



**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 del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES

Implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos de una red de fibra óptica para un escenario de pruebas en el laboratorio de telecomunicaciones.

AUTOR:

Diego Israel Urgilés Reyes

PROFESOR O TUTOR SUGERIDO:

Ing. Vladimir Israel García Santos Mgt.


LA LIBERTAD – ECUADOR

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: **“Implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos de una red de fibra óptica para un escenario de pruebas en el laboratorio de telecomunicaciones”**, presentado por el estudiante **Urgilés Reyes Diego Israel**, 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, 7 de diciembre del 2022



Ing. Vladimir Israel García Santos Mgt.
TUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.


Urgilés Reyes Diego Israel

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a las personas que siempre me dieron ánimos para poder seguir adelante contra todo pronóstico, a mis profesores y tutores que con sus enseñanzas y observaciones se pudo culminar este proyecto.

Urgilés Reyes Diego Israel

TRIBUNAL DE GRADO



**Ing. Washington Torres Guin, Mgt.
DECANO DE FACULTAD**



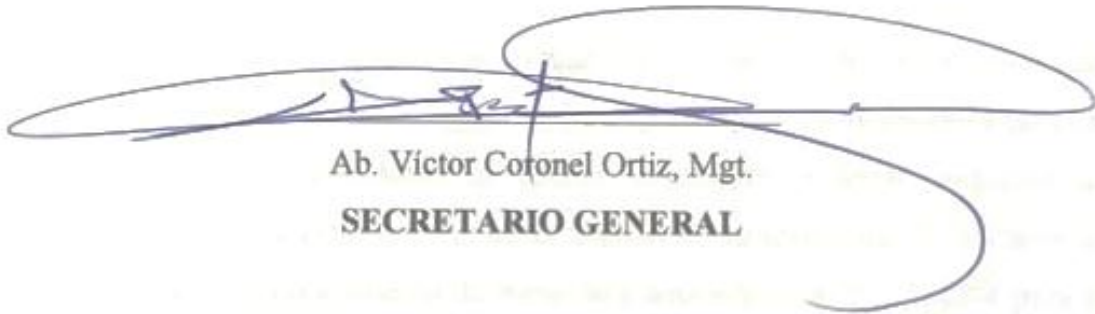
**Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.
DIRECTOR DE CARRERA**



**Ing. Vladimir García Santos, Mgt.
PROFESOR TUTOR**



**Ing. Daniel Jaramillo Chamba, Mgt.
TUTOR DE ÁREA**



**Ab. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIO GENERAL**

RESUMEN

Las redes de fibra óptica son elementos de transmisión de mayor uso de datos dentro del área de las telecomunicaciones, contiene características de muy alto interés como son: amplio ancho de banda, elevadas velocidades en el envío de datos, nivel bajo de atenuación y cero sensibilidades a interferencias.

El proyecto de tesis titulado “Implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos de una red de fibra óptica para un escenario de pruebas en el laboratorio de telecomunicaciones”, tiene como objetivo emular entornos reales para el enlazamiento de la señal óptica enviada desde una OLT a través de la estructura modular de manga portátil así mismo evaluando la señal resultante con equipos de mediciones ópticos.

De esta manera, el módulo de manga portátil se encargará de realizar enlaces ópticos con todos los equipos dentro del laboratorio, generando más escalabilidad en la expansión de redes de fibra óptica, ya que la manga cuenta con 48 hilos fusionados a patchs cords, que a su vez se pueden splittear hasta dos niveles más, dando un aproximado de 200 hilos individuales para realizar prácticas y simulaciones de entornos reales, donde la OLT cumple con un papel importante al enviar pulsos de luz y potencia óptica hacia cada uno de los enlaces realizados, llegando finalmente hacia los terminales ópticos.

El módulo de manga portátil genera un despliegue más desarrollado en fibra óptica conmutando la tecnología EPON con GPON y hacia diferentes entornos emulados como FTTH, FTTB y FTTX dentro del laboratorio de telecomunicaciones, las mediciones ópticas cumplieron con las recomendaciones dictadas por las normas internacionales de las telecomunicaciones UIT-R BT.1367-2, por el cual se pudo constatar los umbrales de error que se obtuvieron durante las evaluaciones efectuadas en el módulo de manga portátil, dando un promedio de error total del 1.735 %.

PALABRAS CLAVES: OLT, Fibra Óptica, EPON, GPON, FTTH, FTTB, FTTX.

ABSTRACT

Fiber optic networks are elements of transmission of greater use of data within the area of telecommunications, contains characteristics of very high interest such as: wide bandwidth, high speeds in sending data, low level of attenuation and zero sensitivity to interference.

The thesis project entitled “Implementation and evaluation of a portable module with passive and active elements of a fiber optic network for a test scenario in the telecommunications laboratory”, aims to emulate real environments for the linking of the optical signal sent from an OLT through the modular structure of portable sleeve as well as evaluating the resulting signal with optical measurement equipment.

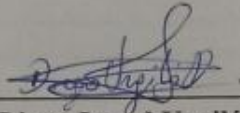
In this way, the portable sleeve module will be in charge of making optical links with all the equipment inside the laboratory, generating more scalability in the expansion of fiber optic networks, since the sleeve has 48 threads fused to patch cords than to its time can be split up to two more levels, giving an approximate of 200 individual threads to carry out practices and simulations of real environments, where the OLT plays an important role by sending pulses of light and optical power to each of the links made, finally arriving to the optical terminals.

The portable sleeve module generates a more developed deployment in optical fiber by switching EPON technology with GPON and towards different emulated environments such as FTTH, FTTB and FTTX within the telecommunications laboratory, the optical measurements complied with the recommendations dictated by the international standards of the telecommunications UIT-R BT.1367-2, by which it was possible to verify the error thresholds that were obtained during the evaluations carried out in the portable sleeve module, giving an average total error of 1.735%.

KEY WORDS: OLT, Fiber Optic, EPON, GPON, FTTH, FTTB, FTTX.

DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Titulación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Diego Israel Urgilés Reyes
AUTOR

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
DECLARACIÓN	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVII
GLOSARIO	XVIII
CAPÍTULO I	20
1. FUNDAMENTACIÓN	20
1.1. Antecedentes	20
1.2. Descripción del proyecto.....	21
1.3. Objetivos del Proyecto	22
1.3.1. Objetivo General:	22
1.3.2. Objetivo Específicos:.....	22
1.4. Justificación.....	22
1.5. Alcance del proyecto	23
1.6. Metodología.....	24
1.7. Resultados Esperados.....	25
CAPÍTULO II.....	26
2. MARCO REFERENCIAL.....	26
2.1. Marco Contextual	26
2.2. Marco Teórico	27
2.3. Marco Conceptual	28
2.3.1. Fibra óptica	28
2.3.2. Origen y Evolución.....	29
2.3.3. Conceptualización de la fibra óptica.....	30
2.3.4. Funcionamiento básico de un Sistema óptico.....	31
2.3.4.1. Ley de Snell	33
2.3.4.2. Reflexión y refracción de la luz	34
2.3.4.3. Índice de refracción.....	34
2.3.4.4. Ángulo Crítico	34
2.3.4.5. Ángulo de aceptación.....	35
2.3.5. Clasificación de la fibra óptica por el recubrimiento.....	36
2.3.5.1. Estructura Holgada.....	36
2.3.5.2. Estructura Ajustada.....	37

2.3.5.3. Por el modo de propagación	37
2.3.5.4. Fibra óptica monomodo	38
2.3.5.5. Fibra óptica Multimodo	39
2.3.6. Por la distribución o perfil del índice de refracción	40
2.3.6.1. Fibra multimodo de índice escalón	40
2.3.6.2. Fibra Multimodo de índice gradual.....	41
2.3.7. Parámetros de transmisión de la fibra óptica.....	41
2.3.7.1. Atenuación y Pérdidas	41
2.3.7.2. Pérdidas intrínsecas.....	43
2.3.7.3. Pérdidas por absorción de OH	44
2.3.7.4. Pérdidas por Scattering Rayleigh.....	44
2.3.7.5. Pérdidas por micro curvaturas y micro fisuras	44
2.3.7.6. Pérdidas extrínsecas	45
2.3.7.7. Pérdidas por curvaturas externas	45
2.3.7.8. Pérdidas por conectores	45
2.3.7.9. Pérdidas por empalmes	45
2.3.8. Estándares de Fibra Óptica.....	46
2.3.8.1. ISO (International Standards Organization)	46
2.3.8.2. IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)	46
2.3.8.3. UIT (Unión internacional de telecomunicaciones).....	46
2.3.8.4. Norma UIT-T G.984.1	47
2.3.8.5. Norma UIT-T G.984.2	47
2.3.8.6. Norma UIT-T G.984.3	47
2.3.8.7. Norma UIT-T G.984.3	47
2.3.8.8. Estándar ITU-T G652	47
2.3.8.9. Estándar ITU-T G657	47
CAPÍTULO III.....	48
3.1. Diseño.....	48
3.2. Costos de la Propuesta.....	49
3.2.1. Presupuesto Total Del Proyecto	52
3.3. Infraestructura	53
3.3.1. Equipos y herramientas para fusiones ópticas.....	53
3.3.1.1. Fusionadora óptica.....	53
3.3.1.2. Cortadora de precisión (CLEAVER).....	56
3.3.1.3. Pinza desforradora de 3 medidas para fibra óptica	57
3.3.1.4. Tubillos termo retractiles para empalmes.....	57
3.3.2. Equipos y herramientas para el tratado de la fibra óptica ADSS	58
3.3.2.1. Sangradora de chaqueta de fibra óptica	58
3.3.2.2. Sangradora de buffer de fibra óptica.....	59
3.3.3. Elementos ópticos pasivos	60
3.3.3.1. Mangas porta empalmes para fibra óptica	60
3.3.3.2. Conectores ópticos y tipos de pulidos.....	62
3.3.3.3. Distribuidores de fibra óptica (ODF).....	65
3.3.3.4. Conectores de empalmes mecánicos.....	67
3.3.3.5. Divisor óptico (Splitters).....	68
3.3.4. Elementos ópticos activos	69

3.3.4.1. OLT (Optical Line Terminal)	69
3.3.4.2. ONT	72
3.3.5. Equipos ópticos para mediciones.....	74
3.3.5.1. Medidor de potencia óptica.....	74
3.3.5.2. Medidor de luz óptica VFL.....	75
3.3.5.3. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR)	76
3.4. Planimetría.....	77
3.5. Cálculos	79
3.5.1. Estimación de la atenuación por enlace óptico.....	81
3.6. Mantenimiento Correctivo Y Preventivo	83
3.6.1. Mantenimiento Preventivo	83
3.6.2. Mantenimiento Correctivo.....	84
CAPÍTULO IV.....	87
4.1. Análisis e interpretación de resultados.....	87
4.1.1. Pérdidas por empalmes ópticos	87
4.1.1.1. Resultados sobre las fusiones del buffer azul	88
4.1.1.2. Resultados sobre las fusiones del buffer naranja	89
4.1.1.3. Resultados sobre las fusiones del buffer verde	91
4.1.1.4. Resultados sobre las fusiones del buffer café	92
4.1.2. Pérdidas entre <i>patch cords</i> y buffers	93
4.1.2.1. Resultados de pérdidas entre <i>patches cords</i> y buffers A	94
4.1.2.2. Resultados de pérdidas entre <i>patch cords</i> y buffers B	97
4.1.3. Señalización y etiquetas.....	98
4.1.3.1. ODF.....	98
4.1.3.2. Puerto ODF	98
4.1.3.3. Cable ADSS <i>Feeder</i>	98
4.1.3.4. Empalme de cable troncal.....	99
4.1.3.5. Empalmes para cortes intermedios	100
4.1.3.6. Caja de distribución óptica (NAP).....	100
4.1.3.7. Splitter secundario en NAP.....	101
4.1.3.8. Puerto de salida en splitter secundario en NAP	101
4.1.4. OLT	102
4.1.4.1. HIOSO y QoS	102
4.1.4.2. Características y especificaciones técnicas	103
4.1.5. Presupuesto óptico	104
4.1.6. Potencia evaluada desde la OLT hasta los extremos de los <i>Patches cords</i>	105
4.2. Conclusiones	111
4.3. Recomendaciones	112
Bibliografía	113
ANEXOS	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Telégrafo óptico	29
Figura 2. Cables de fibra óptica.....	31
Figura 3. Componentes para una transmisión	32
Figura 4. Partes de un cable de fibra óptica.....	33
Figura 5. Principios de la Ley de Snell.....	33
Figura 6. Refracción y reflexión	34
Figura 7. Ángulo crítico.....	35
Figura 8. Reflexión total	35
Figura 9. Ángulo de aceptación	36
Figura 10. Fibra óptica holgada	37
Figura 11. Fibra óptica ajustada	37
Figura 12. Fibra óptica monomodo	38
Figura 13. Fibra óptica multimodo	39
Figura 14. Fibra óptica índice de escalón	40
Figura 15. Fibra óptica de índice gradual	41
Figura 16. Potencia sobre distancia.....	43
Figura 17. Factores intrínsecos	44
Figura 18. Factores extrínsecos	45
Figura 19. Diseño formal de la estructura portátil	49
Figura 20. Empalme óptico	54
Figura 21. Electrodo de la empalmadora	54
Figura 22. Fusionadora Signal Fire AI	55
Figura 23. Cortadora de precisión FC-6S.....	56
Figura 24. Pinza desforadora de fibra óptica.	57
Figura 25. Tubillos termo retractiles.	58
Figura 26. Sangradora de chaqueta de fibra óptica.	58
Figura 27. Sangradora de buffer para fibra óptica.	59
Figura 28. Manga lineal.....	61
Figura 29. Manga tipo Domo	61

Figura 30. Manga lineal GP01-H10JM4.....	62
Figura 31. Conector óptico Sc.....	63
Figura 32. Conector óptico LC	63
Figura 33. Tipos de pulidos	64
Figura 34. Distribuidor de fibra óptica.....	65
Figura 35. ODF de montaje de pared.....	66
Figura 36. ODF de montaje en rack.....	66
Figura 37. Conectores de empalme mecánicos.....	67
Figura 38. Splitter óptico.....	68
Figura 39. OLT GPON.....	70
Figura 40. OLT EPON	71
Figura 41. Conexión de la ONT	73
Figura 42. ONT HUAWEI	73
Figura 43. Características técnicas de ONT Huawei.....	73
Figura 44. Medidores ópticos.....	74
Figura 45. Medidor de potencia óptica	75
Figura 46. Medidor de luz óptica.....	76
Figura 47. OTDR	77
Figura 48. Funcionamiento de un OTDR	77
Figura 49. Dimensiones del módulo portátil.....	78
Figura 50. Ubicación del módulo en el laboratorio.....	79
Figura 51. Vista lateral del módulo	79
Figura 52. Cortes de ADSS	85
Figura 53. Fusión de Cable ADSS	86
Figura 54. Estándar TIA-598-C.....	87
Figura 55. Empalme entre lados A y B de la fibra ADSS	88
Figura 56. Empalme del buffer naranja	90
Figura 57. Empalme del buffer verde	91
Figura 58. Fibra ADSS monomodo	94
Figura 59. Unión de los patchs cords con el extremo A de la ADSS	95
Figura 60. tubillos fusionados en platos porta splitters.....	95

Figura 61. etiquetado de fibra Feeder	99
Figura 62. Etiquetado de empalme troncal	100
Figura 63. Etiquetado de salida de NAP	101
Figura 64. Etiquetado para porta splitter	101
Figura 65. OLT Hioso Ha7104.....	102
Figura 66. Potencia del módulo desde la OLT	106
Figura 67. Potencia óptica desde el splitter 1/4	107
Figura 68. Potencia óptica desde los patch cords.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándar ITU - Fibra monomodo	38
Tabla 2. Estándar ITU - Fibra multimodo	39
Tabla 3. Fibra multimodo - escalonado	40
Tabla 4. Fibra multimodo - índice de graduación	41
Tabla 5. Precios de materiales para la construcción del módulo	50
Tabla 6. Precios por alquiler de equipos de construcción	50
Tabla 7. Precio de equipos de medición.	50
Tabla 8. Presupuesto de elementos pasivos.	51
Tabla 9. Precio de equipos activos de fibra óptica.	51
Tabla 10. Presupuesto por alquiler de equipos y herramientas de fibra óptica.	52
Tabla 11. Precio total para la implementación del módulo de manga portátil.	52
Tabla 12. Fusionadora Signal Fire AI	55
Tabla 13. Cortadora de precisión.	56
Tabla 14. Características de la sangradora de buffer.	59
Tabla 15. Características de la manga lineal GP01-H10JM4	62
Tabla 16. Pérdidas por inserción	65
Tabla 17. Características de conectores de empalme mecánico	67
Tabla 18. Características de los splitters ópticos	69
Tabla 19. Características OLT GPON	70
Tabla 20. Características de OLT EPON	71
Tabla 21. Estándar EIA/TIA	80
Tabla 22. Atenuaciones para longitud de onda de 1310 nm	81
Tabla 23. Atenuaciones para longitud de onda de 1550 nm	81
Tabla 24. Estimaciones de potencia entre dos dispositivos activos ópticos	82
Tabla 25. Cálculos estimados sobre atenuación de fibra óptica.	82
Tabla 26. Pérdidas por empalmes del buffer azul	88
Tabla 27. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer azul	89
Tabla 28. Pérdidas por empalme del buffer naranja	90
Tabla 29. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer naranja	90

Tabla 30. Pérdidas por empalme del buffer verde.....	91
Tabla 31. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer verde	92
Tabla 32. Pérdidas por empalme del buffer café	92
Tabla 33. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer café.....	93
Tabla 34. Pérdidas por empalme entre patchs cords y buffers A	96
Tabla 35. Pérdidas por empalmes entre patchs cords y buffers B	97
Tabla 36. Especificaciones técnicas de la OLT.....	103
Tabla 37. Especificaciones físicas de la OLT	104
Tabla 38. Presupuesto óptico	104
Tabla 39. Potencia desde la OLT hacia los splitters	106
Tabla 40. Potencia óptica obtenida del módulo de manga portátil	108
Tabla 41. Pérdidas por inserción.....	109
Tabla 42. Porcentaje de error del módulo portátil	109

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ley de Snell	33
Ecuación 2. Índice de refracción	34
Ecuación 3. Ángulo crítico	35
Ecuación 4. Potencia	42
Ecuación 5. Atenuación	42
Ecuación 6. Potencia de salida	42
Ecuación 7. Atenuación total	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Construcción de la estructura móvil	116
Anexo 2. Implementación de la manga portátil	116
Anexo 3. Ingreso de las fibras ADSS	116
Anexo 4. Ordenamiento de patchs cord en los platos porta empalmes	117
Anexo 5. Vista frontal del módulo de manga portátil	117
Anexo 6. Ubicación del módulo dentro del laboratorio	117

GLOSARIO

OLT: Terminal de Línea Óptica

OPM: Medidor de Potencia Óptica

ONT: Nodo Terminal Óptico

ONU: Unidad Nodo Óptico

UIT: Unión Internacional De Telecomunicaciones

PON: Red Óptica Pasiva

FAC SISTEL: Facultad De Sistemas Y Telecomunicaciones

GPON: Red Óptica Pasiva Gigabit

EPON: Red Óptica Pasiva Ethernet

FTTB: Fibra Hasta El Edificio

FTTH: Fibra Hasta El Hogar

FTTX: Fibra Hasta Cualquier Parte

OTDR: Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo

MBPS: Megabits Por Segundo

ISO: Organización Internacional de Estandarización

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

ODF: Organizador de Fibra Óptica

ADSS: Todo Dieléctrico Autosuficiente

VFL: Localizador de Fallas Visual

FEEDER: Red Troncal

LAN: Red de Área Local

TIA: Asociación de Industrias de Telecomunicaciones

ANSI: Instituto Internacional Estadounidense de Estándares

EIA: Alianza de Industrias Electrónicas

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN

1.1. Antecedentes

A finales del siglo XIX se instalaron las primeras antenas con cable coaxial permitiendo así las primeras comunicaciones inalámbricas a grandes escalas, estos contenían dos laminados conductores que están orientados de tal forma que era coaxial y también separados por una capa de aislamiento de tipo dieléctrico. El tipo de cable usado era un alambre de metal recubierto por un material aislante que permitía el paso de gran cantidad de datos, pero con muchas pérdidas por interferencias [2].

En el siglo XX, la conectividad y la transmisión de datos aumento en escala exponencial, mientras que el cable coaxial no abastecía las necesidades que requerían los usuarios por la alta latencia y el degrado de la transmisión de la señal por interferencias del medio, optando por la implementación del cobre como sustituto de este. El cable de cobre transmitía la señal por impulsos eléctricos en la red donde otro dispositivo decodificaba la señal, logrando aumentar el envío y recepción de datos en grandes cantidades; no obstante, cuando más distancia era el recorrido del cobre, la señal sufría más deterioro [3].

Desde comienzos del siglo XXI, el servicio de internet ha pasado de ser un simple medio de comunicación a convertirse en el uso principal de la vida de cada persona a nivel mundial. La importante cantidad de múltiples tipos de servicios que son ofertados a través de esta han ido desplazando a los diferentes tipos de tecnología tradicionales hasta ocasionar una dependencia donde ya no es posible pasar un día sin utilizar internet de forma directa o indirectamente, ya sea realizar compras en línea, televisión por cable, redes sociales entre otros [4].

En los últimos años, la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones (FACSISTEL) ha llevado a cabo la implementación de equipos y módulos de trabajo, que se complementan con las materias impartidas en la carrera de Telecomunicaciones siendo estas: Comunicaciones inalámbricas, Comunicaciones ópticas y Redes de planta externa [37], sin embargo, las estaciones de trabajo que contienen equipamiento pasivo están alejadas del rack que contiene a los equipos activos encargados de conmutar las señales en todo el laboratorio.

No obstante, se ha optado por conectar los equipos antes mencionados con un extenso cableado, dejando pequeñas falencias como, atenuaciones del cable de fibra óptica, dificultad para transitar dentro del laboratorio y estaciones de trabajo limitadas para el estudiantado.

1.2. Descripción del proyecto

El presente trabajo tiene como fin la implementación y evaluación de un conjunto de elementos pasivos portátiles de una red de fibra óptica, con el propósito de emular un escenario de pruebas en base a un entorno real, reforzando el conocimiento de los estudiantes. Con el objetivo de llevar a cabo la implementación del módulo portátil se contará con elementos pasivos y activos que conmutarán las señales entre terminales que ayudarán a la expansión de subredes ópticas.

De esta manera, el proceso de la instalación de componentes activos y pasivos de la red se considerará: Terminales de línea óptica (OLT) el cual contiene módulos de control para la conmutación, divisores de señales que alimentarán el enlace entre medios activos a pasivos, mangas de empalme para almacenar las reparaciones que se realicen en el laboratorio, también se utilizará un equipo medidor de potencia óptica (OPM) encargado de extraer datos de las diferentes señales y contrastar con las normas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

La construcción del módulo portátil constará de tres plataformas que complementarán al sistema de redes ya existente en el laboratorio, incrementando la escalabilidad en la creación de subredes; la plataforma superior estará ocupada por una manga lineal empalmada por dos Fibras ADSS monomodo de 24 hilos, donde cada línea de fibra culminará fusionada con cables de conexión ópticos (*patch cord*).

La plataforma intermedia estará complementada por contenedores de empalmes que alojarán los diferentes tipos de *splitters*, generando una expansión de subredes con los distintos niveles de splitteo. La plataforma inferior contendrá los diversos tipos de conectores de cables ópticos que se enlazarán con los distintos escenarios planteados en el laboratorio de telecomunicaciones.

Por último, es importante mencionar que por medio de esta propuesta tecnológica se emulará un entorno real de trabajo en el cual se puedan observar y reparar las diferentes fallas que se encuentren en la red o en los equipos activos y pasivos de tecnología de fibra óptica, logrando así, fortalecer la formación académica que tienen los estudiantes de la carrera de ingeniería.

1.3. Objetivos del Proyecto

1.3.1. Objetivo General:

Emular escenarios reales para una red de fibra óptica mediante la implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos en el laboratorio de telecomunicaciones en la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

1.3.2. Objetivo Específicos:

- Implementar un módulo portátil por medio de una manga lineal GP01-H10JM4 de 24 hilos para la expansión de subredes de fibra óptica.
- Instalar y configurar un equipo OLT Ha7104 para establecer la comunicación en la red del laboratorio.
- Emular prácticas de entornos reales enlazando el módulo de manga portátil con los escenarios de redes residenciales, empresariales e industriales del laboratorio.
- Obtener datos de potencia y atenuaciones generadas por elementos pasivos en la red mediante equipos de medición de potencia óptica para la corrección de posibles fallas en el sistema.

1.4. Justificación

Se plantea este proyecto para incrementar la experiencia en el tema de las redes PON hacia los estudiantes, se propone la implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos de una red de fibra óptica mediante un escenario de pruebas en el laboratorio de telecomunicaciones, donde se realizarán manuales prácticos que van desde lo más básico hasta las prácticas más avanzadas, unificando de esta forma la parte teórica y la parte emulada que ayudaran a la formación de los futuros profesionales.

En la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones (FACSISTEL) en la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones se considera de manera importante el componente práctico dentro de la formación integral de los futuros profesionales. En este contexto, en el laboratorio de fibra óptica de FACSISTEL se aumentarán varios módulos para que los estudiantes tengan los conocimientos prácticos basados en un escenario de campo laboral, debido a esto el estudiantado podrá complementar las bases teóricas con experiencia en el área técnica de redes ópticas.

Al ser un módulo portátil, aportará un desplazamiento de las redes por el laboratorio llegando a interconectar todos los equipos ya sean activos o pasivos, brindando una facilidad para la manipulación de los cables de fibra óptica, el uso de la OLT que enviara señales hasta los equipos terminales ópticos, y la creación de subredes generando más escalabilidad y a su vez los estudiantes tendrán más enlaces de fibra óptica para realizar trabajos prácticos.

1.5. Alcance del proyecto

La propuesta tecnológica que se pretende realizar contribuirá a la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, haciendo énfasis en telecomunicaciones, en la implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos de una red de fibra basado en escenarios reales donde de manera experimental podrán fortalecer los conocimientos adquiridos en las diferentes áreas de estudio.

Para ello, se procura llevar a cabo el enlazamiento del módulo con los diferentes escenarios implementados en el laboratorio que permitan determinar las diferentes alteraciones, que una red de fibra óptica pueda adquirir y los equipos necesarios a utilizar para la expansión de subredes dentro de las diferentes áreas locales, empresariales e industriales, esto permitirá realizar diferentes tipos de análisis como pérdidas de inserción, pérdidas por empalmes, pérdidas por *splitter* así como mediciones de potencias.

Como se menciona en la descripción se proyecta elaborar 1 módulo portátil que permitirá a los estudiantes realizar prácticas similares o iguales al ámbito laboral, teniendo así un estudio más profundo en el área de las telecomunicaciones que con el pasar del tiempo evolucionan de manera exponencial.

De esta manera se delimita el proyecto a:

- Implementar un módulo de manga portátil de tres plataformas con elementos pasivos y activos ópticos para dar escalabilidad y expansión a las redes y subredes de fibra óptica.

1.6. Metodología

Para llevar a cabo este proyecto se emplearán métodos y técnicas que se deben realizar en el intervalo de tiempo del desarrollo del trabajo de titulación para obtener los resultados esperados, de tal manera que el análisis realizado tenga los siguientes métodos:

- **Investigación diagnóstica:** En este tipo de investigación se revisarán varias fuentes bibliográficas, revistas y artículos científicos que contribuyan en la recopilación de información sobre el trabajo investigativo que se tiene previsto implementar.
- **Investigación descriptiva:** Esta indagación tiene como característica principal la obtención de información para el análisis de los parámetros de los componentes activos y pasivos dentro de una red de fibra PON, de esta manera se trabajará con los equipos necesarios para describir el funcionamiento en cada parte del sistema de fibra óptica. Para este procedimiento es importante el análisis de la arquitectura de la red y el proceso de transmisión y conmutación de la señal.
- **Investigación aplicada:** Para este proceso se encaminará al método práctico incorporando conocimientos que faciliten la implementación, instalación de la OLT y los materiales que recreen las fallas en la red que es el objetivo final, esta investigación ayudara en el fortalecimiento del conocimiento de los estudiantes con la información sobre los tipos de enlaces, conexiones y lo indispensable para un sistema de fibra óptica.
- **Investigación experimental:** El método experimental se llevará a cabo con la realización de prácticas dentro de un entorno laboral emulado, esto conlleva a la elaboración de manuales didácticos que serán las guías para trabajar en los escenarios recreados.

1.7. Resultados Esperados

- Implementación de un módulo portátil de tres plataformas por medio de una manga lineal GP01-H10JM4 de 24 hilos para la expansión de redes y subredes de fibra óptica.
- Montaje de un equipo OLT Ha7104 de 4 puertos con 4 módulos SPF Px20+++ y configuración del software que permitirá la conmutación de la señal con el módulo portátil y los diferentes escenarios de pruebas.
- Elaboración de manuales didácticos mediante la implementación de componentes físicos para los empalmes en las diferentes fallas de la red para dar solución a los problemas que se den en las líneas de fibra óptica.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

En el siguiente apartado se realizarán las investigaciones referentes al contexto de la fibra óptica y sus derivados, desde la antigüedad hasta la actualidad.

2.1. Marco Contextual

Los cables de fibra óptica han ocupado el primer lugar en la implementación de sistemas de telecomunicaciones desde su creación hasta la actualidad, la fibra óptica ha mejorado la comunicación por su gran velocidad al momento de transmitir datos, esto ha incrementado la accesibilidad y la gran demanda por parte de los usuarios, el crecimiento exponencial de este tipo de tecnología se da gracias a la baja latencia que ofrece, cero sensibilidad a interferencias y bajas atenuaciones en sus líneas de transmisión, además el bajo costo de adquisición e implementación hace que los sistemas de fibra óptica sean rentables en las diferentes áreas como: residenciales, industriales y empresariales [18].

Esta propuesta tecnológica se establece en el Laboratorio de Telecomunicaciones de FACSISTEL ubicada en la UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA, el módulo de manga portátil estará compuesto por elementos pasivos y activos de tecnología de fibra óptica que permitirán dar escalabilidad a la red y se enlazarán a los módulos existentes dentro de la misma área, de esta manera se podrá evaluar la expansión de subredes desde la OLT para detectar anomalías en la red y así emular un entorno real laboral.

La población estudiantil de la carrera de telecomunicaciones se favorecerán de este proyecto, la implementación de esta propuesta se encamina en fortalecer los conocimientos adquiridos de las materias teóricas de una manera metódica práctica, donde se podrá crear una red de fibra para planta externa y planta interna, así como los niveles de escalabilidad que esta conlleva, los estudiantes aprenderán a medir la potencia transmitida desde el equipo activo hasta el sistema pasivo recopilando datos, detectando y corrigiendo errores y anomalías.

2.2. Marco Teórico

Para realizar la presente propuesta tecnológica se basó en los diferentes tipos de fuentes de investigación que ayuda con la recopilación de información adecuada dentro del campo del trabajo que se plantea, las investigaciones con más realce se presentan a continuación:

En la ciudad de Guayaquil año 2018 en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, se realizó el trabajo de titulación: **Diseño de una red de fibra óptica con tecnología GPON con el estándar FTTB mediante el uso de equipos de capas 3 escalables y redundantes en enlaces principales y backup en el centro comercial Alhambra**, basándose en el estudio de la estructura y funcionamiento de la red FTTB con elementos activos y pasivos que brindaban un levantamiento eficaz y menor tiempo en caso de fallas y atenuaciones enfocándose en las señales desde la OLT [6].

En la ciudad de Cuenca año 2019 en la Universidad Politécnica Salesiana Sede en Cuenca, se llevó a cabo el proyecto técnico: **Análisis para la optimización del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la Red GPON de CNT en la ciudad de Azogues**, el proyecto propone una optimización en el estudio de la estructura y componentes de una Red GPON con elementos pasivos rigiéndose a los estándares internacionales que vinculan a la implementación de redes de última milla [9].

En la ciudad de Guayaquil año 2020 en la Universidad Politécnica Salesiana Sede en Guayaquil, como trabajo de tesis de grado se realizó: **Diseño e implementación de un módulo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas**, donde se diseñan y se elaboran 10 prácticas emuladas en entornos reales de laboratorios basados en comunicaciones por medio de la fibra óptica, dentro de las prácticas se presentan los siguientes elementos de trabajo didáctico: herramientas ópticas, equipos de medición óptica, así también prácticas como realizar la correcta preparación de los cables de fibra, uso de los niveles de *splitteo* óptico y medidas de potencia. Con la finalidad, que el estudiantado refuerce los conocimientos teóricos con los manuales prácticos [7].

En la ciudad de Quito año 2022 en la Escuela Politécnica Nacional, se realizó el trabajo de titulación: **Análisis técnico comparativo de las redes de acceso ópticas pasivas de nueva generación, análisis técnico comparativo entre las redes de acceso 50G-EPON y NG-PON2**, basado en el análisis de las diferentes organizaciones internacionales que rigen los estándares de las redes activas y pasivas para las comunicaciones ópticas, abarcando las tecnologías EPON Y NG-PON2, donde se comparan aspectos como: la arquitectura, clases de ODN y velocidades de transmisión [8].

En la Universidad Estatal Península de Santa Elena se implementó un sistema de fibra óptica que hasta la actualidad sigue en funcionamiento dentro del laboratorio de telecomunicaciones y tomando como referencia esta trabajo de titulación: **Diseñar e implementar una red GPON y Arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones**, en la cual se basa en la implementación de una red GPON aportando con las diferencias entre los elementos activos, pasivos y los estándares que se mantienen dentro del margen de las instituciones internaciones de las telecomunicaciones, de igual manera este trabajo expone las características principales de las redes GPON y GEAPON, tecnologías implementadas en la mayor parte de todo el planeta [10].

Las fuentes revisadas suman de gran interés en el aporte de este trabajo de titulación, para cumplir con los objetivos planteados dentro del desarrollo de la implementación de los elementos de fibra óptica, como cálculos y el tipo de arquitectura existente dentro del laboratorio de FACSISTEL, de esta manera se podrán adecuar escenarios donde el módulo portátil cumpla con los requerimientos que el área de trabajo disponga, beneficiando a la comunidad estudiantil y a futuras investigaciones.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Fibra óptica

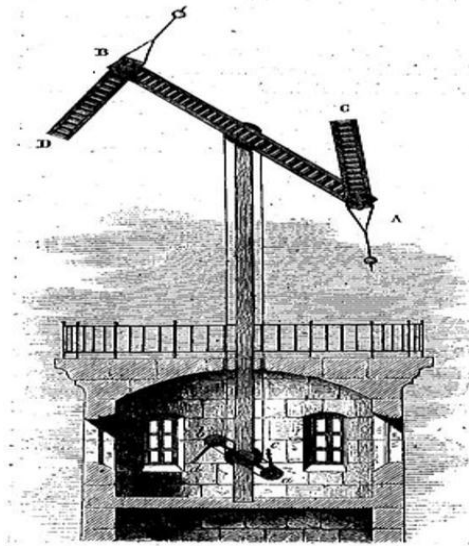
La fibra óptica es un medio de transmisión de datos que utiliza pulsos fotoeléctricos a través de hilos elaborados con filamentos de vidrio y otros materiales plásticos, estos filamentos pueden llegar a ser tan delgados como hebras de cabello, y son el conducto para la transmisión de la señal.

2.3.2. Origen y Evolución

Los antecedentes históricos de la comunicación por medio de la tecnología de fibra óptica son congruentemente cortos. En el año de 1977, se formalizó e implementó un sistema de pruebas y producción de fibras tubulares de vidrio en Inglaterra; a los dos años siguientes se comenzó con la producción en grandes masas de esta nueva tecnología [1].

Antes, en la época de 1792, en el territorio Francés el Científico Claude Chappe diseñó e implementó un telégrafo de función óptica como se muestra en la figura 1, de tal forma que estableció comunicación entre dos ciudades del País, mediante un sistema de telescopios, estos constaban con espejos en la cima de torres construidos a lo largo de todo el camino; este mecanismo permitía enviar información a 200km aproximadamente en un intervalo de 10 a 15 minutos [2].

Figura 1. Telégrafo óptico



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://zfnnews.wordpress.com>

En 1959, como proceso de derivación hacia los estudios en el área de la física enfocados a los medios ópticos, se reveló un nuevo manejo de la luz, a lo que se designó rayo láser, que fue aprovechado dentro del área de las telecomunicaciones con el objetivo de que los mensajes se transmitieran por encima de la media de la velocidad de la época y con amplia cobertura [2]. Fue desde aquel entonces cuando los científicos y técnicos especializados en

la rama de las telecomunicaciones ópticas enfocaron sus esfuerzos en la elaboración y producción de un nuevo material que constituía de un ducto o canal, conocido hoy como la fibra óptica [2]. En 1966 nació la propuesta de hacer uso de una guía óptica para entablar la comunicación entre dos equipos diseñados para mantener un envío y recepción de datos por medio de haces de luz [15]. Esta forma de hacer uso de la luz como portadora de información se entiende de la siguiente explicación: La luz en realidad es una onda electromagnética que, al momento de ser utilizada para la comunicación por medio de una fibra de vidrio, esta enviará señales de un punto a otro por medio de pulsos de luz. Además, para que se establezca la comunicación la onda debe ser modulada [15].

Algún tiempo después los Laboratorios Bell experimentaron con la transmisión de señales a largas distancias sin pérdidas en el espacio, obteniendo la hazaña en el año 1990 al transmitir una señal de 2.5 Gbps a través de 7.000 km aproximadamente, el mecanismo para esta transmisión utilizaba un láser llamado solitón, este hacía que la onda que se propaga en el espacio no sufra deformaciones, también usaba un amplificador de fibra dopada con erbio para permitir que la señal de luz y la onda mantengan su forma y su densidad [16].

A principios de este nuevo siglo, este tipo de tecnología se encuentra en constante innovación y desarrollo, actualmente se han obtenido grandes resultados al lograr transmitir información con mínimas pérdidas de señal debido a la banda ancha en la que puede funcionar, y así mismo su peso y tamaño se han reducidos considerablemente que se pueden utilizar a grandes distancias sin tener muchas pérdidas de transmisión [16].

2.3.3. Conceptualización de la fibra óptica

Los componentes de fibra óptica son filamentos compuestos por cristales neutrales o cubiertas de plásticos que son fibras artificiales como se detalla en la figura 2, estos elementos tienen un espesor de una hebra de cabello entre 10 y 300 micrones. Esta tecnología transporta mensajes en forma de haces de luz desde el elemento que transmite hasta el elemento que recibe, donde el filamento guía a la onda incluyendo esquinas y curvas sin interrupción alguna [5].

La fibra óptica puede adaptarse a diferentes usos en el área de las telecomunicaciones, como los alambres de cobre que se encuentran en el mercado y que son utilizados mayormente en las comunicaciones empíricas, así mismo la fibra se acopla en los sistemas de datos, en cuartos de telecomunicaciones. Tal como en el despliegue a mayor escala de las redes ópticas implementadas en los sistemas de líneas urbanas, mantienen en constante tráfico los datos de millones de personas en el mundo [5].

Figura 2. Cables de fibra óptica



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.tecnoseguro.com>

Además, se debe tomar en cuenta que al momento de realizar una comunicación bidireccional con alambre de cobre se requiere la implementación dos hilos del material ya antes mencionado, que abarcan una transmisión de aproximadamente 50.000 conversaciones de forma simultánea. No obstante, si se emplea el uso de un cable de fibra óptica para un enlace, este sistema puede albergar hasta un máximo de 200 hilos de fibra, este aumentaría la capacidad a 5.000.000 de conversaciones bidireccionales [4].

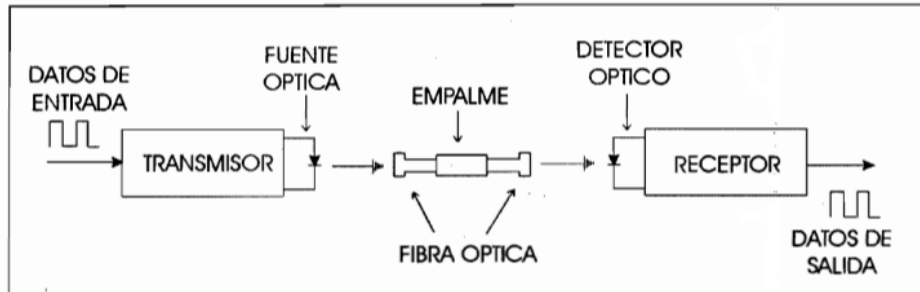
2.3.4. Funcionamiento básico de un Sistema óptico

Los componentes básicos para realizar un enlace manteniendo una transmisión de datos mediante el uso de la fibra óptica son 3 como se detalla en la figura 3:

- **La Fuente de luz:** Los LED se usan dentro del rango del espectro visible en la longitud de 850 nm o DFB Laser (monomodo) usados típicamente para mediciones en la transmisión dentro de la banda de 1300 a 1600 nm en fibras monomodo [17].
- **El medio transmisor:** En toda utilidad que tenga que ver con fibra óptica el medio de transmisor serán los propios cables de fibra óptica [17].

- **El detector de luz:** Los detectores de luz usados en captar la luz resultante del transmisor son los ODTR (Optical Time Domain Reflectometer) [17].

Figura 3. Componentes para una transmisión



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.pandaancho.mx>

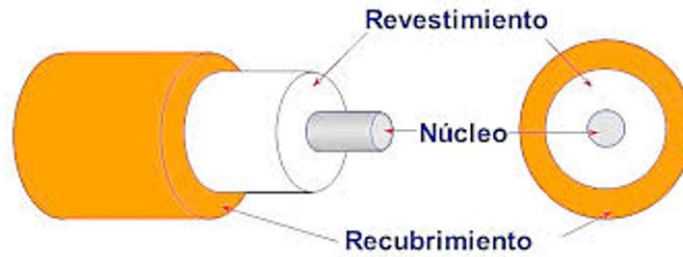
Un cable de fibra óptica este compuesto por más de una fibra, cada filamento tiene su correspondiente recubrimiento, colocados de una forma concéntrica que va desde el centro hasta el exterior del cable óptico con sus siguientes elementos como se muestra en la figura 4 [7]:

Núcleo (core): es el medio físico encargado de conducir los haces de luz de extremo de la fuente hasta el extremo receptor con una baja atenuación de 0.2dB/Km. Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de haces de luz que pueden transportar, es fabricado con vidrio de silicio para poder ajustar su índice de refracción, cabe mencionar que tiene un índice bajo de refracción y un alto índice de reflexión [7].

Revestimiento (cladding): este elemento tiene un índice refractante muy distinto al del núcleo, de una forma en que actúan como capa reflectante y consigue que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en el mismo, gracias a su distinto índice de refracción [7].

Cubierta (coating): es el encargado de proteger mecánicamente al núcleo y su revestimiento. Añadiendo múltiples capas de plástico con la finalidad de que este material absorba las posibles fatigas y proporcione una seguridad extra contra las curvaturas del material. Es fabricado con plástico, fibras aramida o poliamida [7].

Figura 4. Partes de un cable de fibra óptica



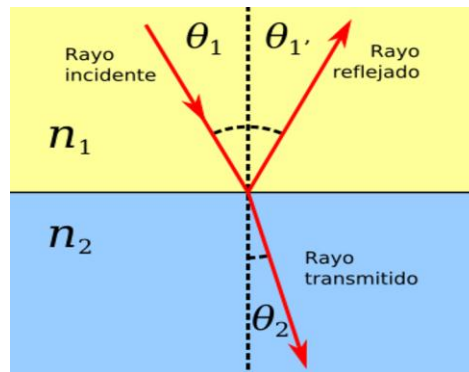
Fuente: Imagen tomada de la web: <https://dspace.utpl.edu.ec>

Los fundamentos en los que se basan los medios ópticos se rigen a leyes como reflexión y refracción que constituyen su funcionamiento en la propagación de la luz, mediante las ecuaciones de Snell.

2.3.4.1. Ley de Snell

Esta ley pone en contexto la relación que hay entre el ángulo de refracción y el ángulo de incidencia de una onda que se propaga a medida de un límite entre dos medios homogéneos, llamada constante de índice de refracción como se observa en la figura 5. El valor que se le da a esta constante es igual a la relación entre la velocidad antes y después de atravesar un límite [6]. Esta ley puede establecerse como Ley de Snell:

Figura 5. Principios de la Ley de Snell



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.prored.es>

$$n_1 * \sin \theta_1 = n_2 * \sin \theta_2$$

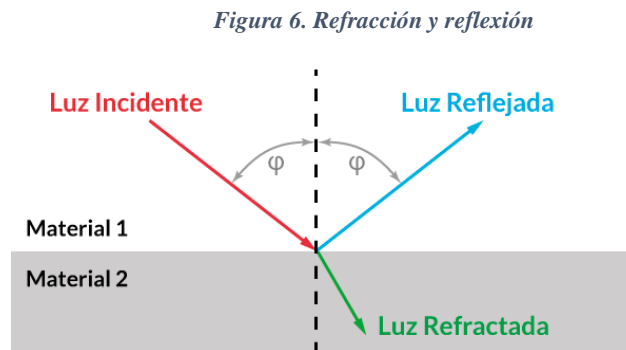
Ecuación 1. Ley de Snell

Donde, n_1 corresponde al índice de refracción del medio adimensional donde se propaga; n_2 corresponde al índice de refracción del segundo material adimensional; θ_1

corresponde al ángulo incidente dado en grados; θ_2 es el ángulo de refracción. El índice de refracción, va a definir el comportamiento de los haces de luz y su propagación en varios medios [6].

2.3.4.2. Reflexión y refracción de la luz

Este fenómeno ocurre cuando los haces de luz viajan de un medio a otro, sucede cuando una onda o rayo de luz se propaga mediante un medio homogéneo y en su trayectoria incide con una variación de inclinación diferente a 90° grados a otro medio de propagación, como se puede apreciar en la Figura 6, obteniendo como resultado variaciones en su velocidad y en su orientación en la frontera del segundo medio. En este caso se expresará mediante un rayo reflejado y un rayo refractado, dependiendo la naturaleza de los medios [6].



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.prored.es>

2.3.4.3. Índice de refracción

El índice de refracción de un medio de propagación “n” se incorpora entre la relación de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de propagación de la luz en el medio dieléctrico [6].

$$n = \frac{\text{veloc. de la luz en el vacío}}{\text{veloc. de la luz en el material}} = \frac{C_0}{C}$$

Ecuación 2. Índice de refracción

2.3.4.4. Ángulo Crítico

Como se muestra en la Figura 7, el proceso ocurre cuando un haz de luz incide sobre un medio mucho menor al valor del índice de refracción, la luz se desvía de la normal, haciendo que el ángulo de salida externa sea mayor que el ángulo incidente [11]. A tal

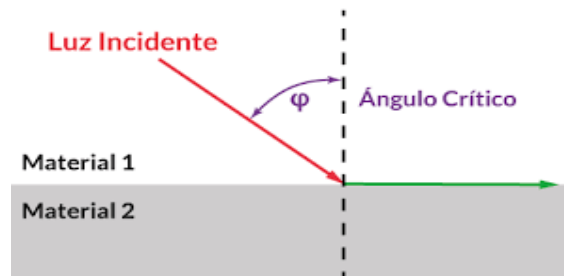
fenómeno de reflexión se le es nombrada como reflexión interna, es decir, cuando el ángulo refractado θ_2 es igual a 90° . Si se aplica la Ley de Snell con este valor nos quedaría [6]:

$$n_1 \text{ Sen } \theta_1 = n_2 \text{ Sen } \theta_2 \rightarrow n_1 \text{ Sen } \theta_1 = n_2 \text{ Sen } 90^\circ \rightarrow n_1 \text{ Sen } \theta_1 = n_2(1) \rightarrow \text{Sen } \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_1 = \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Ecuación 3. Ángulo crítico

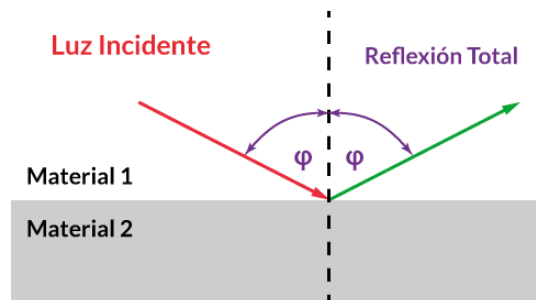
Figura 7. Ángulo crítico



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.prored.es>

El proceso se representa cuando el ángulo del rayo de luz incidente θ_1 es mayor que el ángulo crítico θ_c , provocando el surgimiento de una señal totalmente reflejada por la frontera del material al que está incidiendo, es decir, que regresara a su medio de incidencia tal y como se muestra en la figura 8 [11].

Figura 8. Reflexión total

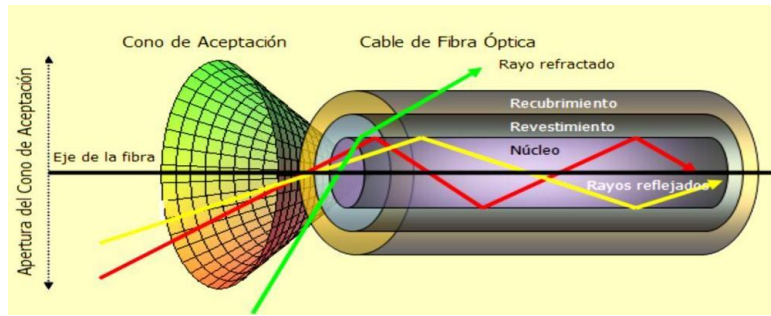


Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.prored.es>

2.3.4.5. Ángulo de aceptación

O también llamado como de aceptación es el ángulo máximo en que los haces de luz puedan propagarse dentro de la fibra óptica de forma más específica, en el núcleo, como se ilustra en la Figura 9, produciendo la reflexión total interna, donde este representa la mitad del ángulo de aceptación [11].

Figura 9. Ángulo de aceptación



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://docplayer.es>

2.3.5. Clasificación de la fibra óptica por el recubrimiento

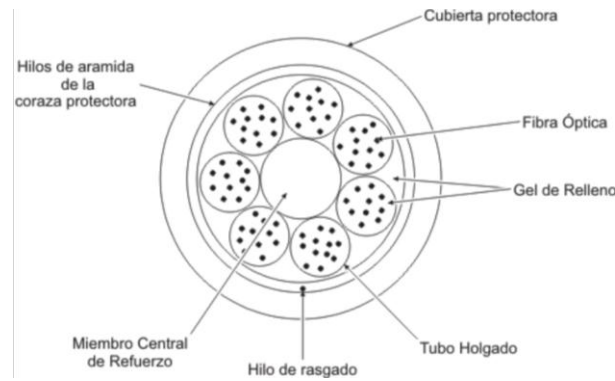
El recubrimiento es la capa que protege y envuelve a la fibra óptica, ya que esta misma es muy frágil y un mínimo doble o fisura microscópica podría causar que el filamento se rompa, el recubrimiento es muy importante para la mayoría de las fibras compuestas por vidrio [18].

2.3.5.1. Estructura Holgada

Los diferentes cables de fibra que constan con una estructura holgada están compuestos por varios tubos que protegen a los hilos ópticos, en el interior contienen fibras embebidas de gel o cera resistente al agua. Estos tubos se encuentran acompañados alrededor de un cable central de refuerzo (acero o Kevlar) y a su vez están acompañados por una cubierta protectora de polietileno [12].

La estructura holgada se utiliza en la mayoría de las instalaciones de tipo exterior, estas incluyen aplicaciones aéreas, en áreas subterráneas por medio de tubos o conductos, el cable tiene un diámetro interior significativamente mayor al requerido para las fibras con un diámetro de 2mm a 3mm y cuenta con un espesor de 0,25mm, de esta manera los hilos de fibras ópticas se moverán libremente dentro del tubo, véase la figura 10 para tomar la figura como referencia [12].

Figura 10. Fibra óptica holgada

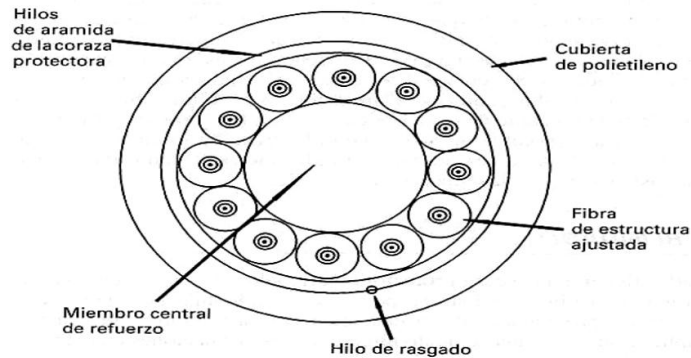


Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.textoscientificos.com>

2.3.5.2. Estructura Ajustada

Como se observa la figura 11, los cables contienen varias protecciones primarias y secundarias plásticas que refuerzan las fibras con un miembro central de tracción, y recubierto por protección en el exterior ya sea plástico o polietileno, la capa protectora secundaria tiene una recubierta plástica que posee un diámetro de $900\mu\text{m}$ de tal modo que rodea al recubrimiento de la fibra óptica, este tipo de material proporciona un rango mayor de flexibilidad y protección en el soporte físico [12].

Figura 11. Fibra óptica ajustada



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://www.textoscientificos.com>

2.3.5.3. Por el modo de propagación

La propagación de la luz dentro de la fibra óptica se da de manera uniforme con el llamado modo, que es la única ruta que sigue dentro del filamento, además según el número de modos de propagación, existen dos importantes tipos de fibra óptica: fibra multimodo y fibra monomodo [17].

2.3.5.4. Fibra óptica monomodo

La fibra óptica del tipo monomodo es un diseño capaz de guiar un solo haz de luz en forma paralela a distancias más largas debido al diámetro de su núcleo que mide aproximadamente entre 8,3 a 10 micrómetros fabricado de fibra de vidrio, a su vez disminuye el porcentaje de atenuación en la línea tal y como se muestra en la figura 12. La fibra monomodo permite transmitir a altas velocidad de 10 Gbps hasta 200 km sin necesidad de utilizar repetidores en comparación a las fibras multimodo. La fibra óptica monomodo opera en longitudes de ondas de 1310, 1550 y 1625 nm [6].

Figura 12. Fibra óptica monomodo



Fuente: Imagen tomada de la web: <http://contenidos.sucerman.com>

En la siguiente tabla 1 se presenta las características de los cables ópticos del tipo monomodo, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ESTÁNDAR ITU G.652):

Tabla 1. Estándar ITU - Fibra monomodo

FIBRA ÓPTICA MONOMODO – ESTANDAR G.652	
Longitud de Onda (nm)	1300 – 1550 nm
Diámetro del núcleo 1300 nm (± 10%)	8.05 um (revest. con depression) 10.05 um (revest. adaptado)
Diámetro del revestimiento	124 ± 3.05 um
Longitud de Onda de corte	1100 nm < λ_c < 1280 nm
Coefficiente de Atenuación	0.10~1.01 dB/Km en $\lambda = 1300$ nm

	0.25~0.50 dB/Km en $\lambda = 1550$ nm
Coeficiente de Dispersión	1285 nm entre 1330 nm = 3.55
	1270 nm entre 1340 nm = 6.05
	1550 nm > 20

Fuente: <https://www.itu.int/pub/R-REC/es>

2.3.5.5. Fibra óptica Multimodo

Como se ilustra en la figura 13, la fibra de tipo multimodo es un diseño capaz de propagar múltiples haces de luz con diferentes ángulos de incidencias, gracias a su núcleo que tiene un diámetro aproximadamente entre 50 a 60.5 micrómetros, sin embargo, tiene como consecuencia la reducción de su ancho de banda, esto permite una transmisión de velocidad condicionada de 100 Mbps hasta 40 Km de distancia [6].

Figura 13. Fibra óptica multimodo



Fuente: Imagen tomada de la web: <http://contenidos.sucerman.com>

Como se muestra en la tabla 2, se presentan las características de las fibras y cables ópticos multimodo, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ESTANDAR ITU G.652):

Tabla 2. Estándar ITU - Fibra multimodo

FIBRA ÓPTICA MULTIMODO – ESTANDAR G.651	
Longitud de Onda (nm)	850 nm – 1300 nm
Diámetro del núcleo	50 ± 3.05 μ m
Diámetro del revestimiento	125 ± 3 μ m
Perfil del Índice de Refracción	Casi parabólico

Apertura Numérica	0.18 a 0.24
Coefficiente de Atenuación	$\lambda = 850 \text{ nm} > 4.05 \text{ dB/Km}$ $\lambda = 1300 \text{ nm} > 2 \text{ dB/Km}$
Ancho de Banda	$\lambda = 850 < 200 \text{ MHz} \times \text{Km}$ $\lambda = 1300 < 200 \text{ MHz} \times \text{Km}$

Fuente: <https://www.itu.int/pub/R-REC/es>

2.3.6. Por la distribución o perfil del índice de refracción

Por la distribución del índice de refracción, es la variación de los pulsos de luz a lo largo de la sección transversal de los filamentos de fibra óptica, en otras palabras, a lo largo de todo el diámetro de la fibra óptica, se conoce como índice escalonado y gradual [20].

2.3.6.1. Fibra multimodo de índice escalón

La fibra multimodo de índice escalonado contiene un núcleo fabricado a base de vidrio el cual tendrá una atenuación cercana a 30dB/km y si el material es de plástico la atenuación será de 100dB/km, el cual hace que los rayos de luz se propaguen a una misma velocidad, pero con diferentes trayectos como se muestra en la figura 14. Además, es importante mencionar que el núcleo tiene un índice de reflexión constante y un límite de transmisión bien definido entre el núcleo y el revestimiento [6].

Figura 14. Fibra óptica índice de escalón



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://todotelco.com>

A continuación, se presenta en la tabla 3 las características básicas de las fibras ópticas multimodo de índice escalón, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones:

Tabla 3. Fibra multimodo - escalonado

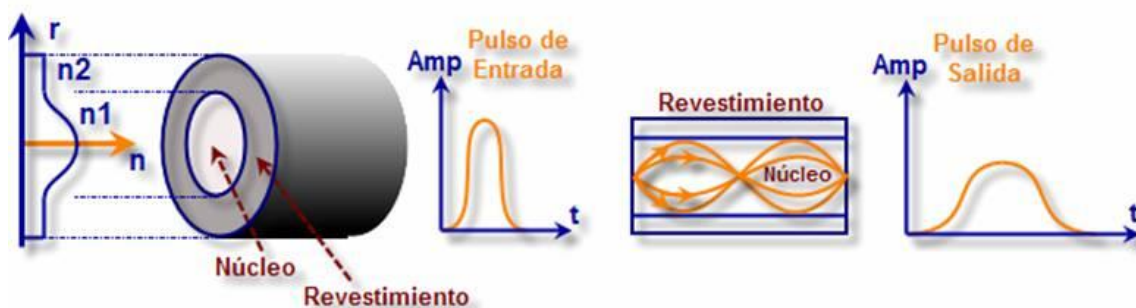
FIBRA ÓPTICA MULTIMODO – ÍNDICE ESCALONADO	
Longitud de Onda (nm)	660 nm entre 1060 nm
Diámetro del núcleo	50.05 a 100.05 ± 3.05 μm
Diámetro del revestimiento	140.05 ± 3.05 μm
Ancho de Banda	40 MHz

Fuente: <https://www.itu.int/pub/R-REC/es>

2.3.6.2. Fibra Multimodo de índice gradual

La fibra multimodo de índice gradual posee un núcleo compuesto por capas de vidrio de diferente índice de refracción, tiene un tamaño de 62,5/125 mm (diámetro del núcleo) esta con la respectiva normativa que permite que la luz viaje en forma de parábola obteniendo un ancho de banda aproximado a los 500MHz/Km como se detalla en la figura 15, es importante mencionar que el núcleo tiene un índice de refracción de forma parabólica [6].

Figura 15. Fibra óptica de índice gradual



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://todotelco.com>

En la siguiente tabla 4 se presenta las características básicas de las fibras ópticas multimodo de índice gradual, según la Unión Internacional de Telecomunicaciones:

Tabla 4. Fibra multimodo - índice de graduación

FIBRA MULTIMODO – ÍNDICE DE GRADUACIÓN	
Longitud de Onda (nm)	1330 nm entre 1550 nm
Diámetro del núcleo	50.05 ± 3.05 μm
Diámetro del revestimiento	125.05 ± 3.05 μm
Ancho de Banda	500 MHz

Fuente: <https://www.itu.int/pub/R-REC/es>

2.3.7. Parámetros de transmisión de la fibra óptica

En la transmisión de señales de la fibra óptica los parámetros que influyen son los diferentes tipos de deterioro de potencia óptica dentro de un enlace, que pueden ocasionadas por atenuaciones, pérdidas intrínsecas y extrínsecas.

2.3.7.1. Atenuación y Pérdidas

La atenuación es la reducción de potencia luminosa que disminuye los pulsos de luz que se propagan a lo largo de un canal de fibra; está dada en la correlación entre la potencia

de luz trasmisora (Tx) y la potencia óptica receptada (Rx), la unidad de medición es el decibelio (dB), y se enuncia en forma de pérdida de luz por kilómetro (dB/Km) como se muestra en la figura 16 [13].

$$P_{(\lambda)} = 10 \log \left(\frac{P_{Tx}}{P_{Rx}} \right) \quad [dB]$$

Ecuación 4. Potencia

$$\alpha_{(\lambda)} = \left(\frac{1}{L} \right) 10 \log \left(\frac{P_{Tx}}{P_{Rx}} \right) \quad [dB/Km]$$

Ecuación 5. Atenuación

Donde: α : atenuación; L longitud del cable; P_{Tx} Potencia transmitida; P_{Rx} Potencia receptada.

En contexto se puede denominar que a medida que los rayos de luz viajen en la fibra óptica, la potencia disminuye exponencialmente a cierta distancia, esto se debe a que los haces de luz se absorben por la fibra al momento del recorrido, es importante mencionar que la atenuación no depende de la banda ancha o del tipo de modulación que se le dé a la señal [13]. Por lo tanto, si tienen los valores de coeficiente de atenuación, la longitud de cable óptico y la potencia transmitida, se puede calcular la potencia receptada de tal forma:

$$P_{Rx} = (P_{Tx})(10^{-\alpha l/10}) \quad [W]$$

Ecuación 6. Potencia de salida

Figura 16. Potencia sobre distancia



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://toolboom.com/es>

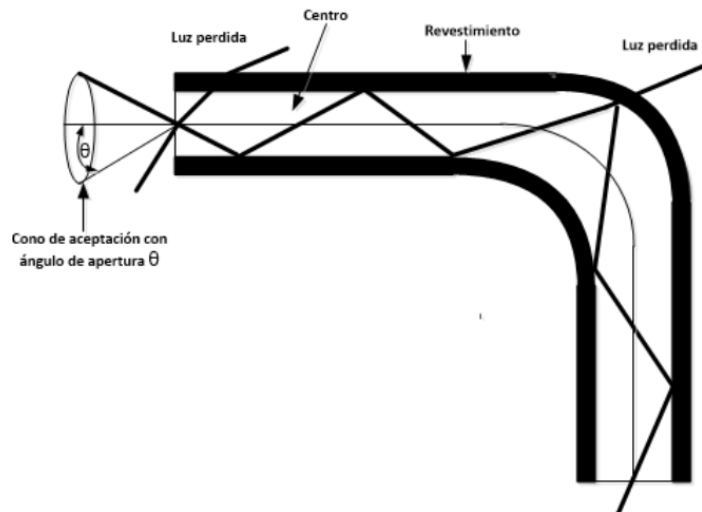
2.3.7.2. Pérdidas intrínsecas

Las pérdidas intrínsecas ocurren debido a causas en el diseño y elaboración de los cables de fibra, esto quiere decir que los usuarios encargados de la manipulación de la fibra no podrán realizar nada para poder corregir estas pérdidas como se ilustra en la figura 17, así mismo estas dependen totalmente de la composición del material con el que se fabrica, ya sea vidrio o las impurezas que tenga el núcleo de la fibra óptica, esto quiere decir que al momento que las ondas de luz interactúan con cualquier impureza en la transmisión, se producirá un fenómeno de dispersión obligada por [13]:

- **Dispersión por difusión:** Este fenómeno acontece cuando los pulsos de luz se dispersan por todas las direcciones dentro de la fibra [13].
- **Dispersión por absorción:** Esta anomalía se da lugar cuando los haces de luz son absorbidos por el material y esto causará que se transforme en calor causando pérdidas de potencia [13].

Las pérdidas más importantes por causas intrínsecas en la fibra óptica son:

Figura 17. Factores intrínsecos



Fuente: Imagen tomada de la web: <http://repositorio.puce.edu.ec>

2.3.7.3. Pérdidas por absorción de OH

Estas pérdidas son causadas por pequeñas partículas de polvo, impurezas o moléculas de agua, que al momento de la elaboración de los cables de fibra la maquinaria dejó restos en el interior de la misma, haciendo que estas micropartículas interactúen con los rayos de luz que ingresan y se absorben [13].

2.3.7.4. Pérdidas por Scattering Rayleigh

La razón para este tipo de pérdidas, es causada por la no uniformidad de la fibra, por imperfecciones microscópicas que se encuentran dentro del núcleo, dada la consistencia del material al momento de su fabricación por la agitación térmica. Esto causa que la dirección de la onda se disperse de forma aleatoria [13].

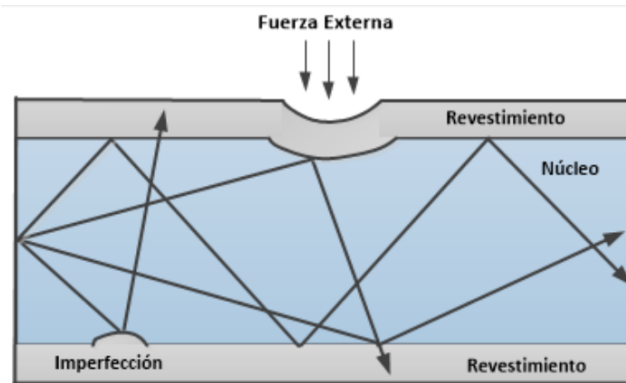
2.3.7.5. Pérdidas por micro curvaturas y micro fisuras

Son pérdidas causadas por pequeñas curvaturas de frontera (núcleo-revestimiento) en el interior de la fibra, esta puede causar cambios del ángulo de incidencia y en ciertos puntos de la fibra pierde su propiedad de reflexión interna, las micro curvaturas son inevitables para la pérdida de potencia al momento de la propagación de los rayos de luz, ya que son provocadas por el aumento de la tensión [13].

2.3.7.6. Pérdidas extrínsecas

Las pérdidas intrínsecas se dan debido al precario conocimiento de la manipulación de la fibra óptica, sin embargo, el usuario encargado de los cables ópticos debe realizar operaciones para corregir este tipo de atenuaciones, las más importantes por causas extrínsecas en la fibra óptica como se aprecia en la figura 18 [10]:

Figura 18. Factores extrínsecos



Fuente: Imagen tomada de la web: <http://repositorio.puce.edu.ec>

2.3.7.7. Pérdidas por curvaturas externas

Son atenuaciones provocadas a causa de la curvatura excesiva de la fibra óptica, ya que este material posee un cierto parámetro de curvatura crítica que viene descrito por el fabricante. Al provocarse esta atenuación, la señal incidente cambiará su ángulo y provocará que la fibra óptica no tenga una reflexión total interna en su núcleo y esto conlleve a una pérdida en la transmisión [10].

2.3.7.8. Pérdidas por conectores

Son pérdidas causadas a base de la suciedad del ambiente, una precaria manipulación e instalación o un corte en el conector de la fibra, estas atenuaciones tienen un rango estimado ya dado por el fabricante que va desde los 0.3dB a 1.5dB dependiendo del conector [10].

2.3.7.9. Pérdidas por empalmes

Las atenuaciones por empalmes son causadas por un mal corte, evasión de los núcleos, micro burbujas de aire que se producen durante el empalme de los hilos de fibra óptica, las pérdidas estimadas están dentro de un rango de 0.2dB a 1dB si son realizadas por

medio de empalmes mecánicos y pérdidas menores de 0.1dB si el empalme es por micro fusión óptica [10].

2.3.8. Estándares de Fibra Óptica.

Los estándares o normas están presentes para regular que tan grande es algo (longitud o metros), o saber el peso (libras o kilogramos). En las industrias es indispensable contar con las normas industriales ya que sin estas normas no pueden estar operativas, el objetivo de los estándares o normas es sobrellevar de manera equitativa los productos del fabricante. En el caso de fibra óptica las normativas empiezan desde la fabricación de los materiales, conectores, cables, formas de elaborar correctos aplicativos en áreas laborales; además existen otros casos donde los estándares funcionan a nivel de sistema, tal como cubrir la tasa de bits, protocolos, tiempo, corrección de errores entre otros factores que pueden suceder [14]. Para los estándares de fibra se argumentarán los siguientes: ISO, IEEE y UIT [14].

2.3.8.1. ISO (International Standards Organization)

Organización encargada de la regularización y establecimiento de normativas técnicas internacionales, con más de 23.000 estándares que abarcan el sector de gestión, procesos de producción y tecnología de las telecomunicaciones donde laboran más de 164 países [14].

2.3.8.2. IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)

Organización encargada de emitir creaciones de estándares alrededor de todo el mundo, entre los estándares más notables se encuentran la norma IEEE 802 LAN/MAN también el estándar IEEE 802.3 Ethernet y los estándares para las redes inalámbricas 802.11 [14].

2.3.8.3. UIT (Unión internacional de telecomunicaciones)

Fundada en el año de 1865, el encargo de la UIT está en conectar la población mundial, y eso lo realizan a través de la elaboración de normas técnicas que facilitan y garantizan la interconexión de redes y tecnologías, la UIT tiene planes a futuro donde busca asociar sectores públicos, privados, empresas, gobiernos instituciones académicas y esto con el fin de mejorar el acceso a las TIC [14].

2.3.8.4. Norma UIT-T G.984.1

Esta norma muestra las características generales de una red de arquitectura GPON, el funcionamiento y constitución, con la finalidad de la conmutación de la señal entre los equipos pasivos y activos de la red, así como mostrar la topología utilizada [6].

2.3.8.5. Norma UIT-T G.984.2

Esta norma trae consigo un resumen de una serie de especificaciones para la administración de la capa principal de los medios físicos PMD (Physical Media Dependent). Esta norma comprende servicios de voz y de datos con tasas de transferencia en Gbps [6].

2.3.8.6. Norma UIT-T G.984.3

Los estándares dados en esta representación sirven para dilucidar la interoperabilidad entre las dos capas principales, de convergencia y la PMD, mediante el uso de herramientas como el AES y la trama FEC utilizada en la comunicación entre la OLT y varias ONU en sentido descendente [6].

2.3.8.7. Norma UIT-T G.984.3

Estos parámetros se centran en OMCI (ONT Management and Control Interface) interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica ONT, trabaja de forma operativa en MBI (Management Information Base) mediante el uso de la información de gestión autónomo del protocolo de comunicación entre los terminales ópticos OLT y ONT [6].

2.3.8.8. Estándar ITU-T G652

Estándar que describe las características principales mecánicas, geométricas y de transmisión de cables ópticos del tipo monomodo por el cual la longitud de onda de dispersión estará situada en los 1310 nanómetros [32].

2.3.8.9. Estándar ITU-T G657

La tecnología en cables de fibra óptica monomodo son un medio de transmisión de gran dimensionamiento y que abarca en gran capacidad la respuesta a la creciente demanda de servicios de alta velocidad y de banda ancha [36].

CAPÍTULO III

3.1. Diseño

En el siguiente capítulo se detalla a profundidad la elaboración del módulo de manga portátil diseñado con elementos pasivos ópticos para el aprendizaje, practicas experimentales y escalamiento de la arquitectura presente en el laboratorio de FACSISTEL.

El módulo portátil cuenta con tres plataformas como se ilustra en la figura 19:

- **Superior:** lugar donde se colocará una manga lineal de 24 hilos GP01-H10JM4 donde se ingresarán dos fibras ADSS monomodo de 24 hilos, que a su vez se empalmarán de según el orden de colores según el estándar TIA-598-C, también las puntas sobrantes estarán fusionadas a *patches cords* Sc/apc y *patches cords* Sc/upc, que estarán colgadas sobre dos soportes en la parte superior del módulo, separando cada uno de los conectores sin que se genere desorden entre ellos. Estas se encargarán de enlazar el módulo portátil con la OLT y los seis tableros didácticos existentes en el laboratorio.
- **Intermedia:** Un repartidor óptico modular (ODF) de 12 puertos que se utilizará para los diferentes niveles de *splitteo* que se puedan generar dentro de los parámetros de potencia existente desde la OLT, para esto es necesario el uso de divisores ópticos también conocidos como *splitters* que ayudaran a dividir la señal óptica pero también reducirá el nivel de potencia cada vez que se vaya fragmentando dicha señal.
- **Inferior:** La parte final contendrá un repartidor óptico modular que ayudará a dar escalabilidad y a generar más expansión de subredes, acotando que estarán acompañados de conectores para empalmes mecánicos, haciendo que el aprendizaje sea más adecuado para el entendimiento de los procedimientos del uso de la fibra óptica.

Figura 19. Diseño formal de la estructura portátil



Fuente: Imagen elaborada por el autor

Este diseño se contará con un armazón de hierro, con dos soportes en la parte superior de 24 hendiduras para separar los *patches cords* cada uno etiquetado con el color del hilo correspondiente, en las partes laterales constan de soportes para colocar la fibra ADSS en casos de que se requiera realizar mantenimiento correctivo sobre el módulo.

3.2. Costos de la Propuesta

Este trabajo de titulación consta de varios equipos empleados para la elaboración y construcción del módulo de manga portátil, elementos pasivos y componentes activos que darán la funcionalidad al diseño final, en esta sección se desglosan cada uno de los precios por materiales y herramientas utilizadas en la implementación y diseño del proyecto, dando como resultado los valores finales del presupuesto del trabajo de grado.

Teniendo en cuenta los costos de los materiales para la construcción del módulo, presupuestos de equipos de mediciones ópticos, costos de los elementos pasivos ópticos adquiridos, proformas de equipos ópticos activos y por alquiler de equipos y herramientas de fibra óptica, a continuación:

En la tabla 5 se detallan los precios por la compra de materiales para la elaboración del módulo portátil:

Tabla 5. Precios de materiales para la construcción del módulo

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
2	Barra de acero 3 m	\$6.00	\$12.00
2	Discos para recorte de metal	\$1.00	\$2.00
1	Brocha	\$1.00	\$1.00
10	Electrodos para soldadura	\$0.50	\$5.00
1	Plancha de acero	\$7.00	\$7.00
4	Soportes para ruedas	\$1.50	\$6.00
2	Mecanismos para apertura y cierre de puertas	\$3.00	\$6.00
Subtotal			\$39.00

Precios detallados por alquiler de equipos para la elaboración del módulo en la tabla 6:

Tabla 6. Precios por alquiler de equipos de construcción

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Máquina para soldar	\$20.00	\$20.00
1	Máquina Moladora	\$10.00	\$10.00
1	Máquina de corte de plancha de acero	\$5.00	\$5.00
Subtotal			\$35.00

Se muestran en la tabla 7 los precios de equipos de medición utilizados en el trabajo de titulación:

Tabla 7. Precio de equipos de medición.

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Mini OPM + VFL	\$35.00	\$35.00
1	OTDR	\$500.00	\$250.00
Subtotal			\$285.00

Se detalla el presupuesto en la tabla 8 de los elementos pasivos utilizados para la implementación del módulo de manga portátil

Tabla 8. Presupuesto de elementos pasivos.

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
12	Patch cord SM – Pulido Sc/Apc a Sc/Apc 5 m	\$7.50	\$90.00
12	Patch cord SM – Pulido Sc/Upc a Sc/Upc 5 m	\$7.50	\$90.00
1	Manga lineal de 24 hilos GP01-H10JM4	\$45.00	\$45.00
72	Tubillos termo retractiles para empalmes	\$0.05	\$3.60
2	Cable ADSS monomodo aéreo 24 hilos 10 m	\$5.00	\$10.00
20	Conectores mecánicos Sc/Upc	\$1.00	\$20.00
1	ODF de 12 puertos	\$30.00	\$30.00
1	ODF de 24 puertos	\$40.00	\$40.00
2	Pernos de acero	\$0.50	\$1.00
1	Splitter PLC 1:2 Sc/Apc	\$5.00	\$5.00
1	Splitter PLC 1:4 Sc/Apc	\$7.00	\$7.00
1	Splitter PLC 1:8 Sc/Apc	\$7.00	\$7.00
1	Splitter PLC 1:16 Sc/Apc	\$12.00	\$12.00
1	Paquete de amarras de plástico	\$1.00	\$1.00
Subtotal			\$361.60

Precio detallado en la tabla 9 sobre la compra de equipos activos de fibra óptica:

Tabla 9. Precio de equipos activos de fibra óptica.

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	OLT Hioso Ha7304	\$650.00	\$650.00
1	ONT Huawei Epon/Gpon	\$30.00	\$30.00
1	ONU Vsol Bridge	\$20.00	\$20.00
1	ONU Hioso Bridge	\$20.00	\$20.00
Subtotal			\$720.50

Presupuesto óptico en la tabla 10 por alquiler de equipos para los empalmes de fibra óptica en el módulo:

Tabla 10. Presupuesto por alquiler de equipos y herramientas de fibra óptica.

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Fusionadora Signal Fire IA	\$50.00	\$50.00
1	Cortadora de precisión Cleaver para fibra óptica	\$5.00	\$5.00
1	Pinza peladora de hilos de fibra óptica	\$5.00	\$5.00
1	Limpiador de fibra óptica	\$5.00	\$5.00
1	Sangradora de Cable ADSS monomodo	\$5.00	\$5.00
1	Pinza cortadora para mensajeros de fibra óptica	\$5.00	\$5.00
Subtotal			\$75.00

3.2.1. Presupuesto Total Del Proyecto

En el presupuesto asignado, se tiene la sumatoria total de los precios por cada agrupación de las tablas ya presentadas, generando un valor fijo final, que determinara la viabilidad del proyecto, en situaciones optimas, tomando como referencia el análisis económico realizado previamente.

En la tabla 11 se desglosan detalladamente el precio total realizado para la implementación del módulo de manga portátil dentro del laboratorio:

Tabla 11. Precio total para la implementación del módulo de manga portátil.

Descripción	Valor Total
Precio de materiales para la construcción del módulo	\$39.00
Precio por alquiler de equipos de construcción	\$35.00
Precio de equipos de medición óptico	\$285.00
Precio de elementos pasivos ópticos	\$361.60
Precio de elementos activos ópticos	\$720.50
Precio por alquiler de equipos y herramientas de fibra óptica	\$75.00
Total	\$1.516,1

3.3. Infraestructura

En esta sección se diseñará la infraestructura utilizada para el módulo de manga portátil adecuado con las condiciones óptimas necesarias con la finalidad de que este cumpla con los requerimientos que se le den al momento de ser utilizado.

Además, se realizará un análisis técnico de los equipos y herramientas que tienen un papel fundamental dentro de la estructura, los dispositivos utilizados para la implementación de redes, ya sean equipos ópticos pasivos y activos se desglosan a continuación:

3.3.1. Equipos y herramientas para fusiones ópticas

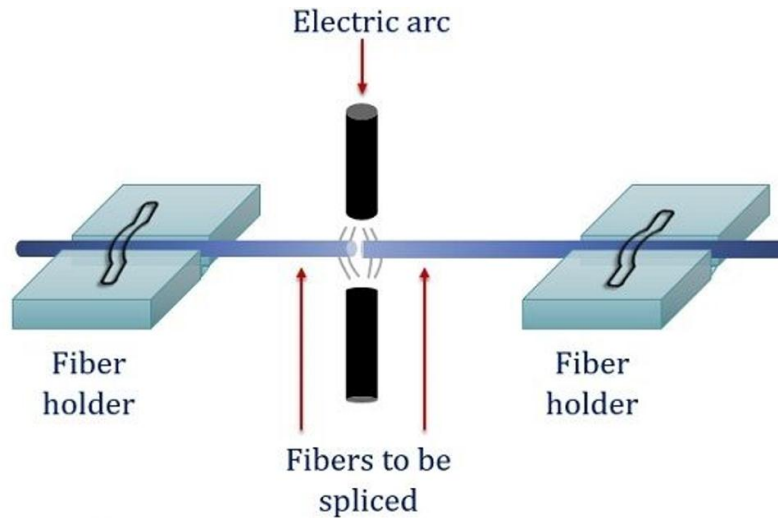
En el mercado de las telecomunicaciones existen un sin número de marcas y modelos diferentes en equipos y herramientas para la fibra óptica, sin embargo, se ha realizado el estudio para la elaboración de este trabajo, a continuación, se enumeran los siguientes materiales:

3.3.1.1. Fusionadora óptica

También llamada empalmadora de fibra óptica, es un equipo diseñado y especializado para realizar enlaces ópticos, utiliza un mecanismo de fusión para unir dos hilos de fibra óptica de manera permanente como se ilustra en la figura 20 [21].

Las fusiones de hilos de fibra óptica son muy comunes dentro del área de las telecomunicaciones, ya que ayudan a solventar las necesidades para la expansión y reparación de redes, de la misma manera estos empalmes ópticos son muy importantes para realizar la conexión entre los equipos de comunicación, ya que permiten integrar los *pigtails* hacia los extremos de los hilos de fibra [21].

Figura 20. Empalme óptico



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://circuitglobe.com/>

De la misma manera el proceso conocido como fusión óptica, radica en elevar la temperatura de los hilos de fibra hasta llegar a su punto máximo de fusión por medio de los electrodos que pueden generar un arco eléctrico como se observa en la figura 21, la fusión óptica aplica una fuente de alta tensión, de 4000 a 5000 voltios con corriente controlada [21].

Figura 21. Electrodo de la empalmadora



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://defibraoptica.com/>

La máquina óptica utilizada para este proyecto es la **FUSIONADORA SIGNAL FIRE AI-9 6 MOTORES** como se ilustra en la figura 22, esta máquina está calificada con electrodos para fusiones de fibra troncal y para proyectos FTTH, con respuesta rápida para

empalmes y compatibilidad con CPU industrial, lo que hace que esta herramienta sea ideal para realizar los empalmes de fibra en el módulo de manga portátil.

Figura 22. Fusionadora Signal Fire AI



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://defibraoptica.com/>

En la siguiente tabla 12 se detallan las características de la empalmadora Signal Fire AI:

Tabla 12. Fusionadora Signal Fire AI

Descripción	Características
Alineación de fibra	Núcleo/Alineación de revestimiento Alineación Manual/Automático
Tiempo de empalme	5 segundos
Tiempo de calentamiento	15 segundos
Modo de calefacción	Calefacción automática (precalentamiento)
Pérdida por empalme	0.025dB (SM), 0.01dB (MM) 0.04dB (DS/NZDS)
Pérdida por retorno	➤ 60DB
Diámetro de fibra	Diámetro de forro: 80-150 um Diámetro de recubrimiento 100-1000 um
Tubo retráctil	60mm, 50mm, 40mm y 25mm
Medidor de potencia óptica	Longitud de onda: 850nm, 1300nm 1310nm, 1490nm, 1550nm, 1625nm.

Rango de medición

-70+ 6dB

Error absoluto <0.3dB

3.3.1.2. Cortadora de precisión (CLEAVER)

La cortadora de alta precisión para hilos de fibra óptica está diseñada para cortar el hilo de la manera más limpia posible y de forma plana, exactamente a 90 grados antes de ser fusionada, este elemento funciona de manera mecánica de tal forma que el usuario debe tener la precisión para el corte perpendicular a la fibra, para este proyecto se utilizó la cortadora **FC-6S** como se muestra en la figura 23, ya que por su calidad-precio la convierte en un elemento indispensable para los diferentes empalmes que el módulo requiera.

Figura 23. Cortadora de precisión FC-6S



Fuente: Imagen tomada de la web: toolboom.com

A continuación, en la tabla 13 se mencionan las características del equipo:

Tabla 13. Cortadora de precisión.

Descripción	Características
Diámetro de fibra desnuda	0.25mm - 0.9mm
Diámetro de capa exterior	125um
Longitud hendida	9 – 15 mm
Ángulo hendido	0.5°

3.3.1.3. Pinza desferradora de 3 medidas para fibra óptica

Esta herramienta sirve para pelar los hilos de fibra a precisión quitando los recubrimientos sin dañar las hebras principales, tiene incisiones de diferentes medidas con 140 μm , y 2 mm de diámetro, estas medidas vienen pre ajustadas para que el usuario tenga una manipulación sencilla sin necesidad de calibrar la herramienta, este elemento quita los diferentes recubrimientos, ya sean de plástico o silicona. Figura 24 [22].

Figura 24. Pinza desferradora de fibra óptica.



Fuente: Imagen tomada de la web: toolboom.com

3.3.1.4. Tubillos termo retráctiles para empalmes

Este material se compone de un tubo termo retráctil transparente que permanece en la zona exterior, un tubo termofusible transparente que va a contener a los hilos fusionados de fibra óptica en el interior, además, de una varilla de acero inoxidable que va a reforzar la durabilidad del empalme véase la figura 25. Este elemento se utiliza para los trabajos de ingeniería y la mayoría de los trabajos de fibra óptica, como diseños y reparaciones.

Esta herramienta es fácil de manejar, no provoca alteraciones con las ondas de luz de la fibra, minimiza el riesgo por rotura en la fusión y el sellado por calefacción garantiza más seguridad contra la humedad.

Figura 25. Tubillos termo retractiles.



Fuente: Imagen tomada de la web: toolboom.com

3.3.2. Equipos y herramientas para el tratado de la fibra óptica ADSS

En este apartado se mencionarán los equipos necesarios para la manipulación correcta y las herramientas más importantes para quitar y sangrar el revestimiento de las fibras ADSS, ya que estas determinan el estado en el que se trataran los cables ópticos.

3.3.2.1. Sangradora de chaqueta de fibra óptica

La herramienta utilizada para este proyecto es un CATVSCOPE que es una cortadora de chaqueta de fibra óptica de alta precisión con diámetros de 4mm a 10mm, contiene una cuchilla muy afilada, está diseñada para un corte y sangrado preciso como se ilustra en la figura 26, este elemento contiene cuatro tamaños para quitar el recubrimiento del exterior que son: racimos de fibra, tubo suelto, cortadora de cable de fibra y cortadora cubierta de cable [23].

Figura 26. Sangradora de chaqueta de fibra óptica.



Fuente: Imagen tomada de la web: solortel.com

3.3.2.2. Sangradora de buffer de fibra óptica

Esta herramienta es muy importante al momento de separar los hilos de fibra del buffer que recubre la misma sin necesidad de romper el cable y así evitar empalmar nuevamente los filamentos ópticos, este elemento corta de manera eficaz y fácilmente la cubierta protectora de PVC en dos, teniendo un fácil acceso hacia los hilos de fibra véase la figura 27.

Figura 27. Sangradora de buffer para fibra óptica.



Fuente: Imagen tomada de la web: solortel.com

En la siguiente tabla 14 se detallan las características de corte:

Tabla 14. Características de la sangradora de buffer.

Descripción	Características
Diámetro de corte (milímetros)	1.5mm – 3.3mm
Cuatro tamaños diferentes de corte (milímetros)	1: 1.5mm – 1.9 mm 2: 2.0 mm – 2.4 mm 3) 2.5 mm – 2.9 mm 4) 3.0 mm – 3.3 mm

3.3.3. Elementos ópticos pasivos

A continuación, se detallarán a profundidad los elementos pasivos ocupados para el desarrollo del proyecto, los materiales que conformarán el módulo de manga portátil están dados, por una manga lineal porta empalmes, *patches cords*, ODFs, Fibra ADSS monomodo de 24 hilos, conectores para empalmes mecánicos y *splitters* o divisores de señales.

3.3.3.1. Mangas porta empalmes para fibra óptica

Estos elementos son muy recurrentes e importantes para los diseños en las arquitecturas de fibra óptica de planta externa, ya que permiten que los cables *Feeder* continúen con la expansión de redes además de hacer los diferentes nivel de splitteo en la red, este material está diseñado de tal manera que pueda sujetar con firmeza el cable de fibra ADSS o cualquier derivado, en el interior estos elementos traen platos o caseteras donde se alojarán los tubillos termo retráctiles brindando una mejor protección contra los factores externos que se encuentran en el ambiente.

Existen dos tipologías de mangas para empalmes por fusión óptica, las cuales son: Magas lineales y mangas tipo domo.

- ✓ **Manga Lineal:** Son equipos pasivos diseñados con un cierre hermético que cumple con la función de proteger los empalmes de cables de fibra óptica para redes de planta externa, estos diseños son aplicables tanto en redes aéreas, canalizadas o de forma directa enterrada bajo tierra, las capacidades de las mangas varían dependiendo de su diseño, estas pueden albergar desde 6, 12, 24, 48 y hasta 192 hilos de fibra óptica como se ve en la figura 28.

Figura 28. Manga lineal



Fuente: Imagen tomada de la web: importrade.ec

- ✓ **Manga tipo domo:** Están diseñados por materiales de plástico altamente resistentes y para dar más capacidad a los empalmes de fibra, optando por usar bandejas porta *splitters* y generando más entradas de cables ópticos ayudando a expandir y a dividir la arquitectura presente en las redes de fibra planteadas por el cable *Feeder* como se ilustra en la figura 29.

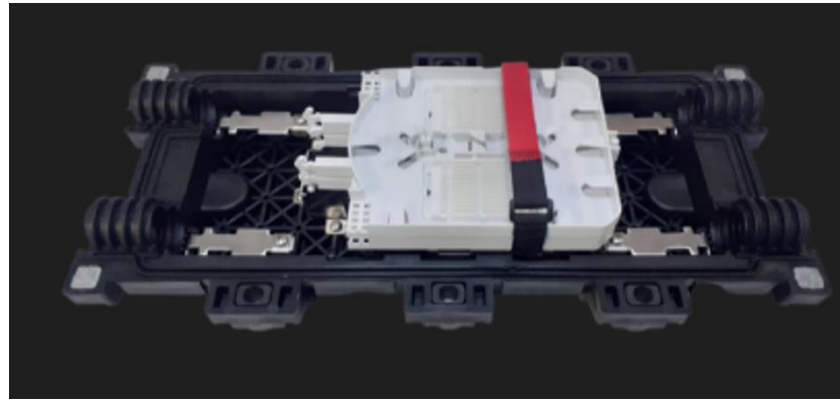
Figura 29. Manga tipo Domo



Fuente: Imagen tomada de la web: importrade.ec

Para la implementación del módulo de manga portátil se utilizó la manga línea de 4 entradas de 24 hilos GP01-H10JM4 por el diseño de la estructura metálica ya presentada como se muestra en la figura 30, este modelo presenta las siguientes características en la tabla 15:

Figura 30. Manga lineal GP01-H10JM4



Fuente: Imagen tomada de la web: importrade.ec

Tabla 15. Características de la manga lineal GP01-H10JM4

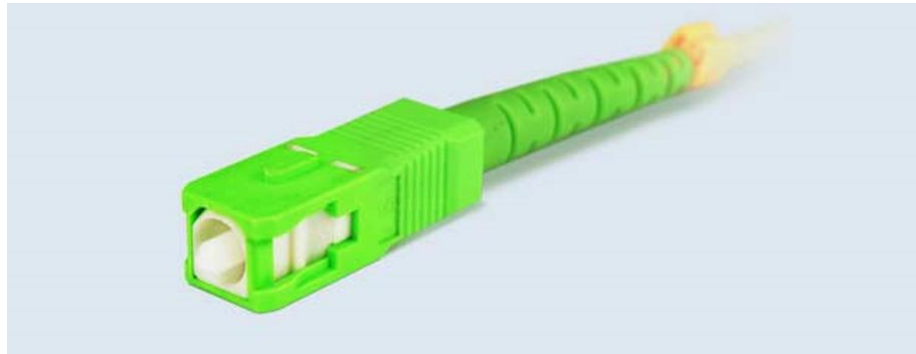
Descripción	Características
Tipo de sellado	Sellado mecánico
Tipo de instalación	Instalación simple, reentrable y reutilizable
Tipos de entornos a utilizar	Aéreo, subterráneo o enterrado directamente
Alojamiento de empalmes	Hasta 96 empalmes
Puertos	2 puertos de fibra en cada lado

3.3.3.2. Conectores ópticos y tipos de pulidos

En el área de las telecomunicaciones, enfatizando más en las redes de fibra óptica existen variedad de conectores ópticos según la necesidad de los usuarios, en este proyecto destacan 2 tipos de conectores ópticos ya que son los más usados comúnmente en el área de las telecomunicaciones, a continuación:

- ✓ **Conector Sc:** Según la norma de DIN IEC 61754-15 para las aplicaciones dentro del área de las telecomunicaciones, cableados de tipo LAN, data centers, estos conectores obtienen la nomenclatura PC/UPC/APC, las siglas que se refieren al tipo de diseño del pulido que estos conectores tienen en el terminal óptico (*ferrule*) estos tipos de pulido hacen posible la conexión de pulsos de luz entre los hilos de fibra óptica, véase la figura 31 [24].

Figura 31. Conector óptico Sc



Fuente: Imagen tomada de la web: promax.es

- ✓ **Conector LC:** Las siglas significan Conector Lucent o Conector pequeño, está diseñado de un material de plástico para conexiones de Jack (Rj-45), están creados para optimizar espacio dentro de los dispositivos activos, generando más capacidad para aumentar puertos de conexión, el conector está compuesto por una férula de material zirconio, con un diámetro aproximado de 1.20 mm, como se detalla en la figura 32 [24].

Figura 32. Conector óptico LC



Fuente: Imagen tomada de la web: promax.es

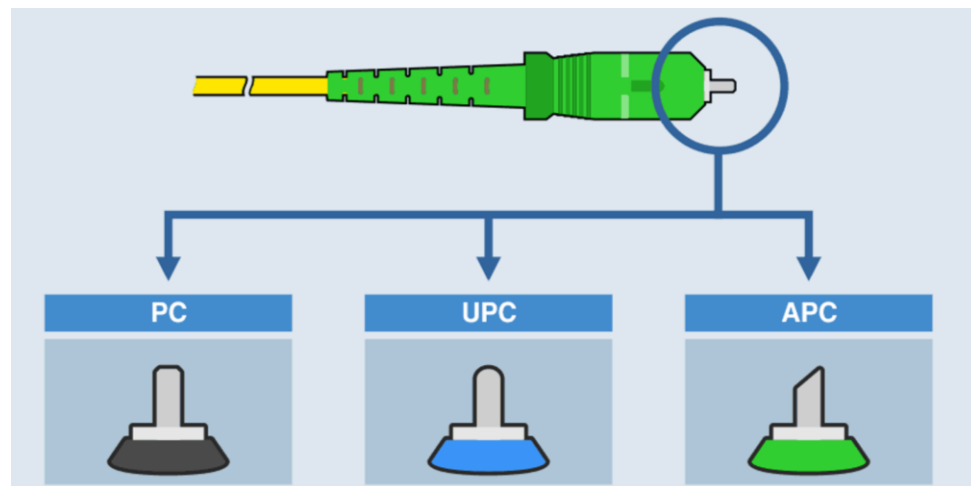
Estos conectores son de gran importancia dentro de los centros de telecomunicaciones ya que son los encargados de transportar las señales desde los equipos activos hacia los equipos pasivos de materiales ópticos, además, cada mecanismo tiene un pulido diferente como los que se mencionan a continuación:

- ✓ **PC:** Pulido de Contacto Físico (*Physical Contact*). La parte superior de la férula esta rematado notándose una superficie plana, esto se hace para evitar

que se creen espacios vacíos entre las dos férulas de los conectores que se están acoplando logrando pérdidas con retorno de -30dB y -40dB como se muestra en la tabla 16. Debido a sus pérdidas cada vez más se están dejando de lado con nuevas opciones de pulido [24].

- ✓ **UPC:** Pulido de Ultra Contacto Físico (*Ultra Physical Contact*). Estos conectores son muy parecidos a los conectores PC, pero tienen una mejora al momento de generar pérdidas por retorno; reduciendo así a un margen de entre -40dB y -55dB, mediante a que la superficie de la férula es redondeada, son muy utilizados para obtener valores de potencia en líneas muertas en base a equipos de medición como el OTDR, véase la Figura 33 [24].
- ✓ **APC:** Pulido de Contacto Físico en Ángulo (*Angled Physical Contact*). El conector APC contiene una férula plana con un corte inclinado de 8 grados, está diseñado para lograr un enlace de mayor calidad gracias a que su corte de inclinación genera menos espacio de vacío al momento de acoplarse con otro conector, genera pérdidas por retorno de hasta -60dB incrementando de manera exponencial el número de usuarios en fibras monomodo. Por esta razón los conectores SC/APC se han convertido en los tipos de *patches cords* más utilizados como se ilustra en la figura 33 [24].

Figura 33. Tipos de pulidos



Fuente: Imagen tomada de la web: promax.es

Tabla 16. Pérdidas por inserción

Descripción	Pérdidas por inserción (dB)
Pulido PC	<0.4dB
Pulido UPC	<0.4dB
Pulido APC	<0.4dB

3.3.3.3. Distribuidores de fibra óptica (ODF)

Los distribuidores de fibra óptica o ODF están fabricados y diseñados de tal manera que proporcione interconexiones de cables entre las instalaciones en los centros de telecomunicaciones, estos distribuidores pueden contener empalmes de fusión, terminaciones de fibra óptica ADSS, conectores ópticos y adaptadores. No obstante, estos equipos pasivos también pueden funcionar como dispositivos de seguridad y protección ante daños hacia los hilos de fibra óptica como se detalla en la figura 34 [25].

Figura 34. Distribuidor de fibra óptica



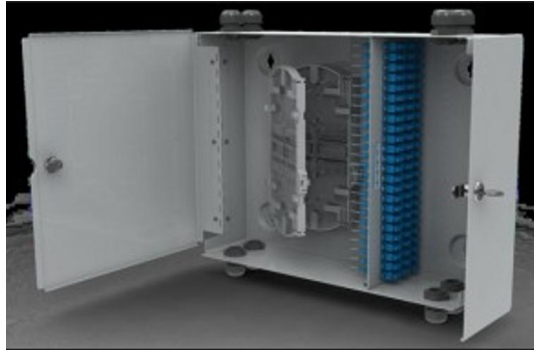
Fuente: Imagen tomada de la web: <https://community.fs.com/es>

En el mercado de las telecomunicaciones existen diferentes formas de ODF de acuerdo al tipo de fabricante y el tipo de diseño que el usuario requiera, entre los más importantes están los ODF de montaje en pared, y ODF de montaje en rack [25].

- ✓ **ODF de montaje en pared:** Como se detalla en la figura 35, este equipo generalmente está diseñado como una caja herméticamente pequeña que puede ser instalada y equipada en la pared y gracias a su estructura interior

permite la distribución de fibra hacia los diferentes niveles en los que se haya estructurado [25].

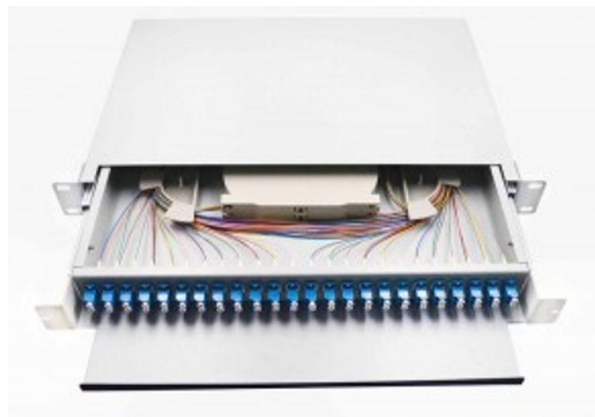
Figura 35. ODF de montaje de pared.



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://community.fs.com/es>

- ✓ **ODF de montaje en rack:** Como se muestra en la figura 36, estos equipos son diseñados especialmente como módulos para caber dentro del rack que se habitan en los cuartos de telecomunicaciones, el ODF se puede instalar de manera sencilla al rack de acuerdo con el número de cables de fibra óptica que pueden ingresar dentro del equipo, el sistema de distribución que ofrece es muy elevado ya que cuenta con mayor número de puertos y estos pueden adaptarse a las necesidades de los usuarios.

Figura 36. ODF de montaje en rack.



Fuente: Imagen tomada de la web: <https://community.fs.com/es>

3.3.3.4. Conectores de empalmes mecánicos

Los conectores de empalmes mecánicos están fabricados para ser utilizados en el campo ya que está estructurado con un diseño de fibra preensamblada y la superficie ya viene con el pulido de fábrica, misma que cumple con los estándares de los conectores SC/APC, este elemento es una solución eficaz para instalaciones rápidas en campo laboral más exactamente para terminaciones de redes con terminaciones a cualquier lugar (FTTx).

El empalme mecánico utiliza un pequeño canal que unifica la hebra óptica de aproximadamente 6.5 cm de largo y con un diámetro de 1 cm para minimizar daños o microfisuras al hilo al momento de ingresar, sin embargo, al alto índice de complejidad que estos equipos exigen y la estabilidad mecánica de los hilos ópticos hacen que el empalme sufra pérdidas, causadas por pequeños cortes o roturas dentro de los conectores como se ilustra en la figura 37.

Figura 37. Conectores de empalme mecánicos.



Fuente: Imagen tomada de la web: avimur.com

Estos conectores presentan las siguientes características mostradas a continuación en la tabla 17:

Tabla 17. Características de conectores de empalme mecánico

Descripción	Características
Pérdidas por inserción IL:	<0.3dB
Pérdidas por retorno RL:	<55dB

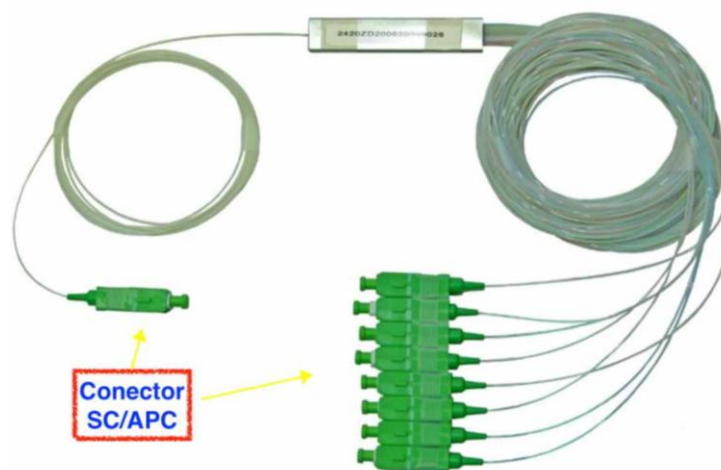
Temperatura de operación:	-25°C a 70°C
Reinserciones del conector mínimo:	200 veces
Rearmado del conector:	>3 veces

3.3.3.5. Divisor óptico (Splitters)

Divisores ópticos o también conocidos como *splitters* son dispositivos que adquiere una señal y la divide según el número de salidas que tenga el elemento, son muy utilizados en redes de distribución FTTH como se ilustra en la figura 38, el *splitter* no requiere de energía para funcionar, lo que hace que los divisores sean equipos pasivos que utilizan una señal de luz para dividirla en varias señales permitiendo así arquitecturas punto a multipunto.

Los *splitters* para fibra óptica se dividen de la siguiente manera: 1x2, 1x4, 1x8, 1x16, 1x32, 1x64, 1x128. Estos elementos guían las ondas de luz hacia el semiconductor que se encuentra en la parte central del material, haciendo que la señal que entra se divida en diferentes señales y acortando su nivel de potencia en referencia al número de divisiones que se haga.

Figura 38. Splitter óptico



Fuente: Imagen tomada de la web: fibramerica.com

En la siguiente tabla 18, se detallan las características más comunes de los *splitters* ópticos:

Tabla 18. Características de los *splitters* ópticos

Descripción	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Operación de longitud de onda (nm)	1260 – 1650 nm					
Pérdida por inserción (dB)	4.0	7.3	10.5	13.7	16.9	21.0
Uniformidad (dB)	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5	2.5
Pérdida por retorno (dB)	50	50	50	50	50	50
PDL (dB)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4
Directividad (dB)	55	55	55	55	55	55
Longitud del <i>pigtail</i>	1.5 ± 0.1					

3.3.4. Elementos ópticos activos

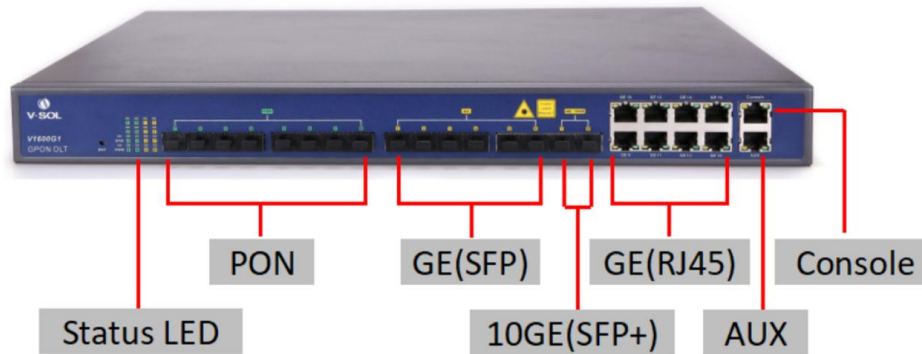
Los elementos ópticos activos en este proyecto son de vital importancia ya que son los encargados de generar los pulsos de luz que se enviarán desde un equipo central hasta un equipo terminal, entre los principales a utilizar en este trabajo de titulación, se tiene a la OLT (*Optical Line Terminal*) y a la ONT (*Optical Node Terminal*), cada uno de ellos cumple una función diferente para establecer una comunicación entre equipos por medio de los elementos pasivos ópticos:

3.3.4.1. OLT (Optical Line Terminal)

Es un equipo que permite tener el control de una red de dispersión de fibra óptica en ambas direcciones, tales como la obtención del tráfico de información de los usuarios y recepción de datos, voz y video desde redes externas a esta. Figura 39. Las funciones de este equipo las hace desde una central de telecomunicaciones, la OLT puede transmitir a una distancia aproximada de 20 km, las tasas comunes de transmisión de las OLT vienen desde EPON y GPON dependiendo del modelo y características de la máquina, ya que en el mercado actual existen un sin número de marcas y modelos existentes que se adecuan según lo requiera el usuario [23].

- ✓ **OLT para GPON:** Esta OLT es una herramienta muy robusta al momento de transmitir datos que estén por encima de los 10 Gb de tráfico a continuación en la tabla 19 se nombran las características más importantes:

Figura 39. OLT GPON



Fuente: Imagen tomada de la web: sincables.ec

Tabla 19. Características OLT GPON

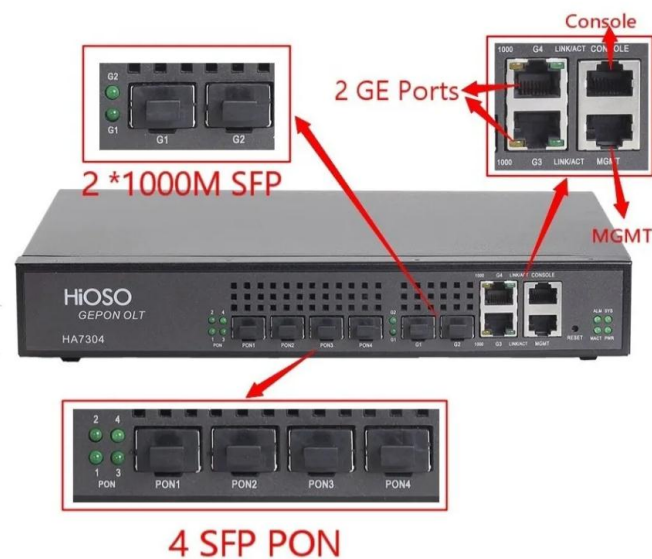
Descripción	Características
Aplicación	Redes FTTH, FTTX
Soporte triple play	Voz, Data, Video
Puertos	8 SFP (Tx: 2.488 Mbps y Rx: 1.244 Mbps)
Cantidad por clientes:	128 por cada puerto Gpon
Puertos mini- Gibic	2 SFP 1/10 Gbps
Puertos LAN	2 LAN Ethernet
CPU	880 MHz
Temperatura	-10°C a + 45°C

- ✓ **OLT EPON:** El equipo OLT EPON cumple con las mismas necesidades que una OLT GPON, la diferencia radica en que esta transmite tasas de datos menores a 10 Gbps, es muy utilizado para redes FTTx (Fibra hasta x) esto quiere decir que esta tecnología puede trabajar con la mayoría de las

topologías existentes dependiendo hasta donde llegue el cable de fibra óptica como se muestra en la figura 40.

Para la elaboración de este proyecto se decidió utilizar la tecnología EPON por su calidad-precio, y por su compatibilidad con la mayoría de los terminales ópticos que existen en el mercado, La OLT Hioso Ha7104 pueden transmitir en valores de Gigabit y se adapta muy bien con la tecnología GPON, las principales características se enumeran en la tabla 20 a continuación:

Figura 40. OLT EPON



Fuente: Imagen tomada de la web: hiosotech.com

Tabla 20. Características de OLT EPON

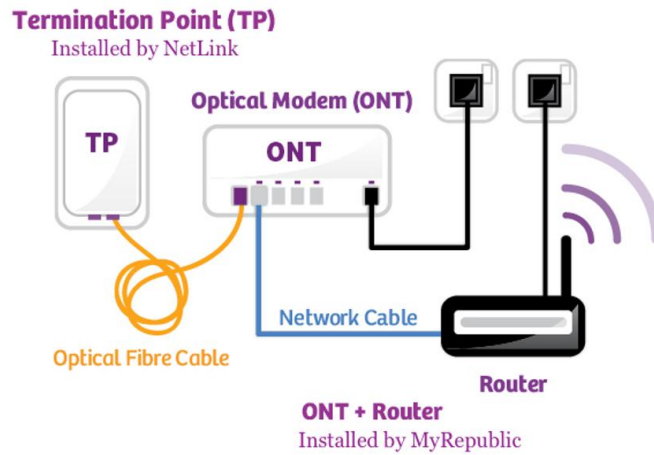
Descripción	Características
Puertos para distribución	4 puertos
Longitud de onda	1310 Rx / 1490 Tx
Potencia óptica	+2.5 dB == +7 dB
Sensibilidad de recepción:	-30dB
Distancia máxima	20 km
Divisor máximo de relación	1:64
Capacidad máxima	4 PON, 256 unidades
Puertos de enlace ascendente	2 puertos SPF + 2 Puertos TP

Puertos de control	1/10/100/1000M RJ45 1 consola (RJ-45) depuración del equipo 1 puerto USB
Rasgos	Soporte IEEE 802.3ah Soporte de 1Gbps enlace arriba y abajo con ancho de banda simétrico Detección automática y registro en tiempo real
Protocolos de apoyo	IEEE 802.3, 802.3u, 802.3ab, 802.3z IEEE e802.1q Vlan, e802.1d árbol de expansión
Gestión de red	Gestión de interfaz de usuario basada en SNMP Administración Web y de interfaz de usuario de Telnet basada en cri.

3.3.4.2. ONT

Las siglas “ONT” significan *Optical Node Terminal*, o terminal de nodo óptico. Se compone de un dispositivo que se conecta al *patch cord* de fibra óptica que llega al domicilio o la zona terminal donde se vaya a utilizar, básicamente los usuarios lo conocen como “router”, que en si funciona como tal, pero este viene con un puerto óptico llamado ONT donde ingresa el conector de fibra óptica como se muestra en la figura 41, el cual permite enlazar la red proveniente desde la central ISP específicamente desde la OLT hasta la última milla o al usuario.

Figura 41. Conexión de la ONT



Fuente: Imagen tomada de la web: Huawei.com

En el mercado actual existen diferentes marcas ONT para enlazamiento de redes tales como, la marca Huawei, Cisco, Vsol, Zte, entre otras como se ilustra en la figura 42, cada una con una interfaz diferente y algunas que carecen de compatibilidad con marcas diferentes, pues para poder adquirir una este dispositivo, primero se tiene que revisar las características técnicas de la OLT para poder obtener el modelo del mismo que sea compatible con el equipo central.

Figura 42. ONT HUAWEI



Fuente: Imagen tomada de la web huawei.com

En la tabla 43 se detallan las características de ONT Huawei convencional:

Figura 43. Características técnicas de ONT Huawei

Descripción	Características
-------------	-----------------

Estándares inalámbricos	IEEE 802.11b, 802.11g, 802.11n
Numero de puertos LAN	4x(10/100M) – RJ45
PON estándar	GPON/EPON
Puertos	2 puertos POTS 4 puertos Fast Ethernet
Antena	+2dBi de ganancia
Consumo	8W
Temperatura	0°C – 40°C

3.3.5. Equipos ópticos para mediciones

Para poder tomar y obtener datos cuando se presenta una característica o evento en las líneas de fibra óptica se utilizan varios equipos de medición, ya sea desde un medidor de potencia óptica o hasta un equipo de reflectometría óptica que permiten detallar ciertas fallas presentes, atenuaciones, o estado de algún elemento pasivo ayudando así a detectar, prevenir y corregir errores dentro de la red como se muestra en la figura 44.

Figura 44. Medidores ópticos



Fuente: Imagen tomada desde la web: toolboom.com

3.3.5.1. Medidor de potencia óptica

Son dispositivos electrónicos conocidos como “OPM”, utilizados para realizar pruebas de mediciones en salidas de conectores de equipos de fibra óptica, estas mediciones

se hacen en base a la potencia dada en decibelios (dB) que el equipo genera según el fabricante o los módulos de potencia que este contenga como se observa en la figura 45, además, este equipo también logra medir la pérdida de potencia que una señal óptica pasa a través de un elemento pasivo de la red.

Los equipos medidores de potencia están diseñados para su fácil portabilidad, su manejo en rápido en instalaciones de redes FTTH y el mantenimiento de las mismas, dentro del mercado de las telecomunicaciones se pueden encontrar este tipo de equipo integrado dentro de otro medidor llamada OTDR, aumentado el costo, pero generando un solo equipo más completo como se muestra en la figura 45.

La calibración de estos elementos detectores de luz se da en según los ajustes de longitud de onda que van desde los: 850 nm a 1300 nm para fibras multimodo y de 1310 nm hasta 1550 nm para operación con fibras monomodo.

Figura 45. Medidor de potencia óptica



Fuente: Imagen tomada desde la web: ubuy.ec

3.3.5.2. Medidor de luz óptica VFL

Por sus siglas en inglés **Visual Fault Locator**, que significa Localizador de fallas visual; es un dispositivo que genera un láser que se utiliza para probar y detectar atenuaciones o cortes dentro del cable de fibra óptica conectado en un extremo del conector y al mismo

tiempo observando con atención el recorrido de la luz generada hacia el otro extremo como se detalla en la figura 46.

Este dispositivo genera una potencia de salida máxima para que su luz pueda recorrer largas distancias, esto también depende de la potencia a la que el equipo trabaje, por ejemplo: si tiene una salida de 5mW de potencia, entonces la luz puede recorrer un cable de fibra de hasta 6 km [26].

Otra aplicación que se le da al medidor de luz óptica es como localizador de fallas, esto quiere decir que si la fibra tiene un corte o atenuación interna o externamente ya sean por problemas de curvatura crítica o empalmes o deterioro de la misma hebra óptica, se podrá observar la luz en la zona afectada y así poder repararla [26].

Figura 46. Medidor de luz óptica.



Fuente: Imagen tomada desde la web: ubuy.ec

3.3.5.3. Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR)

Es un elemento de medición muy requerido e importante dentro de las redes de fibra óptica, permite determinar el tipo de arquitectura presente, solución a problemas y el mantenimiento dentro de las redes PON, para realizar las diferentes mediciones con este equipo, primeramente se llevan a cabo por medio de una transmisión y el análisis de la luz en forma de pulsos que viaja a lo largo de la fibra óptica como se ilustra en la figura 47, con la información recolectada mediante este proceso los pulsos de luz se reflejan funcionando como un sistema de radar óptico informando al usuario sobre el estado general de la estructura de red, ya sean el estado de los empalmes, las veces en que fueron divididas las señales, conexiones, defectos, cortes entre otras características.

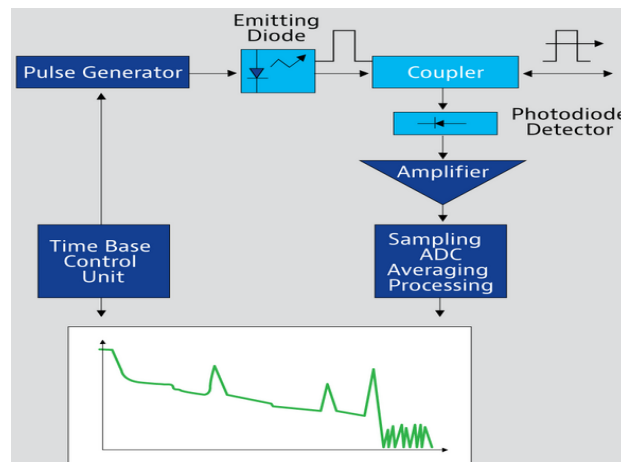
Figura 47. OTDR



Fuente: Imagen tomada desde la web: fibramarket.com

Este equipo está constituido por una fuente de diodo que genera un láser, un detector de fotodiodos y un circuito temporizado con una alta precisión, ya que el diodo láser emite un pulso con una longitud de onda determinada por el usuario, el pulso de luz se desplazará a medida que avance en el recorrido del cable dependiendo del estado de la fibra, partes de esta luz se reflejará o se refractará, así mismo también puede retro dispersarse por la fibra hacia el detector de fotodiodos del OTDR, el tiempo en que tarda en volver el pulso de luz enviado y la intensidad de la misma indican el valor estimado de la pérdida por reflexión e inserción dado en decibelios (dB), como se detalla en la figura 48 [27].

Figura 48. Funcionamiento de un OTDR



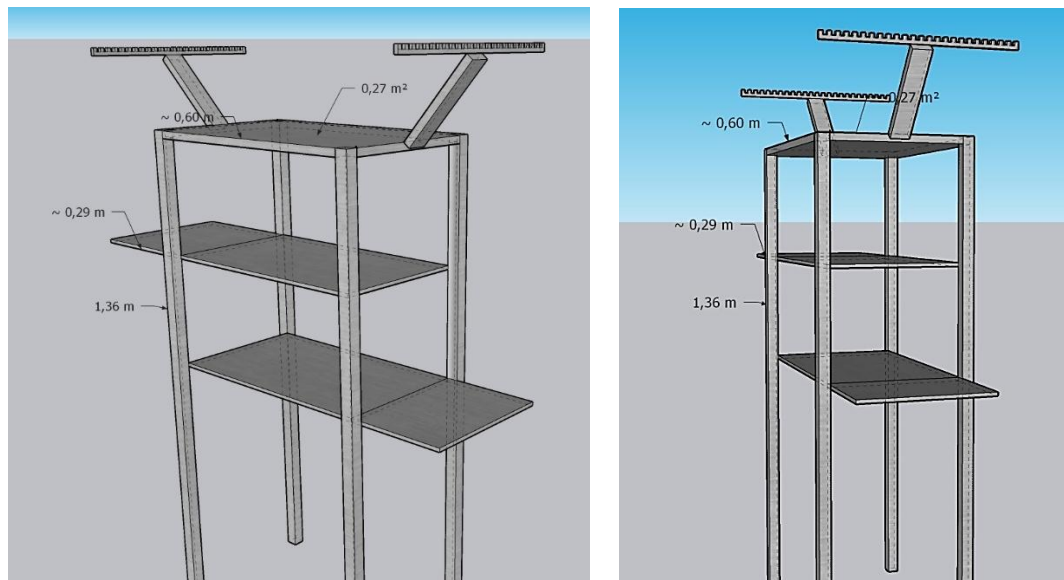
Fuente: Imagen tomada desde la web: viavisolutions.com

3.4. Planimetría

El diseño de manga portátil cuenta con tubos cuadrados de acero de 1 pulgada, la altura de la estructura tiene 1.36 cm, el tablero superior tiene una anchura de 60 cm x 30 cm,

el tablero intermedio e inferior cuentan con las mismas dimensiones que el tablero superior, pero con un mecanismo de extracción que brinda a los tableros una extracción de hasta 30 cm como se muestra en la figura 49, para una mejor manejo de los elementos, se eligieron estas dimensiones de acuerdo al uso de los elementos ópticos además de contar con dos soportes de 24 ranuras para reposar los *patches cords* que servirán como enlazamiento con los demás equipos e instrumentos de trabajo.

Figura 49. Dimensiones del módulo portátil



Fuente: Imagen creada por el autor

La ubicación del módulo de manga portátil se encontrará en medio del pasillo central del laboratorio de telecomunicaciones, permitiendo enlazar los diferentes tableros didácticos de planta externa y planta interna como se muestra en la figura 50, una vez finalizado cualquier tipo de trabajo o práctica, el módulo podrá ser reubicado en alguna parte del laboratorio donde no interfiera con los demás tipos de trabajos.

Figura 50. Ubicación del módulo en el laboratorio



Fuente: Imagen elaborada por el autor

Cada patch cord dentro del módulo tiene una longitud de 5 metros para poder generar un trabajo con mayor facilidad y poder enlazar hasta los 6 tableros de trabajos didácticos a la vez, como se ilustra la figura 51.

Figura 51. Vista lateral del módulo



Fuente: Imagen elaborada por el autor

3.5. Cálculos

Como ya se conoce en cada enlace, empalme o conexión de fibra óptica se generará pérdida por la unión o enlazamiento que se realice con los elementos nombrados anteriormente, para poder conocer el valor estimado o aproximado existen ciertas fórmulas que facilitaran la extracción de estos datos para poder ser comparados con los criterios encontrados al momento de hacer la implementación o experimentación de dichas formulas.

Para ello la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones (TIA) y otra empresa llamada Alianza de Industrias Electrónicas (EIA) implementaron el siguiente estándar EIA/TIA, el trabajo de estas industrias es especificar los requisitos para el rendimiento y transmisión de conectores y cableado óptico. Este estándar también especifica que el valor de la atenuación máxima que pueda llegar a tener un enlace de fibra óptica es uno de los valores en su ficha técnica más importantes en la medición sobre pérdidas en atenuaciones de fibra óptica [28].

A continuación, en la tabla 21, se presentarán valores asociados a este estándar sobre atenuaciones por kilómetros máximos y valores de banda ancha a la que se manejan los tipos de fibra óptica:

Tabla 21. Estándar EIA/TIA

Tipo de fibra	Longitud de onda (nm)	Atenuación (dB/Km)		Banda ancha (MHz* Km) Min.
		Max.		
50/125um MM	850nm	3.5		500
	1300nm	1.5		500
62.5/125um MM	850nm	3.5		160
	1300nm	1.5		500
Indoor SM Cable de fibra	1310nm	1.0		-
	1550nm	1.0		-
Outdoor SM Cable de fibra	1310nm	0.5		-
	1550nm	0.5		-

La atenuación es un valor estimado de pérdida de potencia en la señal de luz causado por factores internos o externos con los que la fibra óptica interacciona, a continuación, en la tabla 22, se detallaran los siguientes valores en longitudes de onda más importante en fibras monomodo, 1310 y 1550 nm:

Tabla 22. Atenuaciones para longitud de onda de 1310 nm

	Atenuación/kilometro (dB/Km)	Atenuación/conector óptico (dB)	Atenuación/junta (dB)	
Mínimo	0.3	0.4	0.02	Condiciones optimas
Medio	0.38	0.6	0.1	Condiciones normales
Máximo	0.5	1	0.2	Condiciones extremas

Atenuaciones en diferentes condiciones para enlaces de fibra óptica en longitud de onda de 1550 nm. Tabla 23:

Tabla 23. Atenuaciones para longitud de onda de 1550 nm

	Atenuación/kilometro (dB/Km)	Atenuación/conector óptico (dB)	Atenuación/junta (dB)	
Mínimo	0.17	0.2	0.1	Condiciones optimas
Medio	0.22	0.35	0.05	Condiciones normales
Máximo	0.4	0.7	0.1	Condiciones extremas

3.5.1. Estimación de la atenuación por enlace óptico

Para realizar el cálculo sobre la estimación óptica primero se requiere saber el valor de potencia de transmisión mínima y la sensibilidad mínima de recepción, el valor de recepción sobre la sensibilidad suele estar dada por números negativos, esto hace que los cálculos se realicen al sumar el valor absoluto de la sensibilidad de recepción mínima contra la potencia de transmisión mínima, se muestran las estimaciones en la tabla 24 [29].

Tabla 24. Estimaciones de potencia entre dos dispositivos activos ópticos

	Transmisión mínima (dBm)	Recepción mínima (dBm)	Cálculo	Estimación de potencia (dBm)
Dispositivo 1	-2	-23	$-2 - (-)23 = 21$	21
Dispositivo 2	-3	-23	$-3 - (-)23 = 20$	20

Para conocer una atenuación total (TA) del enlace ya sea en una sección de cable o de todo el recorrido de la red se puede interpretar de la siguiente manera:

$$TA = n * C + c * J + L * a + M$$

Ecuación 7. Atenuación total

Donde se sabe:

- n: Cantidad de conectores
- C: Atenuación de un conector óptico (dB)
- c: Cantidad de empalmes en la sección donde se quiere calcular
- J: Atenuación de un empalme
- M: El margen del sistema a eventos de atenuación óptica alrededor de 3dB
- a: Atenuación de cable de fibra óptica (dB/Km)
- L: Longitud total de la fibra óptica

En la siguiente tabla 25 se mostrarán algunos ejemplos de los mejores escenarios para obtener resultados de acuerdo a los tipos de atenuaciones que puedan encontrarse en la fibra óptica que se desea calcular.

Tabla 25. Cálculos estimados sobre atenuación de fibra óptica.

Escenarios	Longitud de onda	Cálculos	resultados
Óptimo	1310 nm	$2 * 0.6 \text{ dB} + 4 * 0.1 \text{ dB} + 20.5 \text{ km} * 0.38 \text{ dB/km} + 3 \text{ dB}$	12.39dB

Peor	1310 nm	$2 * 1 \text{ dB} + 4 * 0.2 \text{ dB} + 20.5 \text{ km} * 0.5 \text{ dB/km} + 3 \text{ dB}$	16.05 dB
Óptimo	1550 nm	$2 * 0.35 \text{ dB} + 4 * 0.05 \text{ dB} + 20.5 \text{ km} * 0.22 \text{ dB/km} + 3 \text{ dB}$	8.41 dB
Peor	1550 nm	$2 * 0.7 \text{ dB} + 4 * 0.1 \text{ dB} + 20.5 \text{ km} * 0.4 \text{ dB/km} + 3 \text{ dB}$	13 dB

Cabe recalcar que estos resultados son valores estimados en escenarios hipotéticos, que se comparan con los resultados obtenidos en el capítulo cuatro de este trabajo de titulación, donde se llevara a cabo la implementación del módulo de manga portátil que contendrá empalmes y conectores que realizarán la función de enlazar la señal óptica proveniente desde la OLT hacia los equipos finales o redes que se simulen o diseñen dentro del laboratorio.

3.6. Mantenimiento Correctivo Y Preventivo

Para conservar las condiciones deseadas del módulo de manga portátil se deben mantener los componentes operativos con el mejor rendimiento posible, para ello se detallarán algunos pasos y métodos para prevenir y corregir los fallos comunes que pueden ocurrir por el deterioro del tiempo o fallas en la intervención humana:

3.6.1. Mantenimiento Preventivo

Para realizar un mantenimiento preventivo efectivo primeramente se debe realizar una revisión óptica total de todo el módulo portátil, desde su estructura hasta el último hilo de fibra óptica, ya que cada uno de sus componentes pueden llegar a causar que todo el sistema falle.

- **Revisión de la estructura:** Chequear que las partes móviles de la estructura funcionen correctamente, que esté libre de polvo y que las llantas móviles no estén siendo obstaculizadas por algún agente externo como restos de hebras de cabello o partes del suelo como piedras.

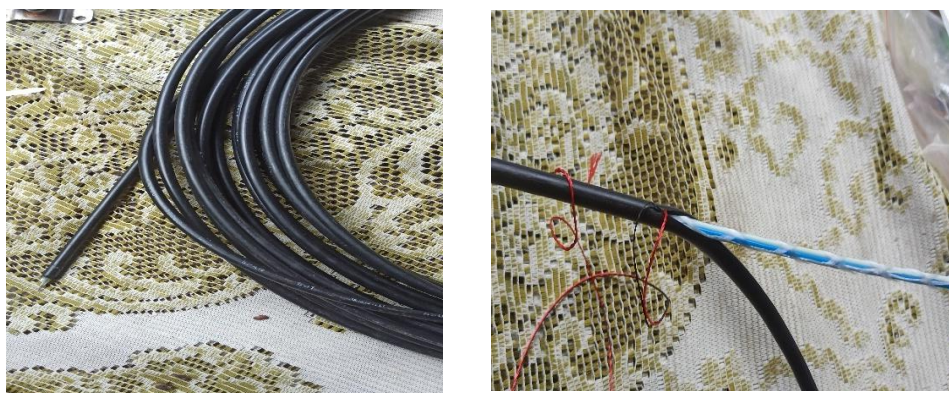
- **Revisión de la Fibra ADSS:** Observar todo el recorrido de la fibra ADSS monomodo y revisar si no tiene algún corte que pueda afectar al paso de luz desde la OLT hasta un equipo terminal, chequear que la fibra no tenga ningún doble ya que esto puede afectar en la pérdida de potencia en la transmisión de datos.
- **Revisión de los hilos de fibra óptica:** Antes de proceder con alguna prueba o practica con enlazamientos de señales, revisar de antemano cada hilo de fibra desde la base hasta la fusión correspondiente, observando que esta no tenga ningún corte y ningún doble que pueda comprometer al módulo portátil.
- **Revisión de los empalmes ópticos:** Para realizar este mantenimiento preventivo se debe realizar con un equipo de laser óptico o VFL, que emitirá luz desde un extremo del *patch cord* que deberá reflejarse en el otro extremo del *patch cord*, observar que la luz no se vea obstruida por un daño en el empalme ya que esto provocaría un daño en ese hilo dejando sin funcionamiento al *patch cord*.
- **Limpieza de los conectores ópticos:** Las motas de polvo son perjudiciales en el área óptica de las telecomunicaciones para ellos los equipos deberían estar libres de partículas de polvo, los conectores ópticos deberán ser limpiados siempre antes de utilizarlos para mantener una calidad optima y un alto rendimiento.
- **Mantenimiento de la OLT:** Para prolongar el tiempo de vida óptimo de la OLT se deberá revisar el rendimiento y la temperatura a la que esta trabaja, ya que la temperatura afecta el rendimiento de los módulos de potencia óptica, además deberá ser limpiada de motas de polvo en sus salidas para los terminales ópticos.

3.6.2. Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento se ejecuta cuando se tiene un problema que a su vez provoca un fallo en el sistema o en este caso en el módulo de manga portátil, el objetivo de este mantenimiento es restaurar o reparar el elemento que se encuentre con el fallo y dejarlo en condiciones óptimas para su funcionamiento.

- **Cortes de Fibra ADSS:** Identificar el área afectada por el corte, se procede a quitar toda el área dañada y ocupar la fibra de reserva extrayéndola y colocándola otra vez en las entradas de la manga, para luego con una sangradora de fibra, quitar la chaqueta y la recubierta de los hilos, como se muestra en la figura 52, una vez dejado los buffer de fibra al descubiertos, con la peladora de fibra se inicia a remover la cubierta protectora de los hilos, con un paño humedecido de alcohol isopropílico limpiar los hilos de la cera protectora como se observa en la figura 52, una vez realizado estos pasos, se procede a insertar los tubillos termo retráctiles y se continua con el corte ultimando la cortadora de fibra o cleaver, como último paso queda realizar la fusión correspondiente con los otros extremos de la fibra ADSS como se muestra en la figura 53.

Figura 52. Cortes de ADSS



Fuente: Imagen elaborada por el autor

- **Fusiones de empalmes y reparaciones de hilos:** Si el corte se presenta en un solo hilo dentro de la casetera de empalmes entonces, se procede a remover el tubillo termo retráctil utilizado, dejando los dos hilos sin fusionar, para ello se deben liberar del embobinado para tener una mejor movilidad dentro del área de trabajo como se ilustra en la figura 53, una vez hecho este paso se continua colocando un nuevo tubillo termo retráctil, con la peladora de fibra se remueve la cubierta protectora y con un paño húmedo con alcohol isopropílico se limpia para liberar del polvo y partículas de fibra para

comenzar a cortar con el *cleaver* tal y como se muestra en la figura 53, para finalmente proceder a fusionar los hilos y volver a embobinar dentro de la casetera.

Figura 53. Fusión de Cable ADSS



Fuente 1: Imagen elaborada por el autor

CAPÍTULO IV

4.1. Análisis e interpretación de resultados

En este capítulo se detallan los datos recolectados durante las pruebas ejecutadas dentro del área de trabajo del laboratorio de FACSISTEL, sobre el módulo de manga portátil evaluado desde la OLT y enlazado hacia los diferentes tableros didácticos. Tomando como referencia los estándares y recomendaciones brindadas por las diferentes organizaciones que rigen a las telecomunicaciones.

La toma de los valores ópticos de potencia, serán referenciados con los datos recolectados desde la OLT, tomando estos como referencia para poder tener un mejor entendimiento con los datos a comparar según las normas y recomendaciones a las que se rijan.

4.1.1. Pérdidas por empalmes ópticos

Para esta sección se detallarán las pérdidas por los empalmes empleados en la unión de las dos fibras ADSS utilizando la normativa de TIA-598-C que es un estándar nacional estadounidense el cual es adoptado por las empresas de telecomunicaciones a nivel nacional, por el cual se proporciona la codificación por cada color que se encuentra dentro de un cable de fibra óptica como se ilustra en la siguiente figura 54, además, también permite identificar las unidades de fibras mediante etiquetas o leyendas impresas que contendrá un número y color de posición numérico para su identificación [30].

Figura 54. Estándar TIA-598-C

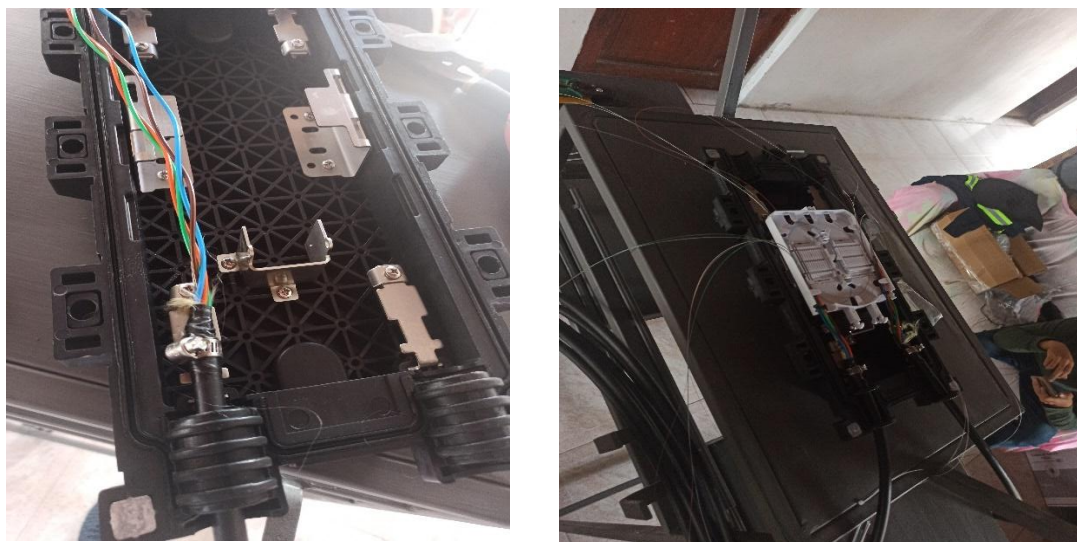
Colores para Fibras Individuales (según estándar TIA-598-C)			
Posición	Color	Posición	Color
1	Azul	13	Azul con línea negra
2	Naranja	14	Naranja con línea negra
3	Verde	15	Verde con línea negra
4	Marrón	16	Marrón con línea negra
5	Gris	17	Gris con línea negra
6	Blanco	18	Blanco con línea negra
7	Rojo	19	Rojo con línea negra
8	Negro	20	Negro con línea amarilla
9	Amarillo	21	Amarillo con línea negra
10	Violeta	22	Violeta con línea negra
11	Rosa	23	Rosa con línea negra
12	Turquesa	24	Turquesa con línea negra

Fuente: Imagen obtenida desde la web: syscom.mx

4.1.1.1. Resultados sobre las fusiones del buffer azul

Para inicializar el proceso de conexión entre las dos fibras ADSS primeramente se tiene realizar un empalme óptico fusionando el contenido del buffer azul A contra los 6 hilos del otro extremo del buffer azul B como se muestra en la figura 55, cada hilo tiene una pérdida en dBm aproximada que se detallaran en la tabla 26.

Figura 55. Empalme entre lados A y B de la fibra ADSS



Fuente: imagen elaborada por el autor

Tabla 26. Pérdidas por empalmes del buffer azul

Buffer Azul A	Buffer Azul B	Pérdida decibelios (dBm)
Hilo Azul	Hilo Azul	0.08
Hilo Naranja	Hilo Naranja	0.01
Hilo Verde	Hilo Verde	0.01
Hilo Café	Hilo Café	0.03
Hilo Gris	Hilo Gris	0.01
Hilo Blanco	Hilo Blanco	0.03

Siguiendo con las recomendaciones del estándar ANSI/TIA/EIA 568B.3, sugiere que para los empalmes de fibra óptica monomodo que trabajen con una longitud de onda que

este entre 1310 y 1550 nanómetros, la atenuación óptica máxima permitida para un óptimo desempeño es de 0.0 a 0.3 dBm [31]. A continuación, en la tabla 27 se realizarán las comparaciones de las pruebas contra las recomendaciones.

Tabla 27. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer azul

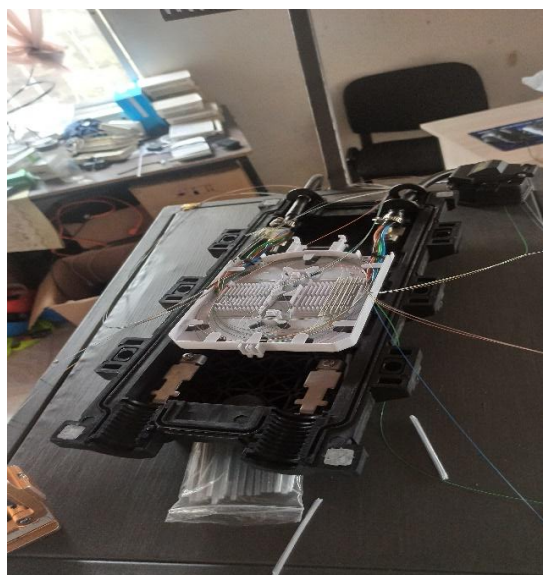
Pérdidas en dBm reales	Estándar ANSI/TIA/EIA 568B.3	Porcentaje de error (%)
0.08	0.03	1.6%
0.01	0.03	0.6%
0.01	0.03	0.6%
0.03	0.03	0%
0.01	0.03	0.6%
0.03	0.03	0%
Promedio total		0.56%

Según los datos obtenidos sobre las pérdidas en los empalmes de los extremos del buffer azul A y B nombrados anteriormente en la tabla 27, se tiene el promedio total del porcentaje de error en decibelios de un 0.56% que este valor indica que se mantiene dentro del rango operativo y óptimo para el funcionamiento del buffer azul.

4.1.1.2. Resultados sobre las fusiones del buffer naranja

De la misma manera como se explica en el apartado anterior se procede a fusionar los extremos A y B del buffer de color naranja como se muestra en la figura 56, en la tabla 28 se detallan los valores sobre las pérdidas de cada hilo por la fusión realizada.

Figura 56. Empalme del buffer naranja



Fuente: Imagen elaborada por el autor

Tabla 28. Pérdidas por empalme del buffer naranja

Buffer Naranja A	Buffer Naranja B	Pérdidas en decibelios (dBm)
Hilo Azul	Hilo Azul	0.02
Hilo Naranja	Hilo Naranja	0.02
Hilo Verde	Hilo Verde	0.02
Hilo Café	Hilo Café	0.01
Hilo Gris	Hilo Gris	0.02
Hilo Blanco	Hilo Blanco	0.01

A continuación, en la tabla 29 se desglosan los valores obtenidos referente a la norma ANSI/TIA/EIA 568B.3 y los porcentajes de errores correspondientes:

Tabla 29. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer naranja

Pérdidas en dBm reales	Estándar ANSI/TIA/EIA 568B.3	Porcentaje de error (%)
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%

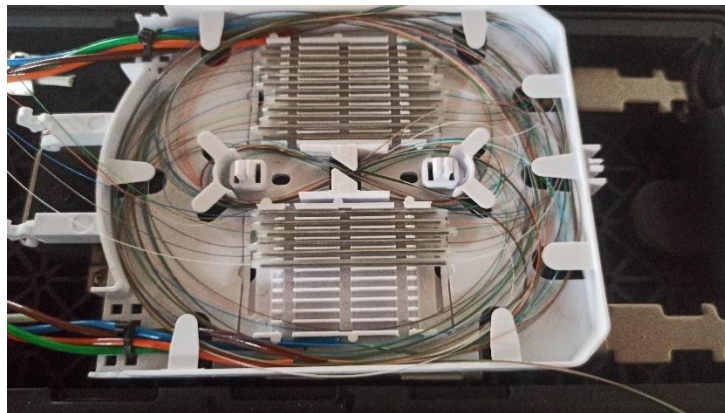
0.01	0.03	0.6%
0.02	0.03	0.3%
0.01	0.03	0.6%
Promedio total		0.4%

Los valores obtenidos en la tabla 29 muestran un promedio de porcentaje de error del 0.4%, lo que indica que las fusiones son de buena calidad y las fibras están en condiciones óptimas para su funcionamiento.

4.1.1.3. Resultados sobre las fusiones del buffer verde

Continuando con el proceso de fusión se prosigue a empalmar los extremos A y B del buffer Verde con sus respectivos hilos contra hilos como se muestra en la figura 57, además, en la tabla 30 se recolectarán los valores obtenidos de las pérdidas por fusión:

Figura 57. Empalme del buffer verde



Fuente: Imagen elaborada por el autor

Tabla 30. Pérdidas por empalme del buffer verde

Buffer Verde A	Buffer Verde B	Pérdidas en decibelios dBm
Hilo Azul	Hilo Azul	0.02
Hilo Naranja	Hilo Naranja	0.02
Hilo Verde	Hilo Verde	0.02
Hilo Café	Hilo Café	0.02
Hilo Gris	Hilo Gris	0.02
Hilo Blanco	Hilo Blanco	0.01

Como se muestra en la tabla 31, los datos recolectados sobre el porcentaje de error por cada fusión son comparados con la recomendación ANSI/TIA/EIA 568B.3 que sugiere que se trabaje a un porcentaje de error del 0.03 dBm.

Tabla 31. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer verde

Pérdidas en dBm reales	Estándar ANSI/TIA/EIA 568B.3	Porcentaje de error (%)
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.01	0.03	0.6%
Promedio total		0.35%

La tabla 31 nos muestra un resultado del 0.35% en el porcentaje de error sobre las fusiones del buffer de color verde, esto dicta que cumple con la norma ANSI/TIA/EIA 568B.3, dejando los hilos en óptimas condiciones para su manipulación.

4.1.1.4. Resultados sobre las fusiones del buffer café

En la siguiente tabla 32, se muestran los datos recolectados sobre las fusiones del buffer café entre los extremos A y B:

Tabla 32. Pérdidas por empalme del buffer café

Buffer Café A	Buffer Café B	Pérdidas en decibelios (dBm)
Hilo Azul	Hilo Azul	0.02
Hilo Naranja	Hilo Naranja	0.02
Hilo Verde	Hilo Verde	0.02
Hilo Café	Hilo Café	0.02
Hilo Gris	Hilo Gris	0.02
Hilo Blanco	Hilo Blanco	0.01

El análisis de la tabla 33 indica el porcentaje de error obtenido entre los valores recabados por la fusión óptica y el estándar utilizado en este proyecto.

Tabla 33. Porcentaje de error en las pérdidas del buffer café

Pérdidas en dBm reales	Estándar ANSI/TIA/EIA 568B.3	Porcentaje de error (%)
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.02	0.03	0.3%
0.01	0.03	0.6%
Promedio total		0.35%

El valor obtenido del promedio total sobre el porcentaje de error es del 0.35% lo que indica que los hilos de fibra del buffer café están en condiciones óptimas para su funcionamiento como se puede observar en la tabla 33.

4.1.2. Pérdidas entre *patch cords* y buffers

El estándar ITU-T652 menciona las diferentes características de transmisión en los cables de fibra óptica monomodo [32], en este proyecto se utilizó un cable de fibra ADSS monomodo con una longitud de onda de dispersión completamente nula operando en los 1310 nanómetros como se muestra en la figura 58.

Figura 58. Fibra ADSS monomodo



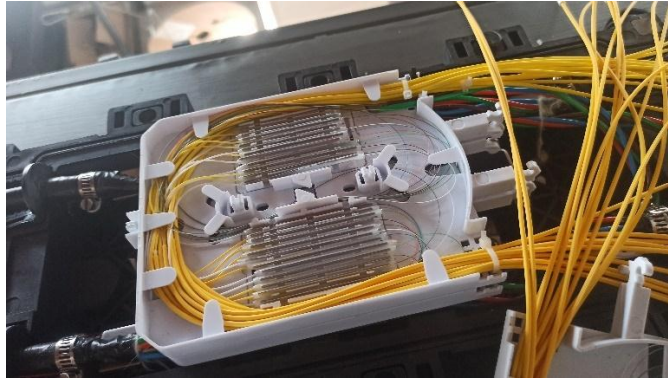
Fuente: Imagen elaborada por el autor

En el uso de *patches cords* SC/UPC y SC/APC se utilizaron según la normativa TIA/EIA 492AAAE, que indica que están diseñados para interconexiones entre redes de planta interna a planta externa en comunicaciones de alta velocidad, como se muestra en la figura 58, para satisfacer la transmisión de datos que van desde 1 a 40 Gigabit [33].

4.1.2.1. Resultados de pérdidas entre *patches cords* y buffers A

Una vez terminado los empalmes entre los dos extremos de fibra monomodo, se continua con la unión del lado A con los 24 *patches cords* de 5 metros de largo; la ADSS contine a los 4 buffers que en conjunto suman 24 hilos de fibra como se muestra en la figura 59.

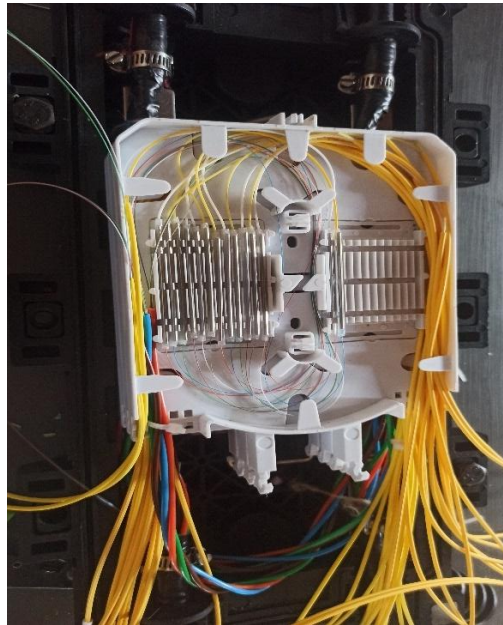
Figura 59. Unión de los patchs cords con el extremo A de la ADSS



Fuente: Imagen elaborada por el autor

La manga lineal tiene una capacidad de almacenamiento de empalmes ópticos de hasta 96 hilos, una vez embobinado los primeros 24 hilos fusionados se coloca el siguiente plato o porta empalmes y se procede a colocar los tubillos termo retractiles para y seguir con las fusiones y embobinados como se muestra en la figura 60.

Figura 60. tubillos fusionados en platos porta splitters



Fuente: Imagen elaborada por el autor

Manteniendo el estándar ANSI/TIA/EIA 568B.3 se prosigue a realizar los empalmes entre la ADSS y los *patchs cords*, en la tabla 34 se describen los datos sobre las pérdidas por

fusión de cada uno de los buffers con su respectivo hilo manteniendo el margen de 0.03 dBm como lo dice la recomendación ya antes mencionada.

Tabla 34. Pérdidas por empalme entre patchs cords y buffers A

Buffer A	Empalme de hilos contra <i>patchs cords</i>	Pérdidas por fusión (dBm)
Azul	Azul	0.01
	Naranja	0.01
	Verde	0.00
	Café	0.01
	Gris	0.01
	Blanco	0.01
Naranja	Azul	0.01
	Naranja	0.01
	Verde	0.02
	Café	0.02
	Gris	0.01
	Blanco	0.01
Verde	Azul	0.02
	Naranja	0.01
	Verde	0.02
	Café	0.01
	Gris	0.01
	Blanco	0.01
Café	Azul	0.02
	Naranja	0.02
	Verde	0.01
	Café	0.02
	Gris	0.01
	Blanco	0.01

Como se observa en la tabla 34, los resultados obtenidos por pérdida de cada fusión son menor a 0.03 dBm por lo que cumple con las recomendaciones de las organizaciones que rigen a las telecomunicaciones.

4.1.2.2. Resultados de pérdidas entre *patch cords* y buffers B

Así como se mencionó en el apartado anterior se prosigue a unir mediante fusiones ópticas el lado B de la ADSS con los 24 *patchs cords* monomodo del otro extremo manteniendo las recomendaciones de la ANSI/TIA/EIA 568B.3, como se detalla en la tabla 35, a continuación:

Tabla 35. Pérdidas por empalmes entre *patchs cords* y buffers B

Buffer B	Empalme de hilos contra <i>patchs cords</i>	Pérdidas por fusión (dBm)
Azul	Azul	0.01
	Naranja	0.01
	Verde	0.01
	Café	0.01
	Gris	0.01
	Blanco	0.02
Naranja	Azul	0.02
	Naranja	0.01
	Verde	0.01
	Café	0.01
	Gris	0.01
	Blanco	0.01
Verde	Azul	0.01
	Naranja	0.01
	Verde	0.01
	Café	0.05
	Gris	0.00
	Blanco	0.00

Café	Azul	0.01
	Naranja	0.01
	Verde	0.01
	Café	0.01
	Gris	0.01
	Blanco	0.01

Los valores obtenidos mediante las fusiones ópticas reflejan, que las pérdidas por dBm son menores a los valores referenciados sobre los porcentajes de errores, véase la tabla 33, esto quiere decir que los 24 *patches cords* están dentro del umbral de trabajo ya que se mantienen al margen de las recomendaciones.

4.1.3. Señalización y etiquetas

Siguiendo con la normativa para la nomenclatura de los elementos de infraestructura de plantas internas y externas dadas por la Corporación Nacional De Telecomunicaciones “CNT”, a continuación, se detallarán las recomendaciones **ITU-T G652** e **ITU-T G657** para la señalización y etiquetado de forma correcta, en la identificación de los componentes del sistema PON [35].

4.1.3.1. ODF

Elemento óptico pasivo donde se embobinan los hilos de fibra óptica de *feeder*, se identifican con los códigos en secuencia **ODF**, seguido del número de instalación (**01, 02, 03, ...**) y su capacidad (**48**) [35], ejemplo:

CODIGO: ODF01(48)

4.1.3.2. Puerto ODF

Con el código para identificar el puerto utilizado (**P2**) residente en el **ODF (48)** [35], ejemplo:

CODIGO: ODF01(48) _P2

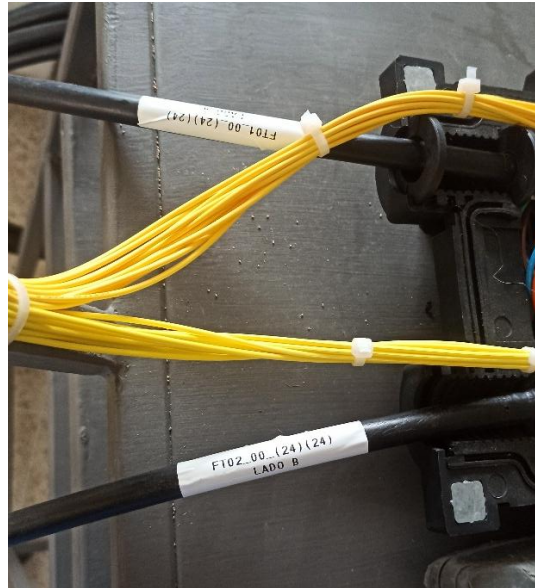
4.1.3.3. Cable ADSS Feeder

Para identificar el medio de transmisión óptico activo y el elemento pasivo de la Red de Distribución Óptica “ODN”, se prosigue mediante el siguiente código **FT**, seguido del

orden de ruta, según como vaya la distribución (**01, 02, 03, ...**), los niveles de derivación (**00_00**), la capacidad del cable (**48**) y los hilos activos de forma correspondiente (**1 - 48**) como se ilustra en la figura 61 [35] ejemplo:

CODIGO: FT01_00_00(48)(1-48)

Figura 61. etiquetado de fibra Feeder



Fuente: Imagen elaborada por el autor

4.1.3.4. Empalme de cable troncal

Empates de fibra óptica de la red *feeder*, identificado por el código en secuencia **MF**, enlazado por el orden numérico (**01**) y su capacidad (**48**) como se ilustra en la figura 62 [35], ejemplo:

CODIGO: MF01(48)

Figura 62. Etiquetado de empalme troncal



Fuente: Imagen elaborada por el autor

4.1.3.5. Empalmes para cortes intermedios

Productos de cortes o sagrados de la fibra ADSS, se identificará por la codificación alfa - numérica del empalme empatado anterior **MF01**, seguido por caracteres del abecedario en orden alfabético (**a, b, c, ...**), y su capacidad (**48**) [35], ejemplo:

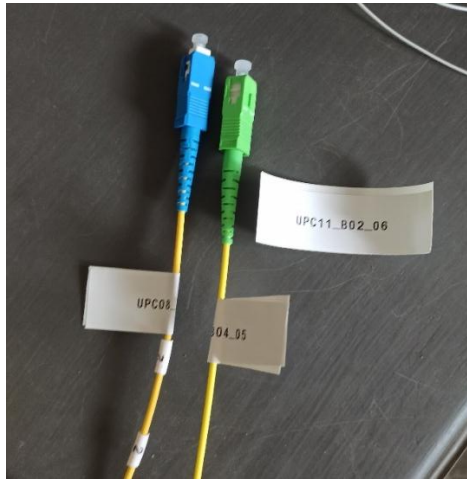
CODIGO: MF01a(48)

4.1.3.6. Caja de distribución óptica (NAP)

Elemento que interconecta la red de distribución con la red de dispersión, se identifica de la siguiente manera, señalando la fibra troncal (**FT01**), el número de hilo utilizado de forma ascendente (**01**), utilizando la serie alfa- numérica (**A1**) de acuerdo con la norma de diseño de plantas externas como se detalla en la figura 63 [35], ejemplo:

CODIGO: FT01_01_A1

Figura 63. Etiquetado de salida de NAP



Fuente: Imagen elaborada por el autor

4.1.3.7. Splitter secundario en NAP

Se identifica con las letras **SS**, seguidas con la numeración en secuencia de la instalación en la caja de distribución (**01**) y su capacidad (**1/8**) [35], ejemplo:

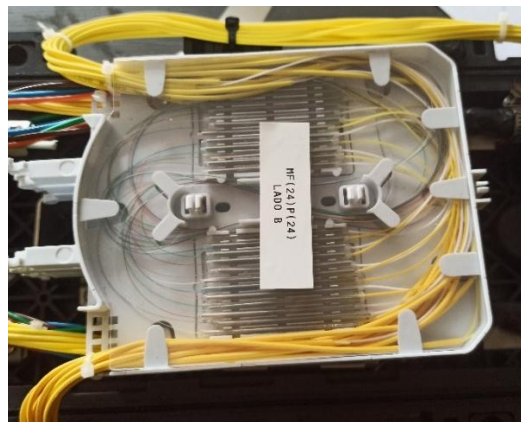
CODIGO: FT01_01_A1_SS01(1/8)

4.1.3.8. Puerto de salida en splitter secundario en NAP

Se identifica el puerto de salida de la NAP con el código (**s01**) alojado en el **ss01(1/8)** como se ilustra en la figura 64 [35], ejemplo:

CODIGO: FT01_01_A1_SS01(1/8)_s01

Figura 64. Etiquetado para porta splitter



Fuente: Imagen elaborada por el autor

4.1.4. OLT

Se realizó un estudio para la OLT a utilizar en este proyecto, donde se adquirió la marca HIOSO modelo Ha7104 de la serie EPOM (Ethernet Passive Optical Network), desarrollado para construir una red óptica adaptándose a múltiples aplicaciones FTTx, incrementando el enlace de datos y la distancia de transmisión [34].

4.1.4.1. HIOSO y QoS

La OLT contiene 4 puertos PON que integran una distancia de transmisión de 20 kilómetros y con un elevado ancho de banda como se ilustra en la figura 65, independientemente cada línea tiene un ancho de banda simétrico con enlace ascendente y descendente de 1.25 Gbps de velocidad de línea completa [34].

Figura 65. OLT Hioso Ha7104



Fuente: Imagen elaborada por el autor

Cada módulo PON admite un máximo total de 256 equipos finales o identificadores de enlace lógico (LLID) y adoptado con el cifrado AES-128 para cada identificador, ya que este ayuda a depurar los diferentes flujos de datos en el tráfico mediante la cola; a su vez este cifrado admite ponderaciones de flujo coeficiente que garantiza una calidad de servicio alta y eficiente [34].

La OLT tiene asignación de un ancho de banda dinámico y flexible (DBA), este ancho de banda puede cambiarse desde 1 kbps de acuerdo a como el administrador considere necesario, este equipo posee la detección y registro automático de equipos o terminales como ONUS u ONT, pruebas hacia las líneas de los usuarios, alertas de fallas en la línea de fibra óptica y alertas de falla de energía [34].

4.1.4.2. Características y especificaciones técnicas

El modelo Ha7104 contiene operaciones y características operables tales como, direcciones MAC limitada y lixiviada, configuraciones de direcciones IP y filtrado del mismo, control sobre la asignación de ancho de banda, asignación por VLAN y control de flujo, controlado y monitoreado desde la interfaz web dada por el fabricante [34].

Además, este equipo admite la función remota desde la gestión del CLI, protocolos Telnet, GUI y SNMP, cuenta con el servicio de soporte del protocolo de Telnet en línea, asimismo puede lograr una administración centralizada, monitoreo, pruebas y mantenimientos remotos, también cuenta con la actualización remota en línea de los equipos registrados tales como ONUS [34].

En la tabla 36 se detallarán las especificaciones técnicas según los parámetros de la OLT:

Tabla 36. Especificaciones técnicas de la OLT

Parámetros	Especificaciones
Longitud de onda	1310 (RX)/1490 (TX)
Distancia de transmisión	20 km
Radio de splitteo	1:64
Capacidad	254 ONUS
Duración	100.000 horas
Soportes y protocolos	IEEE 802.ah DBA con un mínimo de 1kbps y ajustable 1 Gbps de subida y bajada simétrico en líneas IEEE 802.3, IEEE 802.3U, IEEE 802.3ab IEEE 802.1q VLAN IEEE 802.1d Bridge y STP
Administración	Soporte por GUI y administración en base a SNMP Soporte local por el puerto de administración y por medio de CLI y Telnet

Fuente: Tabla extraída desde la web: hioso.com

A continuación, se detallarán los parámetros físicos sobre el funcionamiento eléctrico y parámetros referentes a la humedad y temperatura de trabajo de la OLT Hioso Ha7104 en la tabla 37:

Tabla 37. Especificaciones físicas de la OLT

Parámetros	Especificaciones
Máximo poder de consumo	DC 12v (15W)
Máximo número de puertos	8 módulos, 4 PON, 4 Gigabits Ethernet
Temperatura de trabajo	-10 – 55°C
Temperatura de almacenamiento	-40 – 70°C
Humedad	5% - 90%
Dimensiones	481 mm (W)*309 mm (D)*132 mm (H)

Fuente: Tabla extraída desde la web: hioso.com

4.1.5. Presupuesto óptico

El presupuesto óptico es una ponderación teórica que se da al momento de realizar un enlazamiento de red de fibra óptica como muestra la ecuación 7 de la atenuación total, sin embargo, estos valores son teóricos que se compararán con los valores prácticos obtenidos durante las mediciones que se verán a continuación:

Tabla 38. Presupuesto óptico

Patch cord	Potencia de transmisión	Pérdida por conectores	Pérdida por empalmes	Splitters ¼	Potencia de salida
UPC01_B01_01	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC02_B01_02	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC03_B01_03	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC04_B01_04	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm

UPC05_B01_05	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC06_B01_06	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC07_B02_01	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC08_B02_02	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC09_B02_03	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC10_B02_04	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC11_B02_05	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
UPC12_B02_06	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC13_B03_01	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC14_B03_02	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC15_B03_03	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC16_B03_04	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC17_B03_05	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC18_B03_06	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC19_B04_01	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC20_B04_02	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC21_B04_03	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC22_B04_04	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC23_B04_05	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm
APC24_B04_06	+3.5 dBm	2*(0.5dBm)	0.8 dBm	7.5 dBm	-6.5 dBm

En la tabla 38 se pueden observar los valores teóricos sobre la potencia de salida (Prx) realizado los cálculos de pérdidas de potencia utilizando la ecuación 7.

4.1.6. Potencia evaluada desde la OLT hasta los extremos de los *Patchs cords*

Teniendo en cuenta que el módulo de potencia de la OLT da un valor en decibelios de +2.0 dBm en la longitud de los 1490 nanómetros, sin embargo, en la ventana de los 1310 nanómetros marco un resultado de +3 dBm, se procedieron a la recolección de datos utilizando un medidor de potencia óptica “OPM”, para ello se procede a conectar un *splitter* de “4” salidas para dividir la señal y comenzar con las prácticas como se muestra en la figura 66.

Figura 66. Potencia del módulo desde la OLT



Fuente: Imagen elaborada por el autor

A continuación, en la tabla 38 se muestran los valores recabados de la conexión entre la OLT hacia los *splitters*:

Tabla 39. Potencia desde la OLT hacia los *splitters*

Módulos de potencia Px20+++	Splitter 1/2 (dBm)	Splitter 1/4 (dBm)	Splitter 1/8 (dBm)	Splitter 1/16 (dBm)
PON 1 (+3.5dBm)	-0.5	-3.8	-8	-10.2
PON 2 (+3.5dBm)	-0.5	-3.8	-8	-10.2
PON 3 (+3.5dBm)	-0.5	-3.8	-8	-10.2
PON 4 (+3.5dBm)	-0.5	-3.8	-8	-10.2

Los valores obtenidos y registrados en la tabla 38, están dentro del rango de operación según la data de los *splitters*, sin embargo, estos valores pueden variar dependiendo del fabricante y la data ya antes mostrada, además de curvaturas o una mala medición podrían afectar el rendimiento de los elementos o pérdidas elevadas de potencia.

Siguiendo con la medición de valores ópticos evaluados desde la OLT por medio del módulo de manga portátil, se enlaza el módulo de potencia hacia un *splitter* y del divisor de señal hacia un *patch cord* de la estructura movable como se ilustra en la figura 67.

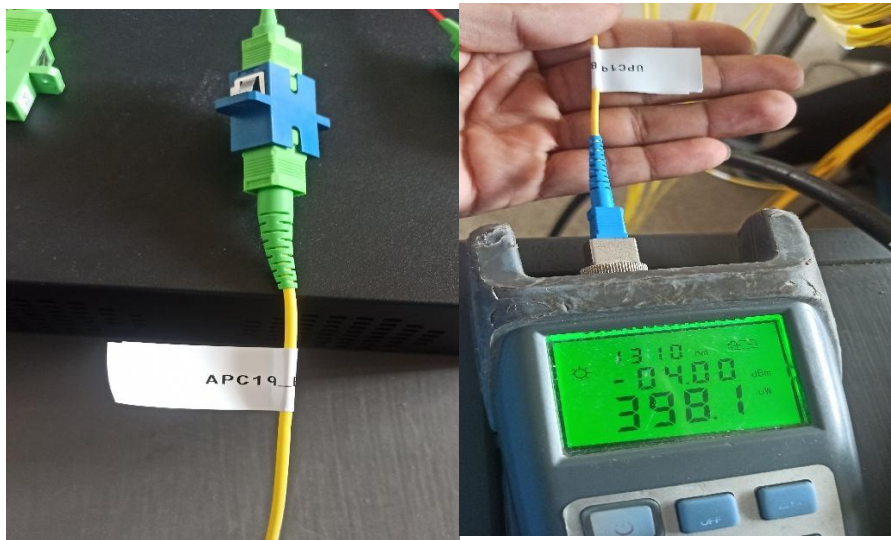
Figura 67. Potencia óptica desde el splitter 1/4



Fuente: Imagen elaborada por el autor

Cada *patch cord* constara con su respectiva etiqueta para dar una facilidad al momento de manipular y encontrar de una forma más rápida y eficiente el *patch cord* del otro extremo del módulo como se detalla en la figura 68, a continuación, se procede a la medición de potencia óptica hasta el *patch cord* del terminal “B” utilizando un equipo de medición óptica “OPM” en la ventana de los 1310 nanómetros como se ilustra en la figura 68.

Figura 68. Potencia óptica desde los patch cords



Fuente: Imagen elaborada por el autor

A continuación, en la tabla 39, se detallan los valores de potencia óptica obtenida del módulo de manga portátil evaluada desde la OLT:

Tabla 40. Potencia óptica obtenida del módulo de manga portátil

Módulo de potencia Px20+++	Splitter 1/4	Cable ADSS A	Cable ADSS B	Potencia de salida (dBm)
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC01_B01_01	APC01_B01_01	-10.20 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC02_B01_02	APC02_B01_02	-05.94 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC03_B01_03	APC03_B01_03	-06.67 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC04_B01_04	APC04_B01_04	-06.81 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC05_B01_05	APC05_B01_05	-06.37 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC06_B01_06	APC06_B01_06	-08.42 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC07_B02_01	APC07_B02_01	-07.02 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC08_B02_02	APC08_B02_02	-05.94 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC09_B02_03	APC09_B02_03	-06.60 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC10_B02_04	APC10_B02_04	-06.52 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC11_B02_05	APC11_B02_05	-06.52 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	UPC12_B02_06	APC12_B02_06	-06.15 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC13_B03_01	UPC13_B03_01	-04.80 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC14_B03_02	UPC14_B03_02	-04.11 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC15_B03_03	UPC15_B03_03	-04.24 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC16_B03_04	UPC16_B03_04	-06.00 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC17_B03_05	UPC17_B03_05	-03.67 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC18_B03_06	UPC18_B03_06	-03.64 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC19_B04_01	UPC19_B04_01	-03.50 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC20_B04_02	UPC20_B04_02	-03.91 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC21_B04_03	UPC21_B04_03	-04.17 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC22_B04_04	UPC22_B04_04	-03.39 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC23_B04_05	UPC23_B04_05	-03.39 dBm
+3 dBm	-7.5 dBm	APC24_B04_06	UPC24_B04_06	-03.48 dBm

Los valores obtenidos y reflejados en la tabla 40 son el resultado de las mediciones efectuadas desde la OLT por medio de un *splitter* de 1:4 y conectado a los *patches cords* del módulo portátil, sin embargo, estos valores no son fijos, ya que pueden variar por ligeras curvaturas o suciedad en los sensores de los equipos de medición, para ello se recomienda revisar el mantenimiento preventivo.

La recomendación **UIT-R BT.1367-2** explica las atenuaciones permitidas en un sistema PON de medio alcance, dentro del margen de error el rango permitido es de ± 3 dBm, el cable de fibra monomodo tiene una pérdida de 0.35 dB/km, pero este valor se desprecia ya que el módulo tiene menos de 1 km de longitud.

En la tabla 41 se muestran los valores de pérdida por inserción:

Tabla 41. Pérdidas por inserción

Pérdida por inserción	Decibelios (dB)
Conectores	0.5 dB
Empalmes	0.3 dB
Embobinados	1 dB
APC/UPC	1.5 dB

En la siguiente tabla 42, se detallarán las comparaciones entre los valores del presupuesto óptico y el valor obtenido de forma experimental:

Tabla 42. Porcentaje de error del módulo portátil

Potencia de salida (dBm)	Presupuesto óptico	Porcentaje de error (%)
-09.20 dBm	-06.5 dBm	2.4 %
-05.94 dBm	-06.5 dBm	1.91 %
-06.67 dBm	-06.5 dBm	2 %
-06.81 dBm	-06.5 dBm	2.04 %
-06.37 dBm	-06.5 dBm	1.98 %
-08.42 dBm	-06.5 dBm	2.29 %
-07.02 dBm	-06.5 dBm	2.08 %
-05.94 dBm	-06.5 dBm	1.91 %

-06.60 dBm	-06.5 dBm	2.01 %
-06.52 dBm	-06.5 dBm	2.00 %
-06.52 dBm	-06.5 dBm	2.00 %
-06.15 dBm	-06.5 dBm	1.94 %
-04.80 dBm	-06.5 dBm	1.73 %
-04.11 dBm	-06.5 dBm	1.63 %
-04.24 dBm	-06.5 dBm	1.65 %
-06.00 dBm	-06.5 dBm	1.61 %
-03.67 dBm	-06.5 dBm	1.56 %
-03.64 dBm	-06.5 dBm	1.56 %
-03.50 dBm	-06.5 dBm	1.53 %
-03.91 dBm	-06.5 dBm	1.60 %
-04.17 dBm	-06.5 dBm	1.64 %
-03.39 dBm	-06.5 dBm	1.52 %
-03.39 dBm	-06.5 dBm	1.52 %
-03.48 dBm	-06.5 dBm	1.53 %
Promedio total		1.735 %

El porcentaje de error mostrado en la tabla 42, indica que se está respetando el estándar **UIT-R BT.1367-2** ya que los valores están dentro del rango permitido de los ± 3 dB a partir del presupuesto óptico dado anteriormente, con estos resultados el módulo de manga portátil queda en perfectas condiciones para cumplir con los requerimientos que el estudiantado necesite.

4.2. Conclusiones

- De acuerdo con los resultados obtenidos en la potencia de salida del módulo de manga portátil se concluye que se cumplen con todos los parámetros de estandarización citados anteriormente en este trabajo de titulación como TIA, ANSI, ITU, EIA entre otros, logrando que la señal óptica sea la óptima para futuros trabajos e investigaciones.
- La OLT de la marca Hioso es un equipo de gran importancia en el módulo de manga portátil, ya que es el encargado de asegurarse de que la señal se enlace y continúe por el trazo que los hilos de fibra marquen, llegando a su punto final donde el abonado que conectado a una terminal óptica puede ser utilizada para múltiples desempeños como servicios de IPTV, Internet, VOIP entre otras.
- Las mediciones ópticas se cumplieron con las recomendaciones dictadas por las normas internacionales de las telecomunicaciones UIT-R BT.1367-2, por el cual se pudo constatar los umbrales de error que se obtuvieron durante las evaluaciones efectuadas en el módulo de manga portátil, así mismo siguiendo la normativa TIA-598-C se llevó un correcto ordenamiento de los hilos de fibra dentro de las caseteras porta empalmes, para un rápido y eficaz avistamiento sobre posibles fallas o atenuaciones en la red.
- Los elementos ópticos pasivos traen consigo valores que generan pérdidas en la señal de potencia por cada intervención que estos tengan, sin embargo, estos aportan para dar más escalabilidad a una red PON así mismo cada elemento varía por el tipo de fabricante y esto conlleva a diferentes umbrales de pérdida que afectan a la señal óptica.

4.3. Recomendaciones

- Es recomendable realizar un análisis visual del módulo de manga portátil antes comenzar a evaluar o efectuar alguna practica de laboratorio, constatando que todos los elementos que compongan a la estructura se encuentren en perfecto estado, ya que un deterioro de un complemento puede afectar a los procesos evaluativos a los que el módulo aplique.
- Al momento de realizar algún tipo de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, revisar que los implementos de corte o peladores de fibra se encuentren calibrados para una mejor precisión al momento de la reparación de la línea afectada, manteniendo las normativas y recomendaciones dictadas por las Instituciones que rigen a las telecomunicaciones.
- Mantener los estándares de señalización y etiquetado de los cables y *patches cords* de fibra óptica para una mejor comprensión de la materia, esto ayuda a acercar la brecha entre la teoría aprendida en los salones de clases con los escenarios reales en el campo laboral, además, de mantener un orden para una rápida identificación de hilos y buffers de fibra óptica.

Bibliografía

- [1] *Academia.edu*. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/download/56545919/Fibra_optica_----_Pg_1--7.pdf. [Consultado: 19-sep-2022].
- [2] Y. Fernández, “No, esto no es un molino: es el primer sistema de telecomunicaciones, un telégrafo óptico”, *Xataka.com*, 01-ene-2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/historia-tecnologica/no-esto-no-es-un-molino-es-el-primer-sistema-de-telecomunicaciones-un-telegrafo-optico>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [3] R. Fuertes y E. Paúl, “Simulador de ondas WDM (Optical Division Multiplexing) para el laboratorio de sistemas avanzados de telecomunicaciones”, SANGOLQUÍ / ESPE / 2007, 2007.
- [4] “Redes de Fibra Óptica: todo lo que necesitas saber”, *aula21 / Formación para la Industria*, 05-ago-2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.cursosaula21.com/que-son-las-redes-de-fibra-optica/>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [5] “Estructura - Fibra Óptica”, *Udec.cl*. [En línea]. Disponible en: <http://www2.udec.cl/~jdupre/fibra/estruc.html>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [6] F. Andrade y R. Adrián, “Diseño de una red de fibra óptica con tecnología GPON con el estándar FTTB mediante el uso de equipos de capas 3 escalables y redundantes en enlaces principales y backup en el centro comercial Alhambra”, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2018.
- [7] M. L. Augusto Duarte y F. S. Guerrero Culqui, “Diseño e implementación de un modelo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas”, 2020.
- [8] M. Casamín y A. Fernando, “Análisis técnico comparativo de las redes de acceso ópticas pasivas de nueva generación: análisis técnico comparativo entre las redes de acceso 50G-EPON y NG-PON2”, Quito: EPN, 2022., 2022.
- [9] C. E. Cedillo Delgado y M. A. Nieto Alvarez, “Análisis para la optimización del presupuesto óptico sobre última milla, mediante pruebas dentro de la red GPON de CNT en la ciudad de Azogues”, 2019.
- [10] A. V. Pardo Ríos y B. D. Santos Suárez, “Diseñar e implementar una red GPON y arquitectura FTTH aplicando los estándares ANSI/TIA/EIA-568-B.3 y TIA 598-A, en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones”, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020, 2020.
- [11] “Total Internal Reflection”, *Gsu.edu*. [En línea]. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/totint.html>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [12] C. Bustamante y P. Ernesto, “Manual práctico para el cableado de la red aérea de fibra óptica de Telconet en la ciudad de Quito”, Quito, 2016., 2016.
- [13] Monitoring-Delta, “Atenuación de la fibra óptica”, *Shopecta.eu*, 25-jul-2002. [En línea]. Disponible en: https://shopecta.eu/atenuacion-de-la-fibra-optica_16_aid811.html. [Consultado: 19-sep-2022].
- [14] C. Garcia y A. Emmanuel, “Fibra óptica: evolución, estándares y aplicaciones”, 2020.

- [15] C. Someda y J. A. Martín Pereda, “La luz portadora de información: las fibras ópticas”, *Anuario El País*, núm. 1996, pp. 384–391, 1995.
- [16] J. J. Velasco, “Fibra óptica: la historia de sus orígenes”, *Blogthinkbig.com*, 18-jun-2013. [En línea]. Disponible en: <https://blogthinkbig.com/fibra-optica-origen>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [17] J. R. Salvador, “Fibra óptica - Tipos de fuente de luz, dispersión, las ‘3R’ y optical budget”, *Blog DAVANTEL*, 27-feb-2019. [En línea]. Disponible en: <https://blog.davantel.com/fibra-optica-tipos-de-fuente-de-luz-dispersion-3r-optical-budget>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [18] X. Gutierrez, “Fibra Óptica: Principios y Fabricación (II)”, *Totalplay Empresas*, 21-jun-2021. [En línea]. Disponible en: <https://tpempresas.com/fibra-optica-principios-y-fabricacion-ii>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [19] “info@citel”, *Oas.org*. [En línea]. Disponible en: https://www.oas.org/es/citel/infocitel/2010/abril/ftth_e.asp. [Consultado: 19-sep-2022].
- [20] “Propiedades de la fibra óptica”, *Textoscientificos.com*, 07-abr-2006. [En línea]. Disponible en: <https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/propiedades>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [21] *Fibremex.com*. [En línea]. Disponible en: <https://fibremex.com/fibra-optica/views/Blog/detalle.php?id=86&nom=que-es-una-fusionadora-de-fibra-optica>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [22] *Toolboom.com*. [En línea]. Disponible en: <https://toolboom.com/es/catalogue/fiber-optic-network-maintenance/fiber-optics-strippers/#:~:text=Peladoras%20para%20cables%20de%20fibra,óptico%20sin%20dañar%20las%20fibras>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [23] “Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla”, *Promax.es*. [En línea]. Disponible en: <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [24] “Conocimientos básicos del distribuidor de fibra óptica (ODF)”, *Knowledge*, 13-jul-2021. [En línea]. Disponible en: <https://community.fs.com/es/blog/basic-of-optical-distribution-frame-odf.html>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [25] “CATVSCOPE Sangradora de Chaqueta de Fibra Óptica 4-10MM”, *SincablesEC*. [En línea]. Disponible en: <https://www.sincables.com.ec/product/catvscope-sangradora-de-chaqueta-de-fibra-optica/>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [26] H. Fumero, “Uso de un VFL... ¿VFL?”, *Fibraopticahoy.com*. [En línea]. Disponible en: <https://www.fibraopticahoy.com/blog/uso-de-un-vfl-vfl/>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [27] “Principio de funcionamiento y características de los OTDR”, *Viavisolutions.com*, 04-dic-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.viavisolutions.com/es-es/principio-de-funcionamiento-y-caracteristicas-de-los-otdr>. [Consultado: 19-sep-2022].
- [28] “Atenuación en fibra óptica, ¿cómo calcular la pérdida de fibra?”, *HOC*, 12-sep-2021. .
- [29] “Estimaciones de potencia óptica”, *Perlesystems.es*. [En línea]. Disponible en: <https://www.perlesystems.es/supportfiles/optical-power-budgets.shtml>. [Consultado: 21-sep-2022].

- [30] “Código de Colores para Fibra Óptica según la Norma TIA-598-C”, *Syscom.mx*. [En línea]. Disponible en: <https://soporte.syscom.mx/es/articulos/3453579-codigo-de-colores-para-fibra-optica-segun-la-norma-tia-598-c>. [Consultado: 24-nov-2022].
- [31] I. S. Menjivar, “1.3.6 EMPALMES ÓPTICOS”, *Edu.sv*, 1702. [En línea]. Disponible en: https://virtual.itca.edu.sv/Mediadores/irmfi1/IRMFI_20.htm. [Consultado: 24-nov-2022].
- [32] “ITU-T recommendation database”, *ITU*. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13076&lang=es>. [Consultado: 24-nov-2022].
- [33] “ESTÁNDAR PARA CABLES DE CONEXIÓN EN FIBRA ÓPTICA”, *Questinter.com*. [En línea]. Disponible en: http://questinter.com/Secciones/Patch_Cords_fibra_optica.pdf. [Consultado: 24-nov-2022].
- [34] *Hioso.com*. [En línea]. Disponible en: <http://www.hioso.com/Files.aspx?file=U210ZS9BcnRpY2xlLzE3OC8yMDE2MDYyODEwNDM1MzEzNDg0NTEyLnBkZg%3D%3D>. [Consultado: 25-nov-2022].
- [35] “CNT - Sitio Web Institucional”, *Com.ec*. [En línea]. Disponible en: <https://institucional.cnt.com.ec/especificaciones-tecnicas>. [Consultado: 30-nov-2022].
- [36] “ITU-T recommendation database”, *ITU*. [En línea]. Disponible en: <https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13078&lang=es>. [Consultado: 30-nov-2022].

ANEXOS



Anexo 1. Construcción de la estructura móvil



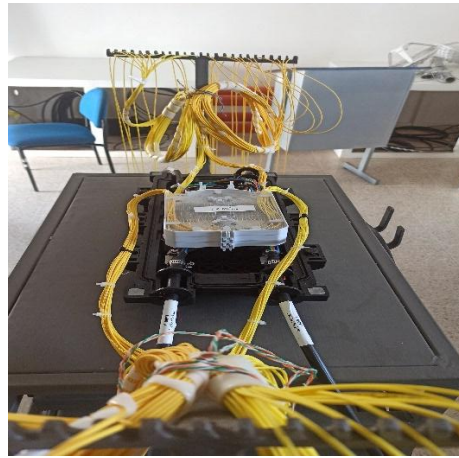
Anexo 2. Implementación de la manga portátil



Anexo 3. Ingreso de las fibras ADSS



Anexo 4. Ordenamiento de patchs cord en los platos porta empalmes



Anexo 5. Vista frontal del módulo de manga portátil



Anexo 6. Ubicación del módulo dentro del laboratorio



CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones		

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Mediciones aplicadas al tablero didáctico de una red troncal móvil	DURACIÓN
ALUMNO		3h

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS

- Realizar un enlace desde la OLT, módulo portátil y el tablero de red troncal móvil, para calcular el valor de potencia de salida de cada receptor.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

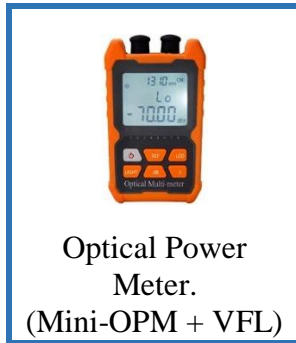
3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO

1. OLT.
2. Medidor de Potencia Óptica.
3. Pachtcord.

MATERIAL DE APOYO

1. Tablas de potencia de referencia.
2. Módulo de manga portatil.



4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

TIPO DE PRUEBA	CONTINUIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN POR EVENTOS
Antes de instalación	✓	✗	✗
Durante la instalación	✓	✓	✗
Certificación	✓	✓	✓

PROCEDIMIENTO

Antes de realizar la práctica se debe comprobar la continuidad del patch cord a utilizar, para ello se requiere del láser VFL para detectar alguna falla que tenga la línea de fibra óptica, y ver que la etiqueta sea la correcta ya que esta misma determinara el hilo a utilizar y la potencia de referencia con la que esta trabaja.



VALOR DE REFERENCIA

Valor que emite el splitter 1:4	-06.71 dBm
------------------------------------	------------

Luego de tomar el valor como referencia se comienza con la medición, tomando un patch del módulo portátil y conectando a un puerto de la red troncal móvil y en el extremo saliente del RSB1 se recoge los valores de potencia obtenidos como se muestra en la imagen.



Una vez que se haya medido y obtenido el valor de potencia de salida, se compara con el valor de referencia inicial, en este caso se puede observar que el valor de potencia final es de -27.09 dBm, mientras que la referencia es de -06.37 dBm aproximadamente, llegando a la conclusión de que RSB 1 se encuentra atenuado o con alguna falla dentro de

su sistema de fibra óptica, ya que la diferencia de potencia es muy elevada para un splitter de 1:4

TIPO	VALOR REFERENCIA	VALOR PRÁCTICO
RSB 1	-06.37 dB	-27 dB
RSB 2	-06.37 dB	-07.13 dB
RSB3	-06.37 dB	-28.81 dB
RSB 4	-06.37 dB	-08.00 dB

5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 | BIBLIOGRAFÍA

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones		
NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Mediciones aplicadas al tablero didáctico de una red MSAN	DURACIÓN
ALUMNO		3h

PRÁCTICA #_

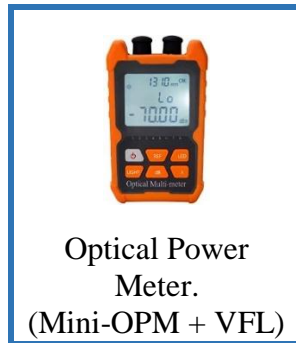
1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un enlace desde la OLT, módulo portátil y el tablero de red MSAN, para calcular el valor de potencia de salida de cada receptor.

2	FUNDAMENTO TEÓRICO

3 | MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO
4. OLT. 5. Medidor de Potencia Óptica. 6. Patchcord.

MATERIAL DE APOYO
3. Tablas de potencia de referencia. 4. Módulo de manga portátil.



4 | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

TIPO DE PRUEBA	CONTINUIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN POR EVENTOS
Antes de instalación	✓	✗	✗
Durante la instalación	✓	✓	✗
Certificación	✓	✓	✓

PROCEDIMIENTO

Antes de realizar la práctica se debe comprobar la continuidad del patch cord a utilizar, para ello se requiere del láser VFL para detectar alguna falla que tenga la línea de

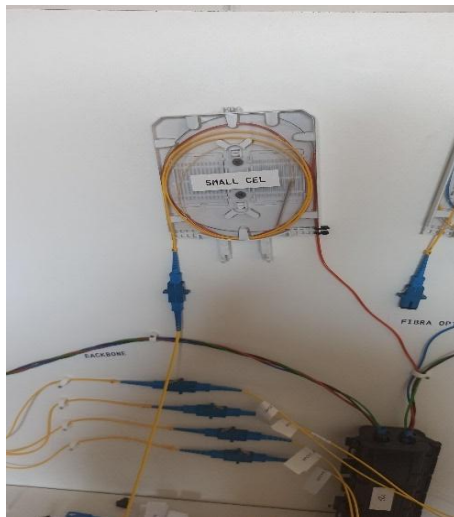
fibra óptica, y ver que la etiqueta sea la correcta ya que esta misma determinara el hilo a utilizar y la potencia de referencia con la que esta trabaja.



VALOR DE REFERENCIA

Valor que emite el splitter 1:4	-03.36 dBm
------------------------------------	------------

Luego de tomar el valor como referencia se comienza con la medición, tomando un patch del módulo portátil y conectando a un puerto de la red troncal móvil y en el extremo saliente del RSB1 se recoge los valores de potencia obtenidos como se muestra en la imagen.



Una vez que se haya medido y obtenido el valor de potencia de salida, se compara con el valor de referencia inicial, en este caso se puede observar que el valor de potencia final es de -04.47 dBm, mientras que la referencia es de -03.37 dBm aproximadamente, llegando a la conclusión de que el small cell se encuentra dentro del rango del umbral de potencia aceptable. Siguiendo con las demás mediciones al ISP, RBS y Corporativo el valor se mantiene estable dentro del rango de ± 1 dB como se muestra en la siguiente tabla.

TIPO	VALOR REFERENCIA	VALOR PRÁCTICO
SMALL CELL	-03.36 dB	-04.20 dB
ISP	-03.36 dB	-04.69 dB
RBS	-03.36 dB	-05.99 dB
CORPORATIVO	-03.36 dB	-04.47 dB

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	5.1. Conclusiones
	5.2. Recomendaciones
6	BIBLIOGRAFÍA

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones		
		DURACIÓN

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	Mediciones aplicadas al tablero didáctico de un anillo de red de fibra óptica	3h
ALUMNO		

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS

- Realizar un enlace desde la OLT, módulo portátil y el tablero didáctico de un anillo de red, para calcular el valor de potencia de salida de cada receptor.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

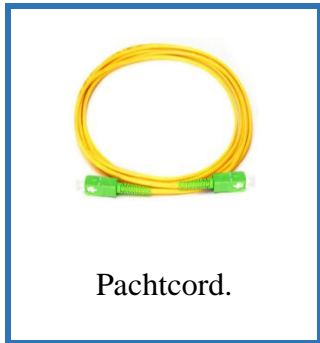
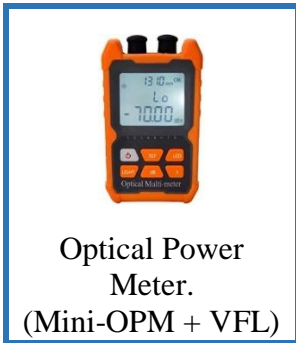
3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO

7. OLT.
8. Medidor de Potencia Óptica.
9. Patchcord.

MATERIAL DE APOYO

5. Tablas de potencia de referencia.
6. Módulo de manga portátil.



4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

TIPO DE PRUEBA	CONTINUIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN POR EVENTOS
Antes de instalación	✓	✗	✗
Durante la instalación	✓	✓	✗
Certificación	✓	✓	✓

PROCEDIMIENTO

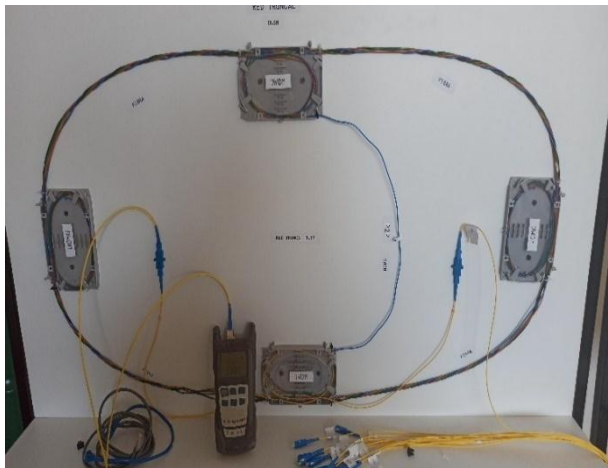
Antes de realizar la práctica se debe comprobar la continuidad del patch cord a utilizar, para ello se requiere del láser VFL para detectar alguna falla que tenga la línea de fibra óptica, y ver que la etiqueta sea la correcta ya que esta misma determinara el hilo a utilizar y la potencia de referencia con la que esta trabaja.



VALOR DE REFERENCIA

Valor que emite el splitter 1:4	-03.36 dBm
------------------------------------	-------------------

Luego de tomar el valor como referencia se comienza con la medición, tomando un patch del módulo portátil y conectando a un puerto de la red troncal en forma de anillo y en el extremo saliente del panel didáctico se recoge los valores de potencia obtenidos como se muestra en la imagen.



Una vez que se haya medido y obtenido el valor de potencia de salida, se compara con el valor de referencia inicial, en este caso se puede observar que el valor de potencia final es de -04.75 dBm, mientras que la referencia es de -03.37 dBm aproximadamente, llegando a la conclusión de que el anillo de fibra óptica se encuentra dentro del rango del umbral de potencia aceptable, como se muestra en la siguiente tabla.

TIPO	VALOR REFERENCIA	VALOR PRÁCTICO
Anillo de fibra	-03.36 dB	-04.75 dB



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA



DOCENTE:

--

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
----------	---------------------------------------

5.1. Conclusiones

--

5.2. Recomendaciones

--

6	BIBLIOGRAFÍA
----------	---------------------

--

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones		

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
Mediciones aplicadas al tablero didáctico de fibra FTTB para un edificio de 5 pisos	3h

ALUMNO

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS

- Realizar un enlace desde la OLT, módulo portátil y el tablero didáctico FTTB, para calcular el valor de potencia de salida de cada piso y comparar con el valor de referencia.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO

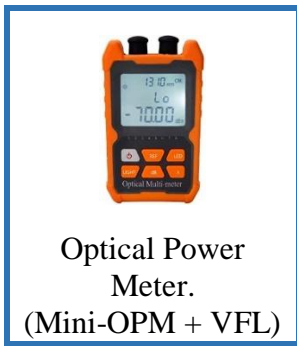
- OLT.
- Medidor de Potencia Óptica.
- Pachcord.

MATERIAL DE APOYO

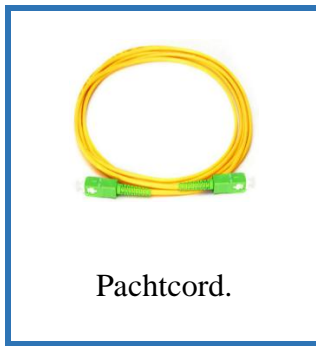
- Tablas de potencia de referencia.
- Módulo de manga portatil.



Linea de terminal
Óptica
(OLT)



Optical Power
Meter.
(Mini-OPM + VFL)



Pachcord.

4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

TIPO DE PRUEBA	CONTINUIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN POR EVENTOS
Antes de instalación	✓	✗	✗
Durante la instalación	✓	✓	✗
Certificación	✓	✓	✓

PROCEDIMIENTO

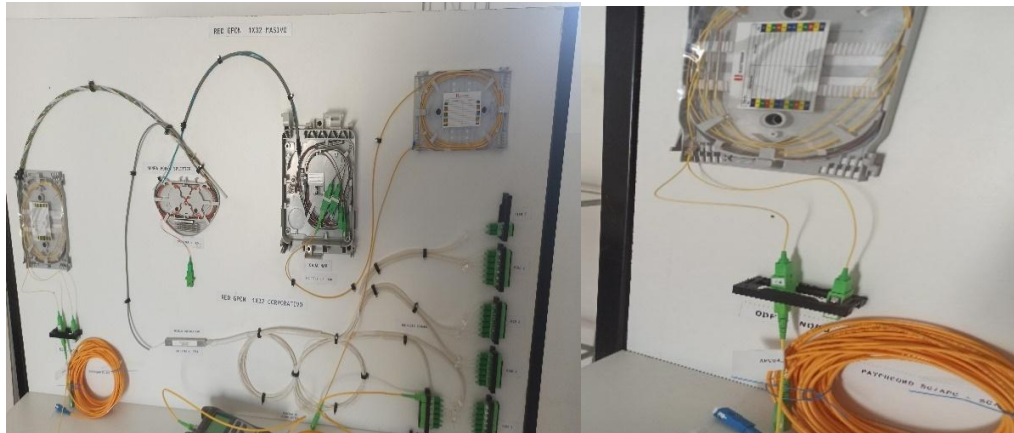
Antes de realizar la práctica se debe comprobar la continuidad del patch cord a utilizar, para ello se requiere del láser VFL para detectar alguna falla que tenga la línea de fibra óptica, y ver que la etiqueta sea la correcta ya que esta misma determinara el hilo a utilizar y la potencia de referencia con la que esta trabaja.



VALOR DE REFERENCIA

Valor que emite el splitter 1:4	-06.71 dBm
------------------------------------	-------------------

Luego de tomar el valor como referencia se comienza con la medición, tomando un patch del módulo portátil y conectando a un puerto de la red FTTB y en el extremo saliente del panel didáctico se recoge los valores de potencia obtenidos por cada nivel o pisos correspondientes como se muestra en la imagen.



Una vez que se haya medido y obtenido el valor de potencia de salida, se compara con el valor de referencia inicial, en este caso se puede observar que el valor de potencia final del piso 1 es de -23.50 dBm , mientras que la referencia es de -06.71 dBm aproximadamente, llegando a la conclusión de que el nivel de splitteo del piso 1 se encuentra dentro del rango del umbral de potencia aceptable, como se muestra en la siguiente tabla.

TIPO	VALOR REFERENCIA	VALOR PRÁCTICO
Piso 1	-06.71 dB	-23.50 dB
Piso 2	-06.71 dB	-23.56 dB



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
CARRERA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES



PRÁCTICA DE FUNDAMENTOS DE FIBRA ÓPTICA

DOCENTE:

Piso 3	-06.71 dB	-23.43 dB
Piso 4	-06.71 dB	-23.54 dB
Piso 5	-06.71 dB	-23.24 dB

5 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 | BIBLIOGRAFÍA

CARRERA	CICLO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica y telecomunicaciones		

NOMBRE DE LA PRÁCTICA	DURACIÓN
Mediciones aplicadas al tablero didáctico de fibra FTTH	3h

ALUMNO

PRÁCTICA #_

1 OBJETIVOS

- Realizar un enlace desde la OLT, módulo portátil y el tablero didáctico FTTH, para calcular el valor de potencia de salida en una ONT.

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

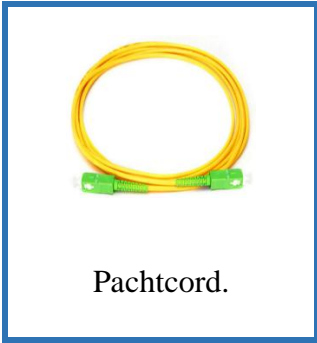
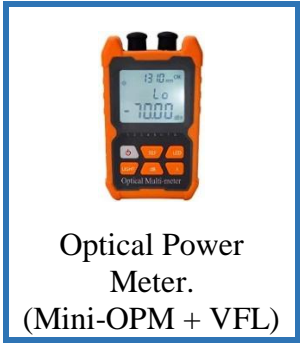
3 MATERIALES DE TRABAJO

EQUIPO NECESARIO

13. OLT.
14. Medidor de Potencia Óptica.
15. Patchcord.

MATERIAL DE APOYO

9. Tablas de potencia de referencia.
10. Módulo de manga portátil.



4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

TIPO DE PRUEBA	CONTINUIDAD	ATENUACIÓN	ATENUACIÓN POR EVENTOS
Antes de instalación	✓	✗	✗
Durante la instalación	✓	✓	✗
Certificación	✓	✓	✓

PROCEDIMIENTO

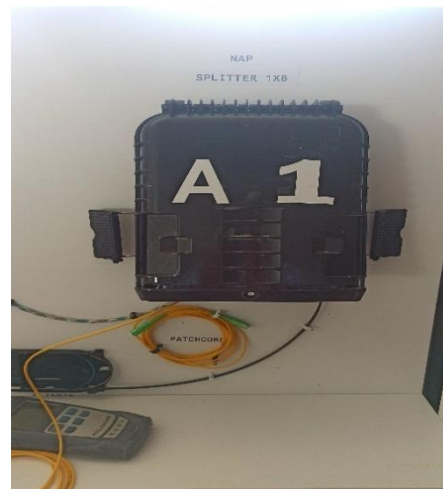
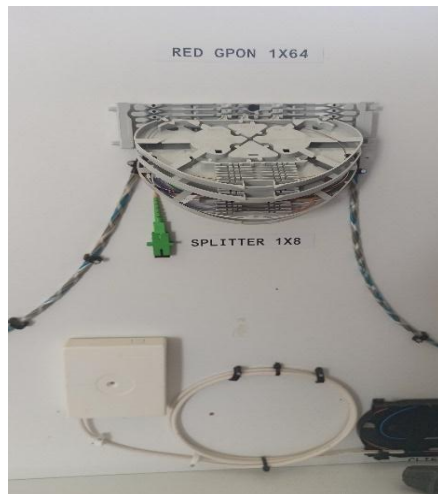
Antes de realizar la práctica se debe comprobar la continuidad del patch cord a utilizar, para ello se requiere del láser VFL para detectar alguna falla que tenga la línea de fibra óptica, y ver que la etiqueta sea la correcta ya que esta misma determinara el hilo a utilizar y la potencia de referencia con la que esta trabaja.



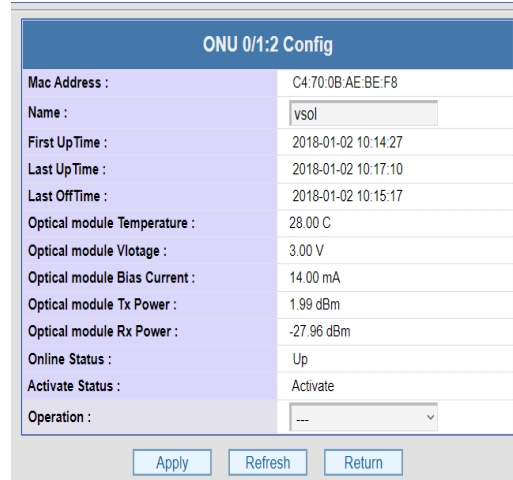
VALOR DE REFERENCIA

Valor que emite el splitter 1:4	-06.71 dBm
------------------------------------	-------------------

Luego de tomar el valor como referencia se comienza con la medición, tomando un patch del módulo portátil y conectando a un puerto de la red FTTH y en el extremo saliente del panel didáctico se recoge los valores de potencia obtenidos en el conector saliente de la caja de distribución.



Una vez que se haya medido y obtenido el valor de potencia de salida, se compara con el valor de referencia inicial, y seguido se conecta la ONT de manera manual al puerto óptico observando que comienza a parpadear el led llamado link y PON, esto quiere decir que la OLT ya registro la ONT y está lista para poder revisar los parámetros que este equipo tiene, como se muestra a continuación:



Como se observan en las imágenes la configuración de la OLT nos muestra los datos obtenidos a través de la ONT, dando valores de potencia de salida como de entrada, temperatura de trabajo, voltaje óptico entre otros, cada vez que la ONT mantenga conexión con la OLT debe marca de forma encendida el indicador PON.



TIPO	VALOR REFERENCIA	VALOR PRÁCTICO
ONT	-06.71 dB	-24.96 dB

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones

6 BIBLIOGRAFÍA



Implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos de una red de fibra óptica para un escenario de pruebas en el laboratorio de telecomunicaciones.

3%
Similitudes



2% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Implementación y evaluación de un módulo portátil con elementos pasivos y activos de una red de fibra óptica para un escenario de pruebas en el laboratorio de telecomunicaciones...docx
Tamaño del documento original: 24,62 Mo

Depositante: VLADIMIR ISRAEL GARCIA SANTOS
Fecha de depósito: 7/12/2022
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 7/12/2022

Número de palabras: 24.626
Número de caracteres: 157.185

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec Diseñar e implementar una red GPON y arquitectura FTTH... https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5360/1/UPSE-TET-2020-0006.pdf 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (157 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec Análisis y diseño de infraestructura de comunicaciones pa... http://repositorio.upse.edu.ec:8080/jspui/bitstream/46000/3900/6/UPSE-TST-0001-2017.pdf.txt 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (141 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec Diseño de un sistema de gestión de reserva y Planificación... http://repositorio.upse.edu.ec:8080/jspui/bitstream/46000/2445/6/UPSE-TIN-2015-0009.pdf.txt 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (107 palabras)
4	Formato - Examen Complexivo - Componente Practico (10).docx Formato... #3d52a3 El documento proviene de mi grupo 15 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (58 palabras)
5	dspace.esPOCH.edu.ec Diseño de una red de accesos GPON en la ESPOCH para pro... http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6429/3/98T00125.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (113 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	www2.udec.cl Estructura - Fibra Óptica http://www2.udec.cl/~jdupre/fibra/estructur.html	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (33 palabras)
2	localhost Prototipo de un sistema automatizado para aplicaciones industriales de ... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/32979/3/B-CINT-PTG-N.325-Ros-Caicho-Arturo-Guillermo...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (23 palabras)
3	localhost DISEÑO DE UNA VPN (VIRTUAL PRIVATE NETWORK) PARA ACCEDER VÍA WI-... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/11933/3/B-CINT-PTG-N.67-ROBINSON-MOREIRA-ALEJAND...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (27 palabras)
4	Elaboración de una guía procedimental para las pruebas de aceptación de fibra óp... /var/dspace/bitstream/15000/15059/3/CD-6872.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (20 palabras)
5	www.itu.int ITU-T Recommendation database https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13078&lang=es	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (14 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://zfnews.wordpress.com>
- <https://www.tecnoseguro.com>
- <https://www.pandaancho.mx>
- <https://dspace.utpl.edu.ec>
- <https://www.prored.es>