado, siendo este menor a los 100 metros, el cual es el límite establecido dentro de los estándares para cableado estructurado de planta interna

3.1.2 BASTIDOR

Un bastidor de fibra óptica para telecomunicaciones es aquel donde se da el alojamiento de equipos de planta interna y en el cual se puede organizar el cableado sobrante de fibra de manera que se puedan localizar rápidamente para una mejor manipulación de las conexiones a realizar o para modificar las existentes, la recogida de sobrante de fibras ópticas quedan enrolladas, formando rollos independientes de un diámetro suficiente para evitar la definición de micro curvaturas que podrían influir negativamente en el funcionamiento de las conexiones establecidas y en la seguridad del servicio. [66]

Para la elaboración del bastidor se cuenta con un rack, que es uno de los elementos en donde se van a alojar las reservas de fibras y otros equipos de comunicaciones. El rack es la estructura metálica utilizada principalmente para montar los equipos ópticos, OLTs, ONTs, bandejas de empalmes, ODFs, routers, switches, cables de pacheos, etc. En el mercado existen diversos modelos de racks, pueden ser abiertos, cerrados para montajes en la pared,

el que se vaya a usar va a depender del espacio designado dentro de la planta interna y según los requerimientos de red. [32]

3.1.2.1 ESTÁNDARES DE RACKS

Las medidas para la anchura están normalizadas para que sean compatibles con equipamiento de cualquier fabricante. Estos también son llamados bastidores, cabinas, Gabinetes o armarios. Externamente, los racks para montaje de servidores tienen una anchura estándar de 600 mm y un fondo de 600, 800, 900, 1000 y ahora incluso 1200mm. La anchura de 600 mm para racks de servidores coincide con el tamaño estándar de las losetas en los centros de datos.

Para el cableado de datos se utilizan también racks de 800 mm de ancho, cuando es necesario disponer de suficiente espacio lateral para el guiado de cables. Las especificaciones de un rack estándar se encuentran bajo las normas equivalentes DIN 41494 parte 1 y 7, UNE-20539 parte 1 y parte 2 e IEC 297 parte 1 y 2, EIA 310-D.

La anchura del bastidor está estandarizada y es de 19 pulgadas. Las columnas verticales a ambos lados miden 15,875 milímetros de ancho cada una formando un total de 31,75 milímetros (5/4 pulgadas). Están separadas por 450,85 milímetros (17 3/4 pulgadas) haciendo un total de 482,6 milímetros (exactamente 19”).

Cada columna tiene agujeros a intervalos regulares, que se agrupan de 3 en 3 para formar lo que se conoce como unidad rack (U). Verticalmente, los racks se dividen en regiones de 1,75 pulgadas de altura (=1U).

La altura de los racks está normalizada y sus dimensiones externas de 200 mm en 200 mm. Siendo lo normal que existan desde 4U de altura hasta 46U de altura. Las alturas disponibles normalmente según normativa sería 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 y 2200 mm. La profundidad del bastidor no está normalizada, ya que así se otorga cierta flexibilidad al equipamiento. No obstante, suele ser de 600, 800, 900, 1000 incluso 1200 milímetros. [67]



Figura 36. Rack

Fuente: Investigación de campo (2022)

NOTA: En este caso, el que se encuentra presente dentro del laboratorio se muestra en la figura 36 y tiene las siguientes características que se detallan en la tabla 11.

Marca	PREMIER
Unidad	C/U.
Código	AC00150
Color	Negro

Características
Gabinete, Rack, Bastidor 600*800*22U PREMIER negro.
<ul style="list-style-type: none"> ● Diseño exquisito con dimensiones precisas y ajustadas a mano. ● Entrada de cables en la cubierta superior y el panel inferior con tamaños ajustables; ● Conexión gabinete a gabinete eficiente y confiable ● Paneles laterales desmontables para facilitar su mantenimiento

Tabla 11. Características del RACK

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.3 OLT

La OLT es un equipo terminal de línea óptica que contiene diversos puertos ópticos PON que generan potencia, cada puerto tiene hasta de +3 a +5 dB en donde se pueden instalar diferentes tipos de módulos.

Es un equipo ubicado en el nodo principal para gestionar el tráfico y poder ofrecer todos los servicios solicitados, es decir, controlar la información transmitida en sentido ascendente y descendente a través de la red de distribución óptica (ODN).

En el mercado laboral existen diferentes modelos y marcas de OLT, cumpliendo la misma función, pero se diferencian por costos o características según lo requerimientos de la persona o entidad que vaya a utilizarla.

A continuación, se mencionarán diferentes tipos de OLT existentes en el mercado.

3.1.3.1 OLT-ZTE C320

La OLT ZTE ZXA10 C320 mostrada en la figura 37 es una OLT con alto rendimiento, alta densidad de puertos, fácil instalación, escalabilidad y bajo costo. La OLT posee 2 tarjetas de control, 2 unidades de poder, con capacidad para 2048 usuarios SPLIT 1:64. Posee interfaces eléctricas y ópticas de capacidad Gigabit y 10-Gigabit para uplink, además de las interfaces ópticas para servicio. [68]



Figura 37. OLT-ZTE C320

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.3.2 OLT-HUAWEI

MA5608T (figura 38) posee puertos de alta densidad, que pueden reducir nodos de red, sitios y salas de equipos. Esto simplifica la arquitectura de la red, reduce la inversión en dispositivos y los costos de operación y mantenimiento, y mejora la eficiencia de la implementación de la red. PON/10G PON/GE/10GE en la misma plataforma puede ayudar a los operadores a llevar a cabo una evolución de la red sin problemas y proteger sus inversiones. [69]



Figura 38. OLT-HUAWEI

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.3.3 OLT UBIQUITI 8 PUERTOS

Los modelos Ubiquiti, mantienen las siguientes ventajas que prevalecen al momento de la configuración:

- Ubiquiti U Fiber UF-OLT - Terminal de línea óptica GPON (4 puertos, con 2 puertos SFP+ y 2 unidades)
- Se Configura fácilmente el OLT y gestione varios sitios mediante el software completo del UNMS.

- Tiene Conectividad Uplink y Cliente: La OLT cuenta con 8 puertos PON para conectar hasta 1024 dispositivos Nano G, y dos puertos SFP+ que ofrecen hasta 20 Gbps de conectividad Uplink.
- Con bajo consumo de energía, la OLT ofrece dos bahías modulares. La primera bahía incluye un módulo de alimentación AC/DC. La segunda bahía puede albergar un módulo de alimentación opcional, ya sea una copia de seguridad AC/DC o un módulo de alimentación DC/DC.
- El chasis de metal de 1U permite un montaje cómodo en un rack de 19" de tamaño estándar.

A continuación, en la figura 39 se muestra la imagen de una OLT ubiquiti de 8 puertos



Figura 39. OLT Ubiquiti 8 puertos
Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.3.4 OLT UBIQUITI 4 PUERTOS

La OLT que se va a implementar en el presente proyecto es la Olt Ubiquiti UF-OLT-4.

- Ubiquiti Networks U Fiber OLT 4 UF-OLT-4 4-Port GPON Terminal de línea óptica con 3 GPON / 1 SFP+ puertos
- El OLT cuenta con cuatro puertos PON para conectar hasta 512 ONU, y el puerto SFP+ ofrece hasta 10 Gbps de conectividad de enlace superior.
- El chasis de metal 1U permite un montaje cómodo en un tamaño estándar.
- Configura fácilmente el OLT y gestiona múltiples sitios utilizando el software integral UNMS (Ubiquiti Network Management System).

A continuación, en la figura 40 se muestra la imagen de una OLT ubiquiti de 4 puertos



Figura 40. OLT Ubiquiti 4 puertos

Fuente: Investigación de campo (2022)

Características	
Marca	Ubiquiti
Modelo	UF-OLT-4
Consumo de energía	35W (sin módulo SFP)
Interfaz de red	4 puertos PON Y 1 puerto SFP +
Clientes simultaneas	Hasta 512 ONU UFiber (128 puerto por PON)
ONU/ONTs compatibles	UFiber Nano G, UFiber Loco
Interfaces de gestión	Puerto de consola serie RJ45 y Ethernet RJ45

Tabla 12. Características del OLT.

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.3.5 OLT GPON DE 8 PUERTOS P1201-08

- El diseño compacto proporciona más flexibilidad que el chasis grande para operadores medianos y pequeños.
- Admite relación de división 1: 128, 1024 ONUs pueden ser compatibles con un dispositivo;
- El diseño de fuente de alimentación doble redundante proporciona confiabilidad de clase portadora, admite entrada de alimentación de CA, CC o mixta.
- Las funciones completas de L2 pueden cumplir los requisitos para diferentes aplicaciones.
- Admite el estándar OMCI ITU-T G.984.4 / G.988, puede administrar los ONUs de forma remota.
- Proporciona consola y puerto de gestión dedicado para gestiones fuera de banda.

- Admite SNMP, puede ser administrado por TP-Link PON Element Management System.
- Compatible con ITU-T G.984.x, estándares G.988. [70]



Figura 41. OLT TP LINK p1201-08

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.4 ODF

Un ODF es un distribuidor de fibra óptica utilizado para proporcionar interconexiones de cables entre las instalaciones de comunicación, dentro del ODF se pueden encontrar empalmes o fusiones de fibra, conectores de fibra e incluso conexiones de cables en una sola unidad.

El ODF también puede ser usado como un dispositivo de protección para todas las conexiones internas que existen en el distribuidor, evitando que la fibra sufra daños. La capacidad de un ODF es variable, existen de 12 puertos, de 24 puertos y de 48 puertos, pueden contar con diferentes tipos de adaptadores y contienen un área para reservar el patchcord [71].

A continuación, en la figura 42 se muestra el ODF que se utilizara en el desarrollo del proyecto.

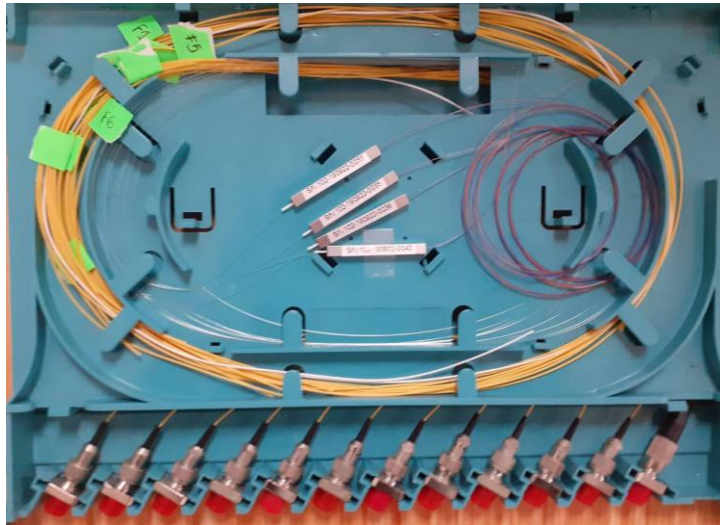


Figura 42.ODF de 12 puertos

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.5 SPLITTERS ÓPTICOS

El splitter fibra óptica, conocido como divisor de fibra o divisor de haz, es un dispositivo de distribución de energía óptica y de guía de onda integrado que puede que contiene múltiples extremos de entrada y salida.

La función de splitter fibra óptica es dividir un haz luminoso incidente en dos o más haces luminosos y viceversa. El splitter fibra óptica ha desempeñado un papel importante en las redes ópticas pasivas (como EPON, GPON, BPON, FTTX, FTTH, etc.) al permitir que una sola interfaz PON sea compartida por muchos abonados [72].

Los splitters permiten implementar conexiones punto a multipunto en una red de fibra óptica, tienen como finalidad multiplexar la señal de fibra y de esa manera poder abarcar a cada uno de los diferentes números de usuarios.

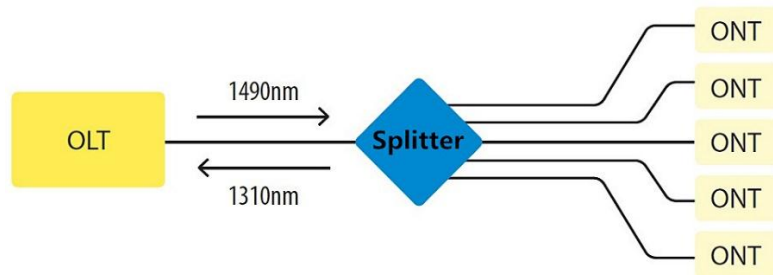


Figura 43. Distribución Splitter óptico
Fuente: Investigación de campo (2022)



Figura 44. Splitters ópticos
Fuente: Investigación de campo (2022)

En cuanto a las características que presentan los splitter ópticos:

- Divisor óptico 1 en 3 salidas: una forma de divisor de entrada de señal de fibra óptica a tres juegos de dispositivos de recepción de señal SPDIF/TosLink.
- Compatible con formato de audio: el divisor de audio óptico es compatible con Dolby-AC3/DTS/PCM/LPCM2.0 32 kHz, 44.1 kHz, 48 kHz y 96 kHz; (Nota: no es compatible con Dolby Digital Plus de 7.1 canales, Dolby TrueHD, porque el audio de 7.1 canales no se puede transmitir a través de cable de fibra óptica y debe transmitir a través de HDMI. cable.)
- Amplia compatibilidad: Plug and Play, adecuado para Apple TV, cajas de cable, Roku, Xbox, PlayStation, reproductores Blu-ray, amplificador, altavoz y otros dispositivos.
- Transmisión de señal de larga distancia: el cable de fibra óptica utiliza menos de 0,2 db/m, la distancia de salida es de hasta 82.0 ft

- Lo que obtienes: divisor Toslink, cable USB, cable Toslink de 9.8 x 3.3 ft (cable óptico), manual de operación (idioma español no garantizado)

3.1.6 EMPALMES

El empalme en fibra óptica es la técnica que se utiliza para unir de forma permanente dos fibras en una sola conexión en donde no haya un valor alto en pérdidas, estos se realizan mediante la fusión (Sección 3.2.2.1), o también mediante dispositivos mecánicos que nos ayudan a mantener las fibras unidas y alineadas.

Existen 2 tipos de empalmes:

- Empalme por fusión
- Empalme mecánico

3.1.6.1 EMPALME POR FUSIÓN

El empalme por fusión nos garantiza mayor fiabilidad, menor pérdida y reflectancia, generalmente las atenuaciones son imperceptibles siendo estas de (0.01 a 0.10 dB) sea para el tipo de fibra multimodo o monomodo, puesto que consiste en calentar ambos extremos de la fibra óptica utilizando una empalmadora de fusión, cuando los extremos se encuentren alineados recibirá una descarga eléctrica producida por 2 electrodos que permitirán la continuidad entre dos hilos de fibra.

A continuación, se muestra en la imagen 45 el procedimiento de empalme por fusión

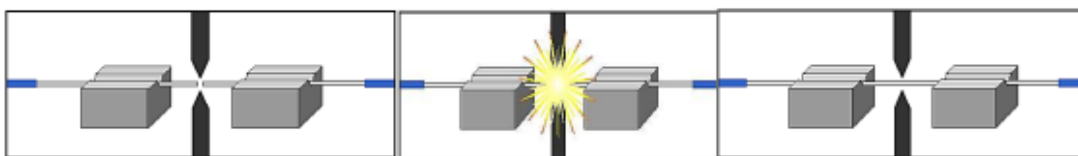


Figura 45. Empalme por fusión

Imagen tomada de la página PROMAX.

3.1.6.2 EMPALME MECÁNICO

El empalme mecánico fue el primer método para unir dos hilos de fibra óptica de forma precisa, ya sea temporal o permanente, se utilizan en lugares de trabajo en donde suelen realizar desmontajes frecuentes, estos tienen mayor pérdida que varían entre (0.1 – 1 dB).



Figura 46. Empalme mecánico

Imagen tomada de la página TOOLBOOM.

3.1.7 CONECTORES ÓPTICOS

Los conectores ópticos se consideran el enlace más débil del sistema de fibra óptica ya que denotan un punto en donde la pérdida de señal se hace presente. Por lo tanto, para que los cables de fibra óptica funcionen de manera óptima se requiere el uso de conectores bien diseñados, con buenas terminaciones y un instalador con extrema habilidad [73]. Existen diferentes tipos de conectores, pero todos ellos constan de los siguientes mecanismos:

- Férula: suelen estar elaboradas de cerámica y plástico o metal de alta calidad. Es el componente más importante ya que es encargado de sujetar, proteger y alinear la fibra.
- Mecanismo de acoplamiento: se encarga de fijar el conector en su lugar cuando se conecta a otro dispositivo
- Cuerpo: encargado de sujetar la férula, mecanismo de acoplamiento y la bota. El cuerpo está elaborado de plástico o metal.



Figura 47. Mecanismos del conector óptico.

Fuente: Investigación de campo (2022)

La férula de un conector puede tener diferentes pulidos y este determina la pérdida de retorno que tiene un cable de fibra óptica. Dicha pérdida de retorno es la pérdida de energía que sucede cuando la luz regresa de la fibra a la fuente de luz debido a una discontinuidad entre férulas, esta pérdida es medida en decibeles.

Las férulas se pulen de diversas maneras clasificando los conectores en:

- **PC:** estos conectores son pulidos con una curvatura ligera para que elimine el espacio de aire entre férulas. Las pérdidas de retorno que causan estos conectores están en el rango de -30 dB y -40 dB.
- **UPC:** estos conectores presentan una curvatura más pronunciada que la de los conectores PC y son más ideales para transmitir señales de tv, su pérdida de retorno esta entre -40 dB a -55 dB.
- **APC:** las conexiones de estos conectores son más unidas debido a que sus férulas presentan un ángulo de 8° , según estándares de la industria la perdida de retorno que presentan es de -60 dB.



Figura 48. Pulido de las férulas.

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.1.7.1 TIPOS DE CONECTORES ÓPTICOS

Los conectores que prevalecen y con más popularidad adquirida en el mercado cumplen con los estándares de la TIA FOCIS, siendo estas las especificaciones que los fabricantes deben seguir para asegurar que sus conectores se pueden interconectar con los de otros fabricantes. Los conectores más comunes son:

- **SC:** conectores creados a mediados de los 80, en sus inicios no fueron muy usados debido a su costoso precio, su pérdida de inserción promedio es de 0,25 dB y llegan a soportar 1000 ciclos de conexión y desconexión. Los SC alinean las fibras con precisión gracias a que sus férulas son elaboradas de cerámica. En la actualidad son empleadas en sistemas de TV por cable y telefonía para versiones monomodo y multimodo. (Sigue el estándar FOCIS-3: TIA-604-3).



Figura 49. Conector SC

Imagen tomada de la página MGFiberTechnologies

- **LC:** son utilizados mayormente en aplicaciones monomodo porque tienen un buen rendimiento, sus férulas de 1,25 mm utilizan un mecanismo “push and pull”. La pérdida de inserción que presentan es de 0,10 dB. En contraste con los conectores SC y ST reduce la necesidad de espacio en un 50% debido al pequeño tamaño de los conectores LC. Generalmente son usados en paneles y racks, FTTH distribución en edificios, pueden ser utilizados en fibras monomodo y multimodo. (Sigue el estándar FOCIS-10: TIA-604-10).



Figura 50. Conector LC.

Imagen tomada de la página MGFiberTechnologies.

- **ST:** es uno de los conectores más usados en sistemas de redes, su pérdida de inserción es de 0,25 dB, son utilizados en campus o redes corporativas de larga o corta distancia y para aplicaciones militares, llegan a soportar 500 ciclos de conexión y desconexión de manera sencilla pues son muy flexibles. Los ST sostienen a la fibra con una férula de 2,5 mm. (Sigue el estándar FOCIS-2: TIA-604-2).



Figura 51. Conector ST.

Imagen tomada de la página Globalpiyasa.

- **FC:** están disponibles para fibras monomodo y multimodo, aunque sus aplicaciones usualmente van dirigidas a fibras monomodo con redes de alta velocidad, este conector tiene férula de cerámica de 2.5 mm mantenido con un sistema de rosca. Su uso principal es en entornos de alta vibración gracias a su sistema de rosca, además su pérdida de inserción es de 0,3 dB.



Figura 52. Conector FC.

Imagen tomada de la página Globalpiyasa.

- **MTRJ:** conector dúplex mayormente utilizados en fibra multimodo, su cuerpo y férulas están elaborados de polímero y tiene versión hembra y macho.



Figura 53. Conector MTRJ.

Imagen tomada de la página Globalpiyasa.

- **MPO:** conector multifibra capaz de sostener desde 12 a 24 fibras en una sola férula rectangular, utilizados en redes Ethernet de transmisión paralela de 40 G y 100G, su pérdida de inserción es de 0,25 dB. Están disponibles en versiones UPC y APC.



Figura 54. Conector MPO.

Imagen tomada de la página Globalpiyasa.

3.1.8 MÓDULO DE FIBRA GPON

Este dispositivo se puede observar en la figura 55 y es de uso para el campo de GPON, sirve específicamente para ser conectado a una OLT que es un terminal activo, sus

aplicaciones van dirigidas a la tecnología de telecomunicaciones FTTH, tienen un soporte de voz, data y video y pueden tener una cantidad de clientes de 128 por cada módulo GPON. Posee diversas características que son detalladas en la tabla 13.



*Figura 55. Módulo de fibra GPON
Imagen tomada de los materiales a utilizar.*

Características	
Marca	Ubiquiti
Modelo	UF-GP-B+
Tipo de medio	Fibra monomodo (single mode)
Tipo de conector	SC/UPC
Tx Longitud de onda	1490 nm
Tx Capacidad	3dBm
Rx Longitud de onda	1310 nm
Rx Capacidad	-12dBm
Distancia máxima	20km
Ancho de banda de bajada	2,5 Gbps
Ancho de banda de subida	1,25 Gbps

Tabla 13. Características del módulo de fibra GPON

Elaborada por el autor.

3.1.9 PATCH CORD

Es un cable de fibra óptica de longitud corta y es aplicable para uso de interiores, poseen conectores instalados a sus extremos, estos cables pueden interconectar:

- Dos equipos pasivos

- Un equipo activo a un equipo pasivo (ODF)
- Dos cajas pasivas [74]



Figura 50. Patchcord.

Fuente: Imagen tomada de los equipos a utilizar

3.1.10 FDB – CAJA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL

Es una caja que permite que el cable de fibra óptica pueda ser distribuido y además instalado haciendo uso de splitters PLC.

Dentro de esta caja se puede tener una buena organización de los cables debidos que dentro de ella puede albergar empalmes mecánicos o por fusión. Esta caja de distribución principal (FDB) es utilizada como punto de terminación para que el cable de alimentación se conecte con el cable de derivación en el sistema de redes de comunicación FTTx. Su estructura totalmente cerrada se compone de un material a prueba de humedad, impermeable, a prueba de polvo y antienviejecimiento.

A continuación, en la figura 51 se puede observar una caja de distribución FDB.



Figura 51. FDB - Caja de distribución

Fuente: Imagen tomada de los equipos a utilizar

3.1.11 MANGA LINEAL

Existen dos tipos de mangas: domo y lineal, en este proyecto se utilizó una manga lineal que es un cierre hermético que protege los empalmes de la fibra óptica en plantas internas, sin embargo, es aplicable a cualquier tipo de ambiente ya sea red área, canalizada o enterrada y tienen como capacidad hasta 96 empalmes.

Las mangas lineales tienen pérdidas intrínsecas y extrínsecas y deben cumplir con ciertas normas técnicas por ejemplo ser resistentes a golpes, tener protección por el polvo que causa estar a la intemperie, tiene que ser herméticas, etc.



Figura 56. Manga Lineal

Fuente: Imagen tomada de los equipos a utilizar

3.1.12 PROTECTORES DE EMPALMES

Los protectores de empalmes (tubillos para fusión) que se muestran en la figura 57 son aquellos componentes capaces de proporcionar protección física, mecánica y ambiental en el área de fusión de los empalmes de fibra óptica.

Estos empalmes están constituidos por dos tubos concéntricos de material termo-retráctil además de una varilla de acero inoxidable con la cual realiza las funciones de elemento de refuerzo mecánico proporcionando rigidez en la unión de las fibras que serán fusionadas. [75]



Figura 57. Protectores de empalmes (tubillos)

Fuente: Imagen tomada de los equipos a utilizar

Estos tubillos poseen una información adicional de sus características que serán mencionadas en la tabla 14:

Características	
Dimensiones	Longitud 60 ± 1 x Alto 3,8 x Ancho 3,1 Longitud 45 ± 1 x Alto 3,2 x Ancho 2,8
Materiales	Tubo exterior: Poliolefina termo-contráctil Tubo interior: Etileno vinil-acetato (EVA) Varilla refuerzo: Acero inoxidable
Generalidades	Aptos para su empleo con fibras ópticas G.652 Y G.657 Válidos para fibras ópticas entre 250 y 900 micras o combinación de ellas.

	Varilla de refuerzo de acero inoxidable resistente a la corrosión con extremos redondeados para evitar daños en las fibras.
	Una vez instalados soportan un rango de temperatura entre -30 y 70 °C.
Vida útil	20 años

Tabla 14. Características de los protectores de empalmes

Fuente: Tabla tomada de la página “ELECTROSON”.

3.1.13 SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para el diseño e implementación del bastidor de fibra óptica dentro del laboratorio de telecomunicaciones, se ha considerado necesario e importante realizar una comparativa entre especificaciones y características de diferentes fabricantes de los equipos a utilizar para así elegir el óptimo y adaptable para el trabajo de titulación teniendo en cuenta la factibilidad técnica y económica del proyecto.

3.1.13.1 OLT

A continuación, en la tabla 15 se presentarán las características de dos diferentes fabricantes de equipos OLT.

EQUIPO: OLT		
Características	Ubiquiti de 4 puertos	Tp link de 8 puertos
Modelo	UF-OLT 4	P1201-08
Consumo energía	35W (sin modulo SFP)	70 W máximo
Puertos	4 puertos Pon 1 puerto SFP+	8 puertos PON
Peso	Sin soporte: 1,93 kg Con soportes: 2,13 kg	4kg
Dimensiones	299,8x258,95x42,55 mm	440x391x44 mm
Montaje	Cómodo en tamaño estándar	Cómodo en tamaño estándar
Clientes simultáneos	512 (128 por puertos PON)	1024 (128 por puertos PON)
Potencia de salida	5dB	5dB

Velocidades GPON	2,48 Gbps (Upstream Tx) 1,24 Gbps (Downstream Rx)	1,25 Gbps (Upstream Tx) 2,5 Gbps (Downstream Rx)
Precio en mercado	\$1172,40 (con IVA)	\$2.114,56 (con IVA)

Tabla 15. Comparación de características del equipo OLT

Fuente: Investigación de campo.

Una vez realizada la comparación de los dos modelos de OLTs expuestos en la tabla anterior se utilizará el equipo de marca ubiquiti de 4 puertos debido a que cumple con los requerimientos mínimos para la ejecución del proyecto, destacando su nivel de potencia de salida de 5dB, además, es un poco más liviana y pequeña, proporcionando como ventaja un montaje óptimo y dejando más espacio para la posible y futura implementación de más equipos en el rack/bastidor.

Cabe mencionar que ambos equipos cumplen con características optimas y aunque el olt de marca tp link ofrece la conexión de más clientes debido a mayor cantidad de puertos en el equipo, se eligió la marca ubiquiti teniendo en consideración el costo más accesible para el proyecto.

3.1.13.2 MODULO GPON

De la misma manera se hizo una comparativa para los módulos de fibra óptica, la misma se mostrará en la tabla 16:

EQUIPO: MODULO DE FIBRA GPON		
Características	Ubiquiti	TP link
Modelo	UF-GP-B+	PLT12-C+
Tipo de medio	Fibra monomodo	Fibra monomodo
Tipo de conector	SC/UPC	SC/UPC
Tx Longitud de onda	1490 nm	1490 nm
Rx Longitud de onda	1310 nm	1310 nm
Distancia máxima	20km	20km
Velocidad Downstream	2,5 Gbps	2,5 Gbps

Velocidad Upstream	1,25 Gbps	1,25 Gbps
Precio	\$64,52	\$89,00

Tabla 16. Comparación de características del módulo de fibra GPON

Fuente: Investigación de campo.

Al observar la tabla comparativa de los módulos de fibra Gpon podemos notar que las características cumplen con requerimientos importantes para la ejecución del proyecto y son similares, lo único que las diferencian son marca, modelo y precio, es por ello que se trabajara con el módulo de fibra ubiquiti, porque al ser de la misma marca de olt no existirán problemas de compatibilidad y es beneficioso para la implementación y el precio menos elevado comparado con la marca tp link.

3.1.13.3 CORTADORA DE PRECISIÓN

Otro de los equipos a los que se le realizó la comparativa fue la cortadora de precisión, a continuación, en la tabla 17 se podrá observar las características de dos marcas diferentes:

CORTADORA DE PRECISIÓN		
Modelo	KLS029	FC-6S
Diámetro de la fibra	Micras	125µm
Diámetro de recubrimiento	250 - 900 µm	250 - 900 µm
Ángulo de corte	0,5°-0,8°	0,5°
Peso	200 g	380 g
Vida útil de la cuchilla	48000 cortes	36000 cortes
Precio	\$72,89	\$ 39,86

Tabla 17. Comparación de características de la cortadora de precisión

Fuente: Investigación de campo.

Teniendo en consideración la tabla 16 se puede afirmar que las características de ambos modelos son similares, y aunque la cortadora FC-6S tiene menos cantidad de cortes a realizar, estos son suficientes para utilizar al momento de realizar la elaboración del proyecto, además,

quedan muchos más para la futura elaboración de prácticas de estudiantes, otra de las razones por las que se eligió este modelo es debido al factor económico.

3.1.13.4 OPM

Así mismo se realizó la comparativa para el equipo de medición OPM, misma que se puede visualizar a continuación en la tabla 18:

OPTICAL MULTIMETER		
Modelo	OPM	KPM 35
Rango de longitud de onda	800 – 1700 nm	800 – 1700 nm
Rango de medición de potencia	-70 ~ +6 dBm	70 ~ +3 dBm
Temperatura de funcionamiento	-10 ~ +60 °C	---
Batería, horas de trabajo continuo	≥ 72 h	≥ 72 h
Tamaño	112x66x30 mm	160x85x45 mm
Conector de puerto opcional	RJ45	---

Tabla 18. . Comparación de características del OPM

Fuente: Investigación de campo.

Al igual que en el caso anterior poseen características similares, teniendo pocas variaciones entre sí, la diferencia notable que se encontró es que el modelo OPM contiene un conector de puerto opcional tipo RJ45, es por ello que se decidió trabajar con el mismo.

3.2 COMPONENTES DE IMPLEMENTACIÓN DE FIBRA ÓPTICA

3.2.1 CORTADORA DE PRECISIÓN

La cortadora de precisión (figura 58) también llamada cortadora de fibra está diseñada específicamente para realizar cortes planos y perpendiculares en las puntas de la fibra, siendo este un material muy delicado existe diferentes tipos de cortadoras y todas ellas tienen

parámetros estadísticos que aportarán a la calidad de la herramienta y de esta manera obtener una buena fusión de la fibra, caso contrario se tendrán pérdidas al realizar la fusión.



Figura 58. Cortadora de precisión.

Fuente: Imagen tomada de los equipos a utilizar

Algunas características de la cortadora se encuentran detalladas en la tabla 19:

Características	
Modelo	FC-6S
Diámetro de la fibra	125µm
Diámetro de recubrimiento	250 - 900 µm
Longitud de corte	9~16mm (recubrimiento 0.25mm) 10~16mm (recubrimiento 0.9mm)
Ángulo de corte	0,5°
Peso	380 g
Vida útil de la cuchilla	36000 cortes

Tabla 19. Características de la cortadora de precisión.

Fuente: Investigación de campo.

3.2.2 FUSIONADORA

La máquina fusionadora se encarga de procesar imágenes de alta velocidad, de modo que todo el proceso de empalme se puede completar en 10 segundos, podemos observar mediante la pantalla como se realiza el empalme de la fibra al que llamamos fusión, es de

gran importancia que tenga un alto nivel de precisión para de esta manera tener un buen resultado al momento de realizar cada fusión.

Características	
Características	Descripción
Tipo de fibra	SM (ITU-T G.652 y G657), MM (ITU-T G.651), DS ((ITU-T G.653), NZDS (ITU-T G.655)
Dimensiones de fibra aplicables	Diámetro del revestimiento: 125 μm Diámetro del revestimiento: 100 a 1000 μm
Modos de empalmes	100 modos
Perdidas de empalme típico	0.05 dB con SM, 0.02 dB con MM, 0.08 dB con DS y 0.08 dB con NZDS (medido por el método de reducción relevante para el estándar ITU-T & IEC)
Perdidas por retorno	>60 dB
Tiempo de empalme	Típico de 9 segundos con SM FAST, 11 segundos con SM AUTO y 15 segundos con modos AUTO con SM estándar (ITU-T G.652)
Manga de protección aplicable	60 mm, 40 mm y micro series
Almacenamiento del resultado de empalme	Los últimos 2000 resultados se almacenan en la memoria interna
Peso	2,3 kg con adaptador de CA, 2,5 kg con batería BTR-09
Método de visualización y pantalla	Cámaras duales con monitor LCD en color de 4.73 "
Fuente de alimentación	Voltaje aplicable de 100 a 240 V CA o 10 a 15 V CC con ADC-18. 14,8 V CC con BTR-09
Vida del electrodo	3000 descargas de arco

Tabla 20. Características de la fusionadora.

Fuente: Investigación de campo.

3.2.2.1 PROCESO DE FUSIÓN

Para comenzar una fusión se necesita tener un canutillo protector el que nos ayudará a que la fibra óptica no pueda separarse una vez empezado el proceso, la fibra cuenta con protección de plástico es por ello la necesidad de tener una peladora que nos permitirá retirar la protección plástica que tiene la fibra, una vez retirada la protección tendremos que limpiar la fibra con alcohol isopropílico puesto que si quedan residuos podrá verse afectada la fusión.

Para realizar el corte de la fibra se necesitará la cortadora de precisión ya antes mencionada misma que hace un corte de 90°, y procedemos a ejecutar el empalme por fusión en la fusionadora, esta se encarga de unir la fibra como si se tratara de un solo cable protegiéndola con el canutillo termoretráctil.



Figura 59. Fusionadora Fujikura 19s.

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.2.3 VFL

El localizador de fallas visual que se muestra en la figura 60, comúnmente llamado VFL o lápiz óptico es un dispositivo óptico capaz de comprobar cuáles son los puntos de fallas que existen en un cable de fibra óptica, para su medición utiliza varios adaptadores o conectores como FC, ST SC, etc. Su forma de operación consiste en enviar luz a través de

un hilo de fibra y detectar en donde se detiene la continuidad de la fibra, la distancia máxima a la que puede viajar la luz de este dispositivo es de 10 km, su longitud de onda es de 650 nm. La luz que emite este equipo puede ser de modo permanente o intermitente (parpadeo) o también puede permanecer apagada.



Figura 60. VFL, Localizador visual de fallas.

Fuente: Investigación de campo (2022)

Este dispositivo posee varias características que se pueden observar en la tabla 21 que se mostrará a continuación:

Características	
Longitud de onda	650 nm
Frecuencia de salida	1mW
Distancia	≤10 KM
Categoría F. O	Monomodo, multimodo
Conectores compatibles	FC, ST, SC, conector universal de 2,5 mm
Modo de operación	Pulso o constante
Temperatura de funcionamiento	0° C - +60°C
Material (cáscara)	Acero inoxidable
Tamaño	26x175mm
Batería	2 pilas AA

Tabla 21. Característica del localizar visual de fallas, VFL.

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.2.4 BOBINA DE LANZAMIENTO

Las bobinas de lanzamiento (figura 61) trabajan junto con el OTDR para realizar medidas en instalaciones de tendido de fibra óptica, también pueden medir pérdida de inserción, una bobina para su normal funcionamiento debe estar conectada en sus extremos que se utiliza para conectar el OTDR a la red de fibra óptica que está bajo prueba.

El rollo, habitualmente es un filamento de fibra óptica desnuda, que dada su extrema fineza se puede bobinar entre 100 metros a 2000 metros en una pequeña caja que contiene a la bobina, ajustada al tamaño de la mano y totalmente transportable para quien realiza las mediciones. Estas, deben ser del largo necesario, y con conectores que coincidan con el puerto óptico del OTDR y del enlace de fibra óptica a bajo prueba. [76]



Figura 61. Bobina de lanzamiento.

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.2.5 OPTICAL MULTIMETER

Es una herramienta portátil encargada de realizar pruebas de fibra óptica, entre sus principales funciones tenemos que es utilizado principalmente para la medición continua de la intensidad de la señal óptica, prueba de pérdida de enlace de fibra óptica y prueba de encendido y apagado de la línea de fibra óptica es ampliamente utilizado en la construcción y mantenimiento de cables ópticos, comunicación de fibra óptica, detección de cables ópticos, CATV óptico y otros campos. El integrador de luz roja del medidor de potencia óptica se puede proteger bien mediante el uso de detectores y láseres integrados.

Tiene una forma compacta, función de apagado automático, tres modos de luz roja, pantalla iluminada, función de memoria de longitud de onda, identificación de trabajo de fibra óptica, soporte de calibración del usuario, un amplio rango de prueba e iluminación de soporte.

El Optical multímetro que se usará para hacer pruebas es el que se muestra en la figura 62.



Figura 62. Optical Multimeter

Fuente: Investigación de campo (2022)

Algunas especificaciones técnicas del dispositivo Optical Multimeter se detallarán en la tabla 22:

Características	
Modelo	OPM
Rango de longitud de onda	800 – 1700 nm
Rango de medición de potencia	-70 ~ +6 dBm
Temperatura de funcionamiento	-10 ~ +60 °C
Batería, horas de trabajo continuo	≥ 72 h
Tamaño	112x66x30 mm
Conector de puerto opcional	RJ45

Tabla 22. Características del Optical Multimeter

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.2.6 KIT FIBRA

El kit de fibra óptica incluye herramientas necesarias para usar al momento de instalar y preparar fusiones de fibra dentro de una red.

Cuenta con un bolso y herramientas para realizar los empalmes mecánicos y pruebas de campo de una manera rápida y práctica. Dentro del kit vienen los siguientes elementos:

- Bolso de transporte
- Visualizador de fallas
- Optical power meter
- Cortadora de fibra óptica
- Peladora de fibra óptica
- Peladora de cable drop
- Recipiente para alcohol isopropílico
- Fijador de longitud de fibra óptica



Figura 63. Kit de fibra óptica.

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.3 COMPONENTE LÓGICO

3.3.1 SKETCHUP

Es un programa de modelado y diseño gráfico que hace uso de tres dimensiones (3D), es un software mayormente utilizado para el área de arquitectura e interiorismo, aunque su utilidad también logra ir más allá y expandirse a otras áreas. Este software 3D es destacado por su versatilidad y porque posee una interfaz amigable, además es usado por profesionales de diversas áreas, permite diseñar y crear modelos de todo tipo, por ejemplo: construcción de muebles, creación de videojuegos, diseño de interiores, entre otras. [77]



Figura 64. Software Sketchup

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.4 DISEÑO DE LA PROPUESTA

3.4.1 DISEÑOS 3D

El diseño 3D fue realizado haciendo uso del software Sketchup, se elaboró un diseño en donde se tomaron en cuenta las medidas reales de los equipos y materiales que se encuentran en el laboratorio de Telecomunicaciones de la UPSE.

En la figura 65 se realizó el diseño de las cajas de distribución FDB, en donde se alojarán diversas conexiones con cables patchcords, además diferentes niveles de spliteos,

empalmes mecánicos y ambas cajas cuentan con las mismas medidas y están representando dos nodos diferentes.

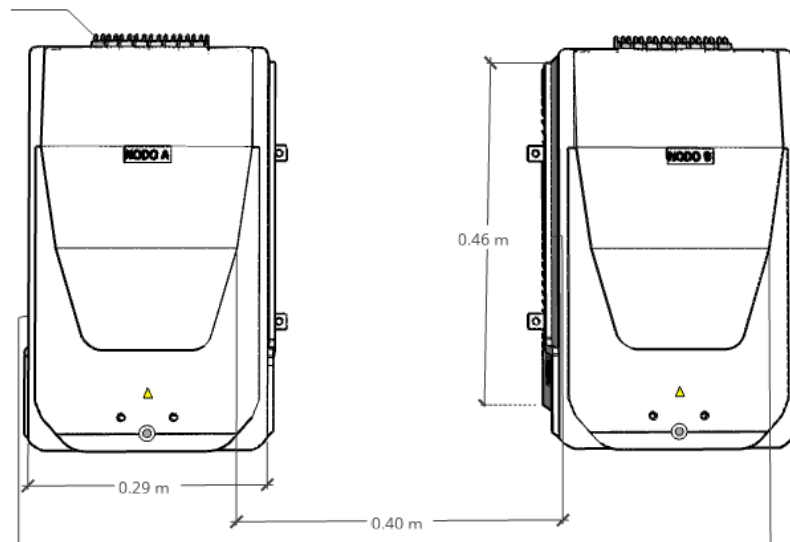


Figura 65. Diseño de FDB en Sketchup

Fuente: Investigación de campo (2022)

La manga lineal que se muestra en la figura 66 está ubicada en la pared del laboratorio de telecomunicaciones con sus medidas correspondientes de 16cmx34cm.

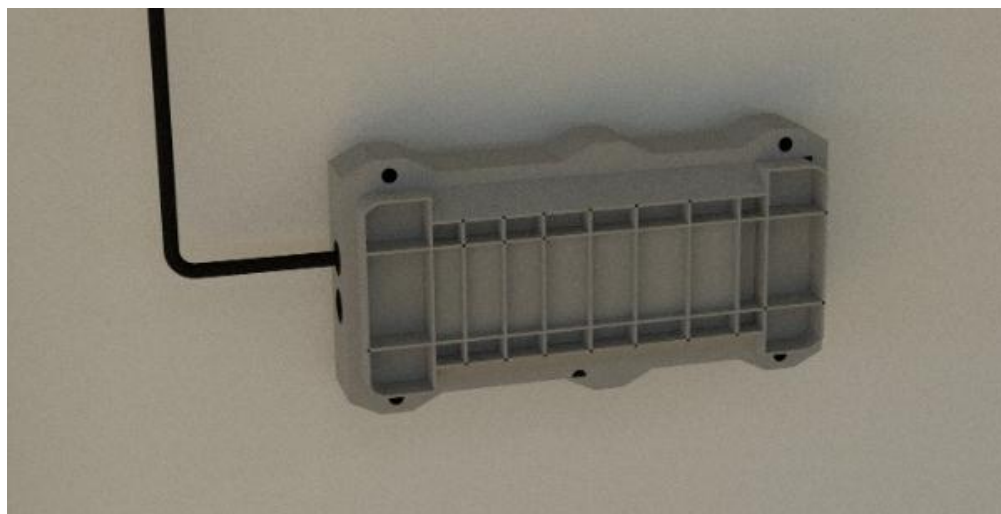


Figura 66. Diseño de la Manga lineal en Sketchup

Fuente: Investigación de campo (2022)

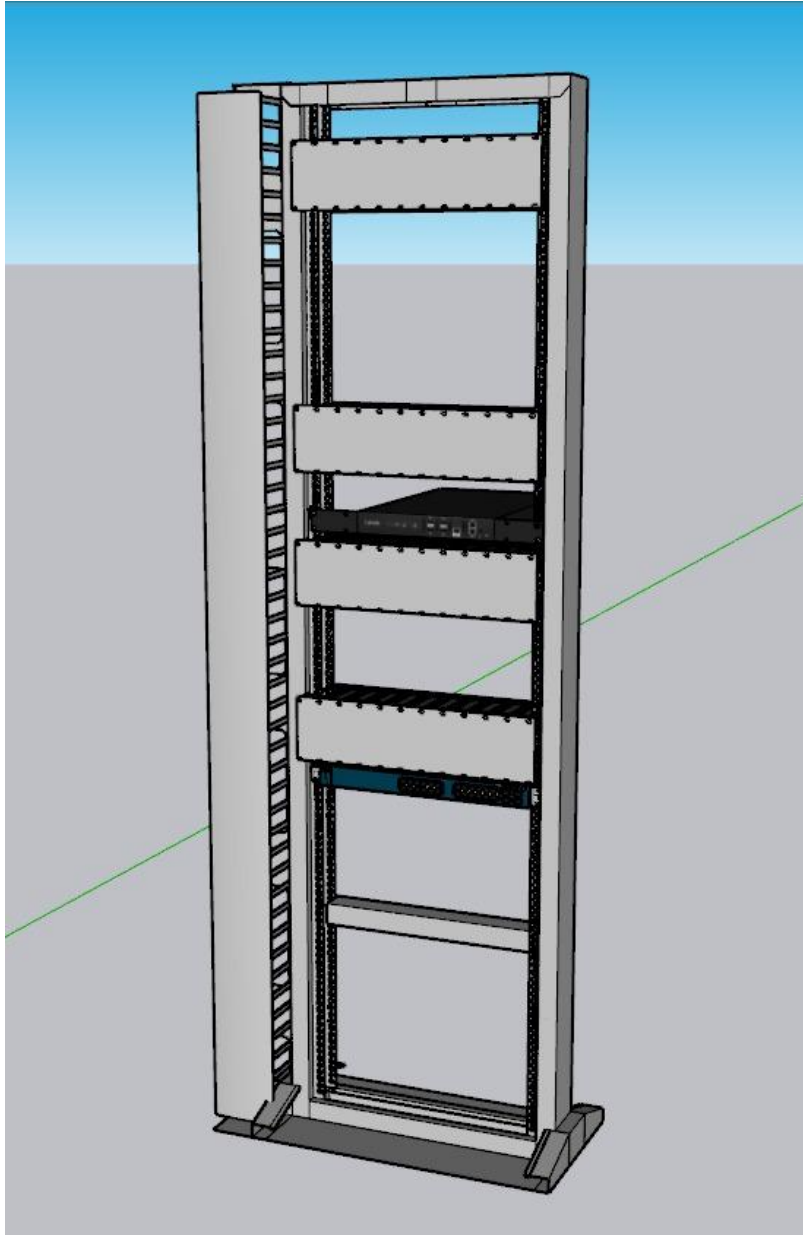
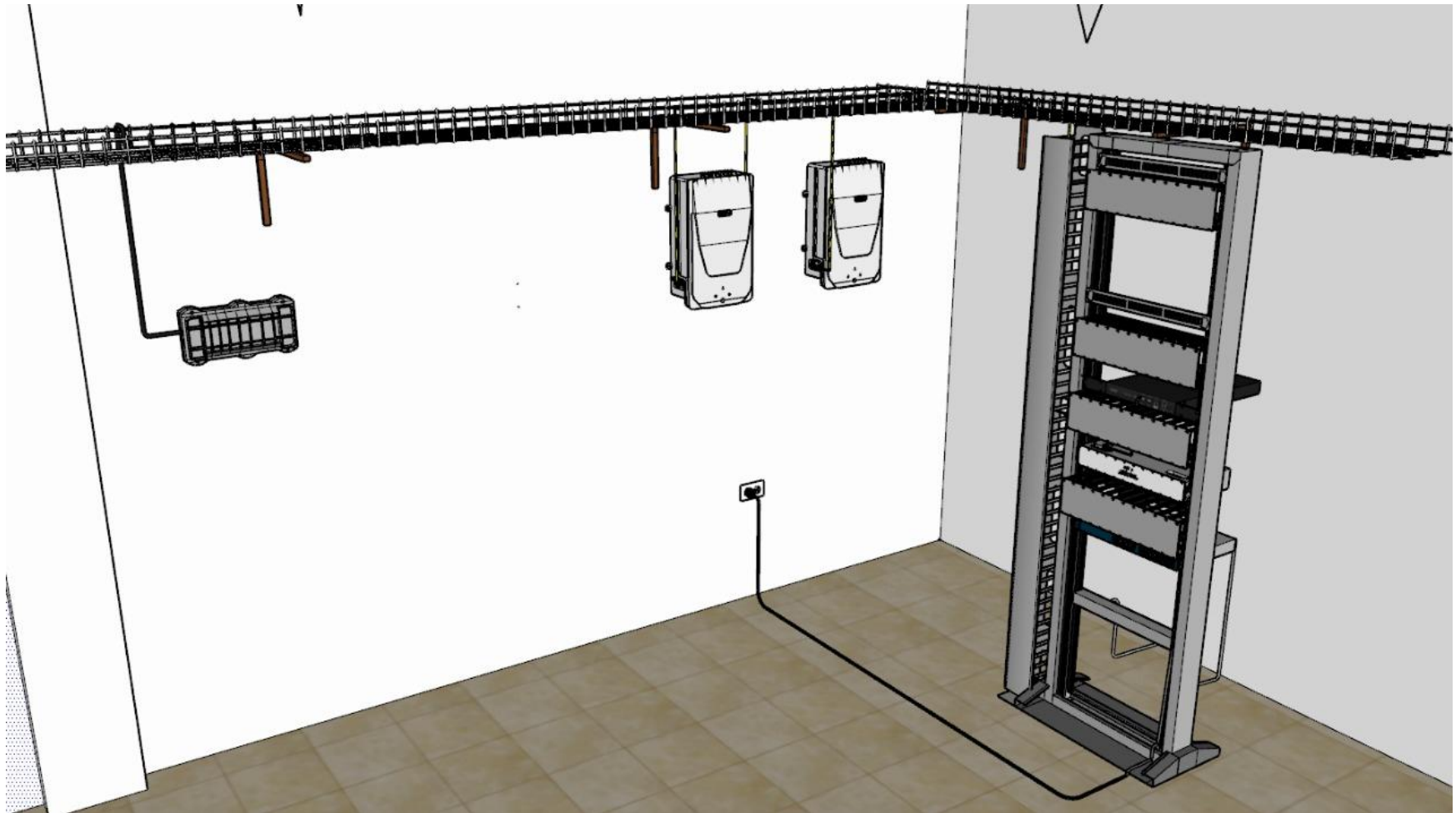


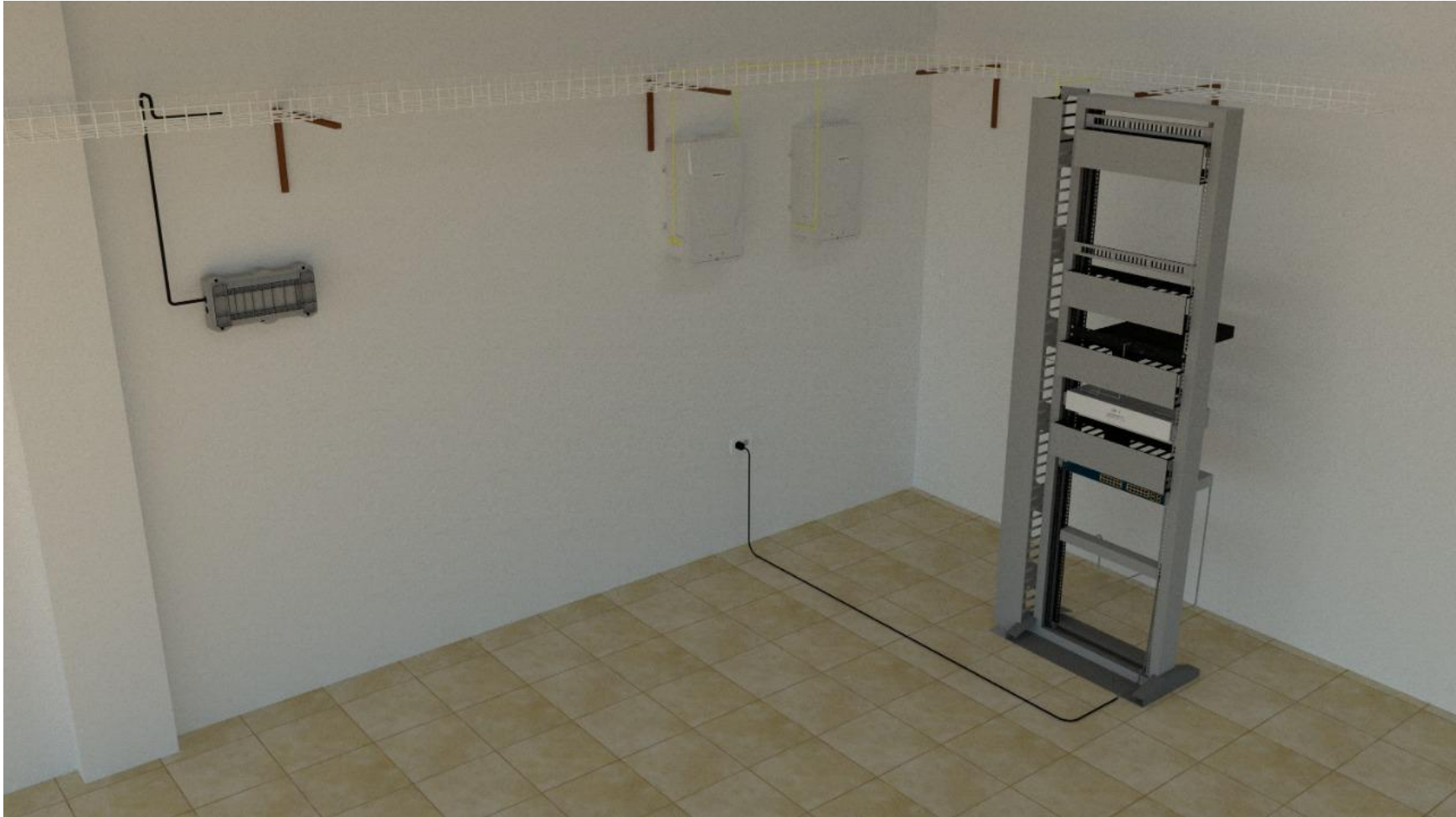
Figura 67. Diseño del Rack en Sketchup

Fuente: Investigación de campo (2022)

A continuación, en las siguientes imágenes se presentará la elaboración del diseño:



*Figura 68. Diseño elaborado en Sketchup
Elaborado por el autor*



*Figura 69. Imagen elaborada en el Software Sketchup
Elaborado por el autor*

3.5 CRITERIOS DE DISEÑO DEL PROYECTO

EL presente proyecto es realizado con el fin de dejar de manera física equipamiento para que los futuros estudiantes realicen prácticas, es por ello que dentro del mismo se tomaron en cuenta cuatro criterios, en estos se contemplan aquellos para realizar pruebas y compararlas entre ellas, analizando sus pérdidas, potencia, etc.

El diseño de un enlace de fibra óptica es el resultado del análisis de diferentes alternativas existentes como medio de transmisión, permitiendo la comunicación entre los sitios a enlazar (localidades, nodos, centrales, estaciones, etc.). Hay diferentes factores, entre los cuales se consideran como los más importantes, mantener:

- Capacidad de tráfico que soportará el enlace.
- Ubicación geográfica de las localidades a enlazar.
- Distancia e infraestructura vial existente entre las localidades.
- Costo de implementación de las diferentes alternativas.
- Disponibilidad de recursos técnicos como son el espectro radioeléctrico, espacio satelital, red de fibra óptica existente.
- Determinación de proyectos futuros dentro del sector a intervenir mediante la tramitación de permisos municipales, provinciales, gubernamentales, etc.

A continuación, se mostrarán los criterios de diseños:

3.5.1 PRIMER CRITERIO DE DISEÑO

El primer criterio de diseño cuenta con 2 niveles de spliteo, el primero toma lugar en el ODF y es de 1:2, el segundo nivel de spliteo se da en FDB que representa al nodo A y es de 1:8.



Figura 70. Primer criterio de diseño
Fuente: Investigación de campo (2022)

El siguiente ejemplo mostrado en la figura 70 se puede usar en una red FTTH, siendo el FDB considerado una representación de una manga en donde se realiza un nivel de spliteo y estos hilos puede ir direccionados a clientes de una casa.

3.5.2 SEGUNDO CRITERIO DE DISEÑO

El segundo criterio de diseño cuenta con 3 niveles de spliteo, el primero toma lugar en el ODF y es de 1:2, seguido se da la conexión entre los FDB's por medio de un cable patchcord y finalmente el segundo y tercer nivel de spliteo se dan en el FDB representado como el nodo B.



Figura 71. Segundo criterio de diseño
Fuente: Investigación de campo (2022)

El siguiente ejemplo mostrada en la figura 71 se puede usar en una red FTTH que cuenta con dos niveles de spliteo, el cual se direcciona a los clientes, puede ser igual de aplicativo que el ejemplo anterior, lo que lo diferencia del primero es que aquí se cuenta con otro nivel de spliteo con la finalidad de expandir el enlace y poder llegar a más clientes o usuarios.

3.5.3 TERCER CRITERIO DE DISEÑO

El tercer criterio de diseño cuenta con 3 niveles de spliteo, el primero toma lugar en el ODF y es de 1:2, el segundo se da en el FDB que está representado como el Nodo A y es de 1:4 mientras que el ultimo spliteo es de 1:8 y toma lugar en el Nodo B.

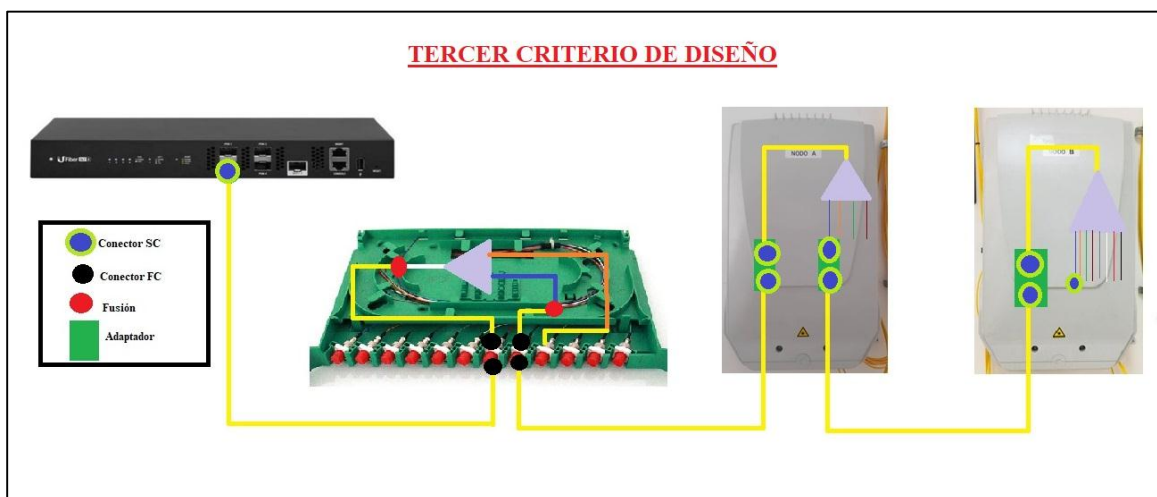


Figura 72. Tercer criterio de diseño

Fuente: Investigación de campo (2022)

La figura 72 puede ser la representación de un enlace BPON, en donde se puede dar el acceso a internet por medio de fibra óptica a edificios, pudiendo el Nodo A representar a un edificio pequeño en el que uno de los hilos reparta internet a otro edificio, mientras que los demás hilos serían usados para alimentar los pisos del edificio.

Como se puede observar, los criterios aplicados al diseño permiten que la red de FO se pueda expandir y logre la mayor cobertura.

3.5.4 CUARTO CRITERIO DE DISEÑO

El cuarto criterio de diseño está compuesto de 2 niveles de spliteo, cada uno de ellos se llevan a cabo haciendo uso de un splitter de 1:8 y están ubicados uno en cada caja de distribución FDB que representan al Nodo A y B.

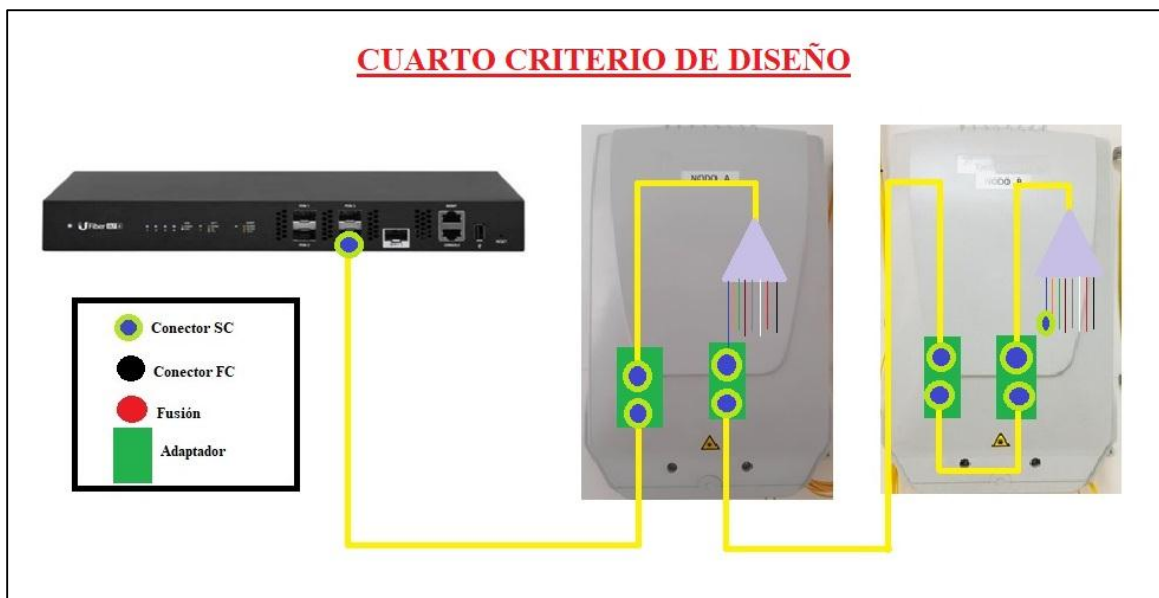


Figura 73. Cuarto criterio de diseño

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.6 IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del bastidor de fibra óptica se realizó un diseño elaborado en la plataforma Sketchup, en el cual están integrado las estructuras físicas con las medidas reales de cada equipo, además cuenta con el espacio correcto para acondicionar y alojar los equipos y materiales ópticos.

Algunas características que tendrá el bastidor serán mencionadas a continuación:

- Los enlaces propuestos (criterios de diseño) son realizados con cables patchcord.
- Cuenta con una manga de empalmes lineal en donde estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones podrán hacer pruebas para sus prácticas.
- Cuenta con dos cajas de distribución FDB, en donde se alojarán los empalmes mecánicos y los splitters ópticos.

- Se colocará una estructura metálica (Rack) capaz de soportar el alojamiento de la OLT, ODF, reservas de los patchcords, etc.

3.7 CONSTRUCCIÓN

El espacio para la implementación del proyecto es el que se muestra en la Figura 74, y es donde se pretende realizar el montaje de los equipos:



Figura 74. Espacio para la implementación

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.7.1 UBICACIÓN, MONTAJE DE MATERIALES

- a) Como se muestra en la figura 75, primero se procedió a ubicar la estructura de metal llamada rack siguiendo los estándares mencionados anteriormente



Figura 75. Ubicación del rack

Fuente: Investigación de campo (2022)

- b) Luego se procedió a ubicar las cajas de distribución principal o FDB en la pared lateral del laboratorio de telecomunicaciones y así mismo se ubica la manga lineal.



Figura 76. Ubicación de FDBs

Fuente: Investigación de campo (2022)

En este paso se debió mantener las distancias entre equipos a fin de preservar las torceduras o dobleces de los patchcord, los mismos que pueden influir en la pérdida de datos, al momento de testear.



Figura 77. Ubicación de la manga lineal

Fuente: Investigación de campo (2022)

c) Después se procedió a alojar los equipos al rack de comunicaciones ópticas.



Figura 78. Alojamiento de equipos al rack

Fuente: Investigación de campo (2022)

En este sentido, se evidencia que el personal que trabajo el tendido del cable de fibra óptica, se han colocado guantes, a fin de aplicar las recomendaciones sobre la implementación de un tendido de cables. Estas instrucciones fueron puestas a prueba, antes, durante y después de realizar el desplazamiento de las redes y se reforzó la ubicación de otros cables encontrados en la zona del montaje.

- d) El siguiente paso para la implementación fue pasar los cables patchcords, los mismos que salen de los puertos del ODF y pasan por las rejillas hacia el primer FDB, también se realiza un enlace que comunica a los dos FDB.



Figura 79. Paso de patchcord de ODF-FDB

Fuente: Investigación de campo (2022)

- e) Así mismo se procedió a realizar la ubicación de las mangas para de esa manera establecer la comunicación entre ambos FDB por medio de patchcords.

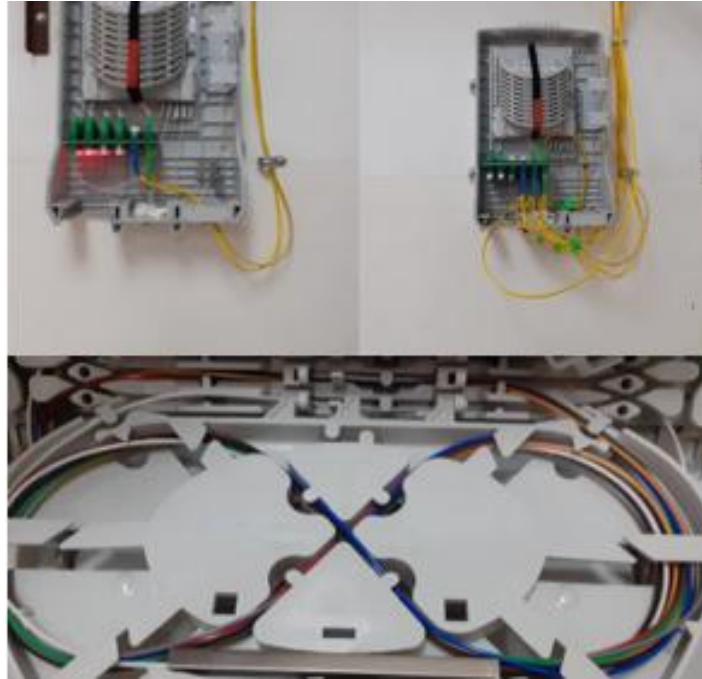


Figura 80. Colocación de los splitters en bandejas del FDB

Fuente: Investigación de campo (2022)

- f) Lo siguiente fue realizar la preparación del cable de fibra óptica para reservarlos en la manga lineal como se observa en la figura 81. El proceso de preparación se llevó a cabo tomando en cuenta la sección de 2.2.4.3



Figura 81. Preparación de cable de fibra óptica

Fuente: Investigación de campo (2022)

3.7.2 ETIQUETADO

Cuando se hace instalaciones de cableado es imprescindible contar con un correcto etiquetado de equipos y cables, para así obtener una localización de cables más rápida, precisa, dando facilidad también a las labores de mantenimiento y búsqueda de averías, en caso de que se presenten.

Las normas que recogen la forma de identificar y etiquetar los componentes de una instalación de cableado estructurado son:

- TIA/EIA 606-A
- ISO/IEC 14763-1
- EN 50174-1

Las normas ISO/IEC 14763-1 y EN 50174-1 dejan al instalador libertad para las tareas de identificación y etiquetado. Las normas TIA/EIA 606-A por el contrario fijan unas precisas reglas para ser cumplidas por el instalador. [78]

Las normas TIA/EIA que regulan la señalización y etiquetado de los diferentes elementos de una instalación de cableado estructurado son las TIA/EIA 606-A, publicadas en 2002.

Estas normas distinguen entre cuatro posibles casos, dependiendo de las dimensiones de la infraestructura de cableado estructurado, y para cada uno de los cuatro casos se indica la forma de etiquetar los diferentes elementos:

- Clase 1: Para sistemas que están en un único edificio y que tienen solamente un cuarto de telecomunicaciones, de donde parten todos los cables hacia las zonas de trabajo.

En este tipo de sistemas es necesario etiquetar los enlaces de cableado horizontal y la barra principal de puesta a tierra del cuarto de telecomunicaciones (TMGB).

- Clase 2: Para sistemas que están en un único edificio pero que se extienden por varias plantas, existiendo por tanto varios cuartos de telecomunicaciones. En este tipo de sistemas es necesario etiquetar lo mismo que en los de Clase 1

y además es necesario etiquetar los cables de backbone y los múltiples elementos de conexión y puesta a tierra.

La gestión de este etiquetado puede ser realizada de forma manual o mediante un software preparado al efecto.

- Clase 3: Para sistemas de campus, donde existen varios edificios y cableado de backbone entre edificios. Es necesario etiquetar los mismos elementos que en los sistemas de Clase 2 y además los edificios y cableado de backbone de campus.
- Clase 4: Para sistemas que están formados por la unión de varios sistemas de campus. Es necesario etiquetar lo mismo que en los sistemas de clase 3 y además los diferentes sitios del sistema y se recomienda identificar el cableado inter-campus, como por ejemplo las conexiones de tipo MAN o WAN. [78]

Un ejemplo de etiquetado de acuerdo con estas normas sería el que se muestra en la figura 82:



Figura 82. Etiquetado según norma TIA/EIA

Fuente: Investigación de campo (2022)

El etiquetado de los elementos que hacen parte del bastidor se realizó siguiendo las recomendaciones de la norma ISO/IEC 14763- 1, la cual indica que deja a libertad del trabajador la identificación y etiquetado de los componentes, lo único que acota es que las etiquetas deben ser claras, fácil de entender y legibles, para la realización de las etiquetas se hizo uso de la etiquetadora BRADY que se muestra en la figura 83.



Figura 83. Etiquetadora Brady.
Fuente: Investigación de campo (2022)

A continuación, se muestran en las figuras, 84, 85, 86, 87, 88, 89 y 90 el etiquetado de cada uno de los componentes del bastidor de fibra óptica.



Figura 84. Etiquetado del ODF
Fuente: Investigación de campo (2022)

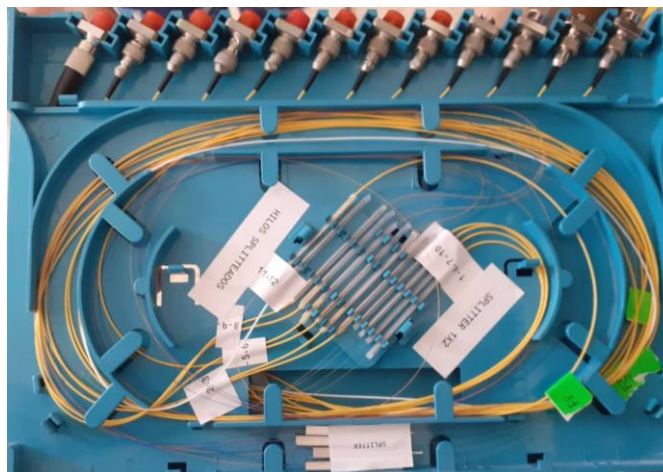


Figura 85. Etiquetado de los splitters dentro del ODF
Fuente: Investigación de campo (2022)



Figura 86. Etiquetado de OLT
Fuente: Investigación de campo (2022)



Figura 87. Etiquetado de la manga lineal
Fuente: Investigación de campo (2022)



Figura 88. Etiquetado del FDB nodo A
Fuente: Investigación de campo (2022)



Figura 89. Etiquetado del FDB nodo B
Fuente: Investigación de campo (2022)

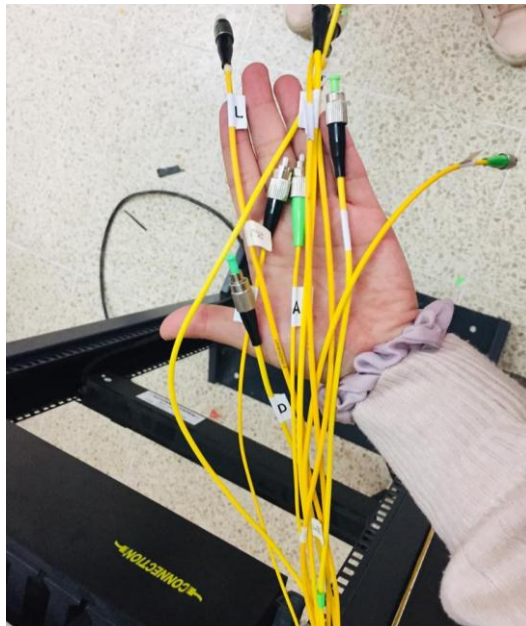


Figura 90. Etiquetado de los patchcord
Fuente: Investigación de campo (2022)

Para una mejor visualización de las etiquetas se muestra la tabla 23 con el equipo y su etiqueta correspondiente:

ETIQUETADO PARA EL BASTIDOR DE FIBRA ÓPTICA	
EQUIPOS	ELEMENTOS
ODF	ODF 1
OLT	OLT
FDB	NODO A
FDB	NODO B
PATCHCORD 1	A
PATCHCORD 2	B
PATCHCORD 3	C
PATCHCORD 4	D
PATCHCORD 5	E
PATCHCORD 6	F
PATCHCORD 7	G
PATCHCORD 8	H
PATCHCORD 9	I
PATCHCORD 10	J
PATCHCORD 11	K
PATCHCORD 12	L
MANGA LINEAL	MANGA 1

Tabla 23. Etiquetas

Fuente: Elaborada por el autor.

3.8 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

3.8.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

La propuesta tecnológica se considera factible debido a que la manipulación de los equipos y dispositivos en el laboratorio no requiere el uso de una persona profesional, basta con indicaciones y guías de prácticas de los docentes para el futuro manejo de los mismos dispositivos.

Se considera que la implementación de la propuesta tecnológica nos ayudará a complementar lo adquirido durante nuestra formación académica en el ámbito real. Tomando en cuenta el estudio de factibilidad técnica se considera que la adquisición de los dispositivos, materiales, equipos y herramientas a utilizar en esta propuesta son de fácil acceso dentro del mercado local

3.9 RESULTADOS

3.9.1 PRUEBAS

Consideración de la atenuación en un enlace de fibra óptica:

La atenuación se determina mediante el uso de un kit de medición representado por un generador de energía óptica colocado en un extremo del enlace y un medidor de potencia colocado en el otro extremo.

La cantidad de energía recibida comparada con la potencia de salida del emisor permite calcular la atenuación.

Se recomienda determinar la medida de atenuación de un enlace de fibra óptica en dos ventanas como mínimo para asegurar la factibilidad que presente la fibra al adaptarse a diferentes tecnologías para la transmisión de datos.

Para determinar si el valor obtenido en una medición corresponde a un valor aceptable para el enlace, será necesario determinar en función de la configuración del enlace, el valor máximo de atenuación.

Este valor será determinado por las atenuaciones generadas por los conectores, empalmes y por la longitud del enlace. [79]

La suma de todas las atenuaciones indicará el máximo valor de atenuación permitido en el enlace.

Para las pruebas del presente proyecto de implementación se realizaron cálculos de enlaces teóricos y así mismos prácticos con el uso del OPM.

Empezaremos comprobando el valor práctico de potencia que nos otorga el equipo OLT, en la figura 86 podemos observar que el valor de potencia es cercano a los 5 dB.



Figura 91. Prueba de potencia de OLT
Fuente: Investigación de campo (2022)

Para el cálculo de la atenuación se determinan los siguientes parámetros (de acuerdo con la norma TIA/EIA 568A y el ISO/IEC 11801). [79]

- Pérdida generada por splitters.
- Perdida por Conectorización.
- Perdida por empalmes mecánicos.
- Perdida por fusión.
- Perdida por adaptadores.

LA atenuación del enlace se obtiene con la siguiente formula

$$A = P_{olt} - \alpha_{adap} n - \alpha_f x - \alpha_{sc} y - \alpha_{fc} z - P_{splitter}$$

Fórmula 5. Cálculo de atenuación

Donde

A → atenuación medida en dB

α_{adap} → perdida por adaptador

n → número de adaptadores

α_f → perdida por fusión

$x \rightarrow$ número de fusiones

$\alpha_{sc} \rightarrow$ pérdida por conector SC

$y \rightarrow$ número de conectores SC

$\alpha_{fc} \rightarrow$ pérdida por conector FC

$z \rightarrow$ número de conectores FC

1.- Para el primer caso se considera las pérdidas en el splitter descritas en la tabla número 8, según el diseño propuesto y la formula mencionada anteriormente tenemos:



Figura 92. Primer diseño

Fuente: Investigación de campo (2022)

$$A = P_{olt} - \alpha_{adap} n - \alpha_f x - \alpha_{sc} y - \alpha_{fc} z - P_{splitter}$$

$$A = 4dB - (1 * 0.2) - (2 * 0.10) - (4 * 0.25) - (4 * 0.30) - 3.4 - 9.7$$

$$A = -11.7 dB$$

El presupuesto óptico se obtiene sumando todas las adaptadores, conectores y así mismo se consideran las pérdidas de los splitters 1:2 y 1:8 que son de 3.4 y 9.7 dB atenuaciones provocadas por

2.- Para el siguiente caso del diseño expuesto a continuación también vamos a tomar los valores de las pérdidas de los splitters, en este ejemplo podemos realizar pruebas en las salidas del primer splitter y así mismo en la salida del segundo splitter.



Figura 93. Segundo Diseño

Fuente: Investigación de campo (2022)

✓ Perdida luego del primer splitter

$$A = P_{olt} - \alpha_{adap} n - \alpha_f x - \alpha_{sc} y - \alpha_{fc} z - P_{splitter}$$

$$A = 4dB - (2 * 0.2) - (2 * 0.10) - (6 * 0.25) - (4 * 0.30) - 4.2 - 11.4$$

$$A = -14.9 dB$$

✓ Perdida luego del segundo splitter

$$A = P_{olt} - \alpha L - \alpha_f x - \alpha_{sc} y - \alpha_{fc} z - P_{splitter}$$

$$A = 4dB - (2 * 0.2) - (2 * 0.10) - (8 * 0.25) - (4 * 0.30) - 4.2 - (2 * 11.4)$$

$$A = -27 dB$$

PRUEBA CON OPM



Figura 94. Prueba de potencia

Fuente: Investigación de campo (2022)

En este caso se tienen dos mediciones en el mejor de los casos es cuando la medición se hace más cercana desde la central y el peor de los casos es cuando el usuario se encuentra a mayor distancia de la ubicación de la OLT

- Para ambos casos se consideran las pérdidas introducidas por splitters, conectores, adaptadores, etc.
- También se puede ver que las pruebas del testeó con los cálculos teóricos tienen cierta variación debido a que la realidad y la teoría no es exacta.

El valor obtenido en el OPM que se muestra en la figura 94 es el valor total de pérdida del enlace propuesto, en este se consideraron todas las pérdidas que toman lugar hasta el punto final de medición del enlace.

3.- En la siguiente figura se puede observar otro criterio de diseño, al igual que en el segundo caso también se pueden realizar pruebas luego de cada uno de los splitters (1:4 y 1:8).



Figura 95. tercer diseño

Fuente: Investigación de campo (2022)

- ✓ Perdida luego del splitter 1:4

$$A = P_{olt} - \alpha_{adap} n - \alpha_f x - \alpha_{sc} y - \alpha_{fc} z - P_{splitter}$$

$$A = 4dB - (2 * 0.2) - (2 * 0.10) - (6 * 0.25) - (4 * 0.30) - 3.4 - 6.6$$

$$A = -11.3 dB$$

- ✓ Perdida luego del splitter 1:8

$$A = P_{olt} - \alpha L - \alpha_f x - \alpha_{sc} y - \alpha_{fc} z - P_{splitter}$$

$$A = 4dB - (2 * 0.2) - (2 * 0.10) - (8 * 0.25) - (4 * 0.30) - 3.4 - 6.6 - 9.7$$

$$A = -23.2 dB$$

PRUEBA CON OPM



Figura 96. Prueba de potencia

Fuente: Investigación de campo (2022)

El valor obtenido en el OPM es de -27.40 dB que se muestra en la figura 96 es el valor total de pérdida del enlace propuesto, en este se consideraron todas las pérdidas que toman lugar hasta el punto final de medición del enlace. Las pruebas realizadas fueron testeadas en la ventana 1310 nm debido a que en el puerto de la OLT se usa un módulo de fibra con este parámetro. La medición de la atenuación parte desde la OLT hasta uno de los hilos del splitter 1:8 que se muestra en la figura 96.

3.9.2 PRUEBAS DE CONTINUIDAD EN PATCHCORDS

Además de las pruebas con el OPM se realizaron pruebas de continuidad para verificar el estado de la fibra y comprobar que la luz viaje hasta el final del cable de fibra óptica, esta prueba de continuidad se realizó a los 12 cables patchcord que salen del ODF hacia el FBD.

A continuación, en la tabla 24, se mostrará el estado de las pruebas que se realizaron a los cables patchcords conectados a los 12 puertos del ODF siendo 4 de entrada y 4 de salidas.

Número de puerto	Número de pruebas	Estado de prueba
Puertos de entrada		
Puerto 1	1	Exitosa
Puerto 4	1	Exitosa
Puerto 7	1	Exitosa
Puerto 10	1	Exitosa
Puertos de salida		
Puerto 2	1	Exitosa
Puerto 3	1	Exitosa
Puerto 5	1	Exitosa
Puerto 6	1	Exitosa
Puerto 8	1	Exitosa
Puerto 9	1	Exitosa
Puerto 11	1	Exitosa
Puerto 12	1	Exitosa

Tabla 24. Pruebas de continuidad desde ODF a FDB.

Fuente: Elaborada por el autor.

Podemos observar en la tabla 24 que todas las pruebas realizadas con el VFL son exitosas dándonos a entender que no existen roturas ni cortes en los hilos de fibra debido a que la luz que proporciona el VFL viaja hasta el extremo final del cable, por lo que nos brinda una conectividad exitosa en la red hasta llegar al FDB.

Así mismo se realizó pruebas de continuidad en los cables que comunican a los FDB's y también a los splitters para observar si existen o no fallas a las salidas, en la primera caja FDB (Nodo A) existe un splitter mientras que en la caja que simula al nodo B existen 2 splitters, todos con capacidad de spliteo de 1:8.

En los splitters también se realizó la prueba con VFL conectándolo al hilo de entrada que va a ser spliteado para saber si en las 8 salidas de este hay presencia o ausencia de la luz que emite el dispositivo óptico utilizado.

En la tabla 25 podemos observar que en las 8 salidas del splitter la luz emitida por el VFL llega a sus 8 salidas, lo que nos da a entender que no existen cortes y que la fibra se encuentra en buen estado.

Prueba en Splitter del Nodo A		
Puertos de salida	Presencia de luz	Ausencia de Luz
Puerto de salida 1	X	
Puerto de salida 2	X	
Puerto de salida 3	X	
Puerto de salida 4	X	
Puerto de salida 5	X	
Puerto de salida 6	X	
Puerto de salida 7	X	
Puerto de salida 8	X	

Tabla 25. Prueba de continuidad en splitter

Fuente: Elaborada por el autor.

Según la tabla 26 podemos observar que para este splitter también hay presencia de luz en todas sus salidas, es decir, que la fibra está en buen estado.

Prueba en primer Splitter del Nodo B		
Puertos de salida	Presencia de luz	Ausencia de Luz
Puerto de salida 1	X	
Puerto de salida 2	X	
Puerto de salida 3	X	
Puerto de salida 4	X	
Puerto de salida 5	X	
Puerto de salida 6	X	
Puerto de salida 7	X	
Puerto de salida 8	X	

Tabla 26. Prueba de continuidad en splitter

Fuente: Elaborada por el autor.

En la tabla 27 podemos darnos cuenta que la prueba realizada en el segundo splitter del nodo B no fue exitosa, pues el hilo splitado presenta un corte antes de multiplexarse provocando de esta manera que la luz no pase a los 8 hilos de salida.

Prueba en segundo Splitter del Nodo B		
Puertos de salida	Presencia de luz	Ausencia de Luz
Puerto de salida 1		X
Puerto de salida 2		X
Puerto de salida 3		X
Puerto de salida 4		X
Puerto de salida 5		X
Puerto de salida 6		X
Puerto de salida 7		X
Puerto de salida 8		X

Tabla 27. Prueba de continuidad en splitter

Fuente: Elaborada por el autor.

El número total de pruebas realizadas es de 15, de las cuales 12 pertenecen a los enlaces desde el ODF hacia la caja que simula al nodo A, mientras que las 3 restantes fueron realizadas a los splitters existentes en los FDB's. Es necesario saber cual es el porcentaje de conectividad de la red dentro del bastidor, esto lo podemos obtener con la ayuda de la siguiente fórmula.

$$\%Conectividad = \left(\frac{P_e}{P_r}\right) * 100$$

Fórmula 6. Fórmula para % de conectividad

Donde:

P_e → es el número de pruebas exitosas

P_r → es el número de pruebas realizadas

Aplicando la fórmula 6 obtenemos:

$$\%Conectividad = \left(\frac{P_e}{P_r}\right) * 100$$

$$\%Conectividad = \left(\frac{14}{15}\right) * 100$$

$$\%Conectividad = 93,33\%$$

El resultado obtenido es de 93,33% de conectividad, se puede llegar al 100% de manera fácil y esto se hace posible cambiando el splitter que no se encuentra en buen estado.



Figura 97. Prueba de continuidad en patchcords

Fuente: Investigación de campo

3.9.3 MARGEN DE ERROR (RESULTADOS PRACTICOS Y TEÓRICOS)

En el siguiente apartado se obtendrá el margen de error mediante la comparativa de los datos obtenidos al realizar los cálculos tanto de manera teórica como práctica, para la obtención del valor teórico se hizo uso de la formula del cálculo de presupuesto óptico mientras que para la obtención del valor practico se utilizó el equipo medidor de potencia OPM.

Para obtener el margen de error de los enlaces propuestos en la implementación se usará la fórmula 6 descrita a continuación:

$$\%Error = \left(\frac{Valor\ teórico - Valor\ practico}{Valor\ teórico} \right) * 100$$

Fórmula 7. Margen de error

Una vez detallada la fórmula a utilizar se realiza el cálculo del margen de error para los diferentes enlaces propuestos en el presente capítulo para la elaboración de trabajo de titulación

3.9.3. 1 MARGEN DE ERROR PARA PRIMER CRITERIO DE DISEÑO

En la sección 3.9.1 se encuentran los datos que se obtuvieron de ambos cálculos y estos son:

- Valor teórico: -11,7 dB
- Valor práctico: -14.89 dB

Ahora se procede a usar la fórmula 6 para obtener el dato que se requiere.

$$\%Error = \left(\frac{Valor\ teórico - Valor\ practico}{Valor\ teórico} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{-11.7\ dB - (-12.89\ dB)}{-11.7\ dB} \right) * 100$$

$$\%Error = 10.1\%$$

El margen de error para el primer criterio propuesto es de 10.1%

3.9.3. 2 MARGEN DE ERROR PARA SEGUNDO CRITERIO DE DISEÑO

En la sección 3.9.1 se encuentran los datos que se obtuvieron de ambos cálculos y estos son:

- Valor teórico: -27 dB
- Valor práctico: -28.89 dB

Ahora se procede a usar la fórmula 6 para obtener el dato que se requiere.

$$\%Error = \left(\frac{Valor\ teórico - Valor\ practico}{Valor\ teórico} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{-27 \text{ dB} - (-28.89 \text{ dB})}{-27 \text{ dB}} \right) * 100$$

$$\%Error = 7\%$$

El margen de error para el segundo criterio propuesto es de 7%

3.9.3. 3 MARGEN DE ERROR PARA TERCER CRITERIO DE DISEÑO

En la sección 3.9.1 se encuentran los datos que se obtuvieron de ambos cálculos y estos son:

- Valor teórico: -23.2 dB
- Valor práctico: -27.40 dB

Ahora se procede a usar la fórmula 6 para obtener el dato que se requiere.

$$\%Error = \left(\frac{\text{Valor teorico} - \text{Valor practico}}{\text{Valor teorico}} \right) * 100$$

$$\%Error = \left(\frac{-23.2 \text{ dB} - (-27.40 \text{ dB})}{-23.2 \text{ dB}} \right) * 100$$

$$\%Error = 18.1\%$$

El margen de error para el tercer criterio propuesto es de 18.1%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Los equipos seleccionados cumplen con los requerimientos mínimos para la ejecución del proyecto, se utilizó la marca ubiquiti, de la cual se destaca el parámetro de potencia de 5 dB del OLT, la distancia máxima de 20 km que proporciona el módulo GPON y el costo menor de los equipos analizados.
- Tanto los equipos como la infraestructura cumplen con los estándares basados en lineamiento para redes PON, pues siguen las normativas ANSI/TIA-568-C.0 para el cableado de telecomunicaciones para instalaciones de clientes considerando la conexión entre los equipos seleccionados, así mismo la normativa ANSI/TIA-568-C.1 para sistemas de cableado en edificios comerciales, puesto que dentro del proyecto se considera un enlace BPON.
- El diseño de la estructura para la colocación de equipos dentro del laboratorio de telecomunicaciones se realizó en el programa Sketch Up debido a que nos permitió realizar simulaciones considerando los espacios definidos por el estándar ANSI/TIA-569-E, puesto que deben cumplir con resistividad, flexibilidad y operatividad dependiendo del lugar donde han sido instalados.
- Dentro del proceso de implementación, se logró realizar el montaje de los equipos y dispositivos ópticos al bastidor de FO, tomando en consideración la norma ISO/IEC 14763- 1, la cual nos permite etiquetar los componentes y el cableado con total libertad sean estas de manera numéricas o alfabéticas, siendo claras y fáciles de entender, además, se cuenta también con reservas de 8 a 10 metros de los cables patchcords para la futura elaboración de prácticas.
- La conexión de los equipos dentro del bastidor se ejecutó de manera sencilla gracias al etiquetado con el que cuentan, sin embargo, para las conexiones del cableado de los patchcords dentro del ODF se tomó en consideración realizar la fusión de 4 pigtails con 4 splitters de 1:2 para de esta manera contar con 4 puertos de entrada y debido a la multiplexación de los splitters obtener 8 puertos de salida para la simulación de los enlaces propuestos según los criterios de diseños expuestos en el presente trabajo.

- La estructuración del cableado de red saliente del bastidor se realizó considerando los estándares técnicos como ANSI/TIA-568-C.1 para el cableado de telecomunicaciones en edificios, ANSI/TIA-568-C.3 para el cableado de telecomunicaciones en fibra óptica teniendo en cuenta los ejemplos de criterios realizados, estos mismos fueron probados en cada tramo a fin de corroborar su funcionalidad y evitar un mal funcionamiento o daño de las fibras.
- Se realizaron las pruebas de continuidad en todo el cableado de fibra óptica, en donde, 14 de 15 fueron exitosas, por lo cual se obtuvo un 93,33% de conectividad en el bastidor, estas fueron realizadas a través del equipo VFL.
- Tener una red flexible dentro del bastidor se considera de gran ventaja porque en caso de tener inconvenientes a mitad de elaboración del proyecto se puede manipular e ir verificando por tramos el estado de la fibra mediante pruebas de continuidad con ayuda del VFL.
- Al realizar las pruebas con el equipo OPM se pudo notar que la realidad de la práctica y la teoría no es la misma, puesto que al obtener ambos cálculos no son iguales y varían, presentando así márgenes de errores de 10%, 7% y hasta de 18%, los valores prácticos son más reales pues aquí se obtiene el valor de pérdida exacto, esto influye según la aparición de varios factores como: el número de conectores, empalmes, fusiones, adaptadores. A mayor cantidad de existencia de los factores antes mencionados, mayor será la atenuación.

RECOMENDACIONES

- Realizar un plan de mantenimiento a los equipos que se encuentran en el laboratorio, como bastidores, OLT, fusionadoras, entre otras, asimismo, la limpieza y mantenimiento de equipos de aire acondicionado y suministros de energía cada 3 meses como indica las recomendaciones internacionales de telecomunicaciones, esto con el fin de verificar que los equipos sigan cumpliendo sus funciones.
- Para el diseño de este tipo de proyectos se recomienda trabajar con herramientas o programas como Sketch up, que es una interfaz amigable y en esta misma se pueden realizar simulaciones hasta encontrar el posicionamiento adecuado de cada uno de los equipos y elementos que conforman la elaboración del proyecto a implementar.
- Debido a la gran demanda que en la actualidad representan las telecomunicaciones, es recomendable ampliar y adquirir más equipos con nuevas tecnologías en el área de fibra óptica para en el futuro montarlos en el bastidor y así disponer de una infraestructura confiable y con gran capacidad para elevar las destrezas prácticas de los futuros profesionales.
- Se recomienda un manejo adecuado y con las precauciones necesarias al momento de trabajar con la fibra óptica ya que puede quebrarse o atenuarse y esto a la vez causar pérdidas totales o parciales de las conexiones existentes, también es necesario tener en cuenta que al momento de realizar las conexiones entre los equipos es fundamental revisar el etiquetado para así evitar conexiones equivocadas.
- Para futuras modificaciones del presente trabajo de titulación se recomienda realizar una revisión del cableado, ver si se encuentran en buen estado o si las conexiones poseen intermitencia o deterioro físico, además constatar si siguen contando con el etiquetado para mantener la organización del proyecto.
- Para pruebas de continuidad en la fibra óptica se recomienda utilizar un localizador visual de fallas ya que con este podemos comprobar continuidad tanto en fibra multimodo y monomodo considerando que la distancia del recorrido del enlace no exceda más de 2km.
- Al momento de realizar las mediciones para las pruebas de potencia se recomienda crear criterios de diseños para implementarlos y evaluarlos conforme las necesidades del laboratorio, tanto de manera teórica como practica que amplíen las posibilidades

de estudio que se vayan a realizar en el presente trabajo. Al emplear el uso del OPM se recomienda verificar que se esté trabajando en la ventana adecuada, 1310 nm, según el módulo Gpon de fibra conectado al equipo OLT para obtener resultados precisos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] UPSE - Universidad Estatal Península de Santa Elena, «Electrónica y Telecomunicaciones (Santa Elena, Santa Elena),» n° <https://www.cursosycarreras.com.ec/electronica-y-telecomunicaciones-santa-elena-santa-elena-upse-FO-143788>, 2021.
- [2] Telefónica Ecuador, «Fibra óptica y todo lo que debes saber acerca de esta tecnología,» n° <https://empresas.blogthinkbig.com/fibra-optica-historia-y-futuro/>, 2020.
- [3] M. Argenis, «Fibra Óptica: la red que ha transformado al mundo,» n° <https://fibramerica.com/2022/08/12/fibra-optica-la-red-que-ha-transformado-al-mundo/>, 2022.
- [4] La Vanguardia, «El mapa 3D que muestra los 436 cables submarinos que dotan de internet a todo el mundo,» n° <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20210927/7749103/mapa-3d-muestra-426-cables-submarinos-dotan-internet-mundo-pmv.html>, 2021.
- [5] Telematica, «Impacto de la fibra óptica en el mundo,» n° <http://telematica-group.com/comunicacion-descripcion4.php>, 2017.
- [6] ARCOTEL, *Ecuador continua creciendo en Fibra Optica*, Quito, 2020.
- [7] eComex 360, «Ecuador tiene más fibra óptica, pero el servicio de internet sigue siendo deficiente,» n° [https://www.e-comex.com/ecuador-tiene-mas-fibra-optica-pero-el-servicio-de-internet-sigue-siendo-deficiente/#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20el%20promedio,ministerio%20de%20Telecomunicaciones%20\(Mintel\).](https://www.e-comex.com/ecuador-tiene-mas-fibra-optica-pero-el-servicio-de-internet-sigue-siendo-deficiente/#:~:text=A%20nivel%20mundial%2C%20el%20promedio,ministerio%20de%20Telecomunicaciones%20(Mintel).), 2021.
- [8] Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, «ECUADOR CONTINÚA CRECIENDO EN FIBRA ÓPTICA,» n° <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuador-continua-creciendo-en-fibra->

[20] Telecable, «Ventajas y desventajas de la fibra óptica,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.telecable.com/blog/ventajas-desventajas-la-fibra-optica/1458>.

A. Rodriguez, «¿Qué cable de fibra óptica es el óptimo para mi instalación?,» 2014. [21] [En línea]. Available: <https://www.fibraopticahoy.com/que-cable-de-fibra-optica-es-el-optimo-para-mi-instalacion/>.

RTVE, «El fotófono de Alexander Graham Bell,» 2021. [En línea]. Available: [22] <https://www.rtve.es/play/audios/esto-es-ingenieria/palabra-ingeniero-fotofono-alexander-graham-bell-16-02-21/5793701/>.

J. Velasco, «Fibra óptica: la historia de sus orígenes,» 2013. [En línea]. Available: [23] <https://blogthinkbig.com/fibra-optica-origen>.

A. Nieto, «Evolución tecnológica de redes y telecomunicaciones sólo con Fibra [24] Óptica,» 2020. [En línea]. Available: <https://esemanal.mx/2020/05/evolucion-tecnologica-de-redes-y-telecomunicaciones-solo-con-fibra-optica/>.

«Sistema de comunicaciones opticas,» [En línea]. Available: [25] <https://www.mindomo.com/es/mindmap/comunicaciones-con-fibra-optica-969ea6b152844bfe8aef22f34173530b>. [Último acceso: 19 marzo 2022].

«BLOG PROMAX,» 31 enero 2014. [En línea]. Available: [26] <https://blogdepromax.wordpress.com/2014/01/31/historia-de-la-fibra-optica-ii-evolucion/>. [Último acceso: 21 marzo 2022].

«BLOG REDES,» 3 diciembre 2015. [En línea]. Available: [27] <http://borja2fb.blogspot.com/2015/12/pelado-de-cable-de-fibra-optica.html>. [Último acceso: septiembre 2022].

L. A. P. LOZADA, «SISTEMA DE COMUNICACION POR FIBRA OPTICA Y [28] ENLACE INALAMBRICO PARA LA CORPORACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEL REGIONAL SANTO DOMINGO,» AMBATO, 2009.

[29] J. Martínez, «Ventanas de transmisión,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.prored.es/ventanas-de-transmision/>.

[30] FOA, «Guía de referencia,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.thefoa.org/ESP/Prueba.htm>.

[31] C. H. S. Galarza, «ANÁLISIS PARA EL EQUIPAMIENTO Y EL USO ADECUADO DEL LABORATORIO DE FIBRA ÓPTICA A IMPLEMENTARSE EN EL A.E.I.R.N.N.R. DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, Loja, 2015.

[32] J. P. J. Javier, «Diseño de procedimientos para fiscalización de trabajos de instalaciones de redes ópticas pasivas en el distrito metropolitano de Quito,» ESPE, Sangolqui Ecuador, 2015.

[33] C3comunicaciones, «FIBRA ÓPTICA: Diferentes tipos y aplicaciones.,» *E- boletín Octubre*, 2019.

Comision interamericana de telecomunicaciones, «fibra óptica,» 2010. [En línea]. Available: [https://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth_e.asp#:~:text=Dependiendo%20del%20n%C3%BAmero%20de%20modos,transmisi%C3%B3n%20luminosa%20\(figura%202\)..](https://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth_e.asp#:~:text=Dependiendo%20del%20n%C3%BAmero%20de%20modos,transmisi%C3%B3n%20luminosa%20(figura%202)..)

[35] C. Sigüenza, «“ANÁLISIS PARA EL EQUIPAMIENTO Y EL USO ADECUADO DEL LABORATORIO DE FIBRA ÓPTICA A IMPLEMENTARSE EN EL A.E.I.R.N.N.R. DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA”,» 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11248/1/Sig%C3%BCenza%20Galarza%2C%20Carlos%20Humberto.pdf>.

[36] Eland Cables, «Cable de Fibra Óptica,» n° <https://www.elandcables.com/es/cables/fibre-optic-cables>, 2022.

- [37] Sc.Heu.es, «La ley de Snell de la refracción,» 2022. [En línea]. Available: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/ondas/snell/snell.htm>.
- J. L. Fernández, «FisicaLab,» [En línea]. Available: <https://www.fisicalab.com/apartado/reflexion-refraccion-luz>. [Último acceso: 27 enero 2022].
- J. C. Lizcano, «La naturaleza de la luz, las leyes de la óptica geométrica y la óptica física,» [En línea]. Available: <http://galia.fc.uaslp.mx/~medellin/Acetf2/optica/contenido/texto/rinntot.html>.
- «Parámetros de Transmisión,» [En línea]. Available: <https://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/PlantelExterior/IntroduFO2.pdf>.
- C. y. T. Fibra Óptica, «La atenuación de la Fibra Óptica,» [En línea]. Available: <https://lafibraopticaperu.com/la-atenuacion-de-la-fibra-optica/>.
- J. L. Martínez, «PRORED,» 20 Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.prored.es/la-dispersion-cromatica/>.
- «Ingeniare, Revista chilena de ingeniería, vol. 15 N° 3,» de *EFFECTOS DE LA DISPERSIÓN POR MODO DE POLARIZACIÓN (PMD)*, Valparaíso, Chile, 2007, pp. 336-343.
- R. G. Calvache, «desafío hosting,» 27 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://desafiohosting.com/que-es-un-isp/>. [Último acceso: 27 enero 2022].
- Xfinity Discovery Hub, «¿Qué tipo de conexión a Internet es la adecuada para ti?,» 2022. [En línea]. Available: <https://es.xfinity.com/hub/internet/internet-connections>.
- «VIAMI Solutions Inc,» [En línea]. Available: <https://www.viamisolutions.com/es-mx/red-optica-pasiva-pon>. [Último acceso: 2022 marzo 17].

[47] Y. Marchukov, «Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH,» Gandía, 2011.

[48] N. P. Flores, «Revista Electro Industria, Soluciones Tecnológicas par ala minería, energía e industria,» Abril 2006. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=444&ni=10-gigabit-ethernet-sobre-fibra-optica-estandar-ansi/tia/eia-568-b3-1-y-aplicaciones-ieee-8023ae>.

[49] Comesur, «LOS COMPONENTES DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA DE ÚLTIMA MILLA,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.comesur.es/los-componentes-de-una-red-de-fibra-optica-de-ultima-milla/#:~:text=Los%20elementos%20activos%20m%C3%A1s%20habituales,elementos%20de%20recepci%C3%B3n%20del%20usuario.&text=Desde%20el%20punto%20de%20vista,y%20al%20de%20pares%20trenza>.

[50] C. M. L. ARAUJO, «CARLOS MARCELO LEON ARAUJO,» FACULTAD DE INGENIERÍA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito, 2015.

[51] Furuwaka, «OLT,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/splitter-optico-modular-19#:~:text=Splitters%20%C3%93pticos%20son%20componentes%20pasivos,dos%20entradas%20y%20N%20salidas..>

[52] Huawei, «Característica generales de tecnología GPON,» 2022. [En línea]. Available: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/caracter%C3%ADstica-generales-de-tecnolog%C3%ADa-gpon/thread/663937-100275>.

[53] Medium, «Introducción a la red óptica pasiva (PON),» 2020. [En línea]. Available: <https://medium.com/@iria.liu/introducci%C3%B3n-a-la-red-%C3%B3ptica-pasiva-pon-a2c78d8c662e>.

[54] «Huawei Forum,» 10 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://forum.huawei.com/enterprise/es/%C2%BFqu%C3%A9-es-una-red-de-distribuci%C3%B3n-%C3%B3ptica-odn/thread/771769-100243>. [Último acceso: 18 Marzo 2022].

[55] C. H. S. Galarza, «Análisis para el equipamiento y el uso adecuado del laboratorio de fibra óptica a implementarse en el A.E.I.R.N.N.R de la Universidad de Loja,» Universidad Nacional de Loja, Loja, 2015.

[56] A. D. M. Lucila y G. C. F. Sebastian, «Diseño e implemetación de un modelo educativo de fibra óptica para el desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas,» Guayaquil, 2020.

[57] M. A. G. ALMACHI, «IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE LABORATORIO DE COMUNICACIONES ÓPTICAS, PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS CON LAS TÉCNICAS DE EMPALMES PARA FIBRAS ÓPTICAS.,» Quito, 2020.

[58] P. Caceres, «LABORATORIO DE APRENDIZAJE DE COMUNICACIONES ÓPTICAS BASADO EN NORMAS INTERNACIONALES PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E,» 2015. [En línea]. Available: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19376/1/Tesis_t1088ec.pdf.

[59] G. Vargas, J. Borbor , J. Molineros y G. Proaño, «Vargas Lopez, German Ricardo,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/44230>.

[60] D. Guachamín y P. Jaramillo , «Estudio para la implementación de un laboratorio de comunicaciones ópticas para la Facultad de Ingeniería Eléctrica e implementación de un equipo didáctico,» 1998. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10423>.

[61] «Library,» [En línea]. Available: <https://1library.co/article/est%C3%A1ndar-ansi-tia-eia-c-para-cableado-de-y6emrxoz>. [Último acceso: Septiembre 2022].

[62] *TIA-568 Rev. C: Impacto en la conectividad óptica.* [Performance]. LANscape Solutions, 2010.

[63] M. C. Q. Reyes, «Estándar de Rutas y Espacios de Telecomunicaciones».

«FOcenter,» FOC, 9 Agosto 2019. [En línea]. Available:
[64] <https://focenter.com/es/est%C3%A1ndares-de-cableado-nuevos-y-emergentes-de-la-tia/>. [Último acceso: 23 Septiembre 2022].

H. A. Santos, 20 Mayo 2018. [En línea]. Available:
[65] <https://www.dittel.co/post/qu%C3%A9-es-ansi-tia-569d>. [Último acceso: 23 Septiembre 2022].

[66] M. D. F. Fernandez, «Bastidor distribuidor de fibras opticas para telecomunicaciones.». 2004.

«ORGANIZACIÓN DEL RACK DE TELECOMUNICACIONES EN LOS CENTROS DE DATOS (PRINCIPAL Y RESPALDO) Y CUARTO DE DATOS DE LA EMPRESA CENET, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA SEÑAL APLICANDO LAS NORMAS ANSI/TIA/EIA VIGENTES,»
[67] UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA , BOGOTÁ, 2020.

D. Z. C. Gabriel Solano Sánchez, «Diseño, implementación y prueba de una red de
[68] fibra optica para el laboratoio de telecomunicaciones de la universidad politecnica salesiana,» Cuenca, 2021.

«HUAWEI,» [En línea]. Available: <https://carrier.huawei.com/en/products/fixed-network/access/olt>. [Último acceso: Septiembre 2022].
[69]

«SYSCOM,» [En línea]. Available:
[70] <https://www.syscomcolombia.com/producto/P1201-08-TP-LINK-168136.html>.
[Último acceso: 23 Septiembre 2021].

«FS Community,» 13 julio 2021. [En línea]. Available:
[71] <https://community.fs.com/es/blog/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>.
[Último acceso: 27 enero 2022].

FS Comunnity, «Definición y tipos del splitter fibra óptica,» 2021. [En línea].
[72] Available: <https://community.fs.com/es/blog/what-is-a-fiber-optic-splitter-2.html>.

A. Rodríguez, «fibraopticahoy,» 14 mayo 2016. [En línea]. Available:
[73] <https://www.fibraopticahoy.com/tipos-conectores-fibra-optica/>. [Último acceso: 21 marzo 2022].

«Praxtel Telecommunications,» 2008. [En línea]. Available:
[74] <https://www.monografias.com/trabajos-pdf/cordones-fibra-optica-patchcords/cordones-fibra-optica-patchcords.pdf>.

«ELECTROSON,» [En línea]. Available:
[75] <https://www.electrosonteleco.com/producto/protector-para-empalmes-de-fibra-optica/>. [Último acceso: 23 Septiembre 2022].

A. Rodriguez, «fibraopticahoy,» 2 diciembre 2019. [En línea]. Available:
[76] <https://www.fibraopticahoy.com/conceptos-basicos-para-utilizar-un-otdr-4a-parte-bobinas-de-lanzamiento/>.

C. Gaya, «DOMESTIKA,» 12 MAYO 2021. [En línea]. Available:
[77] <https://www.domestika.org/es/blog/5619-que-es-sketchup-y-como-empezar-a-usarlo>.
[Último acceso: 04 JUNIO 2022].

F. Tejeira, 24 Marzo 2017. [En línea]. Available:
[78] <https://franciscotejera.wordpress.com/2017/03/24/etiquetado-de-una-instalacion-de-cableado-estructurado/>. [Último acceso: Septiembre 2022].

C. EP, *NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA*, Corporacion Nacional de Telecomunicaciones, 2012.
[79]



[80] S. G. Index, «Speedtest Global Index,» Junio 2021. [En línea]. Available:
<https://www.speedtest.net/global-index#mobile>.

[81] L. W. Couch, «Sistemas de comunicación digitales y analógicos,» 2008.

JCare7, «Timetoast,» [En línea]. Available:
[82] <https://www.timetoast.com/timelines/evolucion-de-las-redes-alambricas>. [Último
acceso: 25 junio 2022].

ANEXOS

Anexo 1. Práctica 1

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES	
	PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA	
	DOCENTE:	

CARRERA	CICLO	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	-	-	-

LABORATORIO DE	FIBRA ÓPTICA	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	MEDICIÓN Y REVISIÓN DE FIBRA ÓPTICA MEDIANTE POWER METER	2h

PRÁCTICA 1	
1	OBJETIVO
Aprender el uso del medidor de potencia óptico para la revisión adecuada de la fibra óptica.	

2	MATERIALES Y EQUIPOS	
EQUIPO NECESARIO	MATERIAL NECESARIO	
✓ Power Meter	✓ Fibra óptica ✓ Patch cords	

3	PROCEDIMIENTO
OPTICAL POWER METER	
Este equipo está diseñado para verificar las redes de fibra óptica, los enlaces realizados con patchcords, comprueba el estado de la fibra después de su fusión o empalme, etc.	
Entre sus especificaciones tenemos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Medición de longitud de onda • Rango de medición de potencia • Contiene temperatura de funcionamiento • No consume mucha energía por ende tienes horas de trabajo continuo • Probador de red RJ45 	

- Tipo de conector SC/ST



Contiene 8 longitudes de onda

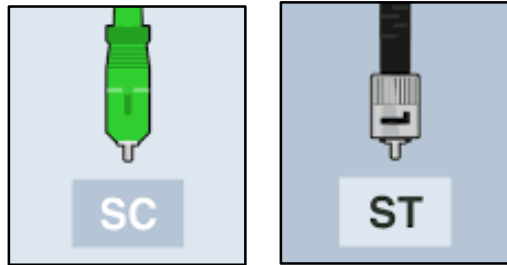
850nm	980nm
1300nm	1310nm
1490nm	1550nm
1625nm	1650nm

Para realizar la práctica debemos seguir los siguientes pasos:

- 1.- Encendemos el equipo OPTICAL POWER METER.



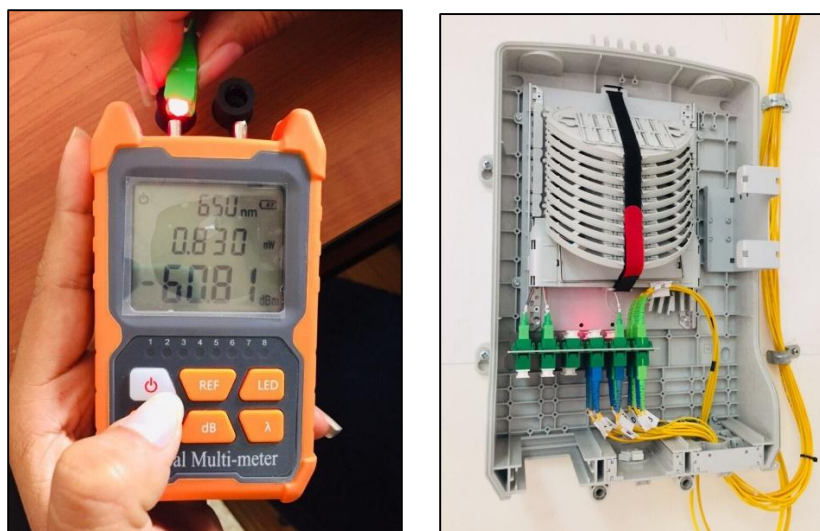
2.- Para poder verificar el estado del patch cord debemos seleccionar el tipo de conector a medir entre ellos SC y ST.

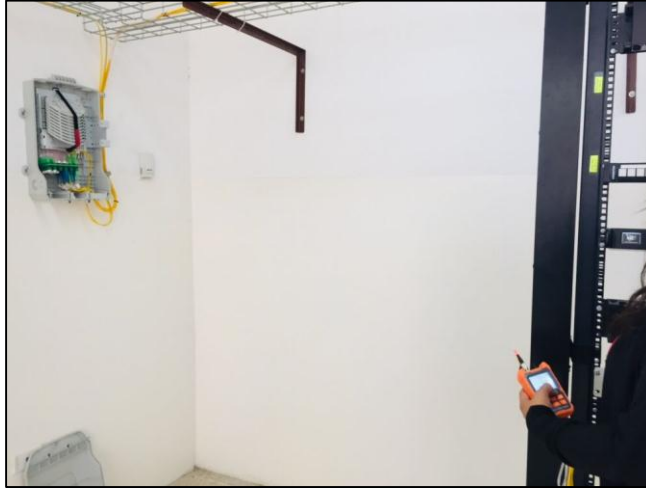


3- Para poder verificar el estado del patchcord lo conectamos en la salida VFL-A del power meter.



4.- Luego procedemos a enviar luz presionando la tecla light del OPM y verificamos si llega la luz al otro extremo del patchcord.





5.- Conectamos un extremo del patch cord en el OPM y se procede a realizar el test.

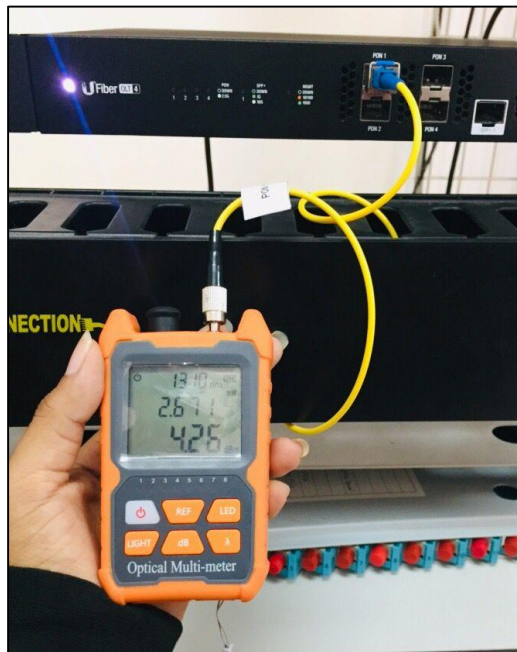


6.- Pulsamos el botón para seleccionar la longitud de onda $\rightarrow \lambda$



Nota: Recordemos que el OPM cuenta con diferentes longitudes de onda, pero la longitud con la que trabajaremos es de 1310nm, debido a que el módulo GPON cuenta con esas especificaciones.



7.- Pulsamos el botón para seleccionar la unidad de potencia dB , dBm para verificar la potencia, que en este caso estamos obteniendo la potencia entregada por la OLT.



Anexo 2. Práctica 2

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES		
	PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA		
	DOCENTE:		
CARRERA	CICLO	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	-	-	-

LABORATORIO DE	FIBRA ÓPTICA	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	ARMADO DE ODF (DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA) PARA EL BASTIDOR DE COMUNICACIONES ÓPTICAS.	2h

PRÁCTICA 2

1	OBJETIVOS Aprender el procedimiento correcto del armado del Distribuidor de Fibra Óptica (ODF) para el rack o bastidor de equipos ópticos.
----------	--

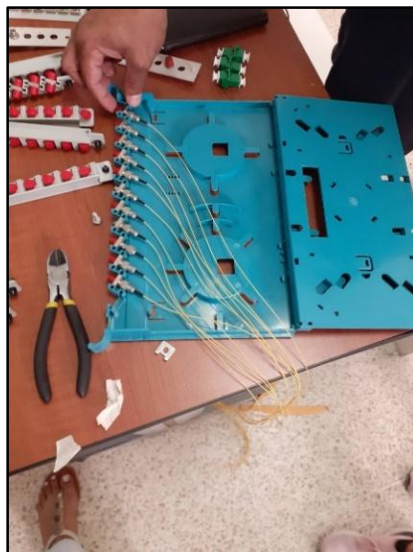
2	MATERIALES Y EQUIPOS
EQUIPO NECESARIO <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cassette de ODF ✓ Rack o Bastidor ✓ Fusionadora 	MATERIAL NECESARIO <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conectores de patch cord de fibra óptica ✓ Tubillos para fusión ✓ Kit de limpieza profesional ✓ Kit de fibra óptica

3	PROCEDIMIENTO ARMADO DE ODF PARA EL BASTIDOR DE COMUNICACIONES ÓPTICAS Para realizar el correcto armado de un distribuidor de fibra es necesario seguir los siguientes pasos detallados a continuación. 1.- Procedemos a retirar la tapa del ODF para empezar a realizar las conexiones y evitar daños en ella.
----------	--

2.- Colocamos los conectores necesarios en las ranuras del ODF, estos nos van a servir como transición entre el cable central hacia el conector que nos permitirá hacer conexión con una OLT.



3.- Elegimos los patchcords de fibra óptica a usar y cortamos la cantidad necesaria para las conexiones, seguido de ello con la peladora de fibra retiramos el recubrimiento amarillo (protección) y procedemos a seguir con los puertos restantes.



4.- Colocamos 4 splitters de 1:2 en la caja del ODF.



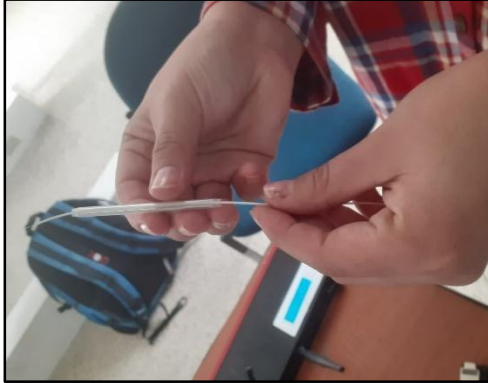
5.- Con las toallitas libre de pelusas y el alcohol isopropil que contiene el kit de limpieza de fibra óptica limpiamos cada una de las fibras.



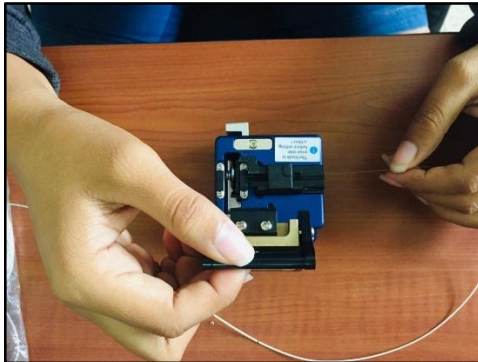
6.-Se procede a preparar los cables (pigtail y splitters) ya colocados en la caja del ODF. Con la ayuda de una peladora de fibra retiramos el acrílico del hilo de fibra y preparamos.



7.- Seguido tomamos cada fibra y colocamos en cada una de ellas un tubillo termo-fundente para realizar la fusión.



8.- Con la ayuda de la cortadora de precisión realizamos el corte de la fibra para su fusión.



9.- Después de realizar el corte introducimos la fibra óptica dentro de la fusionadora intentando dejarla lo más cerca de los electrodos y sujetamos la fibra, este proceso en ambos extremos de la fibra a fusionar.



10.- Una vez colocada la fibra en la fusionadora presionamos el botón SET que dará paso a la fusión de la fibra de haber algún error con los ángulos de corte presentados en la pantalla de la fusionadora repetimos el proceso hasta que los ángulos sean los correctos.



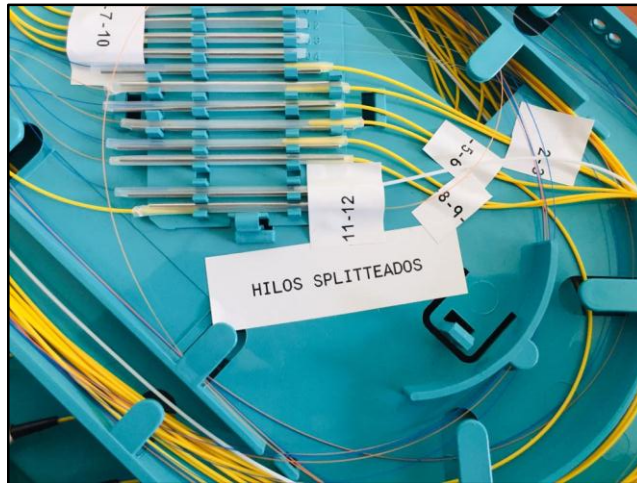
11.- Cuando la fibra se haya fusionado podremos observar la pérdida estimada que tiene la fusión, abriremos la tapa, soltamos la fibra y colocamos el tubillo en la fusión para protegerla y la colocamos en el horno y se procede a calentar para terminar el proceso.



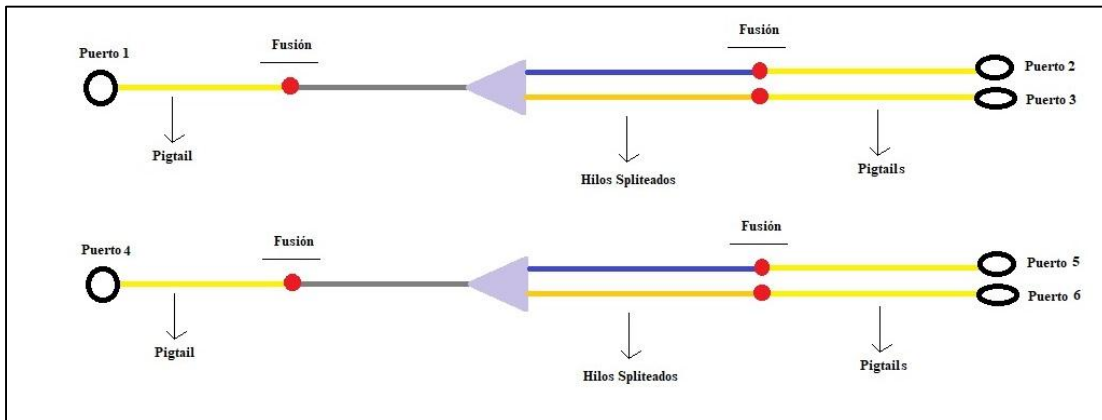
12.- Paso seguido colocamos los splitter ya fusionados correspondientes al puerto 1,4,7,10 del ODF.

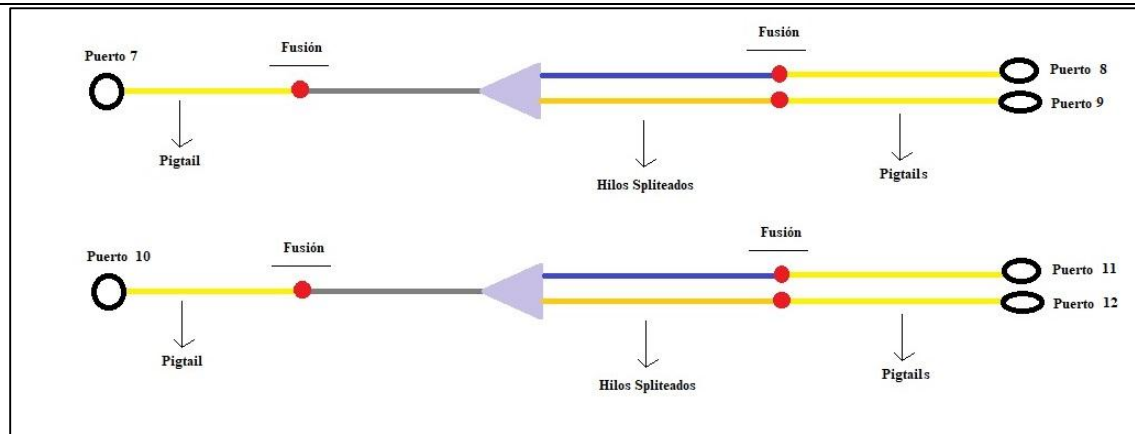


13.- Luego procedemos a fusionar los hilos que salen del splitter con las terminales de los conectores restantes.

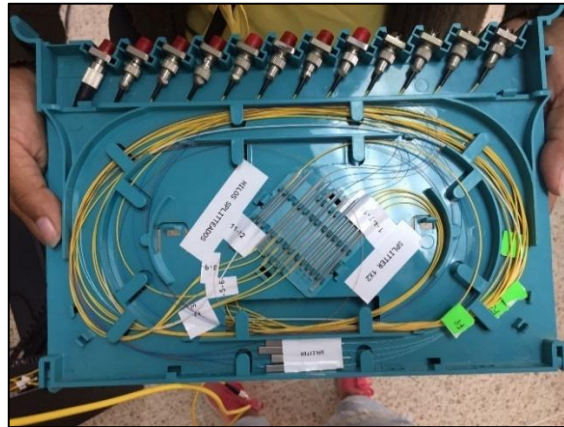


A continuación, se muestra un esquema de las conexiones internas en el ODF.







14.- Se realizan los pasos de fusión ya descritos anteriormente en cada hilo de fibra y procedemos a colocar los empalmes en el cassette de ODF.



15.- Terminado el proceso de armado del ODF colocamos en el rack respectivo.



Anexo 3. Práctica 3

	UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES		
	PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA		
	DOCENTE:		
CARRERA	CICLO	CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y Telecomunicaciones	-	-	-

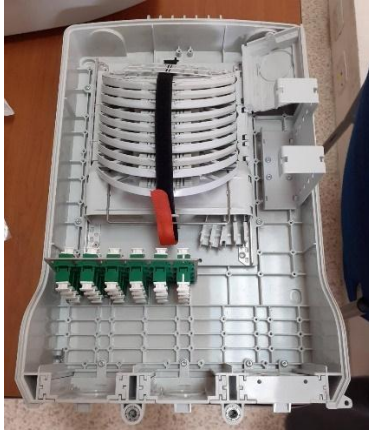
LABORATORIO DE	FIBRA ÓPTICA	DURACIÓN
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	ARMADO DE CAJA DE DISTRIBUCION FDB	2h

PRÁCTICA 3

1	OBJETIVO Aprender el procedimiento correcto del armado de las cajas de distribucion FDB que conforma parte del bastidor de fibra óptica.
----------	--

2	MATERIALES Y EQUIPOS
EQUIPO NECESARIO ✓ FDB	MATERIAL NECESARIO ✓ Fibra óptica ✓ Patch cords ✓ Splitters ✓ Adaptadores SC-SC

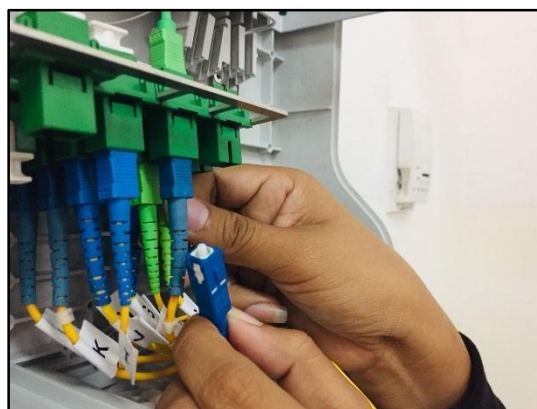
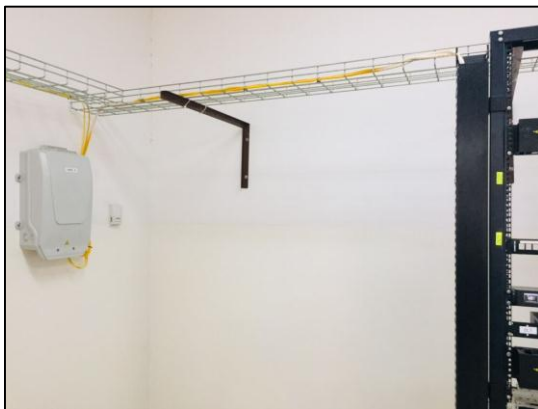
3	PROCEDIMIENTO <p style="text-align: center;">CAJAS DE DISTRIBUCIÓN FDB</p> 1.- Colocamos los adaptadores SC-SC y las bandejas de empalme en las cajas de distribución FDB.
----------	---



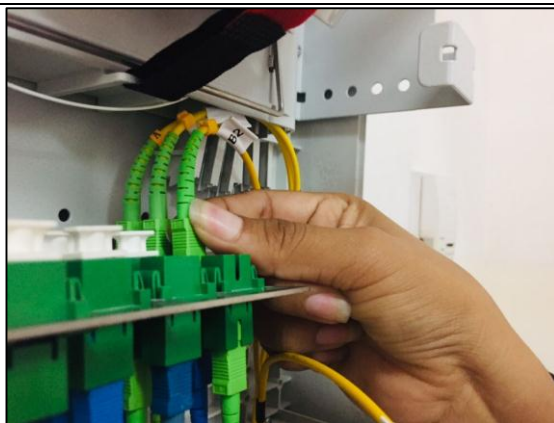
2.- Tomamos las medidas necesarias para colocar las cajas de distribución en el área de trabajo.



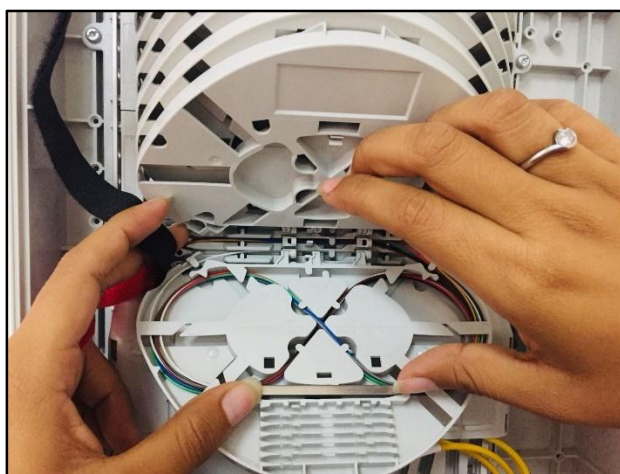
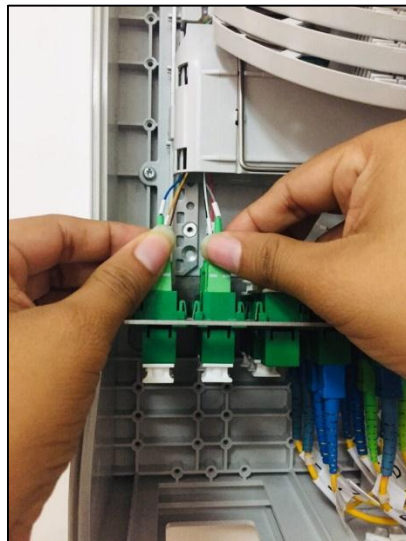
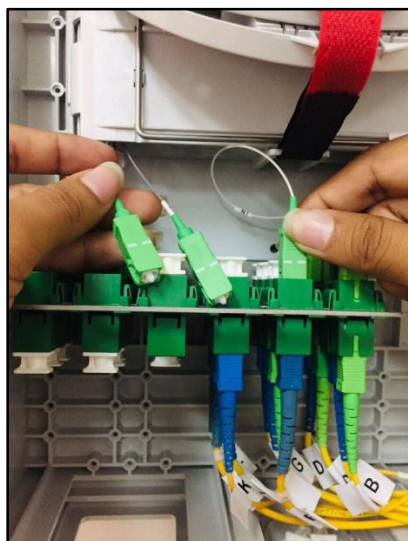
3.- En el nodo A conectamos los 12 patchcords que vienen del rack a los adaptadores de los FDB.



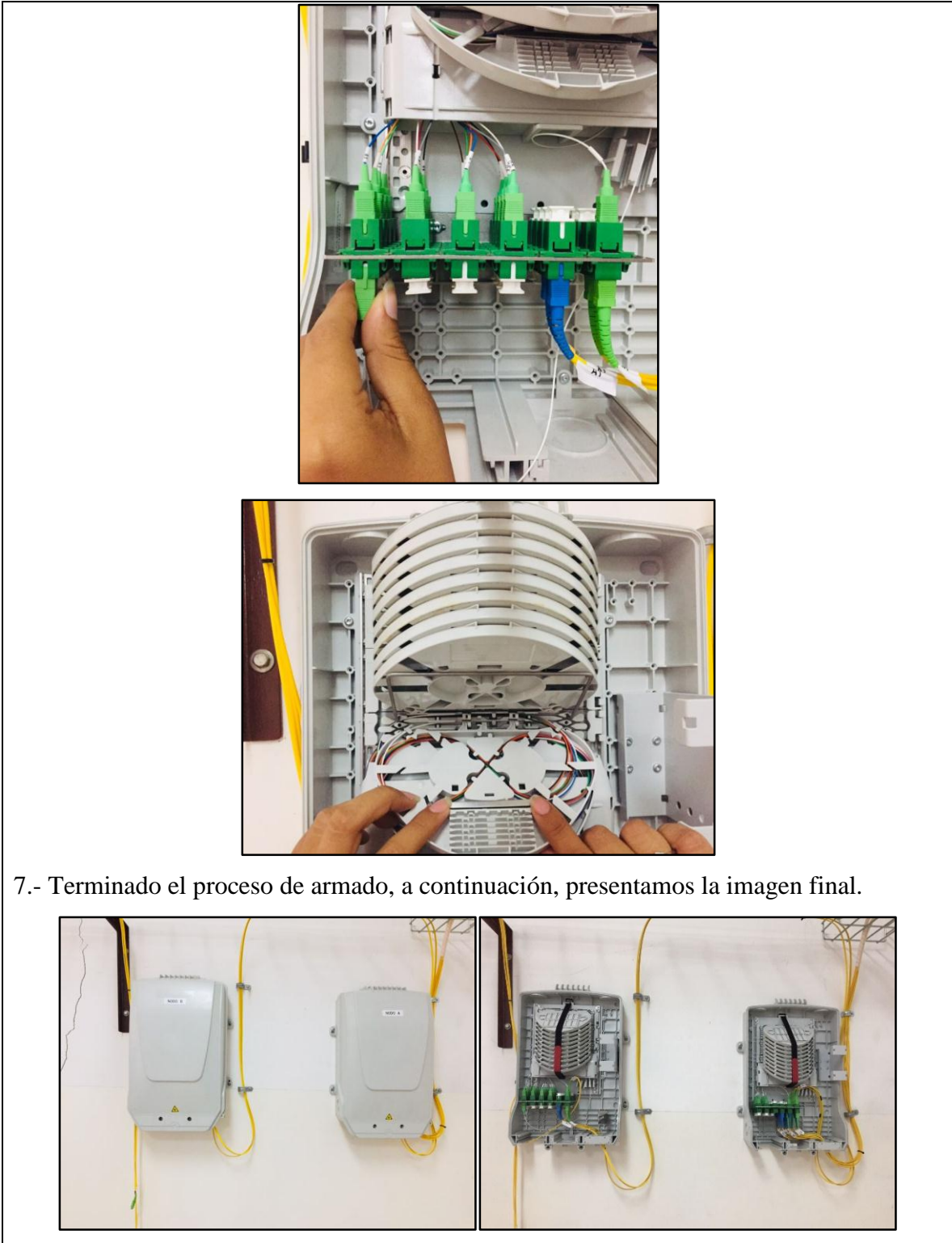
4.- Conectamos los patchcord que SC- SC que simulan el enlace que comunica a los FDB que representan al nodo A y B correspondientes.



5.- En el nodo A se procede a colocar los splitters en las bandejas de empalmes correspondientes del FDB.



6.- Realizamos el mismo proceso de ubicación de adaptadores y splitters en el siguiente FDB según lo requerido en el nodo B.



Anexo 4. Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Optical Multimeter	1	Unidad	\$ 250,00	\$ 250,00
2	Patchcord	24	Unidad	\$ 4,20	\$ 100,80
3	Conversores	4	Unidad	\$ 35,00	\$ 140,00
4	Splitters	9	Unidad	\$ 19,00	\$ 171,00
5	Kit de fibra	2	Unidad	\$ 90,00	\$ 180,00
6	Kit desengrasante de exteriores	2	Unidad	\$ 110,00	\$ 220,00
7	Kit de limpieza	2	Unidad	\$ 120,00	\$ 240,00
8	Tac o Bastidor	1	Unidad	\$ 450,00	\$ 450,00
9	Nap, Manga Tap, ODF	1	Kit	\$ 150,00	\$ 150,00
10	Bobina de lanzamiento	1	Unidad	\$ 100,00	\$ 100,00
11	Manga FDB grande	1	Unidad	\$ 120,00	\$ 120,00
12	Manga FDB pequeña: 24 hilos	1	Unidad	\$ 65,00	\$ 65,00
13	Módulos GPON	2	Unidad	\$ 120,00	\$ 240,00
TOTAL					\$ 2.426,80



UPSE

Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones Telecomunicaciones

Ingeniero

José Sánchez Aquino, MGt

DIRECTOR (E) DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

En su despacho.-

De mis consideraciones.

Cumplo con informar el resultado obtenido en la revisión de antiplagio sobre el sistema URKUND, del trabajo de titulación "IMPLEMENTACIÓN DE BASTIDOR DE FIBRA ÓPTICA EN EL LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA." Elaborado por los Srtas Génesis Graciela Villacis Tigrero y Génesis Samanta Guamán Neira

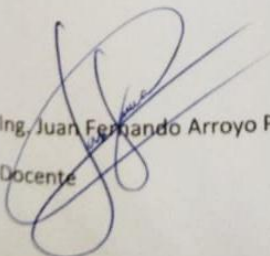
, el resultado es el siguiente.

Original
by Turnitin

Document Information

Analyzed document	TESIS.docx (D144022185)
Submitted	2022-09-13 19:37:00
Submitted by	Juan Arroyo Pizarro
Submitter email	jarroyo@upse.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	jarroyo.upse@analysis.orkund.com

Atentamente:


Ing. Juan Fernando Arroyo Pizarro
Docente

Dirección: Campus matriz, La Libertad - prov. Santa Elena - Ecuador
Código Postal: 240204 - Teléfono: (04) 781732 ext 131
www.upse.edu.ec

