



**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**

Acceso a internet, evaluación y corrección del estado de la red GPON
en módulos didácticos del laboratorio de telecomunicaciones.

AUTOR:

Kevin Alexander Gutiérrez Pilay

PROFESOR TUTOR:

Ing. Fernando Vinicio Chamba Macas Mgt.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: “Acceso a internet, evaluación y corrección del estado de la red GPON en módulos didácticos del laboratorio de telecomunicaciones” en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena”, presentado por el estudiante Kevin Alexander Gutiérrez Pilay, 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, 6 de noviembre del 2024

TUTOR

DEDICATORIA

Mi trayectoria universitaria se vio pausada por múltiples factores, sin embargo, fue mi familia la que me alentó incondicionalmente a continuar, se convirtieron en un pilar fundamental para no dar marcha atrás, es por ello que les dedicó este trabajo, especialmente a mis padres que, a pesar de la distancia, lograron brindarme la educación necesaria para lograr culminar al día de hoy esta gran meta.

Kevin Gutiérrez Pilay

AGRADECIMIENTO

Agradecido con Dios por ponerme en el camino correcto, por guiarme a lugares de bien, por ponerme alado de personas de gran valor y que me dieron las guías necesarias para continuar mí viaje.

A las diferentes empresas de telecomunicaciones de la provincia de Santa Elena, quienes abrieron sus puertas y permitieron el uso de sus infraestructuras físicas y tecnologías para continuar con las pruebas necesarias que ayuden al termino de mi trabajo de titulación.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, especialmente a todos quienes conforman la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, compañeros de aula les quedo muy agradecido por el tiempo compartido, éxito a todos.

Kevin Gutiérrez Pilay

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Washington Torres Guin, Mgt.
DECANO DE FACULTAD

Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.
DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Fernando Chamba Macas, Mgt.
PROFESOR TUTOR

Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.
DOCENTE DE ÁREA

Ab. María Rivera González, Mgt.
SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

Acceder a internet a través de fibra óptica permite tener conexiones simétricas de ultra alta velocidad con un mayor ancho de banda y menor latencia, además de tener mayor fiabilidad ya que son menos susceptibles a interferencias electromagnéticas y condiciones climáticas adversas. La transmisión de datos se da a través del envío rápido y eficiente de pulsos de luz por hilos de fibra de vidrio o plástico extremadamente delgados, lo que lo convierte en una opción ideal para obtener acceso a internet de alta calidad.

El uso de fibra óptica como medio para la transmisión de datos ofrece muchas ventajas, sin embargo, es de suma importancia realizar un análisis regular de los cables de fibras y componentes pasivos usados en las redes GPON a través del censo con equipos de medición y pruebas de reflectometría óptica en el dominio del tiempo con el objetivo de resolver problemas antes que afecten el rendimiento de la red, lo que incluye detección y corrección de pérdidas, daños en cables, conectores o cualquier otra anomalía que cause una interrupción al acceder a internet.

Actualmente el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena cuenta con varios módulos didácticos con tecnología G/EPON, estos se caracterizan por simular entornos de redes DWDM, MSAN, móvil y servicio masivo en urbanizaciones y edificios, pero requieren ser intervenidos debido a que no cuentan con los componentes y en otros casos su estado no es el adecuado para poder acceder a internet.

Debido a esta problemática se propone realizar un estudio que permita realizar correcciones técnicas y normativas con el objetivo de lograr acceder a internet a través de cada uno de los módulos de red disponibles en el laboratorio, además de desarrollar manuales que permitan conocer el uso correcto de equipamiento de medición OPM, PON y pruebas ópticas a través de un OTDR.

Palabras Claves: Internet, Fibra Óptica, Correcciones Técnicas, GPON, OTDR, OPM, PON.

ABSTRACT

Accessing the internet via optical fiber enables symmetric ultra-high-speed connections with greater bandwidth and reduced latency, in addition to enhanced reliability as they are less prone to electromagnetic interference and adverse weather conditions. Data transmission occurs through the rapid and efficient propagation of light pulses along exceedingly thin strands of glass or plastic fiber, rendering it an optimal choice for high-quality internet access.

Utilizing optical fiber as a data transmission medium offers numerous advantages; however, it is crucial to conduct regular analyses of fiber cables and passive components in GPON networks through comprehensive surveys with measurement equipment and optical time-domain reflectometry testing. This is aimed at addressing issues before they impact network performance, including the detection and rectification of losses, cable damage, connector issues, or other anomalies that could disrupt internet access.

Presently, the telecommunications laboratory at the State University of Santa Elena houses several educational modules equipped with G/EPON technology. These modules are designed to simulate network environments such as DWDM, MSAN, mobile, and mass service in urbanizations and buildings, yet they require intervention due to lacking components or being in a state not conducive for internet access.

Given this situation, a study is proposed to implement technical and regulatory corrections with the aim of facilitating internet access through each network module available in the laboratory. Additionally, the development of manuals is planned to educate on the proper use of measurement equipment like OPM, PON, and optical testing via an OTDR.

Keywords: Internet, Optical Fiber, Technical Corrections, GPON, OTDR, OPM, PON.

DECLARACIÓN

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

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping letters, positioned above a horizontal line.

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	XVIII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XXI
CAPÍTULO I	1
1. FUNDAMENTACIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Descripción del Proyecto	2
1.3. Objetivos del Proyecto.....	4
1.3.1. Objetivo General:.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos:	4
1.4. Justificación	4
1.5. Alcance del Proyecto	5
1.6. Metodología	6
1.7. Resultados Esperados.....	7
CAPÍTULO II.....	8

2. Marco referencial	8
2.1. Marco Contextual.....	8
2.2. Marco Teórico.....	9
2.3. Marco Conceptual.....	10
2.3.1. Sistema de Comunicaciones	10
2.3.2. Comunicaciones Ópticas.....	16
2.3.3. Tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network)	36
2.3.4. Dispositivos de Medición Óptica y Prueba de Reflectometría	47
2.3.5. Norma de diseño y construcción de redes con fibra óptica de CNT.....	49
CAPÍTULO III.....	51
3. ANÁLISIS DEL PROYECTO	51
3.1. Infraestructura de la red GPON del Laboratorio de Telecomunicaciones	51
3.1.1. Red de la Planta Interna	51
3.1.2. Red de la Planta Externa.....	53
3.1.3. Elementos Activos de la Red	58
3.1.4. Elementos Pasivos de la Red	61
3.1.5. Red Óptica bajo las Normativas de Diseño de CNT 2017.....	67
3.1.6. Presupuesto de pérdida óptica.....	72
3.2. Equipos y Herramientas para la red GPON del Laboratorio	75
3.2.1. Equipos y Herramientas usados para Empalmes	75
3.2.2. Equipos de Medición Óptica y Pruebas de Reflectometría	79
3.3. Estado de la infraestructura de red del laboratorio de telecomunicaciones	84
3.3.1. Infraestructura actual de red.....	84
3.3.2. Estado actual de la red GPON	89
3.4. Nuevo Diseño de la Propuesta dentro del Laboratorio	90

3.4.1. Equipos Activos de la Red.....	91
3.4.2. Diseño de la infraestructura GPON	92
3.5. Factibilidad de la Propuesta.....	97
3.6. Costo de la Propuesta.....	98
CAPÍTULO IV.....	101
4. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	101
4.1. Estructuras de cámaras subterráneas.....	102
4.2. Red de distribución	103
4.2.1. Distribución de la red ODN	103
4.2.2. Instalación de componentes para el despliegue de la red	105
4.2.3. Despliegue de empalmes en la red de fibra	109
4.2.4. Resultados de empalmes	113
4.3. Análisis y aplicación de correcciones técnicas en módulos.....	117
4.3.1. Modulo DWDM.....	117
4.3.2. Modulo Multiservicio - MSAN	123
4.3.3. Modulo Móvil.....	128
4.3.4. Modulo Masivo Urbanización y Edificio	132
4.4. Resultados	136
4.4.1. Acceso a internet en módulos didácticos	136
4.4.2. Levantamiento de enlaces ópticos de respaldo	140
CONCLUSIONES	144
RECOMENDACIONES.....	145
ANEXOS	146
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	196

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.	Representación de una comunicación inalámbrica.....	12
Figura 2.2.	Evolución de la red Móvil.	12
Figura 2.3.	Tipos de cables de par trenzado.	13
Figura 2.4.	Composición de cable Coaxial.	14
Figura 2.5.	Representación de la Fibra óptica.....	14
Figura 2.6.	Elementos de un sistema de comunicación Óptica.....	15
Figura 2.7.	Estructura de la Fibra óptica.....	17
Figura 2.8.	Estructura de la Fibra Monomodo.....	18
Figura 2.9.	Estructura de la Fibra Multimodo.....	19
Figura 2.10.	Reflexión de la luz.....	21
Figura 2.11.	Ley de Snell.	22
Figura 2.12.	Refracción de la Luz.....	23
Figura 2.13.	Ángulo crítico.....	24
Figura 2.14.	Reflexión total interna.....	25
Figura 2.15.	Cono de aceptación.....	25
Figura 2.16.	Enlace óptico Punto a Punto.....	28
Figura 2.17.	Enlace óptico Punto a Multipunto.....	29
Figura 2.18.	FTTN (Fibra Hasta el nodo).....	29
Figura 2.19.	FTTC (Fibra Hasta la Acera).....	30
Figura 2.20.	FTTB (Fibra Hasta el Edificio).....	30
Figura 2.21.	FTTH (Fibra Hasta el Hogar).....	31
Figura 2.22.	Splitter Óptico 1:8.....	38
Figura 2.23.	PATCH CORD SC-UPC.....	39

Figura 2.24.	Tipos de conectores SC.....	39
Figura 2.25.	Fibra ADSS Aérea	40
Figura 2.26.	Dibra DROP Exterior.....	40
Figura 2.27.	Fibra ADSS para Canalizado.....	40
Figura 2.28.	ODF	41
Figura 2.29.	FDH	41
Figura 2.30.	NAP	41
Figura 2.31.	Manga tipo Domo	42
Figura 2.32.	Preformado.....	42
Figura 2.33.	Identificador de Acrílico.....	43
Figura 2.34.	Herraje tipo A	43
Figura 2.35.	Herraje tipo B Cónico.....	43
Figura 2.36.	Herraje Cruce Americano	43
Figura 2.37.	Herraje tipo Brazo.....	43
Figura 2.38.	Porta Reserva	44
Figura 2.39.	Estructura y elementos de una red GPON	44
Figura 2.40.	DOWNSTREAM en GPON	46
Figura 2.41.	UPSTREAM en GPON	46
Figura 2.42.	OPM.....	47
Figura 2.43.	Power Meter PON.....	48
Figura 2.44.	OTDR para Líneas Activas e Inactivas.....	48
Figura 2.45.	Ilustración del funcionamiento de un OTDR.....	49
Figura 2.46.	Arquitectura centralizada según CNT.....	50
Figura 2.47.	Arquitectura en cascada según CNT.....	50
Figura 3.1.	Estructura de una Planta Interna	53

Figura 3.2.	Estructura Básica de una Red de planta Externa	57
Figura 3.3.	OLT HIOSO HA7104T	58
Figura 3.4.	ONT HUAWEI	60
Figura 3.5.	Estructura del cable de Fibra ADSS	62
Figura 3.6.	Estructura del cable de fibra DROP.....	62
Figura 3.7.	Conectores y sus tipos de pulido de férula	63
Figura 3.8.	Splitter óptico redundante (2X)	64
Figura 3.9.	Vista interna y externa de un ODF	65
Figura 3.10.	Cajas de distribución (NAP).....	66
Figura 3.11.	Cajas de empalme domo y lineal.....	67
Figura 3.12.	Principios de una red ODN.....	67
Figura 3.13.	Red Troncal.....	69
Figura 3.14.	Modelo Móvil 3G y 4G de CNT.....	71
Figura 3.15.	Modelo Masivo/Casas con Manga porta Splitter.....	71
Figura 3.16.	Modelo Masivo/Edificios con splitter conectorizado	72
Figura 3.17.	Fusionadora modelo Fujikura 12S.....	75
Figura 3.18.	Cortadora de precisión FC-6S.....	77
Figura 3.19.	Pinza peladora CFS-2	78
Figura 3.20.	Protector Retráctil para Fusión	79
Figura 3.21.	Funciones del MINI OPM	80
Figura 3.22.	Medidor de potencia óptico KOMSHINE KPN-35 PON.....	81
Figura 3.23.	Smart OTDR modelo COMPTYCO AUA501A	83
Figura 3.24.	Bastidor #5 y sus componentes.....	85
Figura 3.25.	Distribución de fibra ADSS dentro del laboratorio.	85
Figura 3.26.	Empalmes dentro de una manga tipo domo.....	86

Figura 3.27.	Módulo de red DWDM.....	87
Figura 3.28.	Módulo de red MSAM.....	87
Figura 3.29.	Módulo de red móvil.....	88
Figura 3.30.	Módulos didácticos de red GPON 1:32 masivo y corporativo.	89
Figura 3.31.	Distribución de Fibra Óptica.....	90
Figura 3.32.	Equipos Activos de la red	92
Figura 3.33.	Diseño de red de planta interna.....	93
Figura 3.34.	Cámara subterránea de paso de planta externa #1	94
Figura 3.35.	Distribución de fibra en la cámara de paso #3.....	94
Figura 3.36.	Representación completa de la infraestructura GPON	95
Figura 3.37.	Diseño de módulo - Red Backbone	96
Figura 3.38.	Diseño de módulo – Red Multiservicios.....	96
Figura 3.39.	Diseño de módulo – Red Troncal Móvil	96
Figura 3.40.	Módulo – Red GPON masivo para urbanizaciones y edificios.	97
Figura 4.1.	Diseño estructural de Cámaras Subterráneas 1 y 2.....	102
Figura 4.2.	Distribución de la red de fibra óptica.....	103
Figura 4.3.	Distribución de hilos y empalmes en el ODF y manga Feeder	104
Figura 4.4.	Distribución de hilos en la manga de distribución.....	104
Figura 4.5.	Distribución de hilos en la manga para el módulo DWDM	105
Figura 4.6.	Distribución en manga para módulos multiservicio y acceso móvil.	105
Figura 4.7.	ODF de planta interna instalado en el Rack #5	106
Figura 4.8.	Materiales y Herramientas para la instalación de herrajes	107
Figura 4.9.	Ubicación e instalación de cámaras subterráneas 1 y 4.....	107
Figura 4.10.	Instalación de Fibra ADSS de 48 y 24 hilos en postes metálicos.....	108
Figura 4.11.	Instalación de fibra ADSS en el ODF y Mangas.....	109

Figura 4.12.	Distribución de hilos en ODF con acopladores SC APC.....	110
Figura 4.13.	Distribución de empalmes en manga domo - “Red Feeder”.....	110
Figura 4.14.	Distribución de empalmes en manga lineal – “Red Distribución”.	111
Figura 4.15.	Distribución de empalmes en manga - IP68 – “Red Dispersión”.....	112
Figura 4.16.	Distribución de cables de fibra óptica.....	112
Figura 4.17.	Análisis de estado del tablero DWDM	118
Figura 4.18.	Correcciones técnicas del módulo DWDM.	121
Figura 4.19.	Modulo DWDM luego de las correcciones técnicas.	123
Figura 4.20.	Análisis de estado del tablero MSAN.....	123
Figura 4.21.	Correcciones de modulo MSAN.....	125
Figura 4.22.	Modulo DWDM luego de las correcciones técnicas.	127
Figura 4.23.	Análisis de estado del tablero Servicio Móvil	128
Figura 4.24.	Modulo Móvil luego de las correcciones técnicas.....	131
Figura 4.25.	Análisis de estado del tablero Urbanización - Edificio.....	132
Figura 4.26.	Modulo Urbanización – Edificio luego de las correcciones técnicas.	135
Figura 4.27.	Acceso a internet desde el módulo DWDM.	136
Figura 4.28.	Acceso a internet en módulo DWDM – Máximo ancho de banda.	137
Figura 4.29.	Acceso a internet desde el módulo MSAN – Petro Ecuador	137
Figura 4.30.	Acceso a internet desde el módulo MSAN – Petro Ecuador - ONT....	138
Figura 4.31.	Acceso a internet desde el módulo Móvil – Lite Ecuador	138
Figura 4.32.	Acceso a internet desde el módulo Urbanización 1:32.....	139
Figura 4.33.	Acceso a internet desde el módulo Edificio 1:32	139
Figura 4.34.	DWDM Puerto 1 – Enlace principal activo	140
Figura 4.35.	DWDM Puerto 1 – Enlace principal caído	141
Figura 4.36.	DWDM Puerto 2 – Enlace Backup activo	141

Figura 4.37.	Estado de enlace DWDM	141
Figura 4.38.	MSAN Puerto 3 – Enlace principal activo.....	142
Figura 4.39.	MSAN Puerto 3 – Enlace principal caído.....	142
Figura 4.40.	MSAN Puerto 4 – Enlace Backup activo.....	142
Figura 4.41.	Estado de Enlace MSAN	142
Figura 4.42.	MOVIL Puerto 3 – Enlace principal activo	143
Figura 4.43.	MOVIL Puerto 3 – Enlace principal caído	143
Figura 4.44.	MOVIL Puerto 4 – Enlace Backup activo	143
Figura 4.45.	Estado de Enlace MOVIL.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Fibra Monomodo Recomendación ITU-T G.652.....	19
Tabla 2.2.	Fibra Multimodo Recomendación ITU-T G.651	20
Tabla 2.3.	Índice de refracción de elementos.....	22
Tabla 2.4.	Ventajas y Desventajas de las redes PON.....	33
Tabla 2.5.	Orden de colores fibra óptica según estándar ANSI/TIA/EIA 598.....	35
Tabla 2.6.	Tecnología GPON y sus Velocidades de Transmisión.	36
Tabla 2.7.	Valores de pérdidas por cada tipo de divisor óptico (SPLITTER).	38
Tabla 2.8.	Tipos de Fibra Óptica ADSS.....	40
Tabla 2.9.	Tipos de Herrajes	43
Tabla 2.10.	Tasa de Bits Nominal en tecnología GPON.....	45
Tabla 3.1.	Recomendaciones ITU-T G.984.x	54
Tabla 3.2.	Estándar ANSI-TIA-568-D.3	55
Tabla 3.3.	Rendimiento de Fibra Multimodo y Monomodo	56
Tabla 3.4.	Código de Colores de fibra según el estándar ANSI-TIA 598-C.....	56
Tabla 3.5.	Código de Colores de Buffers según el estándar ANSI-TIA 598-C	57
Tabla 3.6.	Características OLT HIOSO HA7104T	59
Tabla 3.7.	Especificaciones Técnicas OLT HIOSO HA7104T	60
Tabla 3.8.	Características de ONT HUAWEI EG8141A5.....	61
Tabla 3.9.	Pérdidas generadas por Splitters con entrada 1x y 2x.....	65
Tabla 3.10.	Capacidad de hilos en los cables de fibra óptica.....	68
Tabla 3.11.	Niveles de Potencia según la Norma ITU-T G.984.2	73
Tabla 3.12.	Pérdidas generadas por los tipos de empalmes.	73
Tabla 3.13.	Cálculo de presupuesto de pérdida óptica.....	74

Tabla 3.14.	Especificaciones técnicas de la fusionadora Fujikura 12S.....	76
Tabla 3.15.	Especificaciones técnicas de la cortadora FC-6S.....	77
Tabla 3.16.	Especificaciones técnicas de la pinza peladora CFS-2	78
Tabla 3.17.	Especificaciones técnicas MINI OPM integrado	80
Tabla 3.18.	Especificaciones técnicas PON Optical Power Meter	82
Tabla 3.19.	Especificaciones técnicas Smart OTDR.....	84
Tabla 3.20.	Costo de equipos de medición óptica.....	99
Tabla 3.21.	Costo de equipamiento para el despliegue y tratamiento de fibra.	99
Tabla 3.22.	Costo de los equipos activos de red	99
Tabla 3.23.	Costo de materiales para red GPON	100
Tabla 3.24.	Costo total de la implementación de la red.....	100
Tabla 4.1.	Perdida por empalmes en ODF - Buffer Azul.....	113
Tabla 4.2.	Perdida por empalmes en ODF – Buffer Naranja.	113
Tabla 4.3.	Perdida por empalmes en Manga Domo – Casetera 1	114
Tabla 4.4.	Perdida por empalmes en Manga Domo – Casetera 2	114
Tabla 4.5.	Perdida por empalmes en Manga Lineal – Casetera 1	115
Tabla 4.6.	Perdida por empalmes en Manga Lineal – Casetera 2	115
Tabla 4.7.	Perdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 1.....	115
Tabla 4.8.	Perdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 2.....	116
Tabla 4.9.	Perdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 3.....	116
Tabla 4.10.	Perdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 4.....	117
Tabla 4.11.	Presupuesto óptico inicial de enlace DWDM Principal - Respaldo.....	119
Tabla 4.12.	Estado inicial de los enlaces DWDM Principal - Respaldo.....	120
Tabla 4.13.	Pérdida por fusión en modulo DWDM Parte 1.....	121
Tabla 4.14.	Pérdida por fusión en modulo DWDM Parte 2.....	121

Tabla 4.15.	Presupuesto óptico mejorado - Enlace DWDM Principal – Respaldo.	122
Tabla 4.16.	Estado Final de los enlaces DWDM Principal - Respaldo.....	122
Tabla 4.17.	Presupuesto óptico inicial de enlace MSAN Principal - Respaldo.	124
Tabla 4.18.	Estado inicial de los enlaces MSAN Principal - Respaldo	124
Tabla 4.19.	Pérdida por fusión en modulo MSAN parte 1.....	126
Tabla 4.20.	Pérdida por fusión en modulo MSAN parte 2.....	126
Tabla 4.21.	Presupuesto óptico mejorado de enlace MSAN Principal – Respaldo.	126
Tabla 4.22.	Estado Final de los enlaces MSAN Principal - Respaldo	127
Tabla 4.23.	Presupuesto óptico inicial de enlace MOVIL Principal - Respaldo.....	129
Tabla 4.24.	Estado inicial de los enlaces MOVIL Principal - Respaldo.....	129
Tabla 4.25.	Pérdida por fusión en modulo Móvil parte 1.	130
Tabla 4.26.	Pérdida por fusión en modulo Móvil parte 2.	130
Tabla 4.27.	Presupuesto óptico mejorado - Enlace MOVIL Principal – Respaldo.	130
Tabla 4.28.	Estado Final de los enlaces MOVIL Principal - Respaldo.....	131
Tabla 4.29.	Presupuesto óptico inicial de enlace MASIVO.....	133
Tabla 4.30.	Estado inicial de los enlaces MASIVOS.....	133
Tabla 4.31.	Pérdida por fusión en modulo MASIVO Parte 1.	134
Tabla 4.32.	Pérdida por fusión en modulo MASIVO Parte 2.	134
Tabla 4.33.	Pérdida por fusión en modulo MASIVO Parte 3.	134
Tabla 4.34.	Presupuesto óptico mejorado de enlace MASIVO.....	135
Tabla 4.35.	Estado Final de los enlaces MASIVOS.	135

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Índice de refracción.....	21
Ecuación 2. Reflexión de la Luz	22
Ecuación 3. Ley de Snell.....	23
Ecuación 4. Refracción de la luz.....	23
Ecuación 5. Ángulo crítico.....	24
Ecuación 6. Cono de aceptación	26
Ecuación 7. Presupuesto de pérdida óptica	74
Ecuación 8. Cálculo de pérdida óptica	118
Ecuación 9. Cálculo de potencia final del enlace.....	119

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN

1.1. Antecedentes

En la actualidad existe una gran cantidad de métodos para establecer una comunicación entre dos o más puntos, sin embargo, todo tiene un inicio y se ha venido desarrollando con la aplicación de diferentes tecnologías para obtener lo que hoy en día conocemos como servicio de telecomunicaciones.

Uno de los hitos más importantes en el mundo de las telecomunicaciones fue el uso del telégrafo, tecnología que durante el siglo XIX revolucionó completamente el envío de mensajes. El primer intento de cruzar un cable telegráfico transatlántico fue en 1858, sin embargo, fue en 1902 que concluyó el primer trayecto exitoso que comprendía entre Australia, Nueva Zelanda y Canadá [1].

En el año de 1930 se inició con la creación de un cable compuesto por un conductor aislado, permitiendo que se transporte más información sin perder energía, conocido como cable coaxial [2]. Dando oportunidad a que en el año de 1960 se pueda realizar conexiones mediante conmutación de circuitos bilateral entre dos puntos [3].

Uno de los primeros métodos creados para establecer comunicación entre una red de ordenadores llegó en 1969, creada por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada (ARPA), a la que denominaron ARPANET. Fue ya en 1977 que llegó el primer internet a Estados Unidos, utilizando tres redes diferentes (ARPANET, PRNET y SATNET) bajo el protocolo de comunicación TCP, por lo que la fundación nacional de ciencia de los Estados Unidos denominó NSFNET [4].

Fue a partir de 1990 donde empieza la expansión masiva del acceso a internet, permitiendo un desarrollo económico para organismos internacionales y gobiernos [5]. Para lograr cumplir con la demanda de tráfico, las agencias acudieron a una tecnología desarrollada en 1980, específicamente la fibra óptica, haciendo posible la transmisión de gran cantidad de datos, mejorando la fiabilidad de las redes de telecomunicaciones [6].

La fibra óptica actualmente tiene una mayor rentabilidad en comparación a otros medios de transmisión por medio guiado y no guiado, una de sus principales características es que permite transportar gran cantidad de información y en el menor tiempo posible conservando una baja latencia y estabilidad [7].

Comúnmente las instituciones de educación de nivel superior cuentan con un laboratorio de tecnologías y comunicaciones, sin embargo, en su mayoría no se tiene un seguimiento constante que permita indicar el estado actual de su infraestructura, nivel de operatividad y desempeño, es por eso que se requiere emplear técnicas de conservación y corrección [8].

En el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena existen varios módulos didácticos de red GPON, sin embargo, se desconoce el estado operativo en el que se encuentra actualmente, por lo que se requiere emplear análisis exhaustivos a través de equipamiento de medición óptica en la infraestructura física y así determinar el nivel de operatividad en el que se encuentra.

También existen redes GPON que no cuentan con una correcta certificación que permita la transmisión de datos e internet, por lo que al realizar pruebas con diferentes equipos de medición ópticos disponibles dentro del laboratorio, se puede verificar el estado y de ese modo aplicar correcciones permitiendo brindar acceso a internet a través de cada uno de los enlaces disponibles, así como de tener un correcto desempeño de la red.

1.2. Descripción del Proyecto

La presente propuesta tiene como meta brindar acceso a internet a través de varios módulos didácticos de redes GPON que se encuentran en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, aplicando pruebas ópticas con diversos equipos de medición que permita verificar que el estado de las redes es óptimo y así brindar una transmisión de datos adecuada.

Se determinará las limitantes que tiene cada uno de los equipos en los diferentes escenarios de la red, por otra parte, se va a realizar un análisis tomando como base los resultados obtenidos en las diferentes pruebas dentro del módulo didáctico de red GPON y los resultados que teóricamente la red debe proporcionar, con el fin de brindar la corrección y mejoramiento de redes en base a la norma CNT para brindar servicio de acceso a internet.

Para ello el proyecto tiene como primera etapa realizar un análisis del estado actual de los módulos didácticos de red GPON implementado en el laboratorio de telecomunicaciones, tomando en cuenta cada uno de los elementos ópticos activos y pasivos, así como el tipo de tecnología y normativas aplicadas. Al tener los datos necesarios, se puede dar inicio al cálculo de presupuesto de pérdida óptica, que consiste en hallar la potencia total en dB (Decibelio) que tiene cada enlace.

Se requiere además en esta etapa comprender el manejo adecuado de varios equipos de medición óptica, con el objetivo de obtener resultados con el menor margen de error posible. Al cumplir este requerimiento se puede iniciar con las pruebas empleando diversos equipos ópticos de medición que se encuentran en el laboratorio de telecomunicaciones, como detalle o punto adicional se incluirá la prueba de reflectometría óptica en el dominio del tiempo (OTDR), con la que será posible hallar los diferentes eventos perjudiciales que pueden existir dentro de un enlace.

En la segunda etapa del proyecto se plantea realizar un análisis de las limitantes de los equipos de medición óptica con respecto a su aplicación en las diferentes áreas del laboratorio de telecomunicaciones que representan las condiciones que se encuentran presentes actualmente en el campo laboral. Se busca también hacer énfasis en los eventos ópticos hallados mediante la aplicación de la reflectometría óptica en los enlaces de fibra óptica y determinar si estos perjudican al correcto funcionamiento de la red GPON, de tal manera que se pueda aplicar las correcciones necesarias para mejorar el funcionamiento de la red.

En la tercera etapa del proyecto se va a realizar ajustes correctivos en la red lo que permitirá dar soluciones a eventos ópticos que se presenten dentro del módulo didáctico de red GPON del laboratorio, así como promover el mejoramiento de la red GPON respetando las normativas típicas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones de CNT y recomendaciones UIT-T G.652, teniendo como resultado la transmisión estable de datos y acceso a internet a través de la red GPON del laboratorio.

Finalmente, en la última etapa de esta propuesta se plantea el desarrollo de un manual técnico con el propósito de que sea una herramienta que ayude a manejar correctamente equipos OPM, PON y OTDR, además de que permita comprender e interpretar los diferentes eventos o fenómenos que se logran detectar en las imágenes visuales de una red de fibra óptica que proporciona el OTDR. Mejorando así el aprendizaje teórico-práctico en los estudiantes que quieran fortalecer su formación académica empleando equipos de medición.

Estas etapas se las realizará con el propósito de ejecutar pruebas a través de diferentes equipos de medición óptica dentro de un entorno real que favorezca a la interacción entre el estudiante y los equipos de prueba dentro del laboratorio de telecomunicaciones los cuales se encuentran trabajando en la longitud de onda de 1310 nm y 1490 nm, ya que son unas de las más utilizadas en las empresas proveedoras de servicio de internet del Ecuador.

1.3. Objetivos del Proyecto

1.3.1. Objetivo General:

Desarrollar servicios de acceso a internet dentro del laboratorio de telecomunicaciones mediante el uso de equipamiento de medición óptica y evaluación del estado de la red GPON de los módulos didácticos para brindar eficiencia en la conectividad alámbrica e inalámbrica.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Analizar los módulos didácticos GPON de planta interna y externa empleando medidores ópticos para verificar que el estado de la red cumpla con los requerimientos que permitan brindar acceso a internet.
- Aplicar correcciones técnicas y normativas típicas en la red GPON para iniciar la transmisión adecuada de datos y acceso al servicio de internet dentro del laboratorio.
- Desarrollar un instructivo metodológico didáctico para estudiantes detallando por pasos la descripción del uso adecuado de equipos OPM, PON y OTDR, que incluyen pruebas de reflectometría óptica en el dominio del tiempo.
- Definir las configuraciones técnicas para la habilitación de la terminal OLT (línea terminal óptica) HIOSO para el acceso a internet en los módulos de red GPON.

1.4. Justificación

En la actualidad el avance de redes ópticas dentro del territorio ecuatoriano incrementa exponencialmente, especialmente dentro de la provincia de Santa Elena que cuenta con un cable submarino o interoceánico, por lo que se requiere de profesionales que estén capacitados para el diseño, implementación y mantenimiento de estas, permitiendo mejorar los métodos de comunicación existentes.

Para ello dentro del laboratorio de telecomunicaciones se requiere tener herramientas que ayuden a los estudiantes de la carrera de electrónica y telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena a mejorar sus conocimientos sobre manejo adecuado de medidores ópticos para redes de fibra óptica.

La propuesta planteada tiene como meta aportar técnicas para el análisis del estado y mantenimiento correctivo de redes de fibra óptica, cumpliendo con las normas de telecomunicaciones nacionales e internacionales que permiten brindar servicios de acceso a internet óptimos dentro de un ambiente real de trabajo.

Todo esto en base al estudio y análisis de varios módulos didácticos GPON, tomando en cuenta los parámetros que usualmente conlleva la implementación de una red con el fin de brindar servicio de internet hasta el abonado.

El proyecto permitirá conocer las limitantes de uso de cada uno de los equipos en un área determinada de la red, además de dar a conocer cómo influye la reflectometría óptica en el dominio del tiempo como técnica para la verificación de eventos existentes dentro de una red.

Los principales beneficiados con este proyecto son los estudiantes de la facultad de sistemas y telecomunicaciones de la universidad estatal península de Santa Elena, al reducir la ausencia de conocimiento en el manejo de equipos ópticos para la correcta implementación y mantenimiento de redes GPON, permitiendo así tener profesionales que brinden soluciones a eventos que perjudiquen la transmisión de servicio de internet dentro y fuera de la provincia de Santa Elena.

1.5. Alcance del Proyecto

El desarrollo de la propuesta tecnológica se limita en realizar el análisis de estado de red en los módulos didácticos GPON dentro del laboratorio de telecomunicaciones, donde se tiene implementado enlaces de red de fibra óptica con tecnología FTTH y FTTB que se asemejan a las condiciones que se emplean en el campo real de trabajo.

Se reunirá información sobre los elementos ópticos pasivos y activos de la red, distancia y recorrido de los enlaces de fibra, además de las normativas empleadas para la implementación de los módulos didácticos de red GPON de planta interna y externa.

Al tener conocimiento de los elementos ópticos pasivos empleados, se podrá realizar el presupuesto de pérdida óptica en base a los elementos empleados en la red de distribución y dispersión de los módulos, así como hacer énfasis en cada elemento que pueden interferir en la disminución de pérdida total de potencia (eventos ópticos) y que intervengan perjudicialmente a la transmisión de servicios de internet dentro de la red de fibra óptica del laboratorio de telecomunicaciones.

En la sección de análisis de datos, el proyecto se centra en comparar los datos obtenidos por los equipos de medición ópticos OPM, PON, OTDR y los hallados teóricamente, de tal modo que se pueda realizar un cálculo del porcentaje de error y así determinar el equipo que mejor se ajusta al proceso de cálculo y análisis de datos de los módulos didácticos de red GPON.

Aplicar correcciones técnicas en las diferentes secciones de los módulos didácticos GPON que alteren o perjudiquen la transmisión de datos dentro de los diferentes enlaces que tienen los módulos didácticos de fibra óptica, obedeciendo las normativas técnicas de diseño y construcción de redes ópticas GPON que indica CNT.

Elaborar un instructivo metodológico didáctico para los estudiantes de la facultad de sistemas y telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, detallando de forma clara y concisa el manejo adecuado de equipos de medición OPM, PON y OTDR en las redes GPON en base a las experiencias obtenidas durante el desarrollo del proyecto.

Este proyecto se basa en el análisis de componentes y de los elementos utilizados para la implementación de la red, así como la comparación de resultados obtenidos por equipamiento de medición óptica. Además de realizar instructivos que permitan comprender el uso adecuado de equipos para dar mantenimiento a las redes instaladas en el laboratorio, con el fin de brindar servicio de internet dentro de los módulos GPON. Por lo que prácticamente se deja de lado aplicar aspectos de seguridad de red, control de tráfico de datos y análisis del software de equipos de medición.

1.6. Metodología

La propuesta del proyecto inicia como un estudio descriptivo, sin embargo, tras una serie de indagaciones se prevé utilizar un sin número de métodos y técnicas para evaluar el estado de red a través de pruebas de medición con diversos equipos de medición óptica dentro de tres

módulos didácticos de red de fibra óptica GPON, de tal manera que los estudios planteados serían los siguientes:

Investigación Descriptiva: La propuesta del proyecto se desarrollará en base a un estudio descriptivo ya que busca obtener información y datos relevantes para el proyecto y de ese modo analizar cómo funciona la red GPON del laboratorio, además de los componentes ópticos pasivos y activos que dispone. Otro propósito es que se busca dar a conocer cada una de las características y procesos principales del proyecto.

Investigación Aplicada: Para el desarrollo práctico de este proyecto es de suma importancia contar con conocimientos relacionados a fibra óptica, ya que ayuda a tener un mejor desempeño al momento de empezar a hacer pruebas y realización de manuales técnicos, para de ese modo cumplir con los objetivos propuestos.

Investigación Experimental: Es de suma importancia que a medida que se va realizando el proyecto, se realicen pruebas que simulen un entorno real de trabajo, permitiendo recolectar información para la realización de instructivos metodológicos que proporcione las pautas necesarias sobre el funcionamiento del proyecto a los estudiantes.

1.7. Resultados Esperados

- Analizar las diferentes redes de fibra óptica para conocer el estado de operatividad de los módulos didácticos GPON con equipos OPM, PON y OTDR.
- Aplicar correcciones técnicas y normativas típicas en los módulos didácticos de red GPON para poder brindar acceso a internet dentro del laboratorio.
- Buscar la optimización del presupuesto de pérdida óptica en base a las normas de diseño y construcción de redes de CNT.
- Elaboración de instructivos para estudiantes que permita conocer el manejo adecuado de equipos de medición y pruebas ópticas en redes GPON.
- Presentar módulos didácticos de red GPON completamente operativos para realizar futuras prácticas.
- Demostrar el acceso a internet en los módulos de red a través de diferentes plataformas digitales.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

En esta sección se detallan las investigaciones realizadas, indicando el contexto de la propuesta relacionada a la habilitación de acceso a internet, evaluación y corrección del estado de la red de un laboratorio de telecomunicaciones.

2.1. Marco Contextual

Brindar servicios de acceso a internet conlleva a disponer de una infraestructura física actualizada que permita cubrir con la demanda necesaria de tráfico de datos, lo que promueve al desarrollo de las telecomunicaciones en búsqueda de nuevas tecnologías que sean capaces de brindar este servicio con una tasa baja de ruido, latencia e interferencias y un bajo costo al momento de implementarlas, además de que permitan una expansión subterránea, aérea y marítima, tal como lo permite los enlaces de fibra óptica.

La presente propuesta se basa en la evaluación y corrección de varios escenarios de fibra óptica denominados “Módulos de planta interna y externa GPON”, con el fin de brindar acceso a internet a través de los enlaces disponibles, utilizando equipamiento de medición óptica como método de evaluación. Este proyecto será desarrollado dentro de las instalaciones del laboratorio de telecomunicaciones de la facultad de sistemas y telecomunicaciones (FACSISTEL) ubicada en la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, ya que cuenta con las herramientas necesarias y varios escenarios de red GPON con componentes ópticos pasivos y activos que permite que se puedan realizar prácticas que se asemejan a la realidad encontrada al momento de diseñar, implementación y el mantenimiento de redes ópticas en campo.

Los beneficiarios directos de este trabajo de titulación es para los estudiantes de la carrera de electrónica y telecomunicaciones, debido a que con el desarrollo de la propuesta mejoraran sus conocimientos y obtendrán nuevas habilidades que les permitirá manejar equipamiento de medición óptica de manera acertada para el desarrollo de nuevas propuestas de enlaces ópticos que permitan brindar acceso a internet tomando como base las normativas típicas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica de CNT y recomendación ITU-T G.652.

2.2. Marco Teórico

Para realizar la propuesta se tomó información que da referencial al mantenimiento de redes con fibra óptica, la cual fue recopilada cuidadosamente, dando como resultado las siguientes investigaciones con más realce, las cuales se presentan a continuación:

En la ciudad de Quito año 2018 Universidad Técnica Israel, se planteó el trabajo de titulación: **Guía Digital para el análisis y resolución de fallas en la Operación & Mantenimiento de una Red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs**, teniendo como objetivo principal, brindar a los nuevos proveedores de servicios, un guía donde se pueda encontrar el procedimiento a seguir para resolver un caso que afecte a uno o varios clientes de la Red GPON [9].

En la ciudad de Medellín año 2022 Universidad de Antioquia, se desarrolló el trabajo para la obtención de título de ingeniero con tema: **Manual de mantenimiento preventivo de redes de planta externa GPON para técnicos de la empresa Velonet**, el proyecto se realiza con el fin de poder delegar tareas y que estas puedan ser ejecutadas de forma eficiente y precisa, además de capacitar y ser guía para el nuevo personal [10].

En la ciudad de Ambato año 2021 Universidad Técnica de Ambato, la presente investigación científica: **Gestión y calidad de servicio para una red IPTV con tecnología GPON**, tiene como objetivo analizar el funcionamiento de la red IPTV y dotar de un sistema de gestión que permita reestructurar la red GPON con un presupuesto de pérdida óptica ideal que permita la construcción de red de última milla para un abonado [11].

En la ciudad de Quito año 2020 Universidad Técnica Israel, se planteó el trabajo de titulación: **Módulo experimental de laboratorio para detectar fallos en enlaces de fibra óptica monomodo por reflectometría óptica en el dominio del tiempo, a través de un OTDR**, el cual se caracteriza por tener el desarrollo de prácticas en las que se aplica reflectometría óptica en el dominio del tiempo para poder detectar fallas o eventos que puede ocurrir en un enlace de fibra óptica monomodo y que afectan al funcionamiento correcto de la red [12].

En la ciudad de Cuenca Año 2021 Universidad Politécnica Salesiana, en conjunto de dos investigadores se realizó el proyecto: **Diseño, implementación y evaluación de redes GPON y**

EPON para CITYCOM CIA.LTDA, el cual tiene el propósito de evaluar las redes en base a las métricas de calidad de servicio, escalabilidad, velocidad de servicio y gestión de red [12].

En las instalaciones del laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal península de Santa Elena existen varias implementaciones de red GPON, donde se desconoce el estado operativo en el que se encuentran actualmente, tal como el proyecto: **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**, el cual emplea diferentes tipos de elementos ópticos pasivos y activos, diferentes tipos de tecnologías con sus respectivas normativas y arquitecturas [13].

Al cumplir con la selección de información adecuada, se tiene un avance significativo, ya que dichos datos serán de vital importancia para el desarrollo de este proyecto. Permitiendo iniciar con una actualización de la infraestructura física de los módulos, logrando brindar servicio de internet en cada uno de sus enlaces cumpliendo con los requerimientos que indican las entidades de control internacional.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Sistema de Comunicaciones

Los sistemas de comunicaciones se refieren a la infraestructura y tecnologías utilizadas para la transmisión y recepción de información desde un punto determinado a otro, tomando diferentes señales digitales o análogas. Estos sistemas permiten el intercambio bidireccional de datos, voz, video u otros tipos de información entre diferentes dispositivos.

Los principales elementos que integran un sistema básico de comunicaciones análogo o digital son:

- **Transmisor:** Dispositivo encargado de convertir la información en señales eléctricas para la transmisión.
- **Medio de transmisión:** Puede ser un cable físico (cobre, fibra óptica) o un medio inalámbrico (transmisión por radio o satélite).
- **Receptor:** Recibe las señales eléctricas transmitidas y las convierte en información comprensible para el destinatario.

- Redes de telecomunicaciones: Es la infraestructura que permita la interconexión entre diferentes dispositivos y permiten la transmisión de las señales a corta y larga distancia.

En los sistemas de comunicación es importante tener en cuenta la capacidad de transmisión para garantizar una comunicación eficiente y confiable, generalmente esta capacidad es determinada por la calidad de canal de comunicación, el ancho de banda disponible, la relación señal a ruido, técnica de modulación y más factores relacionados.

La capacidad de transmisión es prácticamente una medida de la eficiencia del canal y se expresa típicamente en bits por segundo (bps) o en algunos de sus múltiplos como kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps), o gigabit por segundo (Gbps) [14].

2.3.1.1. Sistema de Comunicaciones Inalámbricas

Estos sistemas permiten la transmisión de información sin la necesidad de utilizar cables o conexiones físicas a largas distancias, por lo que utilizan únicamente ondas electromagnéticas a través del aire u otros medios de propagación como el espacio libre. Estas se pueden distinguir en las tecnológicas como Wifi, radioenlace, bluetooth, redes de estaciones móviles (3G, 4G, 5G) y satelitales.

Los sistemas de comunicación inalámbrica utilizan frecuencias de radio, microondas, infrarrojos o incluso onda de luz visible al ojo humano para la transmisión de información de un punto a otro. Estos sistemas de comunicación LAN inalámbrica ofrecen varias ventajas, como la movilidad, facilidad de integración con otras redes, ya que al no estar conectado físicamente por cables permiten la comunicación en cualquier lugar dentro del alcance de la señal gracias a que los equipos actualmente integran la tecnología inalámbrica necesaria [15].

Al tener un sistema inalámbrico se obtiene compatibilidad con redes cableadas ya existentes, flexibilidad en la conexión de dispositivos, por lo que se permite tener una mayor escalabilidad al tener una facilidad fascinante a la hora de agregar nuevos dispositivos a la red en comparación con la instalación de cables físicos.

Las comunicaciones inalámbricas modernas logran establecer conexiones de alta velocidad y son parte fundamental para brindar acceso a internet en áreas de difícil acceso, logrando transmitir la información al convertir la señal eléctrica en forma de ondas electromagnéticas

utilizando el espacio libre [16]. Sin embargo, estas tienen sus inicios en la era de desarrollo de tecnologías inalámbricas en el siglo XIX y XX.

En la década de 1920 se desarrolló y estandarizó la tecnología Wifi (Wireless Fidelity), Wifi permite crear redes de área local de alta velocidad gracias al estándar IEEE 802.11 que fue desarrollado a principio de 1990, esta tecnología permitió la conexión inalámbrica a internet de forma económica, rápida y fácil de usar, lo que revolucionó la forma en que las personas accedían a internet en la banda ISM de 2.4 y 5 GHz [17].

Dentro del estándar 802.11 encontramos las actualizaciones 802.11a y 802.11b generalmente empleadas en los radioenlaces punto a punto o punto multipunto, operan entre los 800 MHz hasta los 42 GHz, estos tipos de enlaces tienen comunicación dúplex [18]. Es importante que entre los equipos exista línea vista, tal como se observa en la figura 2.1, ya que las obstrucciones pueden alterar el funcionamiento de los enlaces.

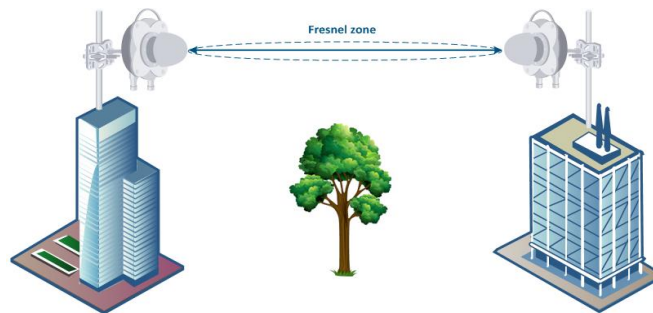


Figura 2.1. Representación de una comunicación inalámbrica.
Imagen tomada de la web: <https://www.anvimur.com>

En la figura 2.2 se muestra la evolución de la red móvil, incluyendo el desarrollo de la tecnología 4G y 5G, estas redes móviles de alta velocidad utilizan radioenlaces para proporcionar conexiones inalámbricas ultra rápidas y de baja latencia, lo que ha permitido el desarrollo de aplicaciones y servicios avanzados, como el internet de las cosas (IOT).

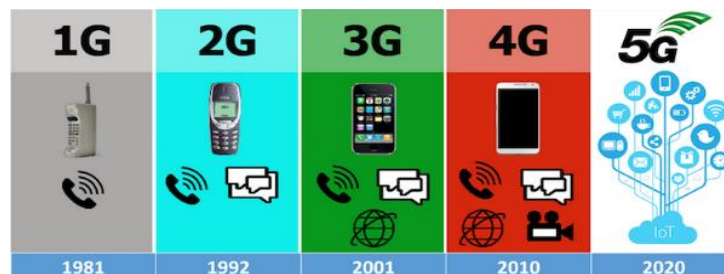


Figura 2.2. Evolución de la red Móvil.
Imagen tomada de la web: <https://theconversation.com/>

2.3.1.2. Sistema de Comunicaciones Alámbricas

Un sistema de comunicaciones alámbricas es un conjunto de dispositivos y técnicas utilizadas para transmitir información a través de cables o medios físicos. Estos sistemas se basan en el uso de cables conductores como el coaxial o par trenzado, también pueden ser mediante fibra óptica ya sea plástica o vidrio, para enviar y recibir datos a cortas y largas distancias [19].

En un sistema de comunicación alámbrica, la información se transfiere en forma de señales eléctricas u ópticas a través de cables de cobre o fibra óptica respectivamente. Proporcionando de tal manera los canales de comunicación y conexión física entre los dispositivos de transmisión y recepción, mejorando la transmisión de grandes volúmenes de datos a altas velocidades [20].

Los materiales que generalmente se utilizan para el funcionamiento de los sistemas de comunicaciones alámbricos o medios guiados y físicos son varios, a continuación, se presenta los conductores metálicos más empleados en la actualidad: cable coaxial, par trenzado o fibra óptica que puede ser con núcleo de vidrio o plástico.

CABLE DE PAR TRENZADO

Consistía en dos alambres conductores aislados y retorcidos en forma de trenza, esta configuración ayudo a reducir la interferencia electromagnética entre los dos conductores [21]. Logrando obtener una certificación para la transmisión de datos en sistemas de redes locales LAN, en la actualidad tiene diferentes categorías como CAT5, CAT6, CAT7, etc. Cada una con un rendimiento y capacidad de transmisión mejoradas, su diferencia física se muestra en la figura 2.3.

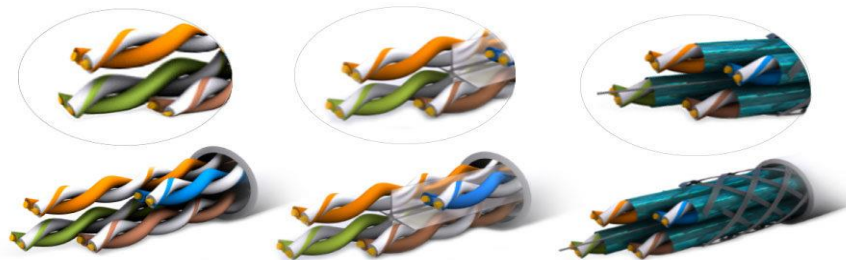


Figura 2.3. Tipos de cables de par trenzado.
Imagen tomada de la Web. <https://www.telecable.com/>

CABLE COAXIAL

El cable coaxial comenzó a ser utilizado para la transmisión de señales telefónicas a largas distancias, ya que este demostró ser superior al cable de par trenzado en termino de transmisión y reducción de interferencias electromagnéticas.

En la figura 2.4 se muestra la composición del cable, que es prácticamente un núcleo recubierto por un aislante (PVC o Teflón) que en conjunto con la malla de hilos de cobre completa el circuito de seguridad ante interferencias. Finalmente, la cubierta externa (visible) está compuesta por una goma o PVC que permite sea maniobrable para su instalación [21].

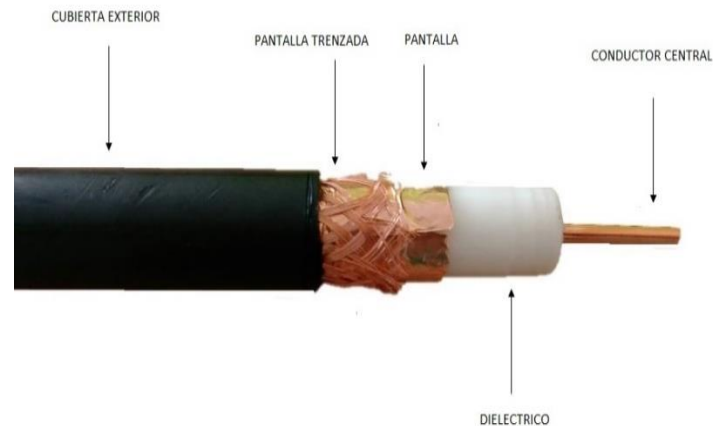


Figura 2.4. Composición de cable Coaxial.
Imagen tomada de la web: <https://www.cablecel.com/>

FIBRA ÓPTICA

El cable de fibra óptica es un medio de transmisión utilizado para el envío y recepción de datos a través de pulsos o señales de luz modulados que se trasladan por medio de hilos delgados y flexibles que están compuestos por un núcleo de vidrio o plástico transparente, rodeado por una capa de revestimiento y protegida por una cubierta o chaqueta exterior.

La fibra óptica tiene una infinidad de beneficios a tal punto que se la emplea en diversas aplicaciones como sistema de telecomunicaciones, transmisión de datos de alta velocidad, conexión a internet de banda ancha, sistema de televisión por cable y telefonía a largas distancias.

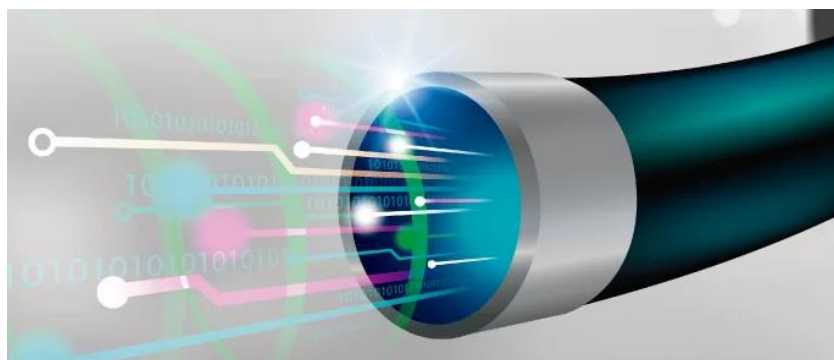


Figura 2.5. Representación de la Fibra óptica
Imagen tomada de la web: <https://disete.com>

Aplicación de la Fibra en los Sistema de comunicaciones Ópticas

La aplicación de la fibra óptica en los sistemas de comunicaciones fue posible tras años de investigación, uno de tantos ocurrió en 1988, cuando se desarrollaron los cables NZDSF (fibra de dispersión no nula) ya que lograron obtener mayor capacidad de potencia y la relación señal/ruido es mayor [22].

Tal como se muestra en la figura 2.6 para el correcto funcionamiento de un sistema de comunicación óptica, se debe tener en cuenta la implementación de varios componentes ópticos activos y pasivos que son de suma importancia, esto con el objetivo de lograr obtener una transmisión de datos estable y sin interrupciones hacia los usuarios a través de la fibra, tales como:

- Fuente de luz: Es el dispositivo que genera los pulsos de luz utilizados en el transporte de información. Las fuentes de luz comunes en los sistemas ópticos son los diodos láser y los LED (Diodo emisor de luz).
- Transmisor: Es el componente encargado de modular la señal en los pulsos de luz por la fuente. El transmisor utiliza técnicas de modulación de amplitud, frecuencia o fase para codificar la información.
- Fibra Óptica: Es el medio por el que se transmite los pulsos de luz, la fibra está compuesta por un nucleó de vidrio o plástico rodeado por una cubierta protectora.
- Receptor: Es el componente encargado de recibir y detectar los pulsos de luz transmitidos a través de la fibra óptica, posterior transforma los pulsos de luz a una señal eléctrica para su procesamiento.
- Procesamiento de señal: Una vez que la señal óptica ha sido convertida en una señal eléctrica, será procesada y recuperada en su forma original utilizando técnicas de modulación y procesamiento digital de señales.

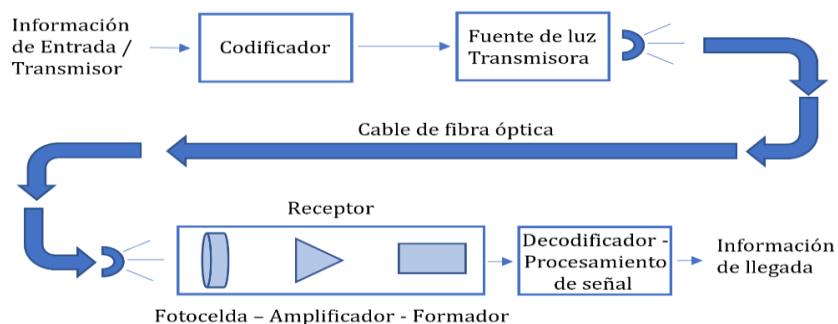


Figura 2.6. Elementos de un sistema de comunicación Óptica.

2.3.2. Comunicaciones Ópticas

Las comunicaciones ópticas surgieron a partir de las investigaciones realizadas por Antoni E. Karbowiak Y Charles K. Kao en el laboratorio de telecomunicaciones STL (Standard Telecommunications Laboratories), donde se enfocaron en estudiar las guías de ondas para implementarlas en las comunicaciones digitales [23].

Kao en 1964 se convirtió en el director de investigación tras la salida de Karbowiak de los laboratorios STL, Kao realizó varias investigaciones pues estaba convencido de que la pérdida por cada kilómetro de fibra podría ser menos a los 20 dB, convirtiéndolo así en el padre de la fibra óptica [23].

Tomando en cuenta las primeras investigaciones realizadas por Kao, demás investigadores en el área empezaron con la mejora de la fabricación y producción en masa, permitiendo que se pueda implementar en redes de larga distancia. Logrando que hoy en día se encuentre desplegada una gran red de fibra óptica a nivel mundial, esto con la implementación de los cables submarinos que se encuentren sumergidos en los diferentes lechos marinos que tiene el planeta tierra.

2.3.2.1. La Fibra Óptica y sus características

ORIGEN Y EVOLUCIÓN

Su origen se remonta con el experimento del científico John Tyndall que consistía en transmitir luz a través de un chorro de agua curvado. Sin embargo, fue en la década de 1860 cuando mostró que las partículas de polvo, humo fino y pequeñas gotas de agua dispersaban la luz [24].

La evolución de la fibra óptica permite que hoy en día se tenga comunicaciones a largas distancias con una gran velocidad, a continuación, se muestra los eventos más importantes:

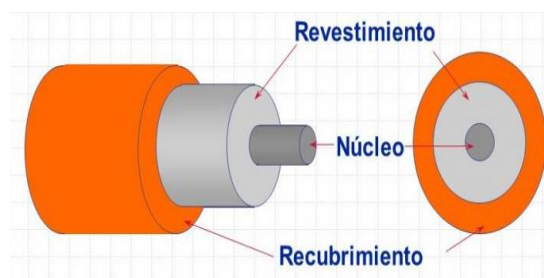
- Década de 1950: Se exploró la idea de utilizar la luz para transmitir información en lugar de señales eléctricas.
- Año 1954: El físico Narinder Singh relacionó y atribuyó el término “Fibra óptica” y publicó un artículo sobre la transmisión de luz a través de vidrio flexible.
- Año 1966: Charles Kao demostró que la pérdida de señal en las fibras podía disminuirse utilizando materiales de alta pureza.
- Finales de la década de 1960 y principios de 1970: Avances tecnológicos en la fabricación y diseño de fibra óptica, así como sus conectores y acopladores.

- Año 1977: Se logro establecer con existo la primera llamada telefónica en Estados Unidos, a partir de aquello empezaron a surgir las comunicaciones a largas distancias con cables interoceánicos.
- Década de 1980: La fibra óptica se convirtió en un elemento más accesible y se comenzó a utilizar en redes de telecomunicaciones a nivel mundial.

Desde entonces la fibra óptica ha seguido evolucionando con desarrollo de nuevas técnicas de fabricación que han permitido que se incremente las velocidades de transmisión.

ESTRUCTURA DE LA FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica tiene una estructura cilíndrica, delgada y flexible logrando tener una guía donde los rayos de luz se trasladan a lo largo de su interior. En la figura 2.7 se muestra el modelo estructural, donde se describe que la composición básica de la fibra óptica es de 3 elementos, la primera indica que es el núcleo de fibra óptica, seguido del casquete o revestimiento y como tercer elemento se tiene al recubrimiento [25].



*Figura 2.7. Estructura de la Fibra óptica
Imagen tomada de la web: <https://es.educaplay.com/>*

Núcleo

Es el centro de la fibra, su compuesto generalmente es de un material transparente (vidrio, hecho a base de silicio (SiO_2 o plástico).

Revestimiento

Rodea al núcleo, su compuesto generalmente es de un material con un índice de refracción más bajo que el del núcleo, este ayuda a guiar la luz dentro del núcleo.

Recubrimiento

Es una chaqueta externa que protege a la fibra óptica de daños, como la humedad o polvo. Su compuesto es de un material resistente por ejemplo el plástico Kevlar o acrílico.

CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

Fibra Monomodo

La fibra óptica monomodo se ilustra en la figura 2.8, esta permite la propagación de un solo rayo de luz, tiene un núcleo pequeño de alrededor de $9 \mu m$, esto permite que tenga una mayor capacidad de transmisión de mayor distancia con alto ancho de banda [26].



Figura 2.8. Estructura de la Fibra Monomodo
Imagen tomada de la web: <https://beyondtech.us/>

Dentro de la clasificación de la fibra monomodo tenemos tres tipos según su aplicación.

- Fibra Monomodo Estándar: Sus siglas son SMF, permite que se tenga enlaces con aproximadamente solo -0.2 dB de pérdida por cada kilómetro de fibra.
- Fibra de Dispersión Desplazada: Por sus siglas DSF, se caracterizan por tener una dispersión cromática nula, ya que su atenuación aumenta -0.25 dB por cada kilómetro.
- Fibra de Dispersión Desplazada de Cero: Por sus siglas NZDSF, fueron diseñadas para resolver los problemas generados por la fibra DSF, tiene un valor de dispersión próximo a cero, pero, no nulo.

Recomendación ITU-T G.652

Este documento desarrollado por la unión internacional de telecomunicaciones (ITU) establece los estándares, directrices y características geométricas, mecánicas y de transmisión de la fibra monomodo utilizada en redes de telecomunicaciones.

Esta recomendación fue diseñada para las fibras ópticas que trabajan en la longitud de onda 1310 nm pero también se pueden emplear en las fibras con longitud 1550 nm .

La recomendación ITU-T G.652 es una de las más utilizada a nivel mundial, esta categoría también se la conoce como SMF estándar, la primera edición fue publicada y estandarizada en el año de 1984 y actualmente se divide en cuatro categorías: G.652A, G.652B, G.652C y G.652D.

A continuación, en la tabla 2.1 se presenta un resumen de las características de la fibra monomodo según la recomendación ITU-T G.652:

Tabla 2.1. Fibra Monomodo Recomendación ITU-T G.652

FIBRA ÓPTICA MONOMODO – RECOMENDACIÓN G.652	
Longitud de Onda	1300 nm 1550 nm (No optimizada)
Diámetro del Núcleo 1300 nm ($\pm 10\%$)	9 μm (Revestimiento con depresión) 10 μm (Revestimiento con adaptado)
Diámetro del Revestimiento	125 $\pm 3 \mu m$
Longitud de Onda de Corte	1100 nm < λ_c < 1280 nm
Coefficiente de Atenuación	0.1~1 $\frac{dB}{Km}$ en $\lambda = 1300 \text{ nm}$ 0.25~5 $\frac{dB}{Km}$ en $\lambda = 1550 \text{ nm}$
Coefficiente de Dispersión	3.5 de 1285 a 1330 nm 6 de 1270 a 1340 nm 20 a 1550 nm

Datos recolectados de la página web: <https://www.itu.int/>

Fibra Multimodo

En la figura 2.9 se muestra como la fibra óptica multimodo permite la propagación de varios rayos de luz de forma simultánea, tiene un núcleo mayor en comparación la fibra monomodo que es alrededor de 50 μm , esto permite que tenga un acoplamiento de luz más sencillo [26].



Figura 2.9. Estructura de la Fibra Multimodo
Imagen tomada de la web: <https://beyondtech.us/>

Dentro de la clasificación de la fibra multimodo tenemos dos tipos según su aplicación.

- Fibra de índice en escalón o de salto de índice: Este tipo de material permite que el índice de refracción del núcleo y revestimiento sean relativamente iguales. Ya que

el núcleo tiene un índice sensiblemente mayor, lo que provoca que el índice de refracción al cambiar de una zona a otra sea brusco.

- Fibra de índice gradual: A diferencia de índice en escalón, el núcleo varía gradualmente desde el centro del núcleo hasta que llega al revestimiento. Disminuyendo así la dispersión modal, que consigue reducir la diferencia de caminos que recorren los rayos de luz.

Recomendación ITU-T G.651

Este documento desarrollado por la unión internacional de telecomunicaciones (ITU) establece los estándares, directrices y características de la fibra multimodo utilizada en redes de telecomunicaciones. Esta recomendación fue diseñada para las fibras ópticas que trabajan en la longitud de onda 850 nm.

Aprobada en el año de 1998, actualmente está vigente con la nueva reforma G.651.1 que fue publicada en el 2007, esta indica que se deben ocupar en fibras multimodo de índice gradual con región 850nm y 1300nm.

A continuación, en la tabla 2.2 se muestra un resumen de las características de la fibra multimodo según la recomendación ITU-T G.651:

Tabla 2.2. Fibra Multimodo Recomendación ITU-T G.651

FIBRA ÓPTICA MULTIMODO – RECOMENDACIÓN G.651	
Longitud de Onda	850 nm 1300 nm
Diámetro del Núcleo	50 $\mu m \pm 3 \mu m$
Diámetro del Revestimiento	125 $\pm 3 \mu m$
Longitud de Onda de Corte	Casi Parabólico
Apertura Numérica	0.18 a 0.24
Coefficiente de Atenuación	$\lambda = 850 \text{ nm} > 4.05 \frac{dB}{Km}$ en $\lambda = 1300 \text{ nm} > 2 \frac{dB}{Km}$
Coefficiente de Dispersión	$\lambda = 850 < 200 \text{ MHz} \times Km$ $\lambda = 1300 < 200 \text{ MHz} \times Km$

Datos recolectados de la página web: <https://www.itu.int/>

FORMA DE TRANSMISIÓN DE LA LUZ EN LA FIBRA ÓPTICA

Refracción de la Luz

Es un fenómeno que ocurre cuando la velocidad de la luz varía instantáneamente al pasar de un medio material (aire) a otro distinto (agua). Para comprender su concepto de mejor manera es necesario calcular el índice de refracción y la reflexión. A continuación, se indica como:

Índice de refracción

Es una propiedad óptica que describe como la luz se propaga a través de un medio material. Esta es una medida a la que la luz se mueve en un medio en comparación con su velocidad en el vacío, por lo que indicaría cuanto se desvía la luz al pasar de un medio a otro.

El índice de refracción se representa por la letra n y se calcula dividiendo la velocidad de la luz en el vacío C_o entre la velocidad de la luz en el medio o material C [27].

Se puede expresar matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

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

Ecuación 1. Índice de refracción.

Reflexión

Es un fenómeno que ocurre cuando la luz índice sobre una superficie y rebota, cambiando su dirección, sin necesidad de penetrar o cambiar de material. A continuación, se muestra la ilustración de este fenómeno en la figura 2.10.

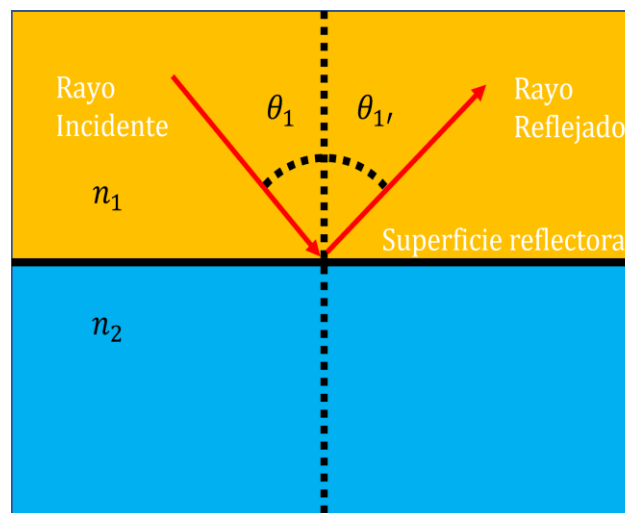


Figura 2.10. Reflexión de la luz

Por lo tanto, la ecuación matemática está representada de la siguiente manera:

$$\theta_1 = \theta_1,$$

Ecuación 2. Reflexión de la Luz

Donde θ_1 es el ángulo incidente y θ_1 , es el ángulo reflejado [27].

A continuación, una tabla con los elementos en donde la luz puede refractarse:

Tabla 2.3. Índice de refracción de elementos

Material	Índice de Refracción
Vacío	1,0
Aire	1,0003
Agua	1,3333
Cuarzo	1,5

Datos tomados de [27].

Ley de Snell

Conocida también como la ley de refracción, describe el cambio de dirección de propagación de la luz cuando pasa de un medio a otro con diferente índice de refracción. Esta fue formulada por el científico holandés Wilebrord Snellius entre los años (1580 - 1626) [28].

El rayo de luz incidente, el rayo refractado y la normal, todas estas se encuentran en el mismo plano. Además, el cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es constante y está relacionado con los índices de refracción de los dos medios involucrados.

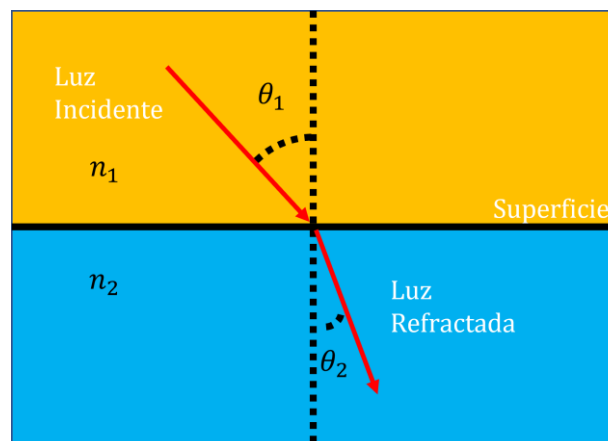


Figura 2.11. Ley de Snell.

La ley se puede expresar matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

Ecuación 3. Ley de Snell

Donde n_1 y n_2 son los índices de refracción de los materiales y θ_1 y θ_2 son el ángulo del rayo incidente y rayo refractado respectivamente [27].

Refracción

Es un fenómeno que ocurre cuando la luz pasa de un medio a otro con una densidad óptica, este se produce debido a que la velocidad de propagación de la luz cambia al atravesar un nuevo medio, lo que hace que la luz se desvíe o cambie de dirección [27].

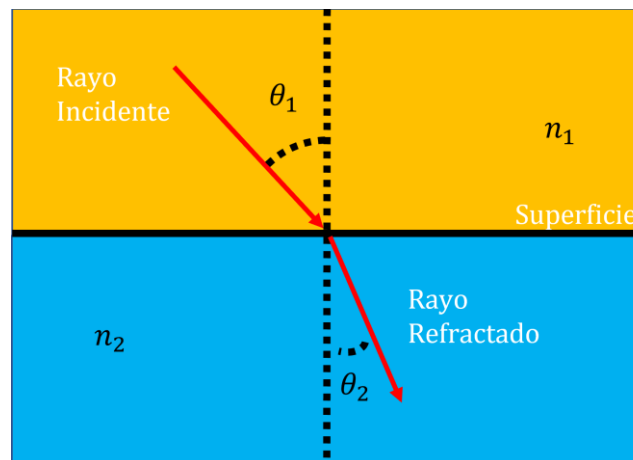


Figura 2.12. Refracción de la Luz

El ángulo de refracción depende de las propiedades ópticas de los medios involucrados y se rige por la ley de Snell, que establece que el cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es igual a la razón entre las velocidades de la luz en los dos medios. Su expresión matemática sería de tal manera:

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

Ecuación 4. Refracción de la luz

Ángulo Crítico y de reflexión total

Cuando un rayo de luz pasa de un medio con mayor índice de refracción a uno con menor índice, se genera el ángulo crítico en la onda refractada con un ángulo de 90 grados respecto a la

normal. Por lo que no se produce ninguna reflexión o refracción, dejando que la onda viaje sin salir de la superficie en la que ingreso [29].

Para comprender el ángulo crítico, a continuación, se muestra cómo quedaría la ecuación al aplicar la ley de Snell:

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

$$n_1 * \sin \theta_1 = n_2 * \sin 90^\circ$$

$$n_1 * \sin \theta_1 = n_2 * (1)$$

$$\sin \theta_1 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

Tomando en cuenta la ecuación de reflexión tendríamos lo siguiente:

$$\theta_1 = \theta_{1'}, \theta_{1'} = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$$

Ecuación 5. Ángulo crítico

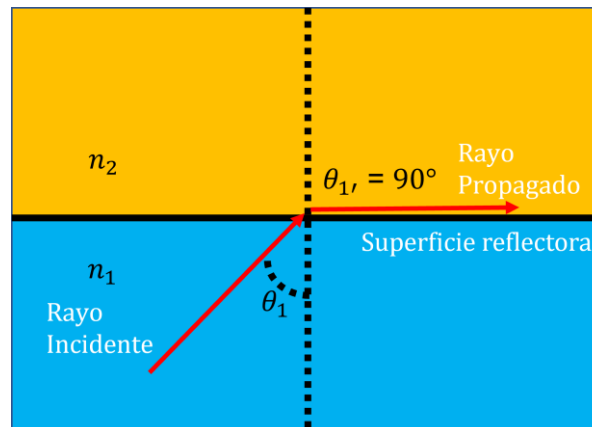


Figura 2.13. Ángulo crítico

En la figura 2.13 se representa al ángulo crítico, allí indica la incidencia mínima necesaria para que se produzca la reflexión total interna entre los dos medios transparentes.

Si a partir de este valor, se sigue aumentando el ángulo de incidencia, la onda rebotara completamente, por lo que se generaría el fenómeno de reflexión total [30].

El ángulo crítico nos indica la incidencia mínima necesaria para que se produzca la reflexión total interna entre los dos medios transparentes. Si a partir de este valor, se sigue aumentando el ángulo de incidencia, la onda rebotará completamente, por lo que se generaría el fenómeno de reflexión total [30], tal como se muestra en la figura 2.14.

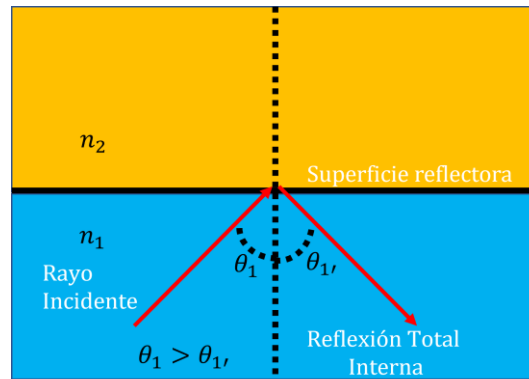


Figura 2.14. Reflexión total interna

Angulo o cono de aceptación

El cono de aceptación óptica se refiere a la región espacial en la que un sistema puede aceptar eficientemente la radiación incidente, es importante tener en cuenta que el cono de aceptación puede variar según el tipo de sistema óptico y la aplicación.

Este está determinado por las características del sistema óptico, como pueden ser la geometría de las lentes y las propiedades de los detectores utilizados.

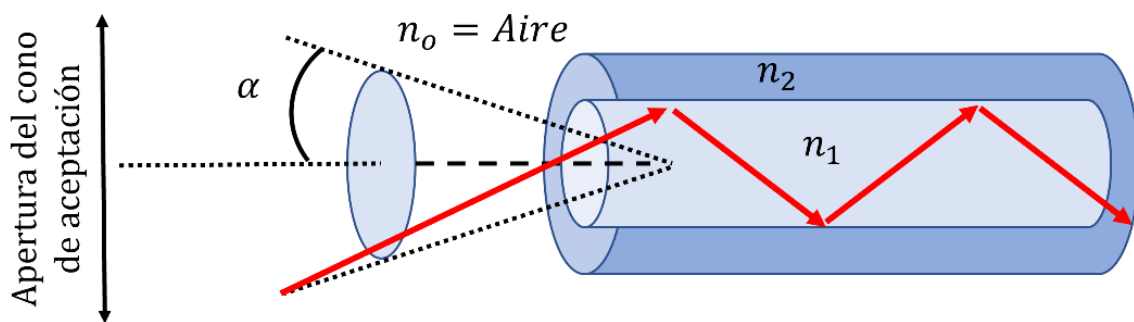


Figura 2.15. Cono de aceptación

Para reconocer si el valor de aceptación óptica es óptimo se determina a través de las fórmulas de Snell.

$$n_0 * \sin \theta_1 = n_1 * \sin \theta_2$$

Donde $n_0 = \text{aire} = 1$ y $\theta_1 = \alpha, \theta_2 = 90^\circ - \theta$, por lo que al remplazar los valores y aplicar identidades trigonométricas obtenemos:

$$\sin \alpha = n_1 * \sin(90^\circ - \theta) \rightarrow \sin \alpha = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \theta}$$

Si el ángulo incidente se refracta en n_1 formando 90° , entonces en el ángulo incidente es crítico, por lo tanto:

$$\alpha = \sin^{-1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Ecuación 6. Cono de aceptación

FACTORES QUE AFECTAN AL MEDIO DE TRANSMISIÓN DE FIBRA ÓPTICA

Existen diversos factores que pueden afectar el rendimiento y la calidad de transmisión de los enlaces de fibra óptica, típicamente existen factores externos como una mala instalación, daños provocados por la fauna y clima, otros factores que afectan a la fibra óptica son provocadas por pérdidas y atenuaciones.

Pérdidas por atenuación

Una atenuación es la disminución de la intensidad de la señal a medida que viaja a lo largo del recorrido del cable de fibra, esta se ve expresada en dB (decibeles). Se tiene varios factores, entre ellos:

Atenuación por Absorción

Se caracteriza por ser una disminución de pérdida provocada principalmente debido a la interacción de la luz con las impurezas presentes en el núcleo y cubierta de la fibra, reduciendo el paso de luz [31].

Existen diversos tipos de absorción, por ejemplo: intrínseca, impurezas, agua.

- Absorción intrínseca. – Los átomos absorben ciertas longitudes de onda, disminuyendo la intensidad de la señal.
- Absorción de impurezas. – Iones metálicos absorben la luz y causan pérdidas, estas pueden provenir del proceso de la fabricación de la fibra.
- Absorción por agua. – Provocada cuando existe humedad o contacto directo con agua, afectando significativamente la transmisión de luz.

Atenuación por Curvatura

Las pérdidas son generadas cuando la fibra sufre un doblez muy alto a tal punto que se llega al ángulo crítico, provocando que la luz se refracte [31]. Existe dos tipos de curvatura:

- Macro curvatura. – Este tipo de curvatura provoca que la luz escape del núcleo, ya que se supera el ángulo máximo de incidencia admitido.
- Micro curvatura. – Aparecen al momento de introducir la fibra en los buffers durante su fabricación.

Atenuación por Unión

Las pérdidas son generadas cuando se realizan los empalmes de fibra óptica mediante una fusión o unión de estas, aparecen al momento de fundir los extremos de los hilos, provocando una pérdida de aproximadamente -0.1 dB [31].

Pérdidas por Dispersión

Dispersión Modal – Fibras Multimodo

Esta atenuación ocurre en las fibras ópticas multimodo, debido a las diferentes longitudes de trayectoria, sumándole los retardos de propagación, provocando que puedan ensancharse, superponerse y mezclarse [31].

Dispersión Cromática – Fibras Monomodo/Multimodo

Este tipo de dispersión ocurre por las diferentes longitudes de onda que se propagan a velocidades ligeramente diferentes, ya que el índice de refracción varía con la longitud de onda. Esta puede ocurrir en la fibra multimodo y monomodo [31].

Dispersión por Modo de Polarización – Fibras Monomodo

A diferencia de la dispersión modal, esta afecta directamente a las fibras monomodo, ya que limita la capacidad de transmisión de bit. La dispersión por modo de polarización es provocada cuando la fibra tiene deformaciones, torsión o curvaturas [31].

2.3.2.2. Enlaces Ópticos

Los enlaces ópticos constan de un transmisor que estará en uno de los extremos de la fibra, mientras que el o los receptores estarán en otro extremo. En su mayoría los sistemas transmiten en una dirección o en ambas direcciones, a estas se la conoce como comunicación bilateral.

La función del transmisor es convertir toda señal eléctrica que se desea emitir a una señal óptica por medio de una luz que es generada por diodos LED o láser con el objetivo de poder enviarla posteriormente a través de un canal de comunicación (Fibra óptica), mientras que el receptor recupera la información transmitida y la convierte nuevamente en señal eléctrica.

ENLACE PUNTO A PUNTO

Las comunicaciones ópticas o enlace punto a punto es un tipo de comunicación que utiliza la luz como medio para transmitir información entre dos puntos específicos (emisor y receptor) por lo que durante su recorrido no deben existir divisiones de señal o aplicar otros modelos de conexión [32].

Las comunicaciones ópticas punto a punto ofrecen velocidades de transmisión extremadamente altas, ancho de banda limpio permitiendo transmitir en entornos de red de alta demanda y mayor seguridad ya que es difícil interceptar sin interrumpir la comunicación, debido a que este enlace es una conexión directa entre los dos puntos que plantean formar una comunicación por medio de transceptores, tal como se muestra en la figura 2.16.

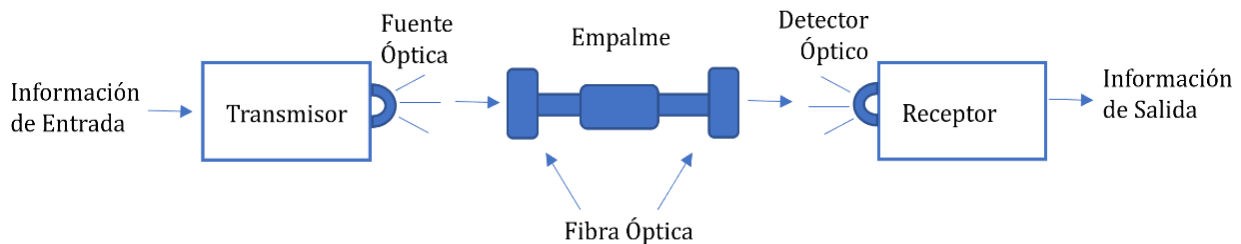


Figura 2.16. Enlace óptico Punto a Punto

DIFUSIÓN: PUNTO MULTIPUNTO

También conocidos como OMP (Optical Multipoint), son un sistema de comunicación que permiten la transmisión de datos a través de una fibra óptica a múltiples destinos. Para estos enlaces se acoplan diferentes divisores ópticos con el fin de obtener más receptores utilizando un mismo canal o puerto óptico [32].

Los enlaces multipuntos generalmente se implementan utilizando tecnologías de multiplexación por división de tiempo (TDM), estos requieren dispositivos especiales como conmutadores ópticos o terminales de línea óptica (OLT), que facilitan la distribución de datos a los destinos correspondientes, en la figura 2.17 se muestra un esquema del enlace.

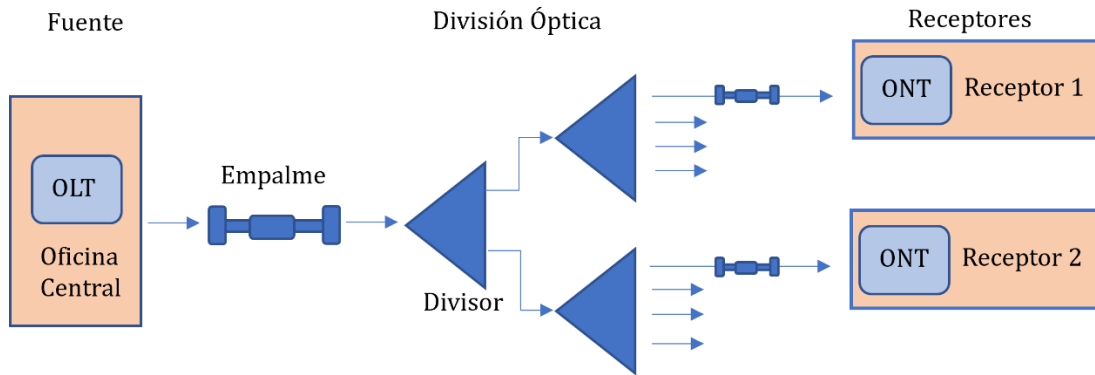


Figura 2.17. Enlace óptico Punto a Multipunto

2.3.2.3. Redes FTTX

Las redes FTTX (Fibra hasta “X”), conocidas también como redes de acceso óptico, están reemplazando gradualmente los sistemas de telecomunicaciones tradicionales basados en cables de cobre por los de fibra óptica, mejorando así la calidad de servicio de internet.

Se emplean de forma genérica ya que ofrecen mayores velocidades de transmisión, existen estructuras que permiten que la implementación de la fibra óptica llegue prácticamente hasta el hogar de los usuarios. Las redes FTTX se pueden clasificar en varias estructuras, las cuales se diferencian de acuerdo con el despliegue o distribución de la red de fibra óptica, entre las más importante se tiene:

FTTN (FIBRA HASTA EL NODO)

En una red FTTN, la fibra óptica se extiende desde el proveedor de servicios hasta un nodo o armario de distribución, generalmente tienen una distancia corta con respecto a hogares y empresas, que varía entre los 100 metros y 1 kilómetro.

En la figura 2.18 se muestra como desde el nodo, se utiliza la infraestructura de cableado existentes como el cobre, para así llevar la conexión de internet al usuario final.

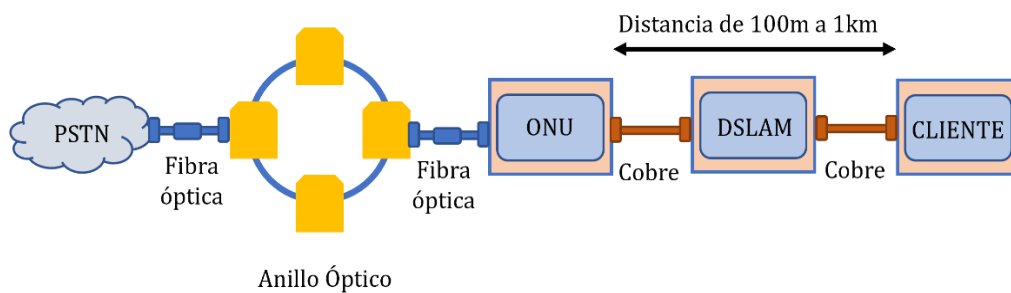


Figura 2.18. FTTN (Fibra Hasta el nodo)

FTTC (FIBRA HASTA LA ACERA)

Emplea parte de la infraestructura de una red FTTN, sin embargo, la fibra óptica se extiende desde la red del proveedor de servicios hasta un armario de distribución o nodo intermedio, en la figura 2.19 se observa como la distancia es bastante corta que varía entre los 10 metros y 100 metros con respecto a los clientes.

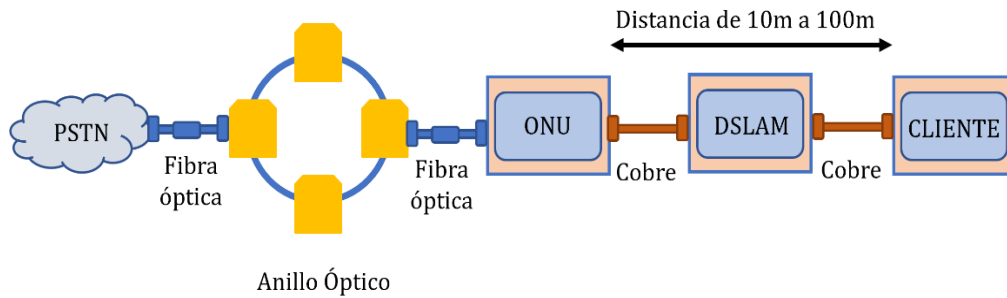


Figura 2.19. FTTC (Fibra Hasta la Acera)

FTTB (FIBRA HASTA EL EDIFICIO)

Las conexiones de una red FTTB se muestran en la figura 2.20, allí la fibra óptica se extiende desde el proveedor de servicios hasta la acometida de un edificio. Allí se instala la ONU, para posteriormente distribuir servicio de internet a las habitaciones de los usuarios finales por medio de la tecnología VDSL (cobre).

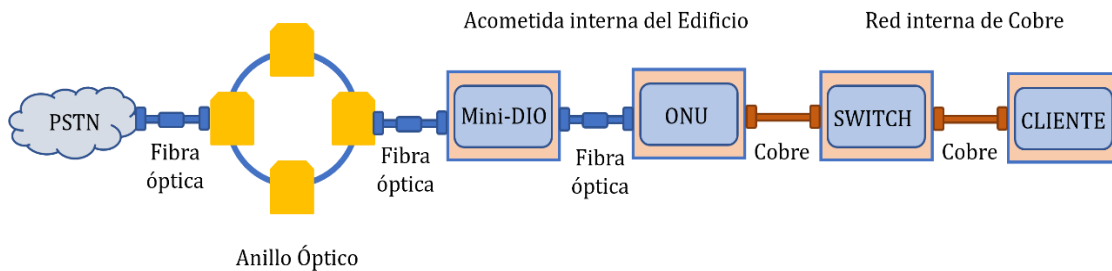


Figura 2.20. FTTB (Fibra Hasta el Edificio)

FTTH (FIBRA HASTA EL HOGAR)

En una red FTTH, las fibras se extienden desde el proveedor de servicios de internet (ISP) hasta el hogar del usuario final, en la figura 2.21 se muestra un ejemplo típico aplicado en campo.

Esto significa que la conexión de fibra está disponible directamente en el domicilio u oficina del usuario, proporcionando una conexión a internet de alta velocidad y rendimiento en comparación con las tecnologías de acceso a internet tradicionales como ADSL.

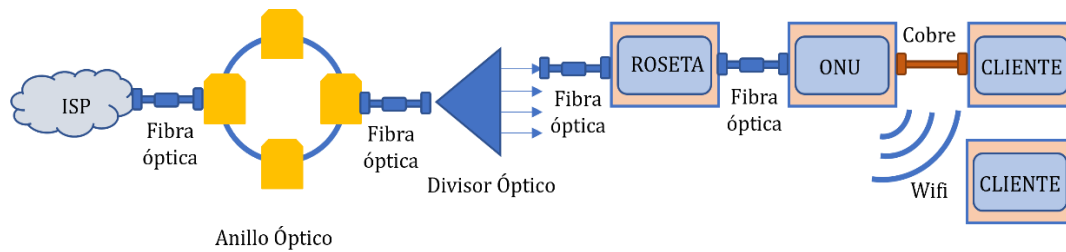


Figura 2.21. FTTH (Fibra Hasta el Hogar)

2.3.2.4. Redes PON

Una red óptica pasiva es una infraestructura que soporta la transmisión de internet, televisión y telefonía, se caracteriza por tener una topología en la que una única fibra óptica se divide para conectar varios usuarios finales.

Una red PON se divide expresamente en dos segmentos, la línea descendiente (Downstream) lleva la información desde el proveedor de servicios hasta los usuarios finales y la línea ascendente (Upstream) permite a los usuarios enviar datos de vuelta al proveedor.

La división de la fibra se realiza mediante la aplicación de un divisor óptico pasivo (Splitter), este componente divide la señal en múltiples canales, permitiendo que el usuario final tenga su propio canal dedicado, gracias a la aplicación de P2MP es decir una arquitectura punto a multipunto [8]. Logrando que se reduzcan costos de implementación y mantenimiento de la red.

ARQUITECTURA DE REDES PON

Existen diferentes arquitecturas para las redes PON, entre las más populares se encuentran GPON (Gigabit PON), EPON (Ethernet PON). Estos protocolos especifican las conexiones y la capacidad de transmisión de la red, proporcionando velocidades de navegación de varios Megabits por segundo hasta varios gigabits por segundo compartido entre los usuarios finales.

APON – Red óptica pasiva ATM (Modo de transferencia Asíncrona)

La red óptica ATM es una arquitectura asíncrona que fue desarrollada en la década de los 90, pero que fue adoptada por el grupo FSAM (Red de acceso de servicios completos) en el año de 1998 con el estándar G.983.1, como recomendación general a esta red se la puede equipar entre 32 y 48 ONU'S.

Es una arquitectura que puede tener una distancia máxima de 20 Km, para una transmisión bidireccional y distribución de video con técnicas WDM en las longitudes de onda:

- Downstream 19490 nm, con protocolo TDM
- Upstream 1310 nm, con protocolo TDMA ya que proporciona conexión multipunto punto.
- Distribución de video 1550 nm.

BPON – Red óptica pasiva de banda ancha

Arquitectura simétrica que fue desarrollada con el objetivo de que sea una red con un ancho de banda de 155 Mbps. En el año de 2001 tuvo modificaciones que permitieron que su configuración cambie a una arquitectura asimétrica, teniendo como rendimiento las siguientes velocidades:

- Downstream de 622 Mbps.
- Upstream de 155 Mbps.
- Downstream/Upstream simétrico de 622 Mbps.

El procedimiento encargado de la encapsulación dentro del estándar del 2001 fue GFP (Procedimiento de segmentación general), logrando que se aumentara el porcentaje de la eficiencia de la arquitectura BPON, permitiendo combinar varias tramas ATM de distintos tamaños.

EPON

La arquitectura EPON (Red óptica pasiva Ethernet) es un estándar desarrollado por el grupo de trabajo del instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE) conocido como IEEE 802.3ah, estos se centran exclusivamente en las capas físicas y de enlace de datos del modelo OSI [8]. Por lo que solo se transporta nativo ethernet.

La arquitectura EPON utiliza un protocolo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para coordinar la transmisión de datos entre la OLT y las ONU, esto significa que la OLT cuál asigna intervalos de tiempo a cada ONU para transmitir datos, enviando así colisiones y garantizando un rendimiento eficiente de red.

El rango de operación está relacionado con la longitud de onda que va desde 1260nm hasta 1340nm en el canal ascendente y desde 1480nm hasta 1500nm para el canal descendente. Hay varias topologías de múltiples puntos para la red de acceso, típicamente existen la red árbol, anillo y bus, usando acopladores y divisores ópticos. La arquitectura EPON es mucho más sencillo que la GPON ya que no necesita arquitecturas SDH para el transporte de datos.

GPON

La arquitectura GPON (Red óptica pasiva Gigabit) es una tecnología con un concepto que se guía a través de la recomendación ITU-T G.983 BPON, adicionando una mejora en la seguridad y gestión de servicios, ofrece una tasa de transferencia de:

- Downstream de 2.48 Gbps.
- Upstream de 1.24 Gbps.
- Downstream/Upstream simétrico de 1.25 Gbps.

GPON puede proporcionar mayores anchos de banda permitiendo que este destinado a la prestación de servicios residenciales y corporativo. Esta arquitectura se basa en el estándar ITU-T G.984, y se caracteriza por tener soporte para voz (TDM, SONET y SDH), Ethernet (10/100 Base T) y ATM, también tiene un alcance nominal de 20 km, altos niveles de operación, administración y mantenimiento.

La arquitectura GPON se encuentra formada por:

- Línea de terminal óptica (OLT)
- Unidad de red óptica (ONU) o una terminación de red óptica (ONT)
- Red de distribución óptica (ODN)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES PON

Las redes PON ofrecen varias ventajas y desventajas significativas que se detallarán a continuación en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Ventajas y Desventajas de las redes PON

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Ancho de banda compartido: Múltiples usuarios comparten el mismo ancho de banda proporcionado por la terminal de línea óptica (OLT) de forma eficiente.• Costo: Las redes PON son menos costosas al momento de expandir las redes, así como su mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none">• Alcance Limitado: No son adecuadas para áreas geográficamente extensas o en zona rurales donde se requiere una cobertura mayor.• Topología de Red: Generalmente las redes PON tienen topología árbol, por lo que si la línea principal falla, todos los

<ul style="list-style-type: none"> • Mayor Alcance: Se logra tener conectividad a grandes distancias, gracias a que cada kilómetro de cable de fibra óptica tiene una pérdida máxima de 0.3 dB. • Seguridad: Las redes PON proporcionan una mayor seguridad, dado que la señal óptica no irradia señales electromagnéticas, complicando interceptar la información de forma no autorizada. • Consumo Energético: Debido a que la red no requiere de ninguna fuente de poder en planta externa, únicamente los elementos principales de planta interna OLT y en el abonado una ONU/T. 	<p>usuarios se verán afectados y no dispondrán de ningún servicio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costo de actualización: Para ofrecer velocidades más altas, se requiere constantemente incorporar equipos ópticos activos de mayor tecnología por lo que su costo es sumamente alto.
---	---

ESTÁNDARES DE RED PON

Los estándares de redes PON son utilizados y aplicados en sistemas de comunicación ópticas que permiten el acceso a alta velocidad a través de la fibra óptica. Son especificaciones técnicas que definen la arquitectura, protocolos y características de las redes de comunicación óptica que utilizan la tecnología PON desarrollados y mantenidos por organizaciones como el ITU-T (International Telecommunication Union - Telecomunicaciones), el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y otras entidades, a continuación, se presentan algunas de ellas:

Estándar ANSI/TIA/EIA-568-D.3

Es parte de la serie de estándares de cableado estructurado utilizados en redes de telecomunicaciones, se centra específicamente en los sistemas de cableado de fibra óptica. Proporciona directrices y requisitos técnicos para la instalación, diseño y rendimiento de estos sistemas. El estándar también especifica los tipos de fibra óptica reconocidos, que pueden ser fibra óptica multimodo de 62.5/125 μm y 50/125 μm , así como fibra óptica monomodo.

En cuanto a las características de la fibra óptica, el estándar define un ancho de banda de 160/500 MHz*Km para la fibra de 62.5/125 μm y de 500/500 MHz*Km para la fibra de 50/125 μm . Además, para las longitudes de onda de 850 y 1300 nm se establece una atenuación de 3.5/1.5 dB/Km, en ambos casos, respectivamente. Estos valores son importantes para garantizar el rendimiento adecuado de la fibra óptica en términos de transmisión de señales y pérdida de señal [33].

Estándar ANSI/TIA/EIA-598-A

Describe el sistema de codificación de colores utilizado en cables de fibra óptica grandes, que pueden contener hasta un par de docenas de fibras. El propósito principal de este estándar es proporcionar un sistema de identificación estructural para los cables de fibra óptica utilizando colores codificados.

Este esquema de codificación permite identificar cada hilo de fibra cuando hay múltiples fibras en un solo buffer. Esto contribuye a mantener un orden estructural adecuado en los enlaces de la red óptica pasiva, evitando problemas de prioridad en cada uno de los elementos que componen la ODN (Optical Distribution Network).

En general, para la implementación de redes urbanas e interurbanas, se utilizan cables de fibra óptica que contienen desde 2 hasta 144 hilos de fibra. Estos hilos pueden agruparse en buffers de 2, 4, 6 o hasta 12 hilos de fibra.

En la tabla 2.5 se muestra el estándar TIA/EIA 598, este insta el número y el lugar del 1 al 12 que se establece a cada color, para mantener un esquema de colores sistemático en las conexiones. A continuación, se muestra el código de colores establecido por el estándar [34]:

Tabla 2.5. Orden de colores fibra óptica según estándar ANSI/TIA/EIA 598

CODIGO DE COLORES					
# POSICIÓN	COLOR		# POSICIÓN	COLOR	
1	Azul		7	Rojo	
2	Naranja		8	Negro	
3	Verde		9	Amarillo	
4	Café		10	Morado	
5	Plomo		11	Rosa	
6	Blanco		12	Celeste	

Datos tomados de la página <https://www.commtech.co.th/>

2.3.3. Tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network)

2.3.3.1. Inicio y evolución de la tecnología GPON

El sector de investigación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones inicio sus investigaciones en el año 2002 sobre el tema GPON, con objetivo de brindar un mayor ancho de banda, transporte de IPTV.

La tecnología GPON pudo ser estandarizada gracias a las actualizaciones que aparecieron durante el año 2003 y 2004, entonces para agregar esta tecnología en una infraestructura física ya existente de red de fibra óptica, se debe seguir las Recomendaciones ITU-T G984.X.

En la actualidad la red GPON ha evolucionado con nuevas variantes mejoradas, estas proporcionan mayores tasas de transmisión de datos, como es el caso de XG-PON y XGS-PON. La tecnología XG-PON fue estandarizado en el año 2010 proporcionando velocidades desde 2.5 hasta 10 Gbps, mientras que la tecnología XGS-PON fue estandarizada en el año 2016, permitiendo velocidades de hasta 10 Gbps en ambas direcciones. A continuación, en la tabla 2.6 se muestra un resumen de las velocidades proporcionadas por las tecnologías GPON.

Tabla 2.6. Tecnología GPON y sus Velocidades de Transmisión.

	GPON Gigabit PON	XG-PON 10 Gigabit PON	XGS-PON Symmetric XG- PON	NG-PON2 NextGen PON2
Upstream (nm)	1260 – 1360	1260 – 1280	1260 – 1280	1524 – 1544 1525 – 1540 1532 - 1540
Downstream (nm)	1480 – 1500	1575 – 1580	1575 – 1580	1596 – 1603
Video (nm)	1530 – 1565	1530 – 1565	-	-
Subida (Gbps)	1.2	2.5/10	10	40
Bajada (Gbps)	2.5	10	10	40

Datos tomados de la web: <https://www.promax.es/>

BREVE DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO GPON

GPON ofrece mayores beneficios en comparación a tecnologías como su predecesora BPON u otras infraestructuras de red, proporcionando un ancho de banda mucho mayor con una

velocidad de hasta 2.5 Gbps dependiendo de las normativas y protocolos aplicados en su infraestructura, dispone seguridad basados en la encapsulación GEM (GPON Encapsulation Model) [35].

La tecnología GPON tiene un alcance lógico de 60 Km, pero su alcance físico es de 20 km, la topología downstream es punto – multipunto con control de acceso TDMA, generalmente se utiliza para una tasa de división de 1:32 pero se puede llegar a una tasa de división de 1:64 o 1:128, proporciona una interfaz amigable para la gestión, operación y mantenimiento [36].

Su funcionamiento se basa en la técnica WDM permitiendo una conexión punto a multipunto (P2MP) de forma descendente utilizando la longitud de onda 1490 nm, mientras que para una conexión punto a punto de forma ascendente en la longitud de onda de 1310 nm.

ESTÁNDARES DE RED GPON ITU-T G984.X

Las normas ITU son recomendaciones que indica las bases en el diseño y certificación de topologías GPON, optimización de recursos y elementos pasivos en la infraestructura de una red ODN, hasta llegar al usuario.

Norma ITU-T G984.1

Su última actualización fue publicada en el 2011. Esta muestra las características generales de una red GPON para mejorar el rendimiento del sistema, así como la topología que debe ser utilizada [32].

Norma ITU-T G984.2

Esta norma fue actualizada en el 2012, trae consigo las especificaciones de los medios físicos dependientes, tales como potencia óptica máxima y mínima de OLT y ONU/T [32].

Norma ITU-T G984.3

Actualizada en el 2014, estos estándares ayudan a comprender la interoperabilidad entre las capas principales de convergencia y PMD para una comunicación entre la OLT y las ONU/T que permita registrarlas y activarlas [32].

Norma ITU-T G984.4

Esta norma se centra en la interfaz de control y gestión de la terminal ONT (OMCI), los equipos ópticos ONT trabajan de forma operativa en MBI (Management Information Base) para una comunicación con la OLT [32].

2.3.3.2. Elementos pasivos y estructurales que conforman una ODN

Una red de distribución óptica (ODN) es parte esencial al momento de implementar una infraestructura con tecnología GPON, ya que esta servirá de puente para que exista comunicación entre la OLT y la ONU/T. Esta red de distribución contiene únicamente elementos de red ópticos pasivos, como por ejemplo mangas de distribución, caja de empalmes, conectores, etc.

ELEMENTOS PASIVOS

SPLITTER ÓPTICO

Este es un elemento óptico pasivo utilizado para dividir una señal de luz en múltiples caminos, también conocido como divisor óptico. El SPLITTER toma una señal de entrada proveniente por una fibra óptica y la divide en dos o más señales de salida, permitiendo que la señal pueda distribuirse hacia diferentes destinos [37].



Figura 2.22. Splitter Óptico 1:8
Imagen tomada de la web: <https://www.fibresplitter.com/>

A continuación, en la tabla 2.7 se presenta los valores de disminución de potencia que se producen al emplear diversos divisores ópticos:

Tabla 2.7. Valores de pérdidas por cada tipo de divisor óptico (SPLITTER).

Divisor Óptico	dB de pérdida
Divisor 1:2	-3.7
Divisor 1:4	-7.1
Divisor 1:8	-10.7
Divisor 1:16	-13.7
Divisor 1:32	-16.9
Divisor 1:64	-21

PATCHCORD

Es un cable de conexión, cuenta con un conector en cada uno de sus extremos, estos pueden tener una estructura simplex o dúplex, tienen una chaqueta de color amarillo con un diámetro de 2mm [37], en la figura 2.23 se muestra un puente óptico dúplex SC UPC.



Figura 2.23. PATCH CORD SC-UPC
Imagen tomada de la web: <https://spanish.fiberopticdevice.com/>

CONECTORES SC

Es un tipo de conector utilizado en planta externa para proporcionar una conexión estable y confiable entre dos dispositivos ópticos pasivos como puentes y divisor óptico. Este tipo de conector tiene un diseño cuadrado con un mecanismo de acoplamiento de empuje. En la figura 2.24 se muestran los conectores que se utilizan en diferentes aplicaciones, se pueden diferenciar por su tipo de pulido, entre los más utilizados en planta externa, tenemos los: SC APC (Verde) y SC UPC (Azul) y de color gris.






Figura 2.24. Tipos de conectores SC
Imagen tomada de la web: <https://community.fs.com/>

CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Es el elemento utilizado en la instalación de redes de fibra óptica, existen diferentes categorías como cable Drop, ADSS, Flat y mini ADSS. Estos requieren soportes metálicos adicionales para su instalación, en la tabla 2.8 se muestra la variedad de cables disponibles.

Tabla 2.8. Tipos de Fibra Óptica ADSS

Cables de fibra óptica	
<p>Aéreo. - Cable empleado para redes aéreas de planta externa y última milla, este debe cumplir con la norma ITU-T G.652D, puede estar compuesto de 6, 12, 24, 48 o 96 hilos de fibras en su interior. Es importante que el espesor de la chaqueta de protección tenga mínimo 1.8 mm de polietileno de alta densidad [37].</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 2.25. Fibra ADSS Aérea</i> Imagen tomada de la web. https://www.honecable.com/</p>
<p>Drop. – Empleado en la conexión final entre la NAP y el usuario, puede estar compuesto por 1, 2, 4 y 8 hilos. Existen variantes que se pueden emplear en exterior e interiores.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 2.26. Dibra DROP Exterior.</i> Imagen tomada de la web. https://lightmax.es/</p>
<p>Canalizado. – Empleado en redes que son instaladas en ductos subterráneos o canalizados, puede tener entre 6 hasta 96 hilos de fibra óptica, su construcción debe cumplir con la norma ITU-T G.652.D. A diferencia de un cable aéreo este debe tener una chaqueta anti – roedores y protección externa contra hongos [37].</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Figura 2.27. Fibra ADSS para Canalizado</i> Imagen tomada de la web: https://www.aixton-6g.com/</p>

ELEMENTOS NO ÓPTICOS

ODF

Es un armario o gabinete utilizado para gestionar y distribuir las conexiones de fibra óptica que vienen desde el exterior con los que se encuentran dentro de una oficina central de tal manera que se puedan conectar a los elementos activos de la red, los hilos deben estar organizados en base al código de colores [37], en la figura 2.28 se muestra un ODF con PIGTAIL y acopladores SC UPC.



Figura 2.28. ODF
Imagen tomada de la web: <http://www.optostar.com.cn/>

FDH

Un HUB de distribución de fibra óptica se utiliza para la distribución y manejo de infraestructura óptica en el exterior de una oficina central, este proporciona una ubicación centralizada para el empalme, la distribución y la protección de las fibras. Este debe cumplir con una certificación mínima de IP65, el material del armario debe ser de policarbonato reforzado con fibra de vidrio, acero inoxidable o aluminio [37]. En la figura 2.29 se muestra un FDH con equipamiento SC APC.



Figura 2.29. FDH
Imagen tomada de la web: <https://store.realoptic.com/>

NAP

Es un punto de acceso a la red pasivo, esta infraestructura permite la interconexión de los abonados, estos tienen una capacidad ocho a dieciséis puertos con derivación y se emplea generalmente en postes y murales. Tiene además 2 accesos para sangrado de cable principal [37].



Figura 2.30. NAP
Imagen tomada de la web: <https://zmscable.es/>

MANGA

Una manga está diseñada para proteger todos los empalmes que se encuentran en el exterior, tiene puertos de entrada y salida para fibra ADSS de 6, 12, 24, 48, 96 hilos respectivamente, estas son ingresadas en caseteras internas que permiten tener un orden adecuados de los hilos de fibra óptica. Tiene al menos cuatro accesos para entrada y salida de cables con diámetro entre 11 a 15.5mm [37].



*Figura 2.31. Manga tipo Domo
Imagen tomada de la web: <https://www.optytech.com.ec/>*

PREFORMADO

Tiene una forma helicoidal que permite sujetas los cables tipo ADSS con el herraje de retención que están ubicados en la superior central de los postes de energía eléctrica, soporta vanos de hasta 200 metros de distancia. Posee entre 4 y 8 varillas, están fabricadas de acero galvanizado bajo norma ISO R 1460, norma ASTM A 123 o NTE INEN 2201 [37].



*Figura 2.32. Preformado
Imagen tomada de la web: <https://www.chipssa.com>*

IDENTIFICADOR DE ACRILICO





El identificador está compuesto de plástico o acrílico, contiene la información del cable al que está sujeta, nombre de la empresa y nombre del proyecto al que pertenece. Estas van sujetas a los cables con amarras plásticas, pueden ser identificadores aéreos o canalizados [37].




Figura 2.33. Identificador de Acrílico
 Imagen tomada de la web: <https://tensortec.com/>

HERRAJES

Tabla 2.9. Tipos de Herrajes

<p>Tipo A. - Estos elementos pueden contener 1, 2 o 3 tensores, soportan vanos mínimos de 200 metros, están sujetas a los postes con cinta de fleje o acerada de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Están compuestas de acero reforzado bajo la norma ISO R 1460 [37].</p>	 <p>Figura 2.34. Herraje tipo A Imagen tomada de la web: https://zcmayoristas.com/</p>
<p>Tipo B. - Usado en redes áreas, su función es ser un herraje de paso, sujeción o soporte del cable. Se recomienda en cables de 12 a 15.7 mm, soporta vanos de hasta 200 metros [37].</p>	 <p>Figura 2.35. Herraje tipo B Cónico Imagen tomada de la web: https://macrepresentaciones.com/</p>
<p>Cruce Americano. - Es empleado para realizar giros del trayecto del recorrido de la fibra óptica, está formado por un cuerpo circular y dos extensiones para sujetarse a los postes [37].</p>	 <p>Figura 2.36. Herraje Cruce Americano Imagen tomada de la web: https://www.jastech.com.ec/</p>
<p>Tipo Farol. - Diseñado para sujetar fibras ADSS con vanos de hasta 120 m, es un pedestal horizontal con un herraje tipo A, empleado en áreas donde la trayectoria esta obstaculizada, por factores externos [37].</p>	 <p>Figura 2.37. Herraje tipo Brazo Imagen tomada de la web: https://macrepresentaciones.com/</p>

<p>Pozo. - Este herraje es utilizado en los pozos o cámaras subterráneas, ayuda a ordenar las reservas de cable de fibra óptica con diámetros entre 1.2 y 1.5 cm. Su fabricación es de acero estructural ASTM A-36 [37].</p>	 <p style="text-align: center;">Figura 2.38. Porta Reserva Imagen tomada de la web: tps://tensortec.com</p>
---	--

2.3.3.3. Elementos activos de una red GPON

Este tipo de redes se caracteriza por el uso de elementos activos tales como OLT y ONT, tal como se muestra en la figura 2.39, para el funcionamiento del sistema y para los equipos centrales y finales utilizan elementos pasivos, desde la salida del OLT hasta el abonado con un despliegue máximo de 20km ya que la distribución de la señal se realiza a través de divisores de señal (splitter o mux)

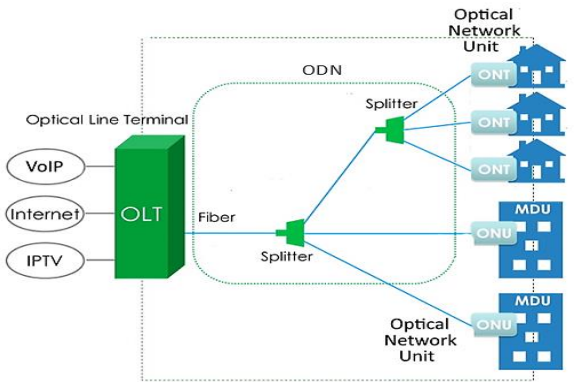


Figura 2.39. Estructura y elementos de una red GPON
Imagen tomada de la página web <https://4itn.mx/infraestructura-de-ti/gpon/>

OLT

Es el único dispositivo activo presente en la estructura de una red GPON, desde donde se extienden las fibras ópticas. Su función primordial es dirigir, gestionar y sincronizar el intercambio de datos hacia los abonados. Por lo general, se encuentra situado en cada central del proveedor de internet. Algunas de sus principales tareas incluyen realizar funciones de control en la red de distribución y regularizar la multiplexación de los canales ascendentes y descendentes.

ONT

La ONT (Optical Network Terminal) es un dispositivo que permite enlazar los servicios de comunicaciones ópticas a los terminales de los usuarios finales. Se sitúa en el extremo del abonado

y funciona como el sitio de apartamiento entre la red de fibra óptica y los dispositivos de los clientes, como computadoras, teléfonos, enrutadores y otros dispositivos inalámbricos de red. Su principal función radica en convertir las señales ópticas procedentes de la red en señales de banda ancha Gigabit Ethernet que los dispositivos del usuario logren entender y utilizar.

Existen dos tipos de ONT según su función:

- **H-ONT:** Estos ONT (**del hogar**) se instalan específicamente en las instalaciones de usuarios particulares y viviendas.
- **B-ONT:** Los ONT (**de edificio**) están diseñados para instalarse en cuartos de comunicación de edificios privados o empresas, y tienen la capacidad de ofrecer servicios a diferentes usuarios conectados a través de repetidores [38].

2.3.3.4. Asignación de ancho de banda en la tecnología GPON

El ancho de banda en la tecnología GPON se asigna de forma dinámica y compartida entre los usuarios que estén conectados a la red, concretamente se utiliza la multiplexación por división de tiempo (TDM) que consiste en dividir el ancho de banda total en diferentes intervalos de tiempo llamados “ranuras de tiempo o TIME SLOTS”. El tiempo en cada SLOT se divide en subintervalos más pequeños para permitir la transmisión de datos en ambos sentidos (upstream y downstream), es importante tener en cuenta que el ancho de banda no se asigna de forma estática a cada usuario, sino que se asigna dinámicamente en base a las necesidades de transmisión en tiempo real.

En la tabla 2.10 se muestra la recomendación ITU-T G.984.2 del año 2003, donde se define la tasa de transmisión tanto de subida y bajada:

Tabla 2.10. Tasa de Bits Nominal en tecnología GPON

Dirección de Transmisión	Velocidad Nominal
Subida (UPSTREAM)	155.52 Mbps
	622.08 Mbps
	1244.16 Mbps
	2488.16 Mbps
Bajada (DOWNSTREAM)	1244.16 Mbps
	2488.32 Mbps

Datos tomados de: [39]

Bajada (DOWNSTREAM)

Los datos se transmiten con tramas de 125 μ s, la transmisión de paquetes inicia en la OLT hacia las diferentes terminales de usuarios mediante el modo broadcast TDM (Multiplexación por división de tiempo), donde las ONU'S serán las encargadas de rechazar o aceptar la información, mientras que la OLT podrá reconocerlas en base a la ID de cada ONU/T [39].

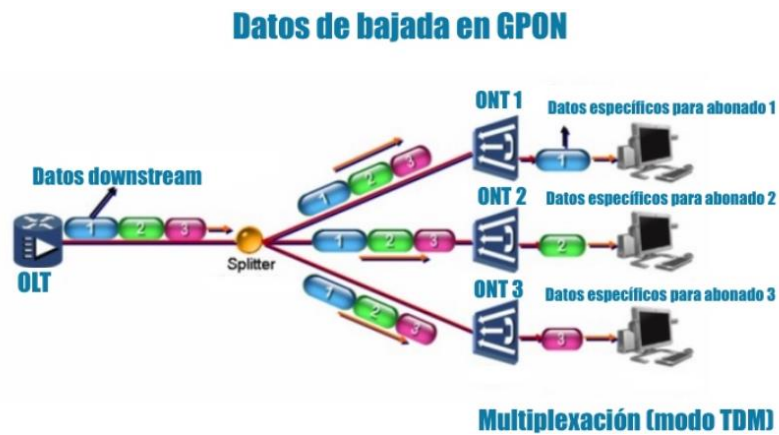


Figura 2.40. DOWNSTREAM en GPON
Imagen tomada de la web: <https://naseros.com/>

Subida (UPSTREAM)

El ancho de banda de subida se divide entre los usuarios con tramas de 125 μ s, mediante multiplexación de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), donde cada usuario tiene asignado un intervalo de tiempo durante el cual puede transmitir datos en la dirección ascendente. Para que no existan colisiones de tráfico se deben sincronizar los tiempos, siendo 5 ms el tiempo máximo para enviar la información [39].

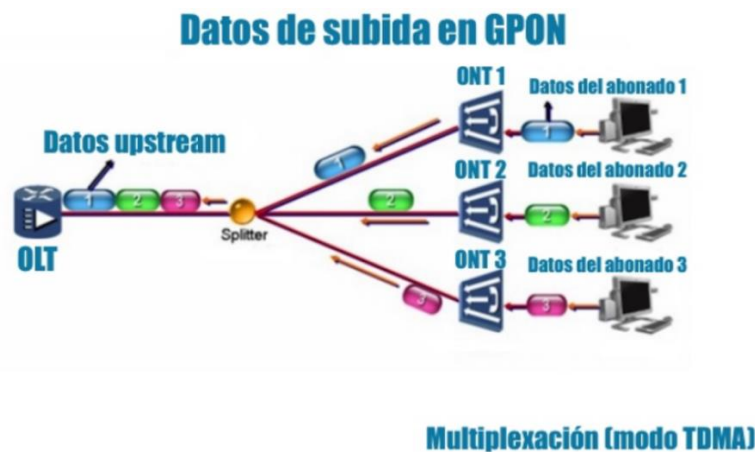


Figura 2.41. UPSTREAM en GPON
Imagen tomada de la web: https://naseros.com

2.3.4. Dispositivos de Medición Óptica y Prueba de Reflectometría

Estos dispositivos se utilizan para evaluar y analizar diversas características y propiedades de los componentes ópticos, como la luz, las fibras y los sistemas ópticos en general con pruebas ópticas de alta precisión. Los equipos más comunes para garantizar un diseño y excelente rendimiento de redes ópticas son: medidor de potencia óptica (OPM), reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (OTDR) y medidor de potencia PON.

2.3.4.1. OPM

Equipo de prueba utilizado para medir con precisión la potencia en dB de salida de una fuente o enlace óptico, tiene la capacidad de censar en diferentes longitudes de onda como 1310, 1490, 1550, etc. En la figura 2.42 se muestra un OPM, su funcionamiento se basa en la utilización de un fotodetector sensible para convertir la luz en una señal eléctrica, el fotodetector puede ser fotodiodo o fototransistor, dependiendo de la aplicación y los requisitos de medición.



Figura 2.42. OPM
Imagen tomada de la web. <https://www.directindustry.es/>

2.3.4.2. PON

Es un equipo que permite realizar mediciones síncronas en redes FTTX. A diferencia de un medidor de potencia óptica convencional, también proporciona información sobre la calidad de la señal, como atenuación o la pérdida de inserción. El Power Meter PON mostrado en la figura 2.43 se emplea para medir la potencia en varios puntos de la red, como la línea ascendente (Upstream) y descendente (downstream), es de suma importancia que se conecte correctamente para que la señal se transmita a través de la red y poder realizar los diagnósticos pertinentes.



Figura 2.43. Power Meter PON
 Imagen tomada de la web. <https://www.directindustry.es/>

2.3.4.3. OTDR

Un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo es un instrumento que se utiliza para la localización de fallos, proporcionando información sobre la distancia (metros o kilómetros) a la que se encuentra un evento óptico como rotura, empalme defectuoso, etc. Existen equipos de medición enfocados en redes de líneas activas e inactivas.

Los OTDR de líneas inactivas presentados en la figura 2.44 trabajan en la longitud de onda de 1310 y 1490nm, aunque hay variantes de OTDR de líneas activas o vivas trabaja en una longitud de onda diferente a la red que está analizando, por ejemplo, en la longitud de onda 1550nm.



Figura 2.44. OTDR para Líneas Activas e Inactivas
 Imagen tomada de la web. <https://www.promax.es/>

Este equipo envía pulsos de luz, en una longitud de onda específica y posteriormente mide el tiempo que tarda en llegar una reflexión que se produce a lo largo de un enlace de fibra óptica [11]. A continuación, un resumen del funcionamiento de un OTDR, así como la ilustración de funcionamiento mostrada en la figura 2.45:

- Se utiliza un generador de pulsos [5ns - 10µs] que alimenta al diodo láser [1310nm -1550nm] convirtiendo así la señal eléctrica a luz.
- El acoplador separa la señal enviada de la señal de retorno.
- El Fotodiodo se alimenta de la señal que pasa por el acoplador, para convertir su señal óptica a eléctrica.
- Se convierte la señal análoga a digital
- El resultado es mostrado en pantalla, a través de un procesamiento de señal.

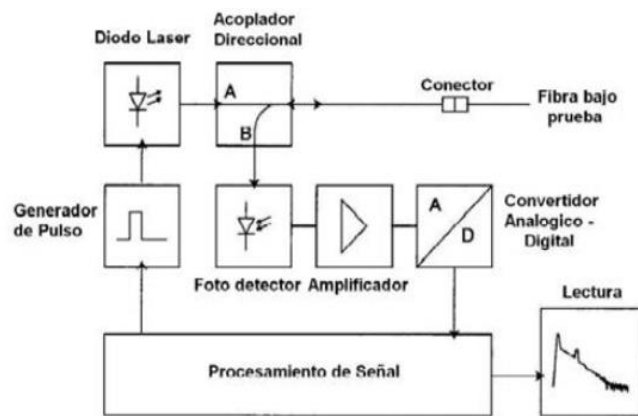


Figura 2.45. Ilustración del funcionamiento de un OTDR
Imagen tomada de: [11].

2.3.5. Norma de diseño y construcción de redes con fibra óptica de CNT

2.3.5.1. Arquitectura Centralizada

Los fundamentos del diseño y la implementación física de una red se basan en las recomendaciones y estándares admitidos ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en la serie G (Sistemas de Transmisión y Medios, Sistemas y Redes Digitales). Además, deben cumplir con las normas requeridas por la CNT EP (Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública) en su Normativa Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica (ODN). Estas

regulaciones aseguran la calidad, la interoperabilidad y el cumplimiento de los estándares técnicos en el despliegue de la infraestructura de fibra óptica y los sistemas de telecomunicaciones.

La corporación nacional de telecomunicaciones CNT EP a través de su informe de norma de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica publicado en el 2017 indica ciertos parámetros y modelos a seguir para un diseño adecuado de red FTTH GPON, tal como se observa en la figura 2.46, estos serán ejecutados de acuerdo con la demanda y requerimientos de clientes finales, así como las metodologías de tendido de fibra.

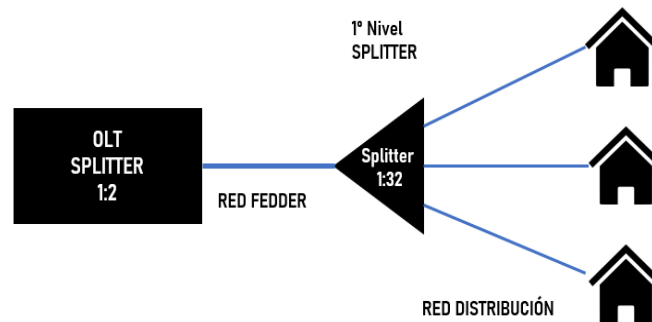


Figura 2.46. Arquitectura centralizada según CNT

2.3.5.2. Arquitectura en Cascada

Este diseño se enfoca en la utilización de un sistema de splitteo de doble nivel. Se utiliza un ODF de planta externa que se conecta a las entradas del splitter primario, ya sea de tipo 1xn o 2xn. A su vez, este splitter primario se conecta a través de cables de distribución a las entradas del splitter secundario ubicado en las NAP. Estos splitters secundarios son del tipo 1xn y sus salidas se distribuyen a los clientes mediante cables Drop. Este modelo se aplica principalmente en áreas consolidadas, migraciones y soterramientos, donde ya se ha identificado una demanda determinada, en la figura 2.47 se muestra una ilustración de este tipo de arquitectura.

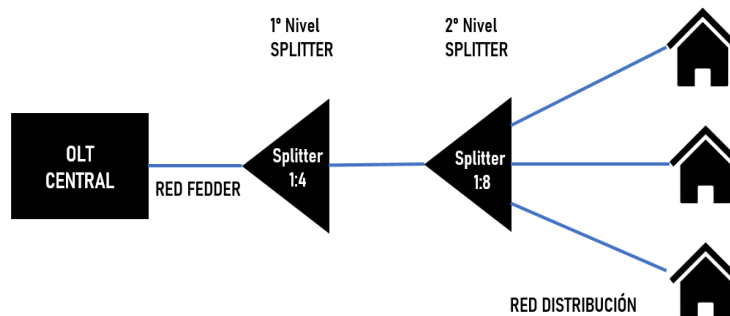


Figura 2.47. Arquitectura en cascada según CNT

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DEL PROYECTO

Al realizar una inspección dentro de la infraestructura de red óptica del área del laboratorio de telecomunicaciones, se conoce que existen varios módulos didácticos con diferente distribución óptica. Estos módulos de pruebas tienen como objetivo ser una herramienta que ayude a los estudiantes de la carrera de electrónica y telecomunicaciones a comprender de forma experimental el funcionamiento de una red FTTX con tecnología GPON.

Con un análisis de red, se podrá comprobar el estado de la red permitiendo identificar las falencias que tienen los módulos de pruebas, hallando las falencias se podrá realizar las correcciones necesarias que permitan garantizar acceso a internet a través de cada uno de estos módulos, empleando pruebas ópticas con diversos equipos de medición como método de comprobación.

3.1. Infraestructura de la red GPON del Laboratorio de Telecomunicaciones

3.1.1. Red de la Planta Interna

Las redes de planta interna se refieren a la infraestructura de comunicaciones que se encuentra dentro de una central, estas se encuentran conformados por varios componentes, como cables de fibra óptica, conectores, paneles de distribución, dispositivos de transmisión (OLT, Router administrables, switch, servidores, etc.) que permiten brindar servicios de internet.

Una red de planta interna está constituida por diferentes tecnologías en su red alámbrica, como cables de cobre (cable par trenzado o coaxial) y cables de fibra óptica, es importante señalar que las redes de planta interna deben cumplir con estándares y normas establecidos.

3.1.1.1. Estándares aplicados en Planta Interna

Para un correcto diseño de una red de planta interna de una central que proporciona servicios de internet, se deben seguir diferentes estándares y normas, a continuación, se presenta una lista que se aplica actualmente:

- **ANSI/TIA-568-D.0:** Desarrollado por el subcomité de cableado para edificios comerciales en el mes de septiembre del 2015, este estándar indica las normas del cableado genérico de telecomunicaciones para instalaciones del cliente. Esta revisión del estándar indica que se requiere cableado de categoría 5e o superior para toda implementación de cables par trenzado y compatibilidad ambiental [40].
- **ANSI/TIA-568-D.1:** Este estándar indica las normas para el cableado de telecomunicaciones de edificios comerciales, contiene los requisitos para la planificación e instalación de un sistema de cableado estructurado. Esta revisión indica que se requiere cableado horizontal de categoría 6a para poder admitir una gama más amplia de aplicaciones, así como el reconocimiento del cobre categoría 8 [41].
- **ANSI/TIA-568-D.3:** Este estándar indica los componentes de cable de fibra óptica, fue desarrollado por el subcomité de sistemas ópticos y fue publicado en el año 2016. Entre los cambios más significativos esta que se especifican los componentes pasivos de la red, debe usar conectores con grado de tolerancias más estrictos, un ejemplo es el conector monomodo que debe tener una pérdida inferior a 0.20 dB [42].
- **ANSI/TIA-569-E:** Esta actualización indica los espacios y canalizaciones de telecomunicaciones, publicado el 23 de mayo del 2019, la norma indica que durante la vida útil del edificio se debe realizar remodelación de cableado estructural, así como los equipos y sistemas de comunicación deben cambiar [43].

Los estándares que se mostraron están diseñados expresamente para el diseño e instalación de toda red PON, generalmente dentro de una central que proporciona servicios de internet estas redes de planta interna tienen una distancia máxima de 100 metros.

3.1.1.2. Estructura básica de una red planta interna

La estructura básica o espacios de una red de planta interna se muestran en la figura 3.1 y pueden ser definidos por su tamaño o área, siguiendo las normas que nos indica el estándar ANSI/TIA-569-E estos disponen de espacios físicos y lógicos, entre ellos tenemos:

- AP. – Acceso al proveedor o acometida
- ES. – Sala de entrada

- ER. – Cuarto de equipos
- MC. – Conexión cruzada principal
- IC. – Conexión cruzada intermedia
- TR. – Cuarto de telecomunicaciones
- TE. – Circuito de telecomunicaciones
- HC. – Conexión Cruzada Horizontal
- TO. – Toma o alimentación de telecomunicaciones

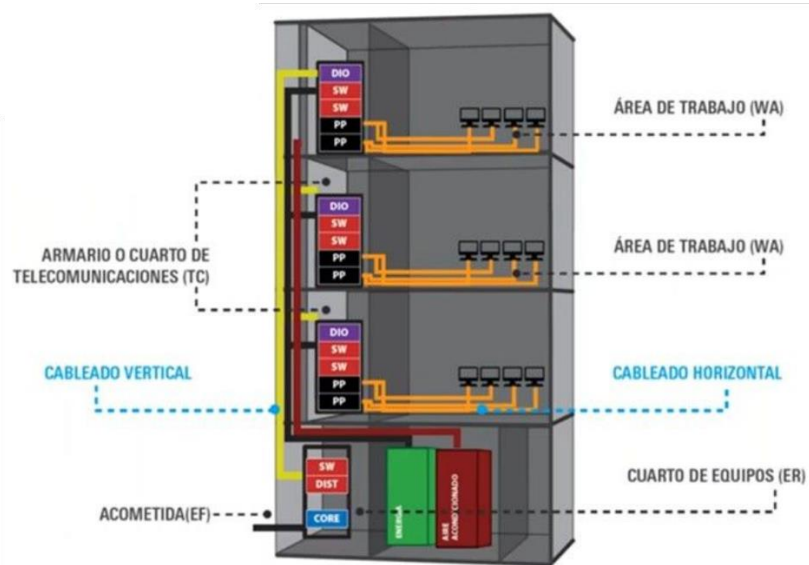


Figura 3.1. Estructura de una Planta Interna
Imagen tomada de Fundación Educativa “La Oriental”

3.1.2. Red de la Planta Externa

Las redes de planta externa se refieren a toda la infraestructura de comunicaciones que se encuentra en un área más amplia como ciudad o región, abarcando diferentes ubicaciones geográficas extensas, utiliza diversos elementos ópticos pasivos y no pasivos para interconectar varios dispositivos de usuarios finales a la central. Esta red utiliza el cable de fibra óptica que puede ser instaladas y desplegadas en calles, avenidas por medio de postes, así como también en áreas canalizadas o murales.

3.1.2.1. Estándares aplicados en Planta Externa

Para el diseño de una red de planta externa se deben seguir diferentes estándares y normas, a continuación, se presenta la tabla 3.1 donde se muestra sus especificaciones y características:

RECOMENDACIONES ITU-T G.984.X

Tabla 3.1. Recomendaciones ITU-T G.984.x

Recomendación ITU-T G.984.x					
Recomendación	Especificaciones	Característica de la normativa			
ITU-T G.984.1 (2011)	Características Generales	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Arquitectura: QAM ◦ Alcance Lógico 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Tipos de servicio ◦ Rendimiento del sistema 		
ITU-T G.984.2 (2012)	Medios Físicos Dependientes	Parámetro Clase B+	ONT	OLT	
		Potencia Máxima	+5 dBm	+5 dBm	
		Potencia Mínima	+0,5 dBm	+1,5 dBm	
		Sensibilidad Mínima	-27 dBm	-28 dBm	
ITU-T G.984.2 (2012)	Medios Físicos Dependientes	Potencia mínima de sobrecarga	-8 dBm	-8 dBm	
		ITU-T G.984.3 (2014)	Convergencia de Transmisión	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Subcapas TC GPON ◦ Rango ◦ Ancho de banda dinámico ◦ Seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Formato de trama ◦ Ancho de banda dinámico ◦ Operación, administración y mantenimiento (OAM)
		ITU-T G.984.4 (2011)	gestión de ONT especificación de la interfaz de control	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs <ul style="list-style-type: none"> ◦ Formato de mensaje OMCI ◦ Trama de administración de dispositivos OMCI ◦ Principio de funcionamiento de OMCI 	
		ITU-T G.984.5 (2014)	Mejoramiento de ancho de banda	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Define longitud de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM ◦ Especifica los requisitos técnicos para la aplicación de filtro de longitud de onda en la ONT 	
ITU-T G.984.6 (2012)	Mayor Alcance	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance 			
ITU-T G.984.7 (2010)	Largo Alcance	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Requisitos dependientes de los medios físicos GPON ◦ Requisitos de la capa de convergencia de transmisión que permitan distancias a 40 Km 			

Datos tomados de: [44].

Al aplicar estas recomendaciones es posible:

- Transmitir multiservicios como Ethernet 10/100 Base T, ATM, voz, entre otras. Con un alcance máximo de 20 km y transferencia.
- Tasa de transferencia Simétrica de: 622 Mbps, 2500 Mbps, 1250 Mbps y 1.25 Gbps. Y de forma asíncrona descendente de 2.5 Gbps y ascendente de 1.25 Gbps.
- OAM&P extremo a extremo: Permite facilidad de gestión, mantenimiento y operación desde OLT a la ONT.

ANSI-TIA 568-D.3

El estándar ANSI-TIA 568-D.3 toma gran parte de la información del estándar ANSI-TIA 568-B.3, pero en la tabla 3.2 se muestran sus mayores diferencias y actualizaciones en base a cada norma.

Tabla 3.2. Estándar ANSI-TIA-568-D.3

Recomendación ANSI-TIA 568-B.3	
Especificaciones	Características de la Normativa
Cable de planta interna	Cable compuesto de 2 y 4 hilos de fibra, en vías horizontales y centralizadas deben poseer un radio de curvatura máximo de 25mm. Los cables de planta interna deben soportar un radio de curvatura de 10 veces su diámetro.
Cable de planta externa	Cable compuesto de 2, 4, 8, 12, 24, 48 y hasta 96 hilos de fibra, debe tener la capacidad de tener resistencia mínima de tracción de 2670 Newtons. Su canalización debe cumplir con los requisitos de flujo compuesto y penetración de agua.
Cable DROP	Debe tener la capacidad de tener resistencia mínima de tracción de 1335 Newtons.
Conectores y Adaptadores	Carcasa con color beige para fibras multimodo Carcasa con color azul para fibras monomodo
Empalme de fibra óptica	Atenuación máxima de 0.3 dB Perdida de retorno mínima en fibra multimodo de -20 dB y monomodo de -26 dB
Patch Cord	Cables exclusivos para redes de planta interna y domicilio de abonados.
Equipo de mediciones	Todo instrumento de prueba de campo para el cable multimodo debe cumplir con la norma ANSI/TIA-526-14 C y para monomodo la norma ANSI/TIA-526-7 A.

Datos tomados de: [45].

El estándar ANSI-TIA 568-D.3 también nos indica las características de transmisión que tienen las fibras multimodo y monomodo, en la tabla 3.3 se muestra la atenuación por cada kilómetro de fibra utilizada en un enlace óptico.

Tabla 3.3. Rendimiento de Fibra Multimodo y Monomodo

Tipo de Cable	Longitud de Onda	Atenuación Máxima (dB/Km)	Capacidad Mínima de transmisión
50/125 micras multimodo	850	3.5	500
	1300	1.5	500
62.5/125 micras multimodo	850	3.5	160
	1300	1.5	500
Monomodo en interiores	1310	1.0	N/A
	1550	1.0	N/A
Monomodo en exteriores	1310	0.5	N/A
	1550	0.5	N/A

Datos tomados de: [45]

ANSI-TIA 598-C

Las normas que incluye este estándar tienen como objetivo tener una identificación ordenada para los hilos del cable de fibra óptica mediante su codificación de colores, tal como se muestra en la tabla 3.4, este orden aplica tanto para fibras ADSS, Flat, Mini ADSS, etc.

















Tabla 3.4. Código de Colores de fibra según el estándar ANSI-TIA 598-C

CODIGO DE COLORES					
# POSICIÓN	COLOR		# POSICIÓN	COLOR	
1	Azul		7	Rojo	
2	Naranja		8	Negro	
3	Verde		9	Amarillo	
4	Café		10	Morado	
5	Plomo		11	Rosa	
6	Blanco		12	Celeste	

Datos tomados de la página <https://www.commtech.co.th/>

En la tabla 3.5 se muestra el orden de codificación de colores para los tipos de cable masivos que contenga más de un buffer, generalmente se encuentran en fibras de 12 hilos de fibra en adelante.

Tabla 3.5. Código de Colores de Buffers según el estándar ANSI-TIA 598-C

Posición	Buffer	Hilos de Fibra (1-12)											
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													

Datos tomados de la página <https://www.commtech.co.th/>

3.1.2.2. Estructura básica de una red planta externa

La estructura básica de una red de planta externa se puede dividir en tres diferentes redes, en la figura 3.2 se muestra la representación típica que va desde la red primaria (Feeder), secundaria (distribución) y de abonado (dispersión).

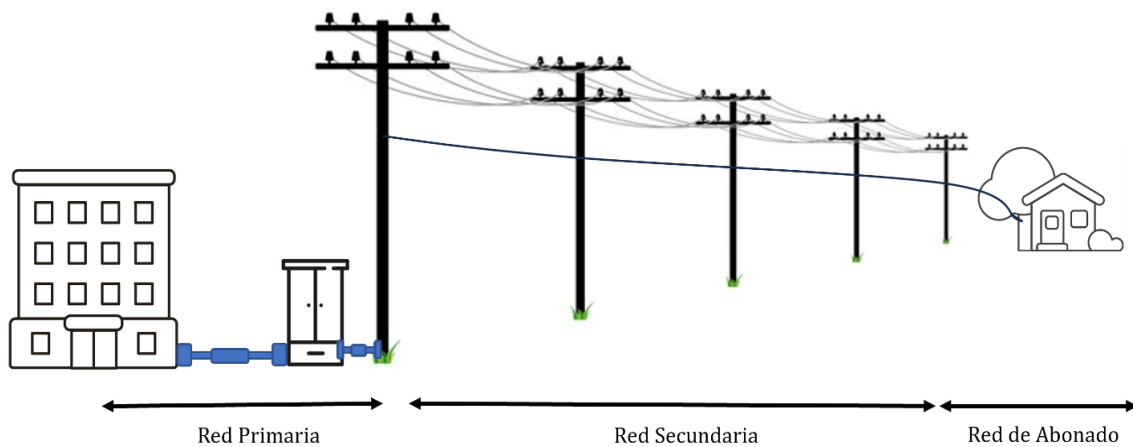


Figura 3.2. Estructura Básica de una Red de planta Externa

Detallando más a fondo la figura 3.2, la estructura general consta de 3 tramos, que se describen a continuación. El primer tramo corresponde a la red primaria, este es el enlace entre el distribuidor y los armarios de distribución, donde existe cables de gran capacidad.

El segundo tramo es de la red secundaria, esta se caracteriza por estar entre el armario de distribución y las cajas de dispersión. Su despliegue puede ser tanto de forma aérea por medio de postes y subterránea por medio de cámaras que están debajo del suelo.

El tercer tramo corresponde al área del abonado, en esta en la última área del nodo de distribución, se encuentran instaladas las cajas de dispersión, permitiendo conectar a varios usuarios finales.

3.1.3. Elementos Activos de la Red

Para el desarrollo de una red GPON es necesario contar con elementos transmisores y receptores que puedan transformar y decodificar las señales transmitidas por medio de la fibra óptica, entre los principales se tiene la OLT (Optical Line Terminal) y la ONT (Optical Node Terminal).

3.1.3.1. OLT

La OLT se muestra en la figura 3.3, esta se encuentra en la red de planta interna de una central o nodo que proporciona servicios de internet y conecta a múltiples ONT'S a través de la red de distribución óptica (ODN). La OLT tiene varios puertos de salida óptica, cada puerto tiene hasta +3 a +5 dB, utiliza tecnología de multiplexación por división de tiempo (TDM) o multiplexación por longitud de onda (WDM) para separar y combinar señales ópticas de diferentes usuarios.



*Figura 3.3. OLT HIOSO HA7104T
Imagen tomada de la página web: <http://www.hioso.com/>*

Para el desarrollo de la propuesta se utilizará una OLT EPON HA7104T, dispone de cuatro puertos PON para una transmisión de hasta 20 kilómetros, permite a transmisión de gran ancho de banda de forma simétrica con enlace ascendente y descendente de 1.25 Gbps de velocidad. Cada módulo admite hasta 256 equipos finales con cifrado AES-128 para cada uno de los equipos o identificadores, permitiendo depurar los diferentes flujos de datos.

La OLT HA7104T es ideal para aplicaciones de red de fibra óptica FFTH/ FTTB, telefonía IP, acceso de servicios de datos ethernet y IPTV. Tiene la propiedad de detectar y registrar automáticamente las ONT/U, alertas de fallas en la línea de fibra óptica y falla de energía.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Admite el soporte del protocolo de Telnet en línea, permitiendo tener administración centralizada, monitoreo y mantenimientos remotos, cuenta con la opción de actualización remota en línea de los equipos registrados (ONU/ONT). En la tabla 3.6 se muestran las especificaciones como longitud y distancia máxima de transmisión, así como otros datos de relevancia:

Tabla 3.6. Características OLT HIOSO HA7104T

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 Ancho de banda con un mínimo de 1 Kbps ajustable Subida y Bajada simétrico de 1 Gbps IEEE 802.3, IEEE 802.3U, IEEE 802.3ab IEEE 802.1q VLAN IEEE 802.1d Bridge y STP
Administración	Soporte por GUI, administración en base a SNMP Soporte Local por el puerto de administración y por medio de CLI y Telnet

Datos tomados de la web: <http://www.hioso.com/>

En el mercado existen diversos modelos de ONT, unas de las más populares son HIOSO, V-SOL, ZTE y HUAWEI, esta última se representa en la figura 3.4. A continuación, se presenta la tabla 3.8 con las principales características que disponen las ONT HUAWEI de 2.4 GHz que permiten transmisiones inalámbricas de hasta 50 Mbps y alámbricas de hasta 100 Mbps.

Tabla 3.8. Características de ONT HUAWEI EG8141A5

Descripción	Características
Estándares Inalámbricos	IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n
Aplicación	FTTH
LAN Ethernet (RJ-45)	4 puertos
WLAN Switch	Wifi
Temperatura	0°C – 40°C
Longitud de Onda	1490nm
Potencia Máxima/Mínima	-27 dBm / -8 dBm

Datos tomados de la página web: <https://e.huawei.com/>

3.1.4. Elementos Pasivos de la Red

Para lograr tener una comunicación desde la cabecera OLT hasta la ONT del abonado, se requiere de diversos elementos ópticos pasivos en la red, como es el caso de cable de fibra ADSS, cable de fibra DROP, conectores, atenuadores, PATCH CORD, etc.

FIBRA ADSS

La fabricación de un cable de fibra debe ser en base a las condiciones del área en el que será instalado, actualmente los cables de fibra soportan diversos medios, como aéreo, subterráneo y marítimo. Cuenta con un enchaquetado que lo protege del agua y polvo, tiene la capacidad de ser auto soportada, por lo que no requiere de un mensajero para su instalación aérea, simplemente requiere de un preformado o lagarto que sujete el cable al herraje que se encuentra en la parte superior del poste.

Al no contener ningún mensajero de metal se convierte en un medio dieléctrico, permitiendo que la electricidad no viaje a través del cable. Como podemos observar en la figura 3.5, el cable se compone de cubierta exterior, aramida, varilla de fibra de vidrio, cordón de nailon

para ruptura, buffer e hilos de fibra. Para cables que son instalados en cámaras subterráneas se le adiciona una chaqueta metálica que los protege de roedores.

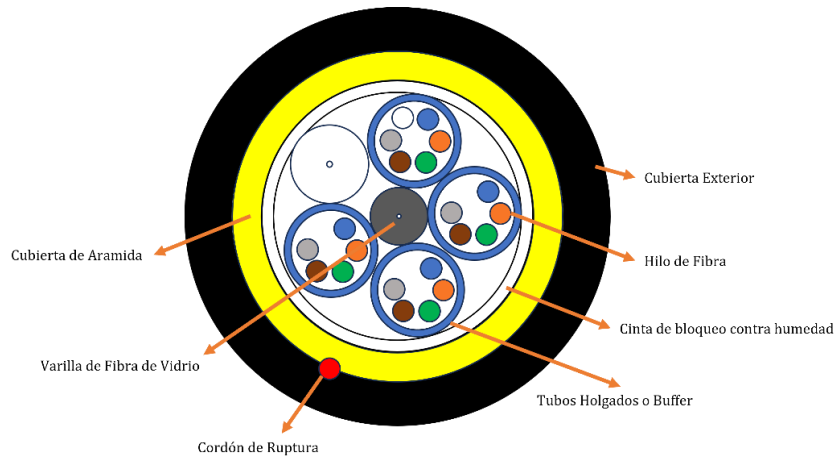


Figura 3.5. Estructura del cable de Fibra ADSS

FIBRA FTTX/PLANO (DROP)

Este cable está diseñado para ser instalado en aplicaciones FTTx, su composición es adecuada para la instalación de redes en exteriores, interiores y aplicaciones residenciales de fibra óptica. Existen variantes de cables de alta durabilidad que contienen en su interior 1, 2, 4, 6 y 8 hilos de fibra.

Estos se encuentran instalados desde la caja de dispersión hasta la acometida del usuario final, pueden ser además instalados dentro de canaleras o ductos gracias a su mayor flexibilidad. Como podemos observar en la figura 3.6, el cable se compone de un mensajero de resistencia, refuerzos acerados, chaqueta e hilo de fibra óptica.

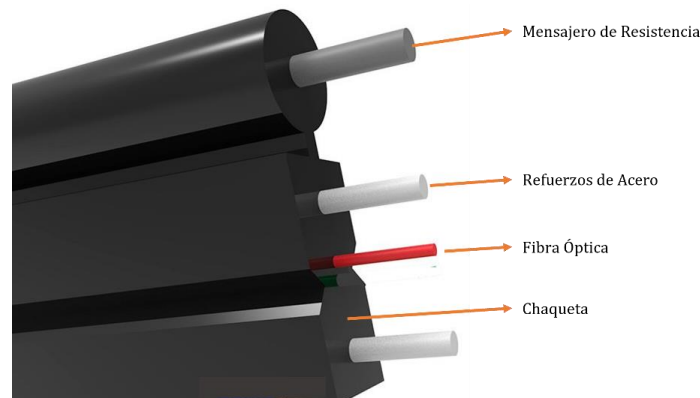


Figura 3.6. Estructura del cable de fibra DROP
Imagen tomada de la web: <https://importfiber.com/>

CONECTORES ÓPTICOS

Es un dispositivo diseñado para conectar o juntar un cable de fibra a un componente óptico activo o pasivo, generalmente estos conectores se emplean para conectar cables de fibra óptica a un transmisor o receptor, también se los puede encontrar en los extremos de los PATCH CORD y PIGTAIL.

Conector FC

El conector de Ferrule (Ferrule Conector) es uno de los conectores que tiene una cubierta cilíndrica de metal con una rosca en el extremo para acoplar y asegurar las conexiones. Al tener un conector roscado evita que el conector se desacople por vibraciones.

El conector tiene una punta de cerámica de precisión que se alinea y acopla con la fibra óptica, su acoplamiento se basa en el empuje y giro para conectar y desconectarse.

Conector SC

El conector de suscriptor (SC – suscriptor connector) consta de una carcasa rectangular plástica o de metal, su mecanismo de acoplamiento es push-ull, se debe ser cuidadoso y tener en cuenta que existe una ranura de encaje en la parte superior del acoplador se generara perdidas de potencia en el enlace. Permite un ajuste rápido a presión, su coste de fabricación es uno de los menores del mercado.

Tipos de Pulido de férula

Todo conector tiene una férula, la cual es la encargada de sujetar, proteger y alinear la fibra de vidrio, estas son fabricadas con cerámica, plástico de alta calidad. En la figura 3.7 se muestran varios tipos de férulas y se distinguen por el acabado en la punta, entre ellos tenemos: PC, UPC y APC.

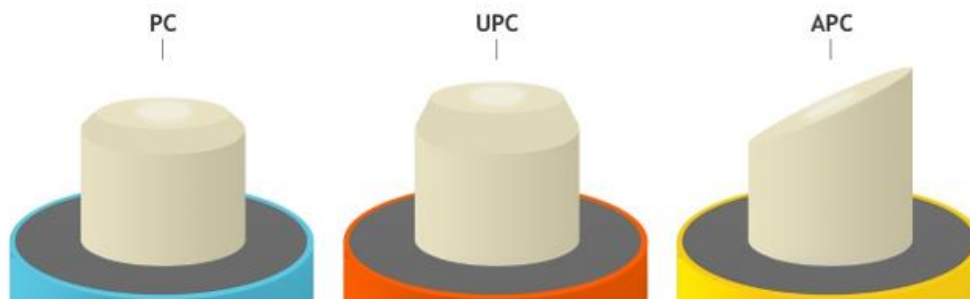


Figura 3.7. Conectores y sus tipos de pulido de férula
Imagen tomada de la web: <https://www.fibraoptica hoy.com/>

PUENTE ÓPTICO (PATCH CORD)

Es un elemento óptico pasivo que permite la interconexión temporal de un sistema de fibra óptica, tiene una chaqueta protectora que suele estar hecha de PVC (Cloruro de polivinilo) y tiene la función de proteger el hilo de fibra y brindar resistencia a la abrasión, contacto y otros factores ambientales. Existen variantes de puentes ópticos que en cada uno de sus extremos tiene un conector diferente al otro extremo, disminuyendo así el uso de otros acopladores.

PIGTAIL

A diferencia de un PATCH CORD que es empleado para conexiones temporales, el PIGTAIL es utilizado para empalmar un lado de la fibra óptica y así conectarlo a acoplador de un ODF, NAP, etc. Según las necesidades del sistema óptico estos elementos deben cumplir con las características ópticas, añadiendo la condición de distancia máxima de 1 metro.

SPLITTER ÓPTICO

Conocidos como divisores ópticos, son dispositivos pasivos que se emplean en la ODN de una red GPON, su función es recibir una señal óptica y dividirla según el número de salidas que este tenga. Son de vital importancia para la implementación de red FTTH, ya que al aplicar división óptica obtenemos un enlace punto – multipunto.

SPLITTER ÓPTICO 2X

Cumplen la misma función que el divisor óptico mencionando en el ítem anterior, sin embargo, una característica adicional es que permite tener sistemas redundantes, gracias a que estos modelos disponen de dos entradas para fibra y “n” fibras de salida, obteniendo una división de potencia proporcional y equilibrada.



*Figura 3.8. Splitter óptico redundante (2X)
Imagen tomada de la web: <https://www.furukawatam.com/>*

En la figura 3.8 se muestra una representación de cómo está compuesto un divisor óptico, notando en su parte superior dos conectores (sistema redundante), en la parte central se encuentra el compuesto divisor y en la parte inferior cada puerto de salida.

A continuación, se presenta la tabla 3.9 que describe los valores de pérdidas que provocan cada tipo de divisor.

Tabla 3.9. Pérdidas generadas por Splitters con entrada 1x y 2x

Nivel de Splitter	Entrada 1x	Entrada 2x
Splitter con 4 Salidas	-7.1	-7.9
Splitter con 8 Salidas	-10.7	-11.5
Splitter con 16 Salidas	-13.7	-14.8
Splitter con 32 Salidas	-16.9	-18.5

ODF (DISTRIBUIDOR DE FIBRA ÓPTICA)

Es un componente utilizado en las redes de fibra óptica para interconectar, administrar y distribuir las fibras ópticas de manera ordenada y organizada. El ODF es versátil ya que puede incluir empalmes, terminales, adaptadores, conectores y pigtaills de fibra óptica. Además de desempeñar estas funciones, también puede servir como protector al alojar los componentes mencionados anteriormente.

La capacidad de un ODF es variable, existen de 12, 24 y 48 puertos y contienen un área para reservar el patchcord, en la parte izquierda de la figura 3.9 se muestra un ODF que contiene PIGTAIL con conectores LC, divisores ópticos y empalmes, al lado derecho de la figura 3.9 se muestra un ODF con PATCH CORD que tienen conectores SC UPC.

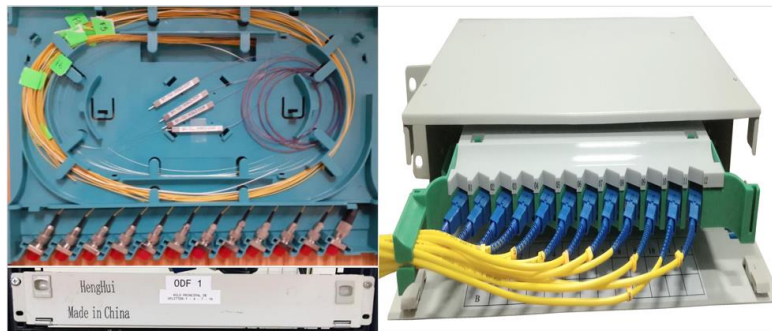


Figura 3.9. Vista interna y externa de un ODF

NAP (NETWORK ACCESS POINT)

Son puntos de acceso a redes que actúan como puntos de interconexión entre diferentes proveedores de servicios de Internet y redes, estas cajas permiten distribuir la señal de salida hacia las conexiones de los usuarios finales, generalmente a través de la parte inferior. Las cajas de distribución poseen algunos puertos, su cantidad dependerá del nivel de multiplexación requerido.

En las redes GPON, los splitters permiten la dispersión de la señal hacia los usuarios finales, y los puertos utilizados suelen ser SC/APC para las conexiones entre los splitters y las fibras de conexión al usuario (drop). La ubicación de las NAP se elige estratégicamente, generalmente en postes cercanos donde haya una mayor demanda de servicios de Internet o en pozos situados cerca de varios usuarios finales, en la figura 3.10 se muestra las NAP instaladas dentro de las instalaciones del laboratorio de telecomunicaciones de la UPSE.



*Figura 3.10. Cajas de distribución (NAP)
Imagen tomada de [13]”.*

CAJAS DE EMPALMES (MANGAS)

Las cajas de empalmes son componentes esenciales del ODN (Optical Distribution Network), ya que permiten proteger las fusiones de fibras ópticas. Los empalmes exteriores se resguardan dentro de mangas las cuales están diseñadas con orificios que facilitan el ingreso y la salida de la fibra óptica.

Su función principal es asegurar la continuidad del enlace de fibra óptica cuando las distancias de conexión superan los 2 km. Existen mangas diseñadas tanto para uso en exteriores como en interiores. Las mangas exteriores son fabricadas para resistir las inclemencias del tiempo, como lluvia y altas temperaturas. Además, deben soportar esfuerzos de tracción, torsión y compresión, y deben ser reutilizables cuando sea necesario.

Este tipo de manga es versátil y puede ser utilizado en diversos entornos, como redes aéreas, canalizadas o enterradas, además, su capacidad de empalmes puede alcanzar hasta 96 conexiones. Las mangas mostradas en la figura 3.11 están diseñadas para minimizar las pérdidas intrínsecas y extrínsecas y deben cumplir con normas técnicas específicas.



Figura 3.11. Cajas de empalme domo y lineal. Imagen tomada de [13]”.

3.1.5. Red Óptica bajo las Normativas de Diseño de CNT 2017

3.1.5.1. Normativa de Diseño de la OND según CNT

El alcance de la propuesta con la normativa CNT es dar los criterios básicos de diseño GPON para diferentes escenarios, así mismo dar las indicaciones de las arquitecturas que utilizan fibra óptica hasta el hogar (FTTH), pasando por la arquitectura que usa fibra para edificios y acometida (FTTB/C), hasta el armario (FTTCab), en la figura 3.12 se muestra la distancia máxima que deben tener los enlaces desde la central hasta la ONT del abonado.

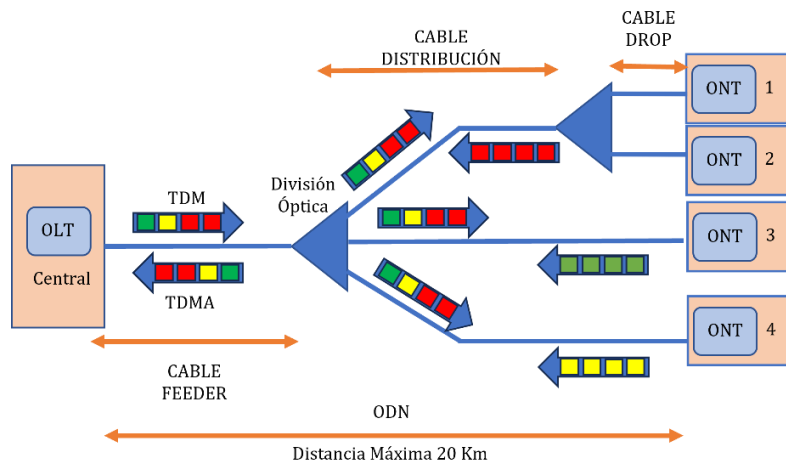


Figura 3.12. Principios de una red ODN

La ODN es prácticamente un anillo de fibra óptica, conocido también como cable feeder, que conecta la cabecera con el splitter primario 2xn y si el nivel de pérdidas y atenuación aun lo permite se conectaría a los splitter secundarios 1xn, para llegar adecuadamente a las ONT's a través de una caja de distribución y cables DROP o de acometida [46].

La composición de una OND según la corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), está dada por los siguientes elementos:

- Patch Cord entre la OLT y ODF
- El ODF
- Cables de Fibra Óptica (Feeder) que contemplan la red GPON y de respaldos.
- Splitters primarios / secundarios
- Cable de Distribución
- Cables de acometida o DROP
- Cajas Terminales
- Roseta
- Patch Cord entre la roseta óptica y la ONT.

El cable feeder corresponde al grupo de cables que contienen los hilos de fibra que interconecta los enlaces PON con los splitter primarios. Mientras que el cable de distribución por su parte es el que contiene los hilos de fibra que interconecta un splitter primario con un secundario.

A continuación, se presenta la tabla 3.10 que proporciona la capacidad de hilos que contienen los cables de fibra:

Tabla 3.10. Capacidad de hilos en los cables de fibra óptica

CAPACIDAD DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA		
APLICACIÓN	CAPACIDAD	TIPO
FEEDER	288, 144, 96 Hilos	ADSS (96 y 144 hilos) o ducto (G.652D)
Distribución y Distribución Interna en Urbanizaciones	96, 72, 48, 24, 12, 6 Hilos	ADSS o ducto (G.652D)
Distribución Interna en Edificios	48, 24, 12 hilos	RISER ducto LSZH (G.657.A1)
Dispersión	1 o 2 hilos	ADSS, DUCTO (G.657.A1)

Datos tomados de [46].

3.1.5.2. Modelos de red GPON

La red de acceso GPON de CNT consiste en que la terminal de línea óptica (OLT) que se encuentra en la oficina central debe estar interconectada por medio de la red de distribución óptica (ODN) a un terminal de red óptico o también a un nodo.

Para el desarrollo de la propuesta con de los módulos didácticos GPON se tomó como referencia los siguientes modelos:

MODELO - RED BACKBONE

Una red *Backbone* o red troncal es parte de la infraestructura de red que permite la interconexión de varias redes a través de diferentes caminos, proporcionando de tal manera una ruta alterna para el intercambio de datos entre las diferentes redes.

Se utiliza para transmitir grandes volúmenes de datos con alta velocidad y fiabilidad desde una central local a diferentes nodos primarios mediante la intercomunicación por cable de cobre o fibra óptica. Esta solución permite brindar una expansión masiva debido a que su estructura está diseñada para una alta escalabilidad y durabilidad, reduciendo así los costos de mantenimiento.

Constituida por un sistema de transmisión de varias tecnologías, cuenta con enlaces bidireccionales, es decir que contienen dos canales en direcciones opuestas a través de un solo hilo de fibra, la conexión de los nodos se da a través de la topología tipo anillo, tal como se muestra en la figura 3.13 donde los enlaces parten desde el nodo central ubicada en la parte inferior con los transmisores uno y dos:

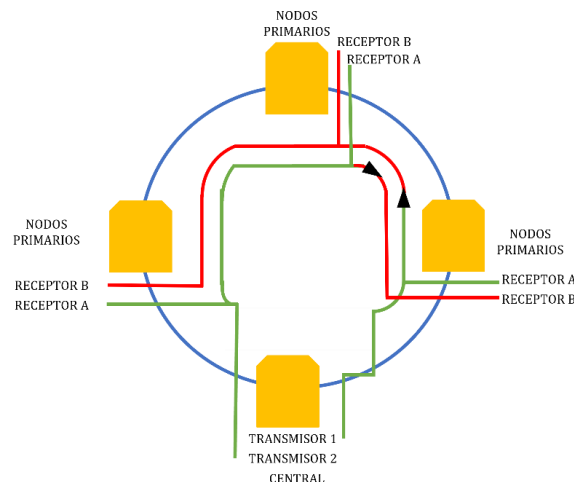


Figura 3.13. Red Troncal

Para la arquitectura del módulo de red se consideró las NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES CON FIBRA ÓPTICA DE CNT. También se tomó como referencia la red *backbone paralela*, ya que esta proporciona una alternativa mucho más segura, permitiendo que la red no solo dependa de un solo dispositivo.

MODELO - NODO MSAN

El nodo de acceso multiservicio o MSAN toma como referencia diversos escenarios de red de diferentes derivaciones y despliegue de fibra óptica monomodo, permitiendo que exista la conmutación desde el proveedor de servicios hasta los usuarios finales, en base a los servicios que estos requieran.

El nodo de acceso MSAN permite tener una distribución de fibra en base a la cobertura del tipo de servicio como parques industriales, servicio corporativo en edificios, ISP corporativo, servicio RBS, entre otros. Para la arquitectura de red se consideró la NORMATIVA DE DISEÑO DE LA ODN DE CNT, enfocándose en el modelo corporativo/edificios, modelo de parques industriales y modelo móvil 3G y 4G [46].

Las características de este modelo de red son:

- Enlace Punto a Multipunto.
- Conmutación por circuitos y paquetes.
- Se instala en áreas internas como edificios, complejos industriales y cuartos de terminales con cableado estructurado.

MODELO - RED TRONCAL MÓVIL

Su diseño está enfocado en una central de red telefónica, se caracteriza por ser un enlace que puede ser distribuido desde su red central pasando por cada uno de los nodos que comunicaran torres de antenas de alguna operadora.

Tiene diversas aplicaciones, como servicio de tecnología Small Cell, LTE y satelital, para este modelo se toma como referencia la NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO DE PLANTA EXTERNA CON FIBRA ÓPTICA (ODN – OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK) la Corporación Nacional de Telecomunicaciones que muestran el modelo móvil 3G y 4G, esta arquitectura se representa en la figura 3.14.

Las características de este modelo de red son:

- Servicio de Telefonía Móvil.
- Transmisión y Recepción bidireccionales.
- Cobertura a edificios y zonas rurales.

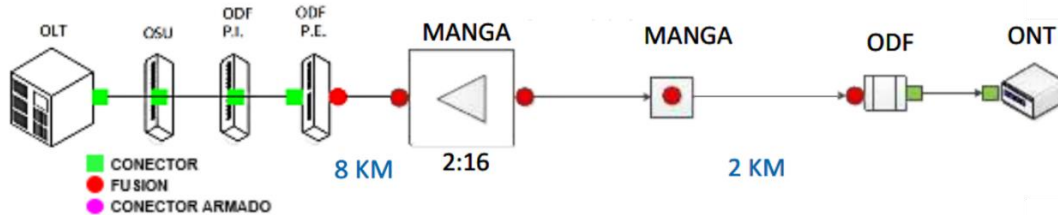


Figura 3.14. Modelo Móvil 3G y 4G de CNT
Imagen tomada de [47]

MODELO - MASIVO/URBANIZACIONES (1:32)

Este modelo se basa en el tendido de cables de fibra óptica para urbanizaciones con sistema de distribución subterránea y canalizada, a partir de la red de distribución. Para este modelo se tomó como referencia la **NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES** de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones que muestra el modelo masivo/casas con manga porta *splitter* 1:4 y NAP con *splitter* 1:8, tal como se muestra en la figura 3.15. Las características de este modelo de red son:

- Enlace Punto a Multipunto (Arquitectura por división Distribuida)
- Distancia máxima de 8 Km
- Utiliza 2 niveles de *splitteo* 1:4 y 1:8 en base a la distribución de red
- Utiliza 2 niveles de *splitteo* 1:8 y 1:4 en base a la distribución de red

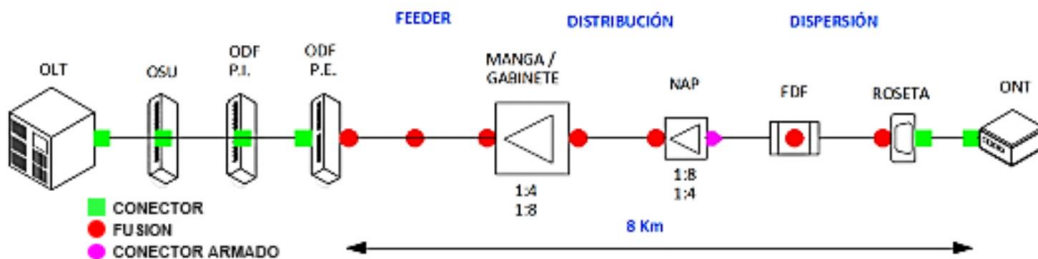


Figura 3.15. Modelo Masivo/Casas con Manga porta Splitter
Imagen tomada de [48]

MODELO - MASIVOS/EDIFICIOS (1:32)

Este modelo se basa en una distribución simple para edificios con sistema de distribución canalizada. Para este modelo se tomó como referencia la **NORMATIVA TÉCNICA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN INTERNA GPON FTTH EN EDIFICIOS Y URBANIZACIONES DE CNT** que muestra el modelo masivo/edificios con *splitter conectorizado* 1:32.

El modelo utiliza un nivel de splitteo basado en una arquitectura centralizada, ya que su distribución óptica será dedicada para un edificio. Su modelo implica que la conexión del splitter sea por fusión, tal como se muestra en la figura 3.16. Las características de este modelo de red son:

- Enlace Punto a Multipunto
- Distancia máxima de 8 Km
- Utiliza 1 nivel de *splitteo* 1:32
- La cantidad de FDF será en base a la cantidad de pisos que tiene el edificio
- Requiere de instalación subterránea y canalizada.

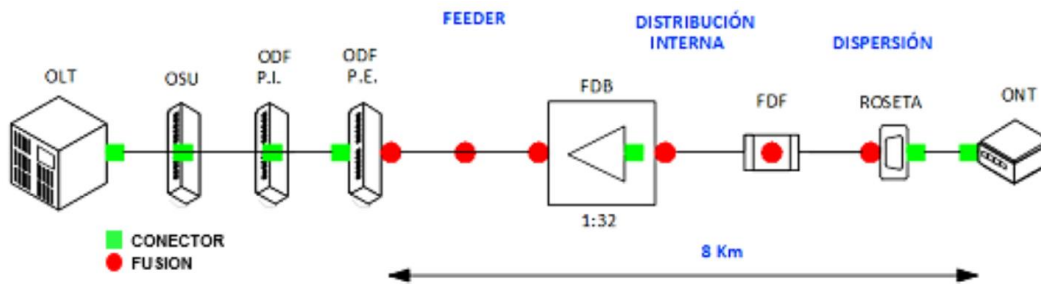


Figura 3.16. Modelo Masivo/Edificios con splitter conectorizado
Imagen tomada de [48]

3.1.6. Presupuesto de pérdida óptica

El presupuesto de pérdida óptica es parte primordial al momento de realizar un diseño e implementación de un sistema de comunicación con fibra óptica, este estudio se lo hace con el fin de garantizar un rendimiento óptimo del sistema y minimizar en lo más posible las pérdidas de señal a lo largo de una ruta o enlace de transmisión óptica.

Al tener datos sobre las pérdidas esperadas en el sistema de transmisión, se puede realizar una planificación adecuada para el mantenimiento de la infraestructura y los recursos empleados.

Para disponer de un sistema de transmisión adecuado es necesario controlar la pérdida de potencia en la red, tomando en cuenta varios parámetros, los cuales se presentan a continuación:

- Transmisor. – Es el equipo que proporciona la potencia de lanzamiento, temperatura de operación y vida útil.
- Conexiones ópticas pasivas. – Constituye todas las formas de acoplar la fibra, como Divisores ópticos, conectores, y empalmes mecánicos o por fusión.
- Cables de fibra. – Afectada principalmente por curvaturas y dobleces que superar en límite permitido.
- Receptor. – Es la sensibilidad que tiene el sensor de la ONT/U.

Todos estos factores determinan ciertos grados de atenuación en el enlace, tomando como punto de referencia inicial la red feeder, seguido de la red de distribución óptica y la red de dispersión y finalmente la última milla (abonado).

Al sumar todos estos eventos, la potencia no debe superar los 25 dB, tal como lo especifica la noma de la corporación nacional de telecomunicaciones. CNT E.P.

Para tener un sistema ideal, se tomará en cuenta la norma ITU-T G.984.2, detallada en la tabla 3.11, donde se especifican los umbrales máximos y mínimos entre la OLT y el ONT.

Tabla 3.11. Niveles de Potencia según la Norma ITU-T G.984.2

ITEM	Unidad	OLT	ONT
Potencia mínima de emisión	dBm	+1.5	+0.5
Potencia máxima de emisión	dBm	+5	+5
Potencia mínima de transmisión	dBm	-28	-27
Potencia máxima de transmisión	dBm	-8	-8

Datos tomados de [47].

A continuación, en la tabla 3.12 se muestra los valores de pérdidas típicas generadas al empalmar dos extremos de los hilos de fibra óptica:

Tabla 3.12. Pérdidas generadas por los tipos de empalmes.

Elemento	Valor de Pérdida
Empalme por fusión	0.1 dB
Conector	0.5 dB
ODF	0.5 dB

Datos tomados de [47].

Es necesario saber cuáles son todos aquellos factores que pueden disminuir la potencia en una red, por ello una vez que se dispone de los valores, estos son ingresados en la siguiente ecuación, tal como lo indica el estándar G.984.2.

$$Ate_{total} = (Ate_{splitter1} + Ate_{splitterN}) + (dist.* Ate_{fibra/km}) + (N^{\circ}_{empalme} * Ate_{empalme}) + (N^{\circ}_{conectores} * Ate_{conectores}) \text{ dB}$$

Ecuación 7. Presupuesto de pérdida óptica

Cada una de las nomenclaturas serán reemplazadas por los valores que nos proporciona el estándar con el que están fabricados cada uno de los elementos que se integren a la red óptica.

Esta fórmula también puede ser interpretada en la tabla 3.13 que fue formulada por la corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P, donde de forma más específica se detalla todos los elementos que la red óptica tendrá a lo largo de su trayectoria.

Tabla 3.13. Cálculo de presupuesto de pérdida óptica

Elementos de la red Óptica		Cant.	Pérdida típica Del elemento	Pérdida Total
Conectores ITU-617= 0.5 dB		7	0.5	3.5
Empalme por fusión ITU-751 = 0.1 dB		8	0.1	0.8
Empalme mecánico ITU-751 = 0.2 dB			0.2	0.0
Conector mecánico armado en campo			0.6	0.0
Splitter	1x2		3.25	0.0
	1x4		6.5	0.0
	1x8	1	9.75	9.75
	1x16		13.0	0.0
	1x32		16.25	0.0
	1x64		19.5	0.0
	2x4	1	7.95	7.95
	2x8		11.5	0.0
	2x16		14.8	0.0
	2x32		18.5	0.0
2x64		21.3	0.0	
Fibra – Longitudes de Onda (Km)	1310 nm	8	0.35	2.80
	1490 nm		0.30	0.0
	1550 nm		0.25	0.0
Gran Total (dB)				24.75

Datos tomados de: [48]

3.2. Equipos y Herramientas para la red GPON del Laboratorio

3.2.1. Equipos y Herramientas usados para Empalmes

FUSIONADORA FUJIKURA 12S

La fusionadora de fibra óptica es un equipo altamente especializado y eficiente que se utiliza para realizar conexiones permanentes entre dos fibras ópticas. Este proceso, es conocido como empalme, implica la fusión de los núcleos de las dos fibras a través de la aplicación de calor originada por electrodos. Estos electrodos provocan un arco eléctrico cuando se emplea una fuente de alta tensión de 4000 a 5000 voltios con corriente controlada.

La fusionadora mostrada en la figura 3.17 es capaz de procesar imágenes a alta velocidad, lo que permite completar todo el proceso de empalme en tan solo 10 segundos. A través de la pantalla, podemos se puede observar cómo se realiza el empalme de las fibras. Es fundamental que la máquina cuente con un nivel de precisión elevado para garantizar resultados óptimos en cada fusión. El modelo usado para la implementación de este proyecto es el siguiente:



Figura 3.17. Fusionadora modelo Fujikura 12S.
Imagen tomada de la página web <https://www.orbitadigital.com/>

Esta fusionadora es resistente al polvo, los golpes y la humedad. Además, está equipada con dos cámaras integradas que permiten una alineación precisa de la fibra utilizando una ranura en forma de V fija, y realiza cálculos de estimación de pérdidas. A continuación, en la tabla 3.14 se detallan algunas de sus características técnicas:

Tabla 3.14. Especificaciones técnicas de la fusionadora Fujikura 12S.

Especificaciones técnicas	
Características	Descripción
Tipo de fibra	Monomodo (G.652 y G.657), multimodo (G.651), DSF (G.653), NZDS (G.655)
Dimensiones de fibra aplicables	125 micras, 250 μm o 900 μm
Modos de empalmes	Total, de 100 modos de empalme
Perdidas típicas de empalme	0,05 dB (SM), 0,02 dB (MM), 0,08 dB (DS) y 0,08 dB (NZDS)
Tiempo de empalme	15 segundos típicos con SM
Pantalla de fibra	LCD a color TFT de 4,5 pulgadas con vista X o Y o vista X e Y simultáneamente
Aumento	Aumento de 100X para vista X/Y
Peso	776 kg (1,71 libras) con batería
Método de visualización y pantalla	Cámara CMOS de 2 ejes
Tiempo de calentamiento del tubo	Típico 30 segundos con manguito FP-03 (60 mm)
Longitud de la manga de protección	60 mm, 40 mm, micro
Ciclos de empalme/calentamiento con batería	100 ciclos típicos con BTR-10
Vida útil del electrodo	3.000 empalmes
Fuente de alimentación	100 V a 240 V con adaptador de CA, 14,8 V CC con batería
Dimensiones	121 x 162 x 57 (mm) / 4,76 x 6,38 x 2,24 (pulgadas)

Datos tomados de la página web <https://www.orbitadigital.com/>

CORTADORA DE PRECISIÓN

La cortadora es un dispositivo mecánico esencial que permite realizar cortes en la fibra óptica con una precisión cercana a los 90°, asegurando que quede lo más plana y perpendicular posible. Además, existen cortadoras especiales que permiten realizar cortes en medidas específicas.

Esta herramienta desempeña un papel crucial en los trabajos con fibra óptica, ya que se requiere un corte perfecto al realizar un empalme por fusión. El modelo usado es el FC-6S, el cual se presenta en la figura 3.18.



Figura 3.18. Cortadora de precisión FC-6S
Imagen tomada de la página web www.sincables.com.ec

Cuenta con características y especificaciones técnicas que se encuentran representadas en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Especificaciones técnicas de la cortadora FC-6S

Especificaciones técnicas	
Características	Descripción
Diámetro - fibra desnuda	0.25mm – 0.9mm
Diámetro - capa exterior	125um
Tipo de fibra	fibra de un solo tubo
Longitud hendida	9 -16mm
Ángulo de hendido	0.5°
Vida de la hoja	22000 hendiduras
Modo	semiautomático
Dimensiones	63mm (ancho) * 76 mm (profundidad) * 63 mm (alto)
Peso	430g

Datos tomados de la página web www.sincables.com

PINZA PELADORA CFS-2

Esta herramienta permite llevar a cabo el proceso de eliminación de los revestimientos de la fibra óptica, como el buffer o chaqueta externa, así como el revestimiento que cubre el núcleo de la fibra. Este proceso se realiza antes de la etapa de corte para el empalme por fusión o empalme mecánico. La peladora está diseñada de manera que pueda retirar todos estos revestimientos en un solo movimiento, sin causar daño al núcleo de la fibra. A continuación, se detallan las características de esta herramienta:

Tabla 3.16. Especificaciones técnicas de la pinza peladora CFS-2

Especificaciones técnicas	
Características	Descripción
Modelo	CFS-2
Material de fabricación	Metal con mango de caucho
Eliminación de chaquetas	3mm y recubrimientos de 250um
Dimensiones	165mm
Peso	119 gramos

Datos tomados de la web www.incom.mx



*Figura 3.19. Pinza peladora CFS-2
Imagen tomada de la web www.incom.mx*

PROTECTOR RETRÁCTIL PARA FUSIÓN (TUBILLO)

Llamados también tubillos, son de un material retráctil que ayudan a proteger los extremos de dos hilos que se encuentran empalmados por medio de una fusión, entre las 2 capas concéntricas

retractiles se encuentra una varilla de acero inoxidable que da un poco de rigidez al área en donde se encuentra el empalme. La figura 3.20 muestra protectores que cuentan con un tubo exterior compuesto de poliolefina termo contraíble, mientras que la segunda es de Etileno Vinil (EVA).



Figura 3.20. Protector Retráctil para Fusión
Imagen tomada de la web: <https://www.fibramarket.com/>

3.2.2. Equipos de Medición Óptica y Pruebas de Reflectometría

Hay varios equipos ópticos utilizados para realizar mediciones en fibras ópticas. Estos equipos son fundamentales para evaluar la calidad de la señal óptica, la pérdida de inserción, la atenuación, la dispersión, entre otros parámetros. A continuación, se mencionan algunos de los equipos ópticos más comunes utilizados en mediciones de fibra óptica:

MINI OPM MW3206 Y VLF INTEGRADO

El medidor de potencia se emplea principalmente para realizar mediciones de la potencia de la señal óptica, así como para llevar a cabo pruebas de pérdida en enlaces de fibra óptica. Este dispositivo cuenta con un microprocesador de un chip que incluye todas las funciones necesarias.

Su diseño ergonómico permite un agarre y manejo sencillos, y su construcción está basada en tecnología avanzada de moldeo termoplástico, que le proporciona resistencia y durabilidad. El medidor óptico tiene las siguientes características destacadas:

- Función de iluminación y pantalla en negro.
- Capacidad de memoria de longitud de onda.
- Identificación de frecuencia compatible.
- Posibilidad de calibración por parte del usuario (valores de referencia).
- Emisión de luz roja en modo constante y parpadeante.
- Visualización simultánea en formato lineal (mW) y no lineal (dBm).

En la figura 3.21 se muestra el medidor OPM el cual incluye funciones de VFL y comprobador de cable LAN, entre otras.



Figura 3.21. Funciones del MINI OPM
Imagen tomada de [45]

Por otra parte, en la tabla 3.17 se muestran algunas especificaciones técnicas del equipo.

Tabla 3.17. Especificaciones técnicas MINI OPM integrado

Especificaciones técnicas	
OPM	
Características	Descripción
Rango de Onda	800 nm ~ 1700 nm
Conector	Universal FC/SC/ST
Tipo de detector	InGaAs
Rango de poder	-70 dBm ~ +6 dBm
Estimación de incertidumbre	± 5%
Longitud de onda estándar	850 / 980 / 1300 / 1310 / 1490 / 1550 / 1625 / 1650
Resolución de Pantalla	Pantalla lineal: 0.1% Pantalla logarítmica: 0.01 dBm
VFL	
Onda	650 nm ± 30 nm
Potencia de Salida	2 mW / 10 mW / 20 mW / 30 mW / 50 mW
Modo	CW / 1Hz / 2 Hz
Conector	Universal FC/SC/ST

Datos tomados de [45]

PON

Es una herramienta utilizada en redes ópticas pasivas para medir y analizar diferentes aspectos de la señal óptica en el enlace. Estos instrumentos son especialmente fabricados y diseñados para realizar pruebas, mantenimiento y ajuste a las redes PON, ya que tienen la capacidad de identificar las longitudes de ondas en la que se encuentra funcionando el enlace óptico.

Un medidor de potencia PON es capaz de medir la intensidad de la señal óptica en diferentes puntos de la red, permitiendo evaluar rápidamente el nivel de potencia y calidad de la señal en cada etapa del enlace.

Los datos recopilados por el medidor PON se analizan y presentan en la pantalla mostrando los resultados de pérdidas de señal en la red, permitiendo de tal manera que los técnicos especialistas en aplicación y mantenimiento de redes ópticas puedan dar solución a problemas en las redes, garantizando de tal manera un rendimiento óptimo y confiable en el servicio.

El modelo del equipo que se utilizara en el desarrollo del proyecto se muestra en la figura 3.22, el cual consta de dos puertos SC APC que serán conectados a la ONU y OLT respectivamente.



Figura 3.22. Medidor de potencia óptico KOMSHINE KPN-35 PON.
Imagen tomada de la web www.komshine.com

Sus especificaciones técnicas y demás características del equipo medidor PON se muestran en la tabla 3.18:

Tabla 3.18. Especificaciones técnicas PON Optical Power Meter

Especificaciones técnicas			
PON Optical Power Meter			
Características	Descripción		
Longitud de onda	1310nm	1490nm	1550nm
Tipo de sensor	InGaAs		
Linealidad	$\pm 0.2\text{dB}@1550\text{nm} \geq -40\text{dBm}$		
Aislamiento con función de filtrado	1490nm > 40dB	1310nm > 40Db	1310nm > 40dB
	1550nm > 40dB	1550nm > 30dB	1490nm > 30dB
Rango de medición	-40dBm~+16dBm	-50dBm~+16dBm	-50dBm~+23dBm
Pérdida de inserción en el modo de penetración	Menos de 1.5dB		
Frecuencia óptica medible Banda ancha	1260~1360	1480~1500	1539~1565
Incertidumbre inherente	0.5dBm 1nW@1550nm		
Resolución de pantalla	0.01Db		
Ajuste de umbral	La computadora host establece 10 grupos		
Longitud de onda de calibración	1310nm/1490nm/1550nm		
Tipo de conector	SC/UPC (Otros conectores son opcionales)		

Datos tomados de la web www.komshine.com

OTDR

Instrumento utilizado en redes de fibra óptica para realizar mediciones y análisis de la calidad y características de la señal óptica a lo largo de un enlace. Un OTDR emite pulsos de luz óptica a través de la fibra óptica y luego detecta y analiza los pulsos de luz reflejados y dispersados en el enlace, estos pulsos reflejados provienen de eventos como empalmes, conectores, discontinuidades y pérdidas en la fibra óptica. El OTDR mide el tiempo y la intensidad de estos pulsos reflejados para determinar la ubicación y la magnitud de las pérdidas ópticas en el enlace.

Este equipo muestra los resultados de las mediciones en una pantalla gráfica, que representa la distancia a lo largo del enlace en el eje horizontal y la potencia óptica reflejada en el eje vertical, esto permite visualizar y analizar la atenuación, la reflectancia, las pérdidas de inserción y otras características de la fibra óptica.

Para este proyecto se usará el Smart OTDR modelo COMPTCYCO AUA501A reflectómetro de dominio de tiempo óptico multifuncional, este equipo posee las siguientes características:

- La línea de mantenimiento se realiza en una sola máquina
- 9 funciones principales en una: OTDR, Mapa de eventos, OPM, VFL, MCO, Prueba de pérdida óptica, Iluminación led, Línea RJ45, Búsqueda de línea RJ45
- Posee 4 idiomas: chino, inglés, portugués y español.
- Localizador visual de fallas visible de alta transparencia
- Fuente de luz estable
- Pruebas de corta distancia
- Proporciona una potencia de salida de alta estabilidad
- SC/FC dos puertos universales
- VLF (Interfaz de fuente de luz roja 2,5 mm universal SC/FC/ST)
- OTDR (Se puede reemplazar con SC/UPC y FC/UPC a voluntad)
- OPM (SC/FC/ST universal de 2,5 mm)
- Análisis de medición automático.
- Modelo de carga conveniente batería de litio de alta capacidad de 4400 mAh para una larga duración.

El modelo del equipo que se utilizara en el desarrollo del proyecto se muestra en la figura 3.23, el cual consta de un puerto SC APC y acopladores para medición OPM y VFL.

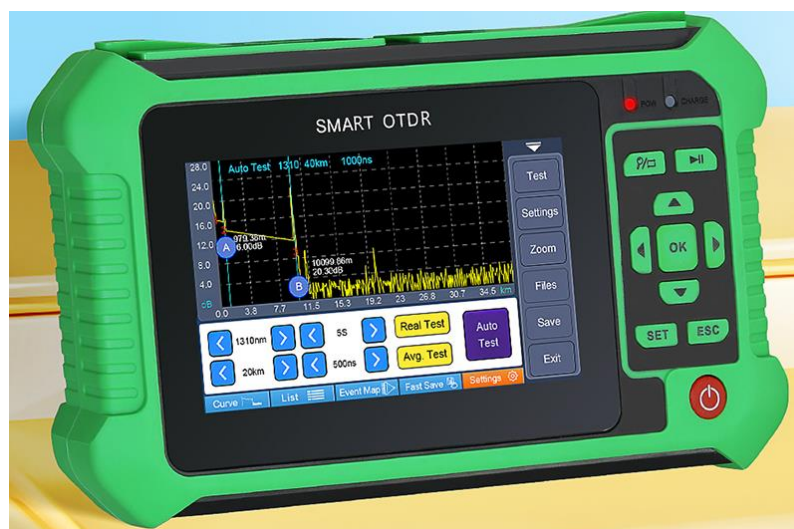


Figura 3.23. Smart OTDR modelo COMPTCYCO AUA501A

Las especificaciones de este dispositivo de medición se muestran en la tabla 3.19:

Tabla 3.19. Especificaciones técnicas Smart OTDR

Especificaciones técnicas Smart OTDR modelo COMPTYCO AUA501A	
Características	Descripción
Longitud de onda	1550nm
Rango dinámico	22 dB
Tipo de fibra	9/125 um SM
Conectores	FC/PC; SC/PC (FC/APC SC/APC Opcional)
Valor pico del laser	≥ 30 mW
Unidades	Metros/pulgadas/millas
Zona muerta de reflexión	2m
Zona muerta de atenuación	12m
Distancia de precisión (Evento de reflexión)	Cerca de $(1m+2 * 10^{-4}) * distancia$
PERDIDA ÓPTICA	
Conector	FC/SC
Rango de prueba	0-30 dB
Exactitud	10%
OTROS	
LCD	4.3 pulgadas 800*400 pixeles, pantalla fácil capacitiva IPS
Batería	Batería de iones de litio, >5000 pruebas
Temperatura	Temperatura de trabajo -5 a 50°
Dimensiones	185x105x50
Peso	530 gramos
Función estándar	OTDR/mapa de eventos/medidor de potencia óptica/luz roja/prueba de pérdida óptica

Datos tomados de la web <https://es.aliexpress.com>

3.3. Estado de la infraestructura de red del laboratorio de telecomunicaciones

Como parte del desarrollo inicial del proyecto se planteó un análisis de infraestructura de red para así conocer los elementos ópticos que disponen y el estado en el que se encuentran los módulos que dispone el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

3.3.1. Infraestructura actual de red

Tras una inspección exhaustiva se determinó que el laboratorio cuenta con un modelado a pequeña escala de la distribución de red pasiva óptica para tecnologías GPON, con arquitectura FTTH y FTTB que permiten ofrecer servicios masivos a usuarios finales de forma simulada.

En la figura 3.24 se muestra el bastidor número 5, este cuenta con un router *Mikro-tik Fo RB2011UiAS-2HnD-IN*, el cual se encuentra proporcionando conexiones a un enlace punto a punto mediante el uso de fibra óptica ADSS hacia el bastidor número 3. Incluye un ODF de 12 puertos con acoplamiento de puertos FC, proporcionando una difusión punto a multipunto.



Figura 3.24. Bastidor #5 y sus componentes

La figura 3.25 muestra una sección de la red ODN dentro del laboratorio, compuesta por varios cables ADSS de fibra monomodo de 24 y 48 hilos, que se encuentran distribuidos en cuatro postes metálico sujetos con preformados y pinzas tensoras, áreas que simulan pozos o cámaras de paso y acometidas subterráneas dentro de las instalaciones del laboratorio de telecomunicaciones.



Figura 3.25. Distribución de fibra ADSS dentro del laboratorio.

La red está interconectada a través de diferentes cajas de empalmes como mangas tipo domo, cajas NAPs, sin embargo, tal como se observa en la figura 3.26 muchos de los empalmes han sufrido alteraciones y daños por una mala manipulación desde que su instalación.

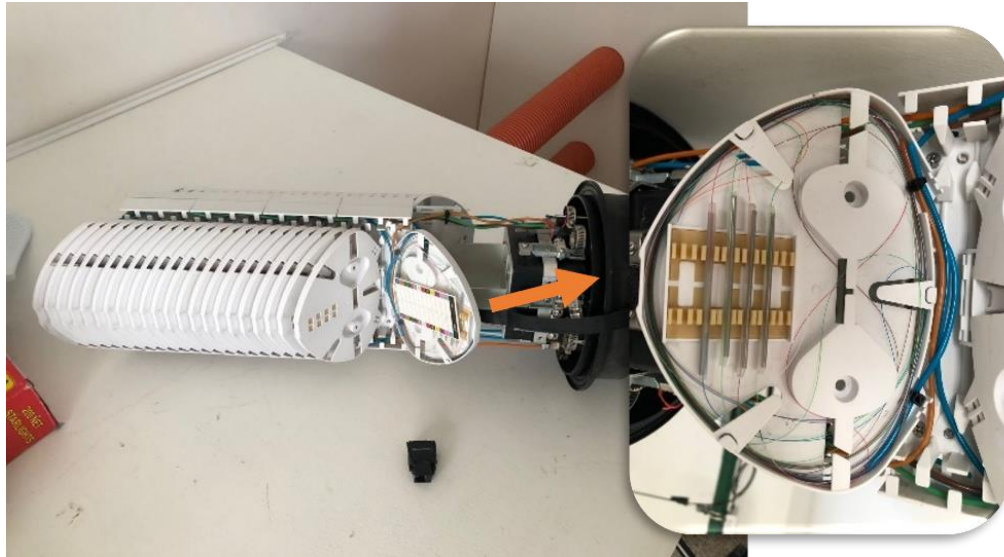


Figura 3.26. Empalmes dentro de una manga tipo domo.

Los tableros o módulos didácticos de red que se utilizarán para el desarrollo del proyecto se encuentran totalmente aislados de la ODN que está distribuida en el interior del laboratorio, sin embargo, cuentan con la ventaja de disponer de una amplia área de estudio para planta interna y externa ya que estas están diseñadas en base a las normativas de diseño y construcción de redes con fibra óptica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

RED DWDM

El primer módulo brinda las prestaciones para tener una red troncal, permitiendo comprender el funcionamiento de las rutas alternas para la transmisión bidireccional entre diversos nodos. Consta de cuatro bandejas que representan la distribución de fibra desde un nodo central hacia el resto de los nodos primarios a través de una topología en anillo.

En la figura 3.27 se muestra que el tablero cuenta con un casillero central, allí se alberga los empalmes con *pigtails* con conectores SC UPC, el primero a la izquierda va en dirección al *buffer* azul y esta empalmado mediante fusión al hilo azul, por su contra parte el segundo *pigtail* a la derecha se conecta al otro extremo del hilo azul perteneciente al *buffer* azul. El resto de casilleros o nodos primarios actúan como puente entre los demás *buffer*'s de la fibra ADSS de 24 hilos.

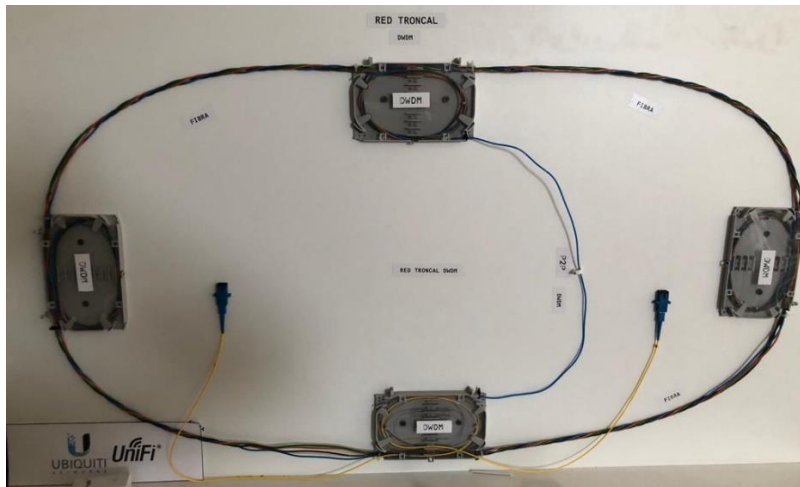


Figura 3.27. Módulo de red DWDM

RED MULTISERVICIOS

El nodo de multiservicios brinda escenarios para diferentes aplicaciones como servicios ISP corporativo, parques industriales, edificios corporativos y servicios a radio bases telefónicas, estas se encuentran diseñadas a través de cinco bandejas porta fusiones.

En la figura 3.28 muestra que en la primera bandeja se alberga a los *pigtails* que alimentan a los cuatro nodos de servicio, el primer conector se une al *buffer* naranja mediante empalme directo con el hilo naranja, de tal manera que se conecta con el nodo Smart Cell, el segundo *pigtail* está conectado al hilo azul del buffer azul, de tal manera que llega al nodo de ISP, mientras que el tercer *pigtail* está conectado al hilo café del buffer café alimentando al nodo de RBS y finalmente el cuarto *pigtail* se conecta al hilo verde del buffer verde para llegar así al nodo corporativo.

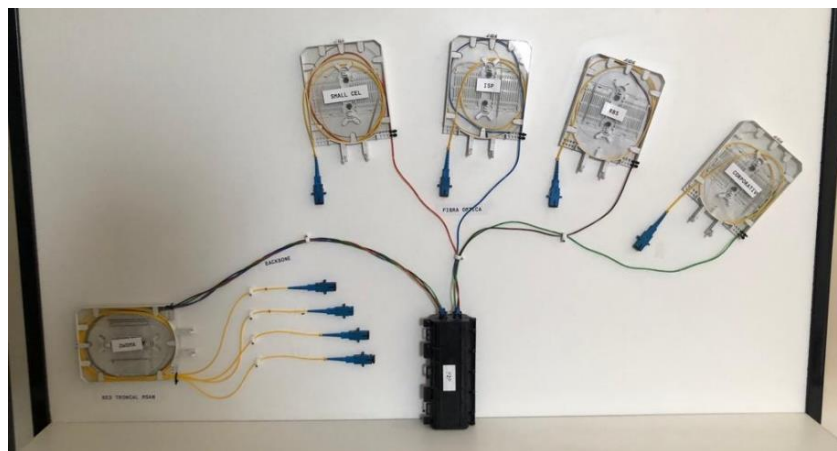


Figura 3.28. Módulo de red MSAM

RED RBS

Conocido también como nodo de red troncal móvil, la red RBS cuenta con un diseño que permite brindar servicios de telefonía desde un nodo central a diferentes nodos u operadoras con torres de antenas de telefonía móvil, su distribución es secuencial.

Tomando en cuenta la infraestructura del módulo RBS mostrada en la figura 3.29 se dispone de cinco bandejas, donde la primera contiene todas las entradas que serán distribuidas por los demás nodos de telefonía móvil. El puerto del nodo RBS1 se conecta por medio de un *pigtail* mediante empalme por fusión al hilo verde del buffer verde que llega al nodo RBS3, el puerto RBS2 está conectado con el hilo naranja del buffer naranja, llegando al nodo RBS2, mientras que el puerto de RBS3 usa el hilo café del buffer café para llegar a RBS4 y finalmente RBS4 llega a RBS1 mediante el hilo azul del buffer azul.

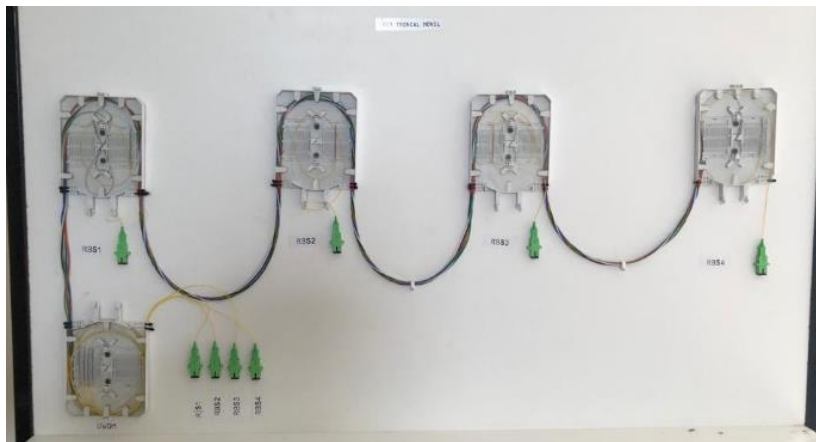


Figura 3.29. Módulo de red móvil

RED GPON 1X32 MASIVO

Es una red destinada a brindar servicios de acceso a internet en urbanizaciones, existen múltiples esquemas de distribución para este tipo de sectores, en el módulo disponible tenemos el modelo masivo que usa un *splitter 1x4* y *1x8*, por lo que se entiende que el límite máximo de usuarios en la red será de 32, sin embargo, como recomendación general se prevé dejar uno de los puertos libres para brindar futuros soportes.

El esquema disponible parte desde una manga porta *splitter* que conecta mediante empalme por fusión al hilo azul del buffer azul a la entrada del *splitter 1x4*, donde su primer puerto de salida

(azul) es enviado a la caja NAP de usuarios por medio del hilo azul del buffer azul donde es fusionado con el *splitter* 1x8. Mientras que la segunda salida del *splitter* (naranja) es enviado al conector SC APC para futuras mediciones, así mismo las demás salidas del *splitter* 1x4 quedan reservadas para futuras prácticas, todas estas especificaciones se encuentran implementada en el tablero GPON 1X32 que se muestra en la figura 3.30.

RED GPON 1X32 CORPORATIVO

Se encuentra junto a la red GPON 1x32 masivo, a diferencia este cuenta con una distribución que parte desde la manga porta *splitter* con una fusión con el hilo naranja del buffer azul que se conecta con la entrada de un *splitter* conectorizado 1x32, distribuyendo así a los usuarios que se encuentran en las diferentes plantas de un edificio. En la figura 3.30 se muestra el tablero que contiene la red GPON 1X32 masivo y corporativo.

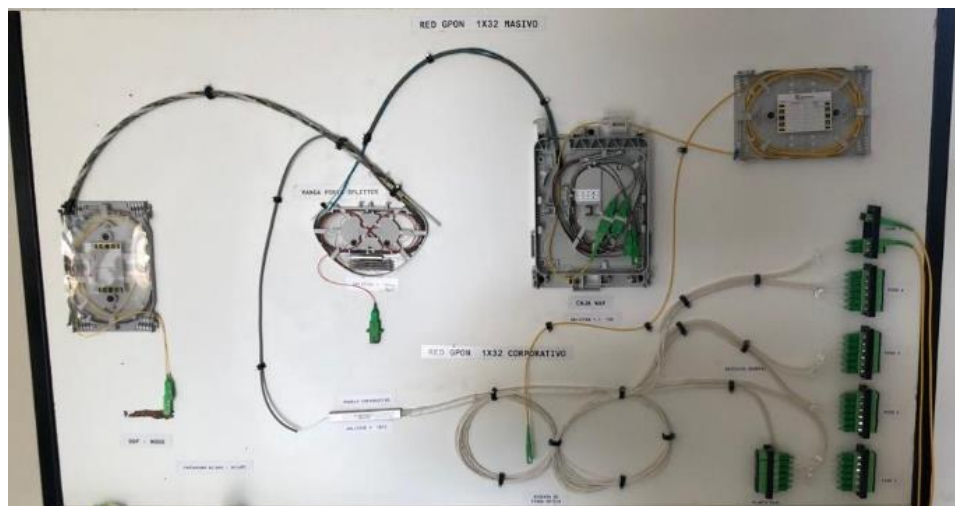


Figura 3.30. Módulos didácticos de red GPON 1:32 masivo y corporativo.

3.3.2. Estado actual de la red GPON

Al realizar una inspección dentro de la infraestructura de red óptica del laboratorio de telecomunicaciones, se observa que en varios módulos de red están delimitados por lo que no permite una comunicación con otros módulos de redes de planta interna y externa.

La red con tecnología GPON e infraestructura FTTH y FTTB no se encuentra comunicada con ninguno de los cuatro módulos de red de planta interna y externa, por lo que no es posible brindar servicios de acceso a internet o transmisión de datos. Entonces se requiere la intervención

y el uso de equipos de medición y visualización de fallas ópticas, que permitan identificar las falencias que tiene la red, de tal modo que se pueda emplear correcciones técnicas.

3.4. Nuevo Diseño de la Propuesta dentro del Laboratorio

Para el diseño de la propuesta se requiere una planificación y especificación de los elementos ópticos a utilizar, con el fin de transmitir datos y proporcionar acceso a internet dentro de los módulos didácticos que dispone el laboratorio de telecomunicaciones.

Uno de los puntos clave para un diseño apropiado es tener en cuenta que tipo de topología se empleara. Para el desarrollo de la propuesta se tendrá una topología tipo anillo, ya que existirán líneas principales, pero así mismo se tendrá una línea de *BackUp* para seguir proporcionando servicio en caso de que una de las líneas sufra de algún desperfecto.

La arquitectura que se empleara en el proyecto consta de dos tipos, la primera será enfocada a áreas que den servicio con fibra óptica hasta el edificio (FTTB), por otra parte, existe otra arquitectura que estará enfocada en fibra servicio con fibra óptica hasta el hogar (FTTH).

Como se observa en la figura 3.31 todos los tableros compartirán la red *Feeder* y distribución óptica (ODN), para optimizar los recursos y cumplir con todos los estándares y normativas que nos indica la corporación nacional de telecomunicaciones CNT E.P, a través de sus manuales de diseño y construcción de redes con fibra óptica.

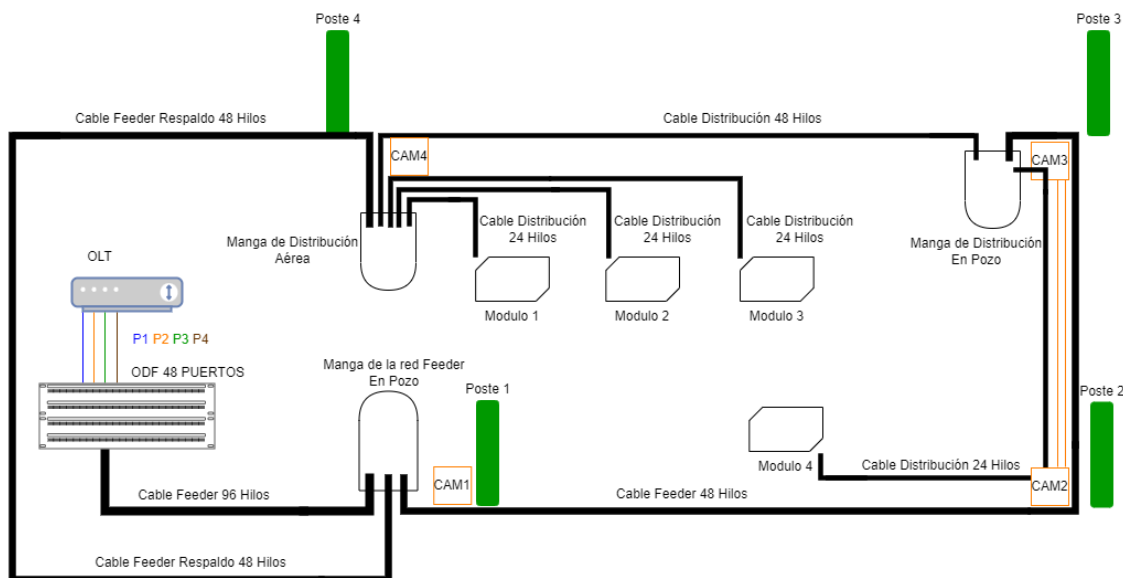


Figura 3.31. Distribución de Fibra Óptica

Cada uno de los módulos didácticos del laboratorio tendrá su debida arquitectura de acuerdo con el modelo con el que fueron diseñadas, con el fin de proporcionar una guía a pequeña escala de cada una de las conexiones que deben existir para proporcionar servicios de internet y transmisión de datos.

3.4.1. Equipos Activos de la Red

La red inicia en el bastidor cinco, en la primera plataforma se encontrará un *RouterBoard* Mikro-tik RB 3011 Ui AS-RM, equipo administrable que proporciona funcionalidades adicionales para manejar redes más complejas, lo que ayudará con la gestión y transferencia de paquetes de datos entre las diferentes redes interconectadas, mejorando la transferencia de datos hacia los clientes por medio de interfaces PPPOE y Vlan's. El equipo incluye un firewall integrado con capacidad para filtrar y controlar el tráfico, permitiendo establecer políticas de seguridad personalizadas para proteger la red contra ataques externos y controlar el acceso a recursos internos.

En la segunda plataforma estará el *Cloud Smart Switch*, este es un equipo administrable que combina la función de un switch y enrutador en una sola unidad, lo que ayudará a proporcionar una conmutación de alta capacidad para un rendimiento óptimo. Una ventaja de este tipo de equipos es que admite la configuración de Lan virtuales (Vlan), lo que permite segmentar la red en grupos lógicos separados, distribuyendo en una mayor cantidad de puertos ethernet las interfaces Vlan's que proporcionará el *router* administrador de la red.

Por su parte el equipo óptico activo que se encontrará en el bastidor numero 5 será la OLT HIOSO Ha7104, equipo responsable de recibir y distribuir tráfico de datos, proporciona también herramientas que permiten para detectar posibles fallos en la red de fibra, facilita la interoperabilidad con otros equipos de red y sistemas de gestión. Esta OLT está diseñada también para manejar un gran número de suscriptores, por lo que es a partir de este equipo inicia la distribución de hilos de fibra que conectará a cada uno de los módulos que tiene el proyecto.

El ODF no es un equipo activo, pero es de suma importancia que se encuentre en el bastidor, actúa como intermediario, ayudando con la organización y distribución de hilos de fibra óptica entre la OLT y la red Feeder. Todo lo mencionado anteriormente se puede observar en la figura 3.32 que fue diseñada exclusivamente con los elementos que se emplearan en este proyecto.

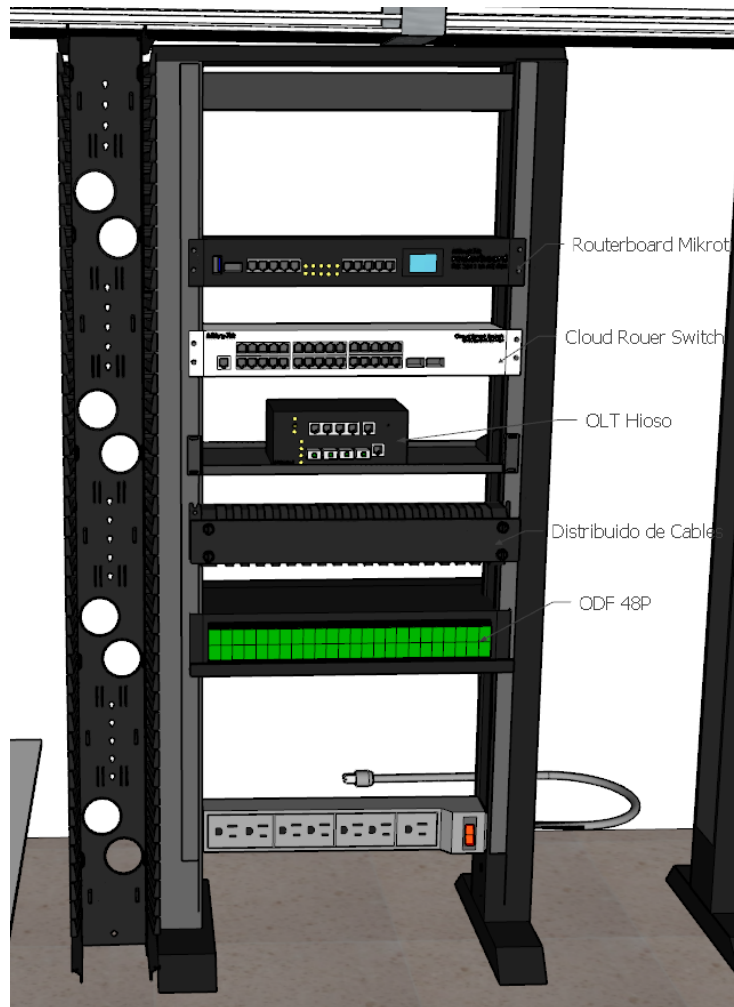


Figura 3.32. Equipos Activos de la red

3.4.2. Diseño de la infraestructura GPON

El diseño inicial de la infraestructura GPON que tiene el proyecto cuenta con las arquitecturas típicas usadas por la corporación nacional de telecomunicaciones CNT E.P, aplicando los estándares y normas de planta interna y externa.

En el diseño de planta interna se tomó en cuenta los estándares ANSI/TIA-568-D.3, este indica los componentes de fibra óptica que se pueden emplear, en su última actualización además hace hincapié en la tolerancia máxima de los acopladores ópticos. Otra norma a tomar en cuenta es la ITU-T G.984.2 que indica el valor de potencia máxima y mínima de una OLT, por su parte la norma ISO/IEC 11801 proporciona las distancias máximas establecidas para una red horizontal, vertical y campus.

La codificación de colores para uso no militar en planta interna es emitida por el estándar ANSI/TIA 598-D, esta establece que los hilos deben ser identificados de forma única, tomando en cuenta aspectos como color, unidad, grupo y la posición.

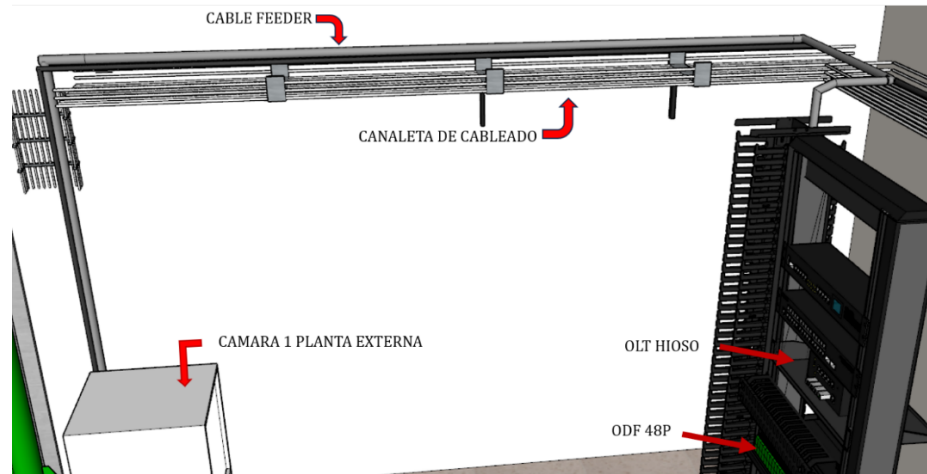


Figura 3.33. Diseño de red de planta interna

En la figura 3.33, se observa el diseño planteado de planta interna para el proyecto, en donde se tiene como elementos de red GPON a la OLT HIOSO de cuatros puertos con capacidad ethernet, estará conectada al cable FEEDER de 48 hilos a través de un ODF con capacidad para 48 puertos SC-APC, de tal manera que se pueda distribuir cada hilo de fibra en orden tal como lo indica su normativa. El cable FEEDER se encuentra instalado a un costado del bastidor número 5 y continua su trayecto por las canaletas de cableado que dispone el laboratorio de telecomunicaciones, llegando así hasta el área que separa la central de planta interna con la planta externa, a través de un sistema de ducto que lleva la fibra a la primera cámara de paso subterránea.

A partir de allí empezaría la planta externa del proyecto, donde se incluye el uso de las recomendaciones ITU-T G.984X, donde la que más resalta es la 984.2 ya que indica la potencia máxima y mínima en la que puede operar la ONT que se encuentra en el usuario final. Así mismo se emplea la norma ANSI/TIA 598-C ya que proporciona la guía del código de colores de fibra óptica para una distribución ordenada.

La ODN empieza en la primera cámara de paso mostrada en la figura 3.34, allí se encontrará el cable de fibra óptica FEEDER, ADSS principal y de respaldo, donde se distribuirá los hilos correspondientes en base a las normas que indica CNT y la red de *BackUp* para clientes corporativos, a través de una manga que se encuentra en el interior de la cámara.

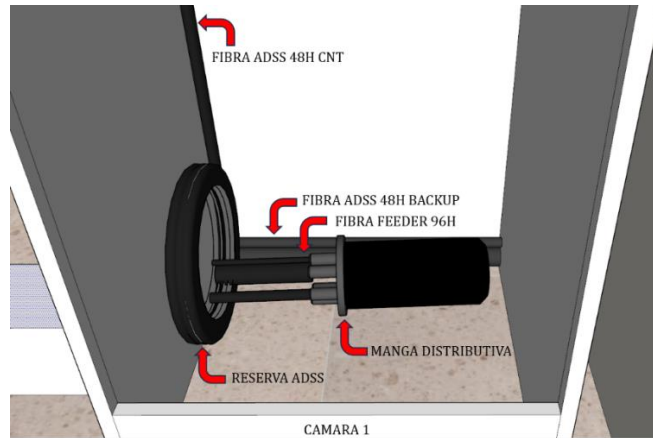


Figura 3.34. Cámara subterránea de paso de planta externa #1

Continuando con la red ODN tenemos que los cables ADSS principal y de respaldo sube desde la cámara de paso hacia los postes número uno, dos y tres, cumpliendo con la protección adecuada y sujeción de cables con herrajes tipo A, *TIMBLE CLEVIS* y preformados, además de incluir una identificación con etiquetas de acrílico.

En la figura 3.35 se muestra que el cable de distribución bajaría a la cámara número 3 para distribuir los hilos que serán dirigidos al sector masivo que se encuentran en el módulo número 4, de igual manera serán distribuidos los hilos que llegaran a los modelos de red *BACKBONE*, nodo de multiservicios y la red troncal móvil que se encuentran implementados en los módulos de red 1, 2 y 3 respectivamente a través de un cable de dispersión de 24 hilos.

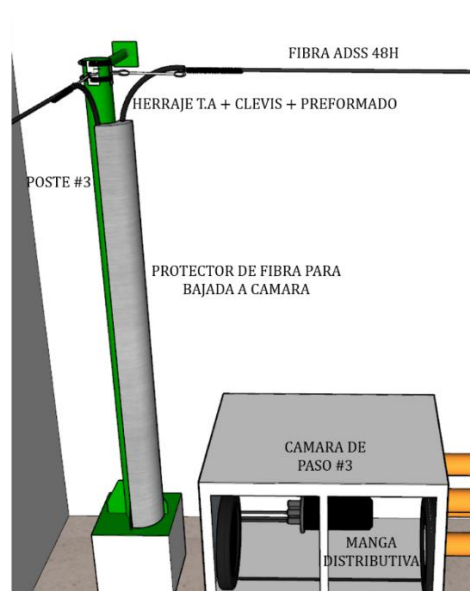


Figura 3.35. Distribución de fibra en la cámara de paso #3

Los clientes corporativos que se encuentran en los módulos uno, dos y tres tienen además una red de respaldo o *BACKUP* óptico, esta se encontrará distribuida en las canaletas separadas, con el objetivo de que estén aisladas de la red principal de tal manera que, si existen problemas en la ODN principal, el servicio pueda mantenerse con normalidad a través de las líneas de respaldo.

Las dos líneas ingresarán en una tercera manga que se encuentra en la cámara de paso número 4, por su parte la ODN llegará a través de fibra ADSS de 24 hilos, mientras que la línea de respaldo ingresará en una fibra de 48 hilos.

El servicio se mantendrá Up mediante la implementación de divisores ópticos de dos entradas, permitiendo que, si una de sus líneas de ingreso presenta atenuación o corte de fibra, este pueda seguir distribuyendo la potencia óptica a través de su línea de respaldo.

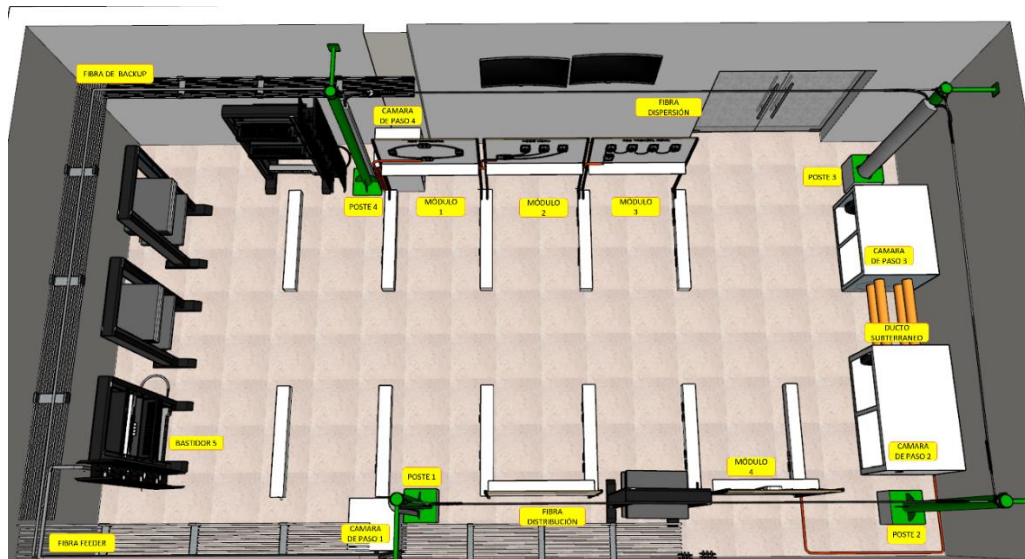


Figura 3.36. Representación completa de la infraestructura GPON

En la figura 3.36 se muestra que la red ODN se interconecta con los módulos didácticos uno, dos, tres y cuatro a través de postes metálicos y cámaras subterráneas, esto permitirá comprobar que exista acceso a internet dentro de la red GPON.

Por otra parte, en la figura 3.37 se muestra el primer módulo corresponde a la red *Backbone* conocida también como red troncal, se caracteriza por proporcionar conexiones directas desde uno nodo central a nodos primarios mediante enlaces punto a punto con fibra óptica. Durante el desarrollo se optó por conservar la topología tipo anillo, ya que permite la comunicación continua entre todos los nodos si uno de los enlaces cae.

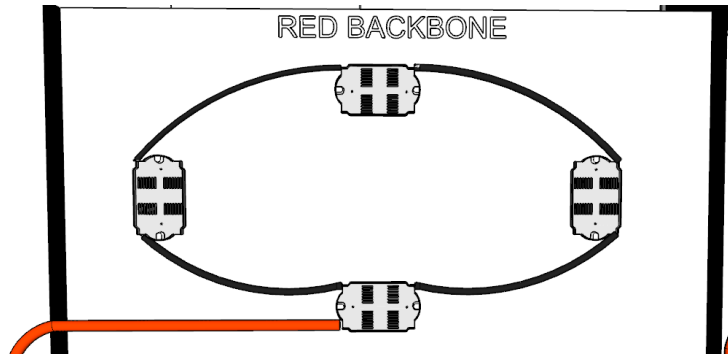


Figura 3.37. Diseño de módulo - Red Backbone

En la figura 3.38 se muestra al segundo módulo, diseñado para brindar servicios de internet, telefonía y video en un mismo medio de transmisión. Permite la instalación de servicios corporativos, dado que cuenta con líneas de respaldo, proporcionando estabilidad en el servicio.

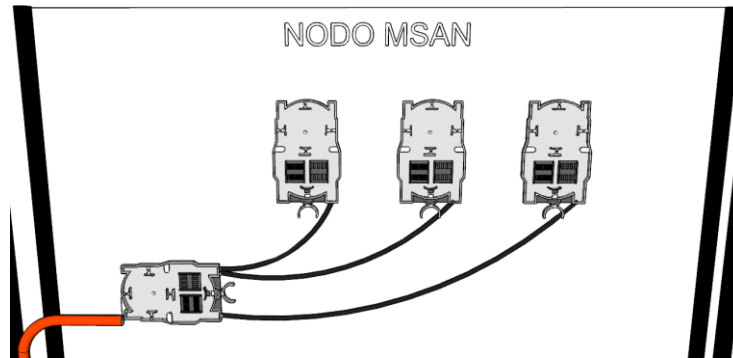


Figura 3.38. Diseño de módulo – Red Multiservicios.

El tercer modulo está diseñado para brindar servicios corporativos a estaciones móviles, proporciona una distribución secuencial lo que significa que proporcionara de un punto de acceso a medida que la trayectoria de la fibra continua, tal como se muestra en la figura 3.39.

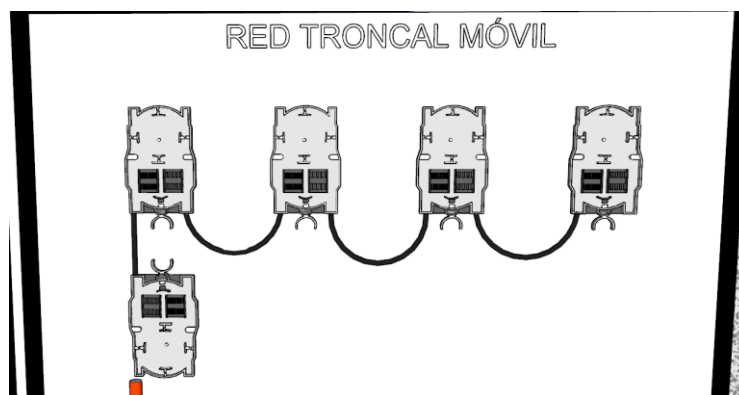


Figura 3.39. Diseño de módulo – Red Troncal Móvil

En la figura 3.40 se muestra el diseño del cuarto módulo de red GPON, este alberga dos esquemas para cada tipo de abonado, en el primer caso se trata de una red GPON de servicio masivo enfocada en proporcionar servicios en urbanizaciones con capacidad de hasta 32 usuarios, mientras que el segundo caso muestra un modelo con esquema GPON para brindar servicio masivo en un edificio de hasta 6 pisos dando acceso a internet hasta 32 abonados.

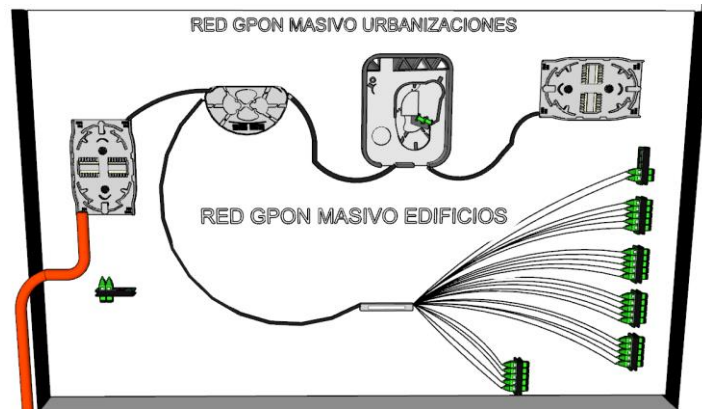


Figura 3.40. Módulo – Red GPON masivo para urbanizaciones y edificios.

3.5. Factibilidad de la Propuesta

Este proyecto tiene como idea principal tener acceso a internet dentro del laboratorio de telecomunicaciones a través de cuatro módulos de red GPON, mediante una evaluación y corrección del estado de la red en los tableros implementados, en donde se usará equipos de medición óptica para la verificación y la aplicación de las correcciones técnicas y normativas típicas en la red basadas en las recomendaciones dadas por los entes de telecomunicaciones nacionales e internacionales.

Para ello se desarrolló una investigación preliminar acerca del diseño, instalación y características de las redes de planta externa e interna y las redes que utilizan fibra óptica con el propósito principal de brindar beneficios a los estudiantes al simular un entorno real mediante el modelado de arquitecturas de red utilizadas en el ámbito profesional para la instalación, despliegue y sostenimiento de las redes de fibra óptica monomodo.

La red contará con una arquitectura FFTX, donde se establecerán las líneas principales interconectadas en la red ODN. Asimismo, se establecerá una línea de respaldo o *backup* para garantizar la continuidad del servicio en caso de fallas en las líneas principales que proporcionan servicios a áreas corporativas, obteniendo así una red con topología tipo malla.

El proyecto empleará dos arquitecturas distintas: una enfocada en la provisión de servicios de fibra óptica hasta el edificio (FTTB) y otra enfocada en la provisión de servicios de fibra óptica hasta el hogar (FTTH). Ambas arquitecturas compartirán la misma infraestructura de red, incluyendo la red de alimentación y la red de distribución óptica, con el objetivo de optimizar los recursos disponibles y cumplir con los estándares y normativas establecidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT E.P, de acuerdo con sus manuales de diseño y construcción de redes con fibra óptica.

Por consiguiente, se establece que la propuesta técnica detallada es factible y viable desde el punto de vista técnico ya que mediante el diseño propuesto y el proceso correspondiente, se elaborarán manuales metodológicos didácticos que instruirán sobre el uso adecuado de los equipos para evaluar el rendimiento de la red y cumplir con los objetivos establecidos, permitiendo que el proyecto sirva como base para llevar a cabo prácticas que ayuden a los estudiantes a adquirir habilidades y una preparación adecuada en el campo.

3.6. Costo de la Propuesta

Para el desarrollo de la propuesta se prevé tomar en cuenta el acceso a internet, análisis de red con medidores ópticos y en lo que respecta también al diseño y corrección técnica de red GPON con arquitectura FTTH y FTTB en módulos didácticos del laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Para el despliegue de la red GPON que permitirá comunicar a los módulos de red de planta interna y planta externa con los equipos activos de la red que se encuentran en el bastidor principal, se requiere procesos de empalmado, cortes de fibra y mediciones con equipos ópticos, por lo que se necesita de una financiación que fue cumplida a cabalidad por el autor del proyecto, de tal manera que su desarrollo sea factible.

Para detallar el presupuesto o costo de total de la propuesta, se divide el proceso de análisis en 4 secciones, que se representan en:

- Equipos de medición para el análisis de la red.
- Equipos para el despliegue e instalación de fibra óptica
- Equipos activos de una red
- Materiales y componentes ópticos y no ópticos

Los equipos de medición deben cumplir con características importantes para obtener resultados sin errores durante el análisis del estado operativo de la red, es por ello que los dispositivos seleccionados se detallan a continuación, en la tabla 3.20:

Tabla 3.20. Costo de equipos de medición óptica.

Descripción	Cant.	V. Unit	V. Total
Mini-OPM (VFL)	1	\$50	\$50
Power Meter – KPN -35	1	\$180	\$180
OTDR AUA501A	1	\$750	\$750
Sub Total			\$980

Para lograr desplegar la red GPON dentro del laboratorio se tuvo que requerir al alquiler de equipos para el sangrado, acoplamiento, empalme y tratamiento de fibra óptica durante su instalación y despliegue, de tal manera que el costo de los equipos se muestra en la tabla 3.21:

Tabla 3.21. Costo de equipamiento para el despliegue y tratamiento de fibra.

Descripción	Cant.	V. Unit	V. Total
Fusionadora SUWOLF FS18	5	\$36	\$180
Cortadora de Precisión CFS-3	5	\$5	\$25
Pinza peladora de fibra FC-6S	5	\$1	\$5
Peladora longitudinal universal MTS01	5	\$2	\$10
Sub Total			\$220

Los equipos activos que conforman la red cumplen un rol importante para poder brindar acceso a internet dentro de los módulos didácticos, sus costos se detallan en la tabla 3.22:

Tabla 3.22. Costo de los equipos activos de red

Descripción	Cant.	V. Unit	V. Total
Router Mikrotik RB3011	1	\$300	\$300
Switch Router Switch CRS326	1	\$380	\$380
OLT Hioso HA7104T	1	\$800	\$800
Sub Total			\$1700

Los materiales usados para la distribución de fibra óptica dentro del laboratorio corresponden a elementos típicamente usados en campo, además de incluir en este segmento los

componentes de planta interna y externa. A continuación, se muestra en la tabla 3.23 el costo necesario para el levantamiento del proyecto:

Tabla 3.23. Costo de materiales para red GPON

Descripción	Cant.	V. Unit	V. Total
Cable Feeder	20	\$2	\$40
Cable ADSS 48 y 24 hilos	75	\$1.5	\$112,50
Herraje tipo A + brazo extensor	3	\$10	\$30
Herraje tipo A + doble brazo extensor	2	\$12	\$24
Thimble Clevis	7	\$6.5	\$45,50
Manga lineal	1	\$30	\$30
Manga Domo	1	\$90	\$90
Caja de Distribución IP68	1	\$40	\$40
Preformados	7	\$5	\$35
Cinta y hebilla Eirband	10	\$0.5	\$5
Abrazadera de 8"	4	\$2	\$8
ODF 48 puertos	1	\$85	\$85
Pigtail	50	\$1	\$50
Splitter 2:4 2:16	2	\$28	\$56
ONT	2	\$25	\$50
Sub Total			\$701

Por lo tanto, en la tabla 3.24 se muestra el valor del proyecto que está regida por los 4 análisis de presupuestos mostrados anteriormente, donde se incluye equipos, componentes, así como elementos estructurales para la aplicación de la fibra óptica dentro del laboratorio.

Tabla 3.24. Costo total de la implementación de la red

Descripción	V. Total
Equipos de medición para el análisis de la red.	\$980
Equipos para el despliegue e instalación de fibra óptica	\$220
Equipos activos de una red	\$1700
Materiales y componentes ópticos y no ópticos	\$701
Total	\$3.601

En conclusión, el costo para el desarrollo del proyecto demuestra que es viable, ya que se encuentran dentro del presupuesto asignado. Además, se identificaron áreas en las que se pudieron reducir costos sin comprometer los objetivos del proyecto.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra las tareas realizadas durante el desarrollo del proyecto, empezando por la implementación de una red de fibra óptica para comunicar los módulos didácticos GPON con la línea terminal óptica. Además, se detalla el cálculo del presupuesto de pérdida óptica, análisis de estado operativo de cada uno de los módulos usados durante la investigación a través del uso de diversos equipos de medición y la aplicación de correcciones técnicas para la transmisión adecuada de internet.

Para la implementación de la infraestructura general del proyecto se aplicó diferentes normas y estándares, tales como:

- Normativa ANSI/TIA-568-D. – Referencia para la implementación de una red de planta interna para una central de datos y sus componentes.
- Recomendación ITU-T G.984.x. – Establece las referencias para la implementación de una red de distribución de fibra óptica y sus componentes.
- Normativa ANSI/TIA-598-C. – Establece la información de codificación adecuada de colores y orden de hilos de fibra óptica.
- Recomendación ITU-T G.652-D. – Describe las características de acuerdo con la fibra óptica monomodo.

De igual manera se tomó como referencia al máximo organismo de telecomunicaciones del Ecuador que es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT. E.P en cuanto al uso de sus normativas para el correcto diseño y construcción de redes usando fibra óptica monomodo, las cuales se muestran a continuación:

- Normas de diseño y construcción de redes de telecomunicaciones con fibra óptica.
- Normativa de diseño de la ODN.
- Normativa técnica de diseño de planta externa con fibra óptica (ODN – OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)
- Normativa técnica de diseño y construcción de redes de distribución interna GPON FTTH en edificios y urbanizaciones.

4.1. Estructuras de cámaras subterráneas

Para el diseño estructural de las cámaras que simularán las nuevas áreas subterráneas dentro del laboratorio se hizo la medición de la distancia disponible cerca a los postes metálicos número uno y número cuatro, al realizar el censo se determinó que la distancia apropiada es de 60 cm de ancho, 70 cm de fondo y 80 cm de alto. Al construir las cámaras con las medidas establecidas anteriormente, se garantiza tener el espacio suficiente para la manipulación de los objetos que estén al interior, la infraestructura cuenta con una altura que evita perder la visibilidad de los estudiantes que se encuentren en el laboratorio hacia la parte frontal.

En la figura 4.1 se muestra las dimensiones de las dos cámaras, además fueron construidas y reforzadas con cuarterones de laurel de 4 cm de espesor y planchas de plywood de 3.6 mm de grosor, su ensamblaje cuenta con uniones aseguradas con clavos de hierro y goma para madera de uso industrial, además se le agrego una recubierta protectora de color blanca hecha a base de pintura esmalte sintética, lo que proporciona un alto índice de durabilidad a las estructuras durante un largo periodo de tiempo ante factores ambientales.

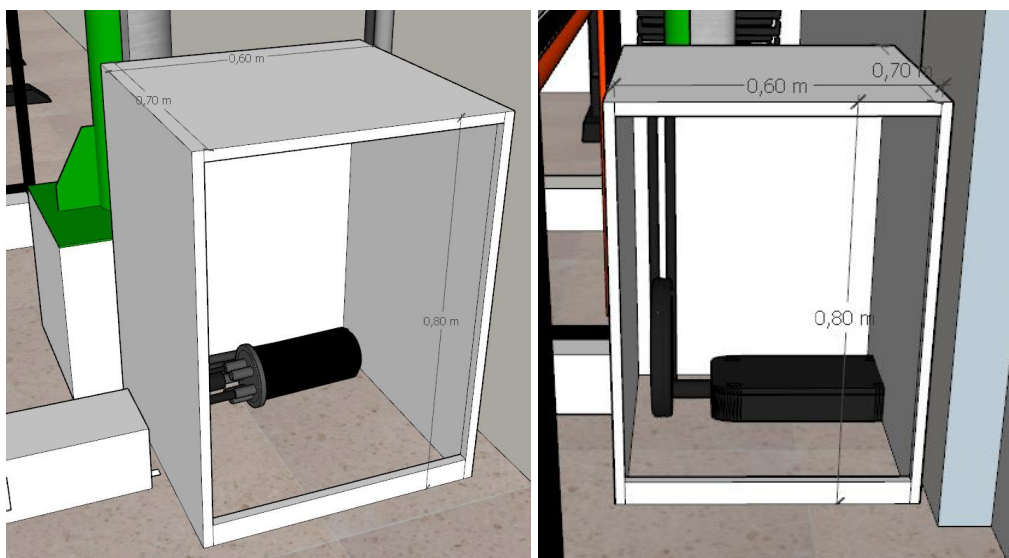


Figura 4.1. Diseño estructural de Cámaras Subterráneas 1 y 2

Las cámaras cuentan con perforaciones cilíndricas de 2 pulgadas que se encuentran en sus laterales y parte del fondo donde se podrá ingresar los cables para la instalación de la red de distribución con fibra óptica que permita comunicar los módulos de red GPON dentro del laboratorio de telecomunicaciones.

4.2. Red de distribución

Para garantizar el acceso a internet en cada uno de los módulos de red GPON se necesitó implementar una nueva red de distribución que da inicio desde la OLT, pasando por el ODF, la red FEEDER, distribución y dispersión a través de cámaras subterráneas y postes metálicos hasta llegar a la acometida de cada módulo.

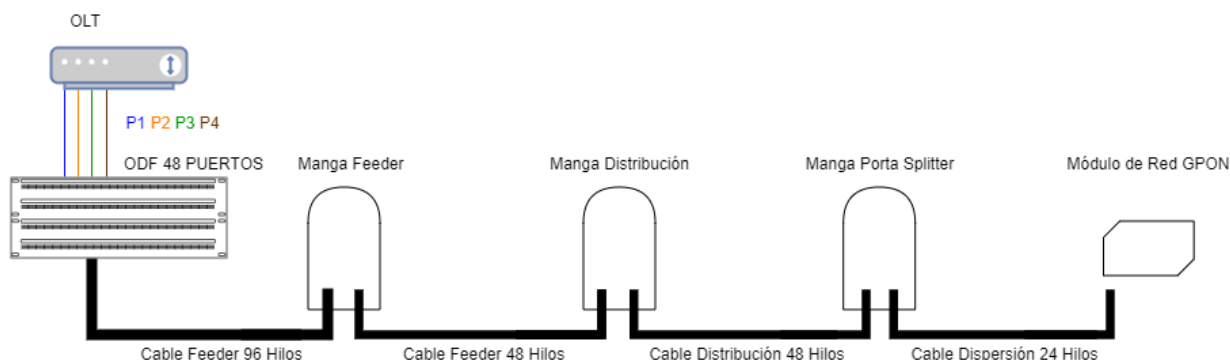


Figura 4.2. Distribución de la red de fibra óptica

En la figura 4.2 se puede observar que la distribución de los hilos de fibra óptica parte desde la OLT, donde se conecta cada una de sus salidas a los puertos externos del ODF a través de cables *Patch Cord*, que estarán acoplados con el interior del ODF, en esta área se albergan los empalmes por fusión existentes para la unión entre los cables *pigtails* con el cable *ADSS Feeder* de 96 hilos. Para conectar los diferentes módulos de planta interna y externa se aplicó una distribución de hilos de fibra óptica a través del uso de mangas tipo domo, lineales y Nap IP68.

4.2.1. Distribución de la red ODN

Para la distribución inicial de los hilos de fibra se inicia en la denominada manga Feeder donde la casetera uno albergará los empalmes por fusión del hilo azul, verde y café del buffer azul de la fibra *feeder* ADSS con el hilo azul, verde y café del buffer azul de la fibra ADSS de 48 hilos respectivamente, mientras que el hilo naranja restante de la fibra *feeder* será empalmada con otra fibra de 48 hilos que estará destinada como respaldo en caso de daños provocados en las líneas principales

De igual manera en la casetera dos de la manga *feeder* se empalma el hilo azul y verde del buffer naranja de la fibra *feeder* ADSS con el hilo azul y verde del buffer naranja de la fibra ADSS

de 48 hilos, mientras que el hilo naranja y café del mismo buffer serán empalmados con la fibra de respaldo o *backup*, a continuación, la figura 4.3 mostrara el resumen de la secuencia:

Módulo Red BlackBone y Masivo		RUTA	ODF	FO Feeder	FO 48 Hilos	Manga Feeder
OLT P1	Hacia Red BlackBone	CNT	A ODF 1	> Buffer Azul Hilo Azul	> Buffer Azul Hilo Azul	Casetera1
OLT P2	Hacia Red BlackBone	RESPALDO	A ODF 2	> Buffer Azul Hilo Naranja	> Buffer Azul Hilo Naranja	Casetera1
OLT P3	Hacia Urbanización - Masivo 1x4 1x8	CNT	A ODF 3	> Buffer Azul Hilo Verde	> Buffer Azul Hilo Verde	Casetera1
OLT P4	Hacia Edificio - Masivo 1x32	CNT	A ODF 4	> Buffer Azul Hilo Café	> Buffer Azul Hilo Café	Casetera1
Módulo Multiservicio y Movil		RUTA	ODF	FO Feeder	FO 48 Hilos	Manga Feeder
OLT P1	MSAN - Petro - ISP - Edificio 2x4 1x8	CNT	A ODF 13	> Buffer Naranja Hilo Azul	> Buffer Naranja Hilo Azul	Casetera2
OLT P2	MSAN - Petro - ISP - Edificio 2x4 1x8	RESPALDO	A ODF 14	> Buffer Naranja Hilo Naranja	> Buffer Naranja Hilo Naranja	Casetera2
OLT P3	RBS - Movil 2x16	CNT	A ODF 15	> Buffer Naranja Hilo Verde	> Buffer Naranja Hilo Verde	Casetera2
OLT P4	RBS - Movil 2x16	RESPALDO	A ODF 16	> Buffer Naranja Hilo Café	> Buffer Naranja Hilo Café	Casetera2

Figura 4.3. Distribución de hilos y empalmes en el ODF y manga Feeder

En la manga de distribución se empalmarán los hilos provenientes de la fibra ADSS de 48 hilos denominada ruta CNT, ya que se instaló en base a la normativa de diseño de la ODN en base a la corporación nacional de telecomunicaciones. En el interior de la casetera uno alberga los empales de los hilos azul del buffer azul que se dirigen a la manda porta *splitter*, mientras que los hilos verde y café se dirigen a través de una fibra ADSS de 24 hilos hacia el módulo de masivo para urbanizaciones y edificios.

En la casetera dos estarán los empalmes de los hilos azul y verde del buffer naranja que se dirigen a la manga porta *splitter*. Por su parte el hilo azul del buffer azul y los hilos naranja y café del buffer naranja serán habilitados en la siguiente manga ya que estos se encuentran en el cable de fibra de respaldo. A continuación, en la figura 4.4 se muestra un resumen de conexiones:

FO 48 Hilos	FO 48 Hilos Distribución	Manga Distribución	FO 24 Hilos Módulo
Buffer Azul Hilo Azul	> Buffer Azul Hilo Azul	Casetera1	- - - -
Buffer Azul Hilo Naranja	> - - - -	-	- - - -
Buffer Azul Hilo Verde	> - - - -	Casetera1	> Buffer Azul Hilo Verde > Módulo Masivo Urbanización
Buffer Azul Hilo Café	> - - - -	Casetera1	> Buffer Azul Hilo Café > Módulo Masivo Edificio
FO 48 Hilos	FO 48 Hilos Distribución	Manga Distribución	
Buffer Naranja Hilo Azul	> Buffer Naranja Hilo Azul	Casetera2	- - - -
Buffer Naranja Hilo Naranja	> - - - -	-	- - - -
Buffer Naranja Hilo Verde	> Buffer Naranja Hilo Verde	Casetera2	- - - -
Buffer Naranja Hilo Café	> - - - -	-	- - - -

Figura 4.4. Distribución de hilos en la manga de distribución

Finalmente, en la tercera manga usada en la distribución de los hilos de fibra denominada porta *splitter* se empalmarán los hilos provenientes de la fibra de 48 hilos de distribución y la fibra de respaldo, que posteriormente serán dirigidos a cada uno de los módulos asignados.

El primero caso se da en la casetera 1 de la manga porta *splitter*, allí se ubicará los empalmes de las fibras que provienen de la red CNT y de respaldo con los hilos del buffer azul de la fibra de 24 hilos que tendrá como destino el módulo de red *BackBone*, estos empalmes estarán contenidos en la casetera uno. A continuaciones en la figura 4.5 se muestra el resumen:

FO 48 Hilos Distribución					FO 24 Hilos Módulo					Manga P. Splitter		Destino
Buffer	Azul	Hilo	Azul	>	Buffer	Azul	Hilo	Azul		Casetera1	>	Módulo de red BackBone
Buffer	Azul	Hilo	Naranja	>	Buffer	Azul	Hilo	Naranja		Casetera1	>	Módulo de red BackBone
-	-	-	-		-	-	-	-		-		-
-	-	-	-		-	-	-	-		-		-

Figura 4.5. Distribución de hilos en la manga para el módulo DWDM

El segundo caso corresponde a los hilos de fibra que provienen tanto del cable principal y de respaldo, estas serán empalmadas con *pigtails* en la casetera dos, con el objetivo de brindar un acceso rápido para la realización de mediciones a través de diversos medidores ópticos. Con el propósito de evitar saturar la casetera dos, cada una de las derivaciones y dispersión de hilos serán colocados en otras caseteras, por ejemplo, en el caso de módulo multiservicio se aplicará un *splitter* balanceado 2:4 en la casetera tres de la manga, mientras que el módulo de RBS o acceso móvil será enviado a la casetera 4 en donde se aplicará un *splitter* balanceado 2:16.

Finalmente, cada una de las salidas de los *splitter* asignados serán empalmadas mediante fusión con los hilos del buffer azul correspondiente a cada cable de fibra, es decir al área de dispersión óptica, tal como se muestra en la figura 4.6.

FO 48 Hilos					Manga Porta Splitter					FO 24 Hilos Modulos		Destino				
Buffer	Naranja	Hilo	Azul	>	Casetera2	Pigtail	>	Pigtail	In1 Splitter 2:4	Casetera3	>	Buffer Naranja	H. Azul	H.Narja	>	Módulo de red
Buffer	Naranja	Hilo	Naranja	>	Casetera2	Pigtail	>	Pigtail	In2 Splitter 2:4	Casetera3	>		H.Verd		>	Multiservicio
Buffer	Naranja	Hilo	Verde	>	Casetera2	Pigtail	>	Pigtail	In1 Splitter 2:16	Casetera4	>	Buffer Naranja	H. Azul	H.Narja	>	Módulo RBS o Acceso
Buffer	Naranja	Hilo	Café	>	Casetera2	Pigtail	>	Pigtail	In2 Splitter 2:16	Casetera4	>		H.Verd	H.Café	>	Móvil

Figura 4.6. Distribución en manga para módulos multiservicio y acceso móvil.

4.2.2. Instalación de componentes para el despliegue de la red

Para implementar la red con cables ADSS de fibra óptica implica el uso de varios componentes y materiales que permitan asegurar el despliegue de un enlace óptico punto a punto y difusión multipunto, con el objetivo de tener una instalación adecuada y eficiente, por lo que en esta sección se detallan alguno de los elementos típicos de planta interna y externa usados en el desarrollo del proyecto.

INSTALACIÓN DE ODF DE 48 PUERTOS

El ODF es un componente de planta interna con capacidad de hasta 48 puertos con acopladores tipo SC y pulido APC, en su interior contiene dos caseteras en donde serán distribuidos diversos empalmes por fusión. Este estará instalado en el rack número 5, posicionado justamente por debajo de la OLT.

El ODF dispone de dos pestañas con agujeros centralizados, permitiendo que sean asegurados en el rack con pernos M6 de 6 mm de grosor y 1.5 cm de largo, mientras que en la parte trasera serán ajustados con las tuercas encapsuladas. A continuación, en la figura 4.7 se observa el ODF instalado en el rack del laboratorio de telecomunicaciones.

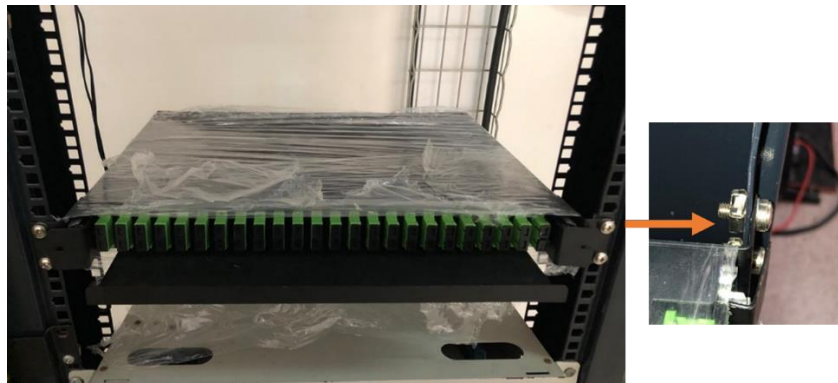


Figura 4.7. ODF de planta interna instalado en el Rack #5

INSTALACIÓN DE HERRAJES CON EXTENSIONES

Los Herrajes con extensiones permiten la sujeción del cable de fibra óptica con la ayuda de preformados metálicos, la cantidad de extensiones se determinó de acuerdo con la distribución de cables dentro del laboratorio. En la instalación de los herrajes se emplearon técnicas que incluyen el uso de una flejadora o sunchadora, además materiales como cinta fleje y hebillas metálicas de $\frac{3}{4}$. Estas son de suma importancia para garantizar que los herrajes que se instalaran en los postes metálicos puedan ser de base sólida para la sujeción de los cables de fibra óptica.

Su instalación inicia con la colocación de dos líneas de cinta fleje y sus hebillas respectivamente rodeando al herraje junto con el poste metálico, luego de ser ajustado con la flejadora, las pestañas deben ser redireccionadas a tal punto de “abrazar” a la cinta, garantizando así que el herraje quede fijo, tal como se observa en parte derecha de la figura 4.8.



Figura 4.8. *Materiales y Herramientas para la instalación de herrajes*

INSTALACIÓN DE CÁMARAS SUBTERRÁNEAS

Las dos nuevas áreas que simularan cámaras subterráneas fueron instaladas y ubicadas estratégicamente en los costados del laboratorio de telecomunicaciones, fabricados a base de madera y recubiertas con un esmalte sintético que proporciona durabilidad a las estructuras durante un largo periodo de tiempo ante factores ambientales.

Su instalación incluye la perforación de agujeros en los costados con el uso de taladro y broca de $\frac{1}{4}$ de pulgada para madera y sierra circular de carbono, tal como se muestra en la figura 4.9. Las perforaciones ayudarán a ingresar y derivar los cables de fibra óptica ADSS que saldrán de las diferentes mangas a emplear en el proyecto acorde a la red de distribución.



Figura 4.9. *Ubicación e instalación de cámaras subterráneas 1 y 4*

INSTALACIÓN DE FIBRA ADSS

Luego de la planificación del proyecto e inspección de las rutas para el tendido de fibra ADSS, los puntos de anclaje y la distancia de cable necesario se inició con la instalación de los cables ADSS de 96, 48 y 24 hilos en el interior del laboratorio de telecomunicaciones, respetando todos los protocolos necesarios para el correcto funcionamiento de la red y evitar tener pérdidas de potencia durante el trayecto de los enlaces.

Al tener los puntos de anclaje o herrajes de suspensión se coloca los preformados metálicos en uno de los extremos del cable, posteriormente en el otro extremo el cable deberá ser templado para evitar tener curvaturas en el trayecto, así mismo en sus otros extremos se coloca sus otros preformados o pinzas de anclaje con gancho galvanizado acorde al tipo de cable que se instala, en la figura 4.10 se muestra el resultado de la sujeción de cables con preformados y pinzas tensoras.



Figura 4.10. Instalación de Fibra ADSS de 48 y 24 hilos en postes metálicos

Así mismo en las secciones de las cámaras subterráneas todos los cables de fibra cruzan por ductos de bajadas a poste y de igual manera ductos que permiten la protección del cable ante factores ajenos.

INSTALACIÓN DE LA FIBRA EN MANGAS Y EL ODF

En base a la distribución de hilos de fibra óptica en la red se requiere el uso de varios cables de fibra ADSS que se interconectarán en el interior de diversas mangas, la instalación es un proceso técnico que involucra el uso de varios materiales y herramientas como el propio cable de fibra, tubos plásticos flexibles, sangradora longitudinal, sangradora de buffer, entre otras.

En el desarrollo del proyecto se empleó un ODF de 48 puertos SC, manga tipo domo denominada Feeder con capacidad de hasta 48 hilos distribuidos en varias caseteras, de igual manera se empleó una manga lineal denominada de distribución de hasta 24 hilos y finalmente una manga tipo NAP IP 68 para la dispersión de hilos a los diferentes módulos didácticos de red disponibles en el laboratorio de telecomunicaciones.

Al tener los cables de fibra óptica en cada uno de los puntos de anclajes, se inicia con la instalación de la misma en cada uno de los elementos que contendrán los empalmes para interconectar cada uno de los hilos.

El proceso básicamente es pelar los cables de fibra con las diferentes herramientas y liberar los buffers a usar (Para el escenario se empleó el de color Azul y Naranja), y con una cortadora liberar los hilos que están al interior del buffer seleccionado, seguido se debe ordenar dentro de las caseteras los hilos ordenadamente, tal como se puede observar a continuación, en las fotografías agrupadas en la figura 4.11.



Figura 4.11. Instalación de fibra ADSS en el ODF y Mangas

4.2.3. Despliegue de empalmes en la red de fibra

Para el despliegue de la red de distribución con fibra óptica se inició con el ODF, en su interior se requiere que se distribuyan los *pigtail* tipo SC APC que estarán empalmados mediante fusión con los todos los hilos del buffer azul y naranja de una fibra ADSS de 48 hilos respectivamente, estos se encontrarán ubicados en la casetera número uno, permitiendo tener libre la casetera número dos para ampliar la red en siguientes investigaciones.

Al estar en un área de planta interna con todos los protocolos de seguridad es posible tener la fibra ADSS sin el recubrimiento o chaqueta externa, lo que permite distribuir el resto de buffer's con mayor facilidad e incluso tener la posibilidad de enviar a otro ODF con acoplamiento FC que se encuentra en el rack, en la figura 4.12 se muestra la organización de los empalmes realizados con conectores SC APC.

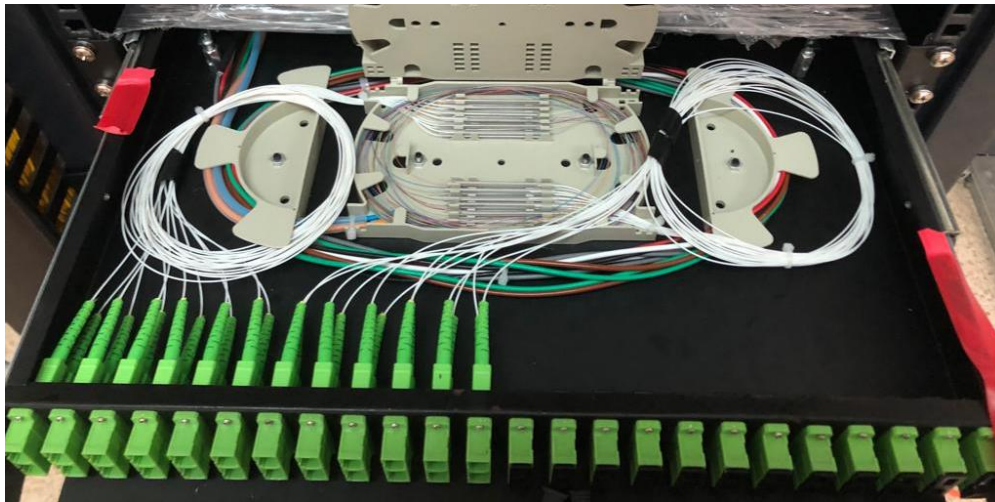


Figura 4.12. Distribución de hilos en ODF con acopladores SC APC

Al tener conectado el ODF con la línea o cable de 48 hilos se realizó el empalme entre el cable anteriormente mencionado con los cables feeder con capacidad de 48 hilos para la distribución de hilos de línea principal y los de respaldo o *backup*. Estos se encuentran organizados en la casetera uno y dos de una manga tipo domo, tal como se muestra en la figura 4.13.

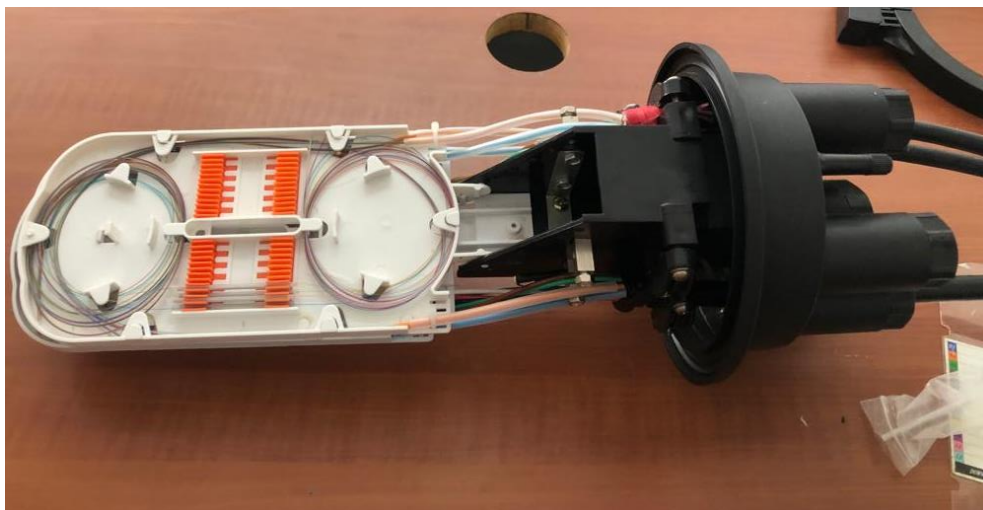


Figura 4.13. Distribución de empalmes en manga domo - "Red Feeder"

En la siguiente manga lineal empieza la distribución de hilos de fibra óptica para las dos secciones de módulos, la primera corresponde a los módulos 1, 2 y 3 del laboratorio, estas serán distribuidas a través de un cable de fibra ADSS de 48 hilos, en este caso serán distribuido los empalmes principales de la red, ya que de momento las líneas de respaldo están distribuidas por otro segmento del laboratorio.

Mientras que la sección dos corresponde al módulo 4 donde se tiene ejemplos de servicio masivo para urbanizaciones y edificios, esta estará conectada a la manga lineal por medio de una fibra ADSS de 24 hilos. A diferencia de los módulos de la sección de módulos uno, esta no cuenta con líneas de respaldo, ya que su infraestructura según el diseño de redes con fibra óptica de CNT no implica ser un servicio corporativo, por lo que solo cuenta con una línea de alimentación principal, en la figura 4.14 se muestra alguno de los empalmes realizados en la manga lineal.

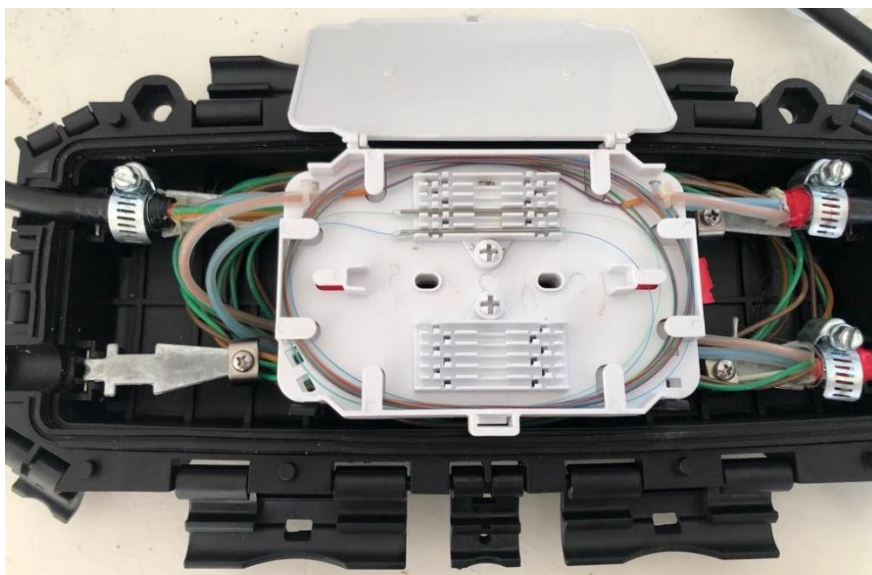


Figura 4.14. Distribución de empalmes en manga lineal – “Red Distribución”.

Finalmente, la tercera y última manga tipo NAP IP68 contendrá todos los empalmes necesarios para la comunicación de los enlaces principales y de respaldos con cada uno de los módulos a los que han sido destinados, en la primera casetera se empalmaran los hilos destinados para el módulo de red *BackBone*, en la casetera dos ingresaran los hilos que pertenecen a los módulos de red multiservicio y móvil, sin embargo, se empalman con *pigtails* para poder conectarse a los *splitter*’s de doble entrada y cumplir con el propósito de tener una red corporativa en ambos casos.

Por su parte en la casetera 3 estará un *splitter* 2:4 donde sus tres primeras salidas irán a las caseteras de multiservicio, mientras que en la casetera 4 estará un *splitter* 2:16 donde sus cuatro primeras salidas están destinadas a los servicios que el módulo de red móvil proporciona en su tablero a través de una fibra de dispersión de 24 hilos respectivamente. En la figura 4.15 se muestran los empalmes de la casetera 1, así como la organización de Buffers no usados en el proyecto.



Figura 4.15. Distribución de empalmes en manga - IP68 – “Red Dispersión”.

En la figura 4.16 se puede observar a través de las líneas amarillas el nuevo despliegue de cables de fibra óptica y mangas necesarias para tener comunicación con los módulos didácticos GPON del laboratorio, debido a que la red disponible anteriormente, no cumplía con las exigencias que demanda las normas CNT.



Figura 4.16. Distribución de cables de fibra óptica.

4.2.4. Resultados de empalmes

Para obtener el mejor rendimiento posible en los enlaces se debe precautelar que los empalmes no tengan un valor mayor a 0.03 dBm, tomando como referencia a la norma ANSI-TIA 568-D3 la cual contempla en gran parte a la norma ANSI-TIA 568-B3, por ello es importante contar con una cortadora de precisión correctamente calibrada para realizar fusiones exitosas.

EMPALMES EN ODF 48P

A continuación, en las tablas uno y dos se muestran los datos obtenidos en cada empalme, esto contempla el valor de pérdida que arroja cada unificación entre PIGTAILS y cada hilo de fibra de los buffer azul y naranja del cable ADSS respectivamente, el resto de hilos quedan libres para futuros empalmes y prácticas. En la tabla 4.1 se muestran las pérdidas de los empalmes entre la unión de PIGTAIL y los hilos del buffer B1 azul “ADSS 01 (48H) B1.H FEEDER” que contempla el cable perteneciente a la red FEEDER.

Tabla 4.1. Pérdida por empalmes en ODF - Buffer Azul.

PIGTAIL SC APC	ADSS 01 (48H) B1.H Lado A FEEDER	Pérdida en Decibelios
PIGT_ODF_P01	H1- Azul	0.01
PIGT_ODF_P02	H2 - Naranja	0.02
PIGT_ODF_P03	H3 - Verde	0.01
PIGT_ODF_P04	H4 - Café	0.03

Por otra parte, en la tabla 4.2 se muestran las pérdidas que se generaron al realizar los empalmes mediante fusión al interior del ODF, a diferencia de la tabla anterior, aquí se identifica los hilos de fibra del buffer B2 naranja “ADSS 01 (48H) B2.H FEEDER” con el resto de PIGTAIL.

Tabla 4.2. Pérdida por empalmes en ODF – Buffer Naranja.

PIGTAIL SC APC	ADSS 01 (48H) B2.H Lado A FEEDER	Pérdida en Decibelios
PIGT_ODF_P13	H1- Azul	0.01
PIGT_ODF_P14	H2 - Naranja	0.02
PIGT_ODF_P15	H3 - Verde	0.01
PIGT_ODF_P16	H4 - Café	0.02

EMPALMES EN MANGA DOMO

Siguiendo los protocolos adecuados para obtener empalmes en la manga DOMO que se encuentren dentro del margen que indica la norma ANSI-TIA 568-D.3, se obtuvieron los siguientes resultados, tal como se muestra en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Pérdida por empalmes en Manga Domo – Casetera 1

ADSS 01 (48H) B1.H Lado B FEEDER	ADSS 02 (48H) B1.H Lado A PRINCIPAL	ADSS 03 (48H) B1.H Lado A RESPALDO	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	H1 - Azul	-----	0.01
H2 - Naranja	-----	H2 - Naranja	0.02
H3 - Verde	H3 - Verde	-----	0.01
H4 - Café	H4 - Café	-----	0.01

Donde “ADSS 01 (48H) B1.H Lado B” corresponde a los hilos del buffer azul del cable de la red FEEDER de 48 hilos, “ADSS 02 (48H) B1.H Lado A Principal” corresponde al cable de enlace óptico principal, mientras que “ADSS 03 (48H) B1.H Lado A Respaldo” corresponde al cable de respaldo o BACKUP.

Por otra parte, en la tabla 4.4 se muestran las pérdidas generadas al empalmar los hilos a través de fusión entre los hilos que pertenecen a los buffers de color naranja cuya denominación general es “ADSS ## (48H) B#.H Lado A-B”.

Tabla 4.4. Pérdida por empalmes en Manga Domo – Casetera 2

ADSS 01 (48H) B2.H Lado B FEEDER	ADSS 02 (48H) B2.H Lado A PRINCIPAL	ADSS 03 (48H) B2.H Lado A RESPALDO	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	H1 - Azul	-----	0.01
H2 - Naranja	-----	H2 - Naranja	0.03
H3 - Verde	H3 - Verde	-----	0.02
H4 - Café	-----	H4 - Café	0.01

EMPALMES EN MANGA LINEAL

En la manga lineal se encuentran todos los empalmes que corresponden a la unión de cables de la red FEEDER con la de distribución, por ende, en esta sección es donde se empieza a distribuir cada hilo hacia el área del módulo asignado, en la tabla 4.5 se muestra un resumen de resultados.

Tabla 4.5. Pérdida por empalmes en Manga Lineal – Casetera 1

ADSS 02 (48H) B1.H Lado B - PRINCIPAL	ADSS 01 (24H) B1.H Lado A - MASIVO	ADSS 04 (48H) B1.H Lado A - PRINCIPAL	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	-----	H1 - Azul	0.03
H3 - Verde	H3 - Verde	-----	0.01
H4 - Café	H4 - Café	-----	0.01

Donde Buffer azul “ADSS 02 (48H) B1.H Lado B - PRINCIPAL” corresponde al cable de la red principal FEEDER, “ADSS 01 (24H) B1.H Lado A - MASIVO” corresponde al cable de distribución conectado al módulo masivo, mientras que “ADSS 04 (48H) B1.H Lado A - PRINCIPAL” corresponde al cable que distribuye los hilos principales para los módulos DWDM, MSAN y RBS. De igual manera en la tabla 4.6 se muestran las pérdidas generadas al empalmar los hilos del buffer naranja.

Tabla 4.6. Pérdida por empalmes en Manga Lineal – Casetera 2

ADSS 02 (48H) B2.H Lado B - PRINCIPAL	ADSS 01 (24H) B2.H Lado A - MASIVO	ADSS 04 (48H) B2.H Lado A - PRINCIPAL	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	-----	H1 - Azul	0.01
H3 - Verde	-----	H3 - Verde	0.01

EMPALMES EN MANGA (NAP IP68)

En la NAP IP68 que actúa como manga en la construcción de este proyecto, se ubicada dentro de la cámara subterránea número 4 del laboratorio de telecomunicaciones, aquí se encuentran albergados cada uno de los empalmes que unifican los hilos principales y de respaldo necesarios para la dispersión de hilos asignados a cada módulo de servicio dedicado, así como también la unificación de hilos de fibra y PIGTAILS con las entradas y salidas que disponen los splitters de redundancia 2x4 y 2x16.

Tabla 4.7. Pérdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 1

ADSS 03 (48H) B1.H Lado B RESPALDO	ADSS 04 (48H) B1.H Lado B - PRINCIPAL	ADSS 02 (24H) B1.H Lado A DWDM	Pérdida en Decibelios
-----	H1 - Azul	H1 - Azul	0.01
H2 - Naranja	-----	H2 - Naranja	0.02

En la tabla 4.7 se indica la pérdida de los empalmes, donde “ADSS 03 (48H) B1.H Lado B RESPALDO” corresponde al cable ADSS de respaldo, “ADSS 04 (48H) B1.H Lado B - PRINCIPAL” corresponde al cable ADSS de distribución principal, mientras que Azul “ADSS 02 (24H) B1.H Lado A DWDM” corresponde al cable principal de dispersión que va al módulo DWDM. De igual manera en la tabla 4.8 se muestran los empalmes de los buffers naranjas que unifican a los pigntails instalados dentro de la manga.

Tabla 4.8. Pérdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 2

ADSS 03 (48H) B2.H Lado B RESPALDO	ADSS 04 (48H) B2.H Lado B - PRINCIPAL	PIGTAIL SC APC	Pérdida en Decibelios
-----	H1 - Azul	PIGT_NAP_A1	0.01
H2 - Naranja	-----	PIGT_NAP_B1	0.01
-----	H3 - Verde	PIGT_NAP_C1	0.01
H4 - Café	-----	PIGT_NAP_D1	0.01

En la NAP se aplicó PIGTAILS con el objetivo de tener acceso rápido a la medición de potencia dentro de la manga (PIGT_NAP_A1 se acopla con PIGT_NAP_A2 y así sucesivamente), unos estarán empalmados a las entradas de los SPLITTERS de redundancia, mientras las salidas estarán empalmadas a los hilos de dispersión.

En la tabla 4.9 se muestran las pérdidas obtenidas en los empalmes entre PIGTAILS A2 y B2 con las entradas del SPLITTER de redundancia 2X4, donde únicamente se usó 3 de sus salidas las que están empalmadas con el cable “ADSS 03 (24H) B1.H Lado A MSAN”.

Tabla 4.9. Pérdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 3

PIGTAIL SC APC	SPLITTER 2X4	ADSS 03 (24H) B1.H Lado A MSAN	Pérdida en Decibelios
PIGT_NAP_A2	IN1 Hilo Azul	-----	0.01
PIGT_NAP_B2	IN2 Hilo Blanco	-----	0.01
-----	OUT1 Hilo Azul	H1 - Azul	0.01
-----	OUT2 Hilo Naranja	H2 - Naranja	0.02
-----	OUT3 Hilo Verde	H3 - Verde	0.01

Finalmente, en la tabla 4.10 se muestran las pérdidas obtenidas en los empalmes entre PIGTAILS B3 y B4 con las entradas del SPLITTER de redundancia 2X16, en este caso se usó 4

de sus salidas las que están empalmadas con el BUFFER azul “ADSS 04 (24H) B1.H Lado A MOVIL” el cual se dirige al módulo RBS o de servicio móvil.

Tabla 4.10. Pérdida por empalmes en Manga NAP IP 68 – Casetera 4

PIGTAIL SC APC	SPLITTER 2X16	ADSS 04 (24H) B1.H Lado A MOVIL	Pérdida en Decibelios
PIGT_NAP_C2	IN1 Hilo Azul	-----	0.01
PIGT_NAP_D2	IN2 Hilo Blanco	-----	0.01
-----	OUT1 Hilo Azul	H1 - Azul	0.01
-----	OUT2 Hilo Naranja	H2 - Naranja	0.01
-----	OUT3 Hilo Verde	H3 - Verde	0.01
	OUT4 Hilo Café	H4 - Café	0.02

En esta sección finaliza la distribución de cables de fibra óptica ADSS para la interconexión de los módulos DWDM, MSAN, servicio móvil y servicio masivo en urbanizaciones y edificios, cumpliendo con las normas de diseño y construcción de redes con fibra óptica de CNT.

Donde adicionalmente se está empleando enlaces primarios y de respaldo que simularán asistencia inmediata al momento de existir cortes o fallas en las líneas principales, con el objetivo de evitar la suspensión de los servicios de acceso a internet en los módulos pertenecientes a clientes corporativos, esto es posible gracias al uso de SPLITTERS redundantes, lo que se caracterizan por tener 2 entradas balanceadas.

4.3. Análisis y aplicación de correcciones técnicas en módulos.

4.3.1. Modulo DWDM

La red troncal DWDM se caracteriza por tener disponibles rutas de fibra principales y alternas para la transmisión de datos en enlaces punto a punto, es decir desde un punto A, hasta N puntos, por ello es importante es que estén funcionando con el menor margen de error posible.

ANÁLISIS

Usando la terminal de línea óptica HIOSO como fuente óptica, se usará enlaces principales y de respaldo como medio de transporte, ambos se conectarán a través de varios puentes ópticos hasta llegar al módulo DWDM, al realizar este puenteo es posible medir la cantidad de pérdida que se pueda estar generando al interior del módulo.

Inicialmente es aconsejable usar una herramienta que emita luz laser a través de un enlace, tal como se muestra en la figura 4.17, esto ayuda a comprobar de forma visual si existe continuidad en el enlace de fibra, dicha herramienta está disponible en equipos de medición óptica como el OPM, su modo de uso se explica en el anexo 1.1.5, sin embargo, otro de los equipos que dispone esta herramienta es el OTDR, su forma de acceder se explica en el anexo 1.3.2 de este documento.

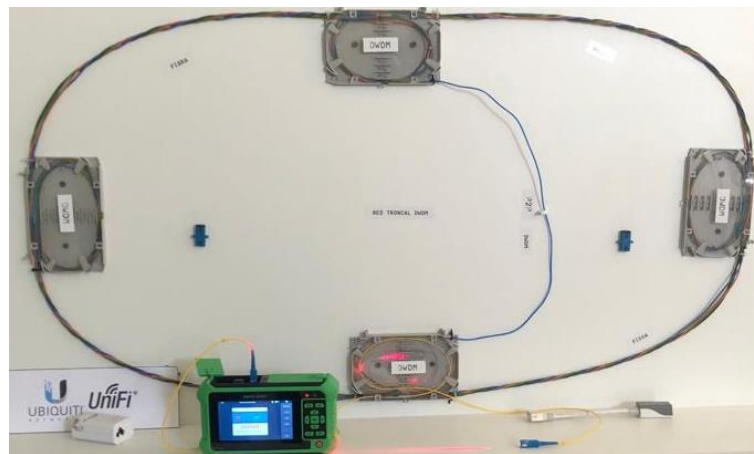


Figura 4.17. Análisis de estado del tablero DWDM

En la figura 4.17 se puede constatar que existe continuidad, ya que a través del enlace óptico pasa la luz laser en cada una de las fusiones que este tiene disponible, al conocer aquello se puede conectar el enlace principal y de respaldo de forma sucesiva a la entrada del módulo con PIGTAIL SC UPC, luego de usar el medidor OPM (Su modo de uso se explica en el anexo 1.1.1) para censar la potencia del tablero, se recopiló información que se muestra en la tabla 4.12.

Sin embargo, para realizar un análisis comparativo se requiere calcular el presupuesto de pérdida óptica, para ello tomamos en cuenta la fuente óptica, componentes pasivos del enlace principal y de respaldo, así como los componentes del módulo.

Se debe tener en consideración el uso de un puente óptico, dicho elemento disminuye la potencia 0.5 dB en cada uno de sus extremos, los empalmes bajo norma tienen una pérdida de 0.1 dB y cada kilómetro de fibra tiene una pérdida de 0.35 dB, al conocer estos datos se debe realizar el cálculo, en base a la ecuación 8:

$$C_{PO} = (n * C) + (c * J) + (L * a)$$

Ecuación 8. Cálculo de pérdida óptica

Donde se sabe que:

- n : Suma de conectores aplicados en el enlace
- C : Atenuación de un conector óptico
- c : Suma de empalmes aplicados en el enlace
- J : Atenuación de un empalme por fusión
- a : Coeficiente de atenuación por cada (dB/Km)
- L : Longitud del enlace de fibra óptica

A continuación, en la tabla 4.11 se da a conocer la cantidad y los tipos de elementos pasivos que conforma el nuevo enlace óptico principal y secundario respectivamente, así como también los que están integrados en el tablero.

Tabla 4.11. Presupuesto óptico inicial de enlace DWDM Principal - Respaldo.

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Principal	C. Enlace BACKUP	P. Enlace Principal	P. Enlace BACKUP
Conectores SC APC/UPC	0.5 dB	5	5	2.5	2.5
Empalme por fusión	0.1 dB	6	5	0.6	0.5
Longitud de Fibra	0.35 dB	0.05	0.05	0.017	0.017
TOTAL C_{PO} (dB)				3.117	3.017

Al conocer los elementos usados en el enlace y el presupuesto de pérdida óptica es conveniente realizar el análisis y la respectiva comparación, en base a los datos obtenidos por el equipamiento de medición óptica. Al tener el valor de pérdida óptica se restará dicho valor con respecto a la potencia emitida por el módulo de la OLT (7.48 dB), para calcular dicho valor se usa la ecuación 9:

$$P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO}$$

Ecuación 9. Cálculo de potencia final del enlace

Donde P_{FE} es la potencia final del enlace, P_{OLT} es la potencia que proporciona la OLT y C_{PO} es la pérdida que debe tener el enlace en dBm. Por lo tanto, la potencia final del enlace principal debería ser de:

$$P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = 7.48 - 3.117$$

$$P_{FE} = 4.37 \text{ dB}$$

Este es un valor que se ha obtenido tomando en cuenta cada una de las pérdidas que provocan los elementos ópticos, estas son indicadas por las normas internacionales, por otra parte, el enlace secundario tendría una potencia final de 4.47 dB.

A continuación, en la tabla 4.12 se muestra los valores obtenidos durante el censo con equipamiento óptico en la opción POWER METER (Instructivo OPM, PON y OTDR). Así mismo indica la referencia del estado que tiene el enlace tomando como datos teóricos, los obtenidos luego del cálculo de presupuesto de pérdida óptica y como datos prácticos, los valores arrojados por los equipos de medición óptica.

Tabla 4.12. Estado inicial de los enlaces DWDM Principal - Respaldo.

Guía Comparativa – E. Principal = 4.37 dB - E. Respaldo = 4.47 dB			
Optimo V. Practico > 4.35	Estable $4.35 \leq V. Practico \leq 3$	Regular $3 < V. Practico \leq 1.5$	Inaceptable V. Practico < 1.5
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Principal	OTDR = 1.32	OPM = 1.30	PON = 1.35
Enlace Respaldo	OTDR = 1.42	OPM = 1.40	PON = 1.45

Por lo tanto, tras el análisis se determina que el enlace no cumple con las condiciones necesarias para la transmisión de datos e internet, ya que según su clasificación es inaceptable.

APLICACIÓN DE CORRECCIONES TÉCNICAS

Para la corrección del módulo de red se empleó diversas técnicas para la resolución de problemas ópticos, entre ellas esta el uso de equipamiento de medición óptica (OPM, PON) y análisis mediante reflectometría óptica en el dominio del tiempo (OTDR), ya que facilitan la identificación de variaciones o eventos perjudiciales para el correcto funcionamiento de una red, así como la herramienta VFL que permite visualizar anomalías en empalmes y cortes de fibra.

Tomando en cuenta varios puntos de referencia, luego del análisis con los equipos se pudo identificar que los empalmes que se encuentran dentro del tablero DWDM están deteriorados, ya que los extremos de los protectores termomagnéticos se encuentran en mal estado perjudicando las bases donde están los hilos de fibra, así como también los PIGTAILS que se encuentran atenuados, posiblemente por una mala manipulación de los mismos.

En la figura 4.18 se muestra algunas de las mejoras realizadas en la casetera central del módulo DWDM, así como el ingreso del cable ADSS que permitirá comunicar al tablero con la nueva red ODN.

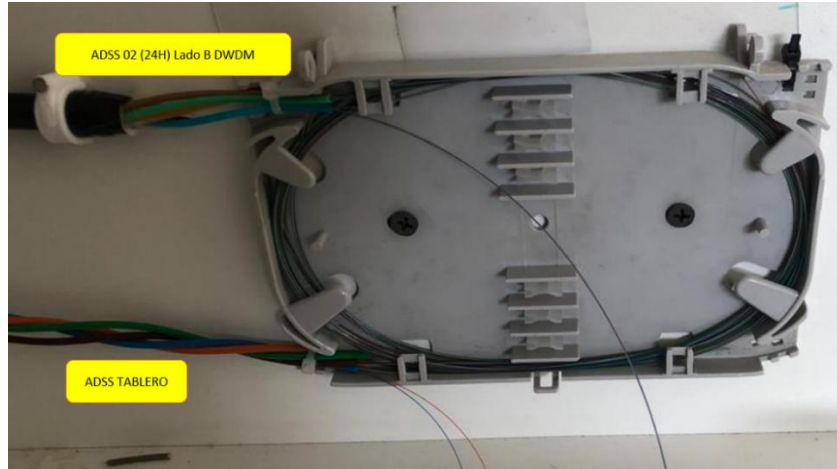


Figura 4.18. Correcciones técnicas del módulo DWDM.

Se aplicó nuevos empalmes, con la diferencia que se unifico directamente el hilo azul y naranja del cable “ADSS 02 (24H) B1.H Lado A DWDM” con los hilos azul y naranja del buffer azul del tablero DWDM.

Tabla 4.13. Pérdida por fusión en modulo DWDM Parte 1.

ADSS 02 (24H) B1.H Lado B DWDM	Buffer Azul Tablero	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	H1 - Azul	0.01
H2 - Naranja	H2 - Naranja	0.01

Al final del enlace se reemplazó los PIGTAILS por unos nuevos, con el objetivo de evitar tener una pérdida de potencia, dicho valores de empalme se representan en la tabla 4.14.

Tabla 4.14. Pérdida por fusión en modulo DWDM Parte 2.

Buffer Azul Tablero	PIGTAIL SC UPC	Pérdida en Decibelios
Hilo Azul	PIGT_DWDM_A1	0.02
Hilo Naranja	PIGT_DWDM_B1	0.02

A continuación, en la tabla 4.15 se da a conocer la cantidad de elementos que conforman la red óptica pasiva y así mismo los nuevos cambios y elementos empleados en el módulo DWDM.

Tabla 4.15. Presupuesto óptico mejorado - Enlace DWDM Principal – Respaldo.

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Principal	C. Enlace BACKUP	P. Enlace Principal	P. Enlace BACKUP
Conectores SC APC/UPC	0.5	3	3	1.5	1.5
Empalme por fusión	0.1	6	5	0.6	0.5
Longitud de Fibra	0.35	0.05	0.05	0.017	0.017
TOTAL C_{PO} (dB)				2.117	2.017

Por lo tanto, la potencia final del enlace principal debería ser de $P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = 7.48 - 2.117 \rightarrow P_{FE} = 5.36$ dB aproximadamente, mientras que el enlace secundario tendría una potencia final de 5.46 dB.

Una forma de determinar si el enlace está acorde a los requerimientos es que la potencia esté por encima del valor de presupuesto de pérdida óptica teórico.

A continuación, en la tabla 4.16 se muestra los valores obtenidos durante el censo con equipamiento óptico en la opción POWER METER, así mismo indica el estado del enlace tomando como referencia los valores teóricos y prácticos en los enlaces principales y secundarios.

Tabla 4.16. Estado Final de los enlaces DWDM Principal - Respaldo

Guía Comparativa – E. Principal = 5.36 dB - E. Respaldo = 5.46 dB			
Optimo V. Practico > 5.35	Estable $5.35 \leq V. Practico \leq 4$	Regular $4 < V. Practico \leq 2$	Inaceptable V. Practico < 2
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Principal	OTDR = 5.30	OPM = 5.28	PON = 5.33
Enlace Respaldo	OTDR = 6.11	OPM = 6.09	PON = 6.14

En resumen, los nuevos enlaces contienen varios elementos ópticos pasivos que fueron instalados y manipulados con mayor cautela, lo que permite tener una menor pérdida de decibelios en comparación a lo que indica la parte teórica permitiendo de esa manera que exista la menor cantidad de pérdidas posible.

A continuación, en la figura 4.19 se muestra el tablero con las nuevas conexiones empleadas, así como también las correcciones pertinentes sobre los empalmes que existían anteriormente y reemplazo de alguno de sus elementos pasivos.



Figura 4.19. Módulo DWDM luego de las correcciones técnicas.

4.3.2. Módulo Multiservicio - MSAN

El enlace dedicado para el módulo multiservicio permite tener disponibles rutas principales y alternas para brindar acceso a internet mediante un enlace punto multipunto, es decir desde un punto A, hasta otros N puntos, gracias al uso de divisores ópticos de primer y segundo nivel.

ANÁLISIS

Usando equipamiento óptico activos, enlaces principales y de respaldo, uso de un SPLITTER con redundancia, puentes ópticos, etc. Es posible medir la cantidad de pérdida que se pueda estar generando en el enlace interno que se conecta con el módulo, al presupuesto óptico se le agrega además los componentes presentados en la figura 4.20.



Figura 4.20. Análisis de estado del tablero MSAN

Antes de realizar mediciones en el tablero, es recomendable tener información que facilite el análisis de porcentaje de error, por lo que la mejor opción es tener un presupuesto de pérdida óptica, permitiendo así obtener un valor de referencia con el cual se pueda hacer una comparación.

A continuación, en la tabla 4.17 se tiene descrita la cantidad y tipos de elementos pasivos que conforma el enlace óptico principal y secundario respectivamente, así como también los que están integrados en el tablero, donde se incluyen además los valores típicos de pérdida por cada elemento y por cada kilómetro de fibra usada en el enlace.

Tabla 4.17. Presupuesto óptico inicial de enlace MSAN Principal - Respaldo.

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Principal	C. Enlace BACKUP	P. Enlace Principal	P. Enlace BACKUP
Conectores SC APC/UPC	0.5 dB	7	7	3.50	3.50
Empalme por fusión	0.1 dB	8	7	0.80	0.70
Longitud de Fibra	0.35 dB	0.055	0.050	0.019	0.017
Splitter 2:4 redundante	7.00 dB	1	1	7.00	7.00
TOTAL C_{PO} (dB)				11.319	11.217

Por lo tanto, la potencia final del enlace principal debería ser de $P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = 7.48 - 11.319 \rightarrow P_{FE} = -3.839$ dB aproximadamente, mientras que el enlace secundario tendría una potencia final de -3.737 dB.

Al conocer los elementos usados en el enlace y el presupuesto de pérdida óptica, se procede a realizar el análisis y la respectiva comparación, en base a los datos obtenidos por el equipamiento de medición óptica. A continuación, en la tabla 4.18 se muestra los valores obtenidos durante el censo, así como también se indica el estado del enlace.

Tabla 4.18. Estado inicial de los enlaces MSAN Principal - Respaldo

Guía Comparativa – E. Principal = -3.83 dB - E. Respaldo = -3.73 dB			
Optimo	Estable	Regular	Inaceptable
V. Practico > -3.85	-3.85 ≤ V. Practico ≤ -5	-5 < V. Practico ≤ -6.5	V. Practico < -6.5
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Principal	OTDR = -6.53	OPM = -6.51	PON = -6.56
Enlace Respaldo	OTDR = -6.63	OPM = -6.61	PON = -6.66

Por lo tanto, tras el análisis se determina que el enlace no está cumpliendo con las condiciones adecuadas para brindar servicios, por lo que se descarta una habilitación y distribución de acceso a internet sin antes realizar un mantenimiento a los componentes internos del tablero, ya que los enlaces se encuentran en un estado inaceptable tomando como referencia la guía comparativa que se encuentra en la tabla 4.18.

APLICACIÓN DE CORRECCIONES TÉCNICAS

Para la corrección del módulo se realizó un análisis mediante reflectometría óptica en el dominio del tiempo, es decir hacer pruebas en los enlaces de fibra para verificar los puntos con mayores problemas por medio del OTDR, para mayor entendimiento referirse y aplicar los pasos explicados en el anexo 1.3.3 de este documento.

Tomando en cuenta varios puntos de referencia, luego del análisis con el OTDR se pudo confirmar que los buffers instalados en el tablero están deteriorados, ya que no contaban con la parte protectora externa, es decir, su enchaquetado. Por lo que se reemplazó totalmente la fibra que estaba en el tablero, además de rediseñar la distribución de hilos, de tal manera que la nueva distribución quedo de la siguiente manera, mostrada en la figura 4.21.

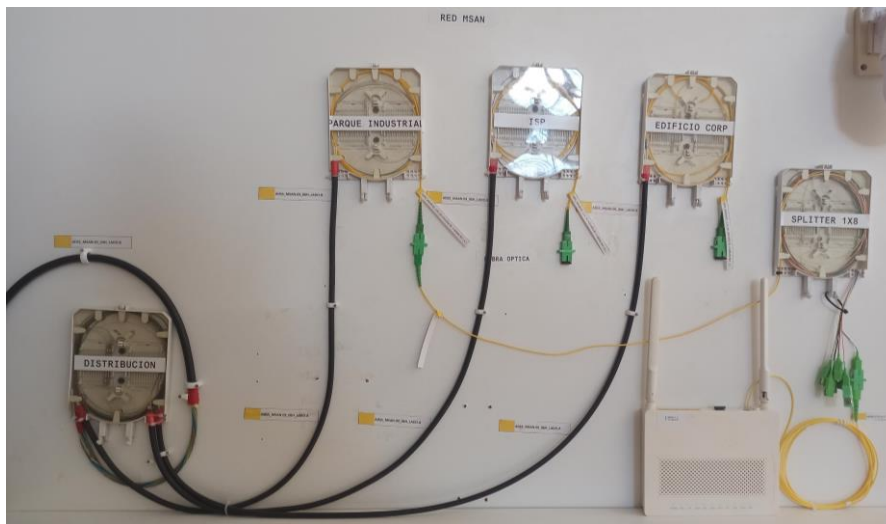


Figura 4.21. Correcciones de modulo MSAN.

Se aplicó nuevos empalmes, con la diferencia que se unifico directamente los hilos azul, naranja y verde del buffer azul del cable “ADSS 03 (24H) B1.H Lado B MSAN”, con los hilos azul, naranja y verde del buffer azul instalados en el tablero. En la tabla 4.19 se muestra la secuencia:

Tabla 4.19. Pérdida por fusión en modulo MSAN parte 1.

ADSS 03 (24H) B1.H Lado B MSAN	ADSS 03 (06H) B1.H Lado A MSAN	ADSS 04 (06H) B1.H Lado A MSAN	ADSS 05 (06H) B1.H Lado A MSAN	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	H1 - Azul	-----	-----	0.01
H2 - Naranja	-----	H2 - Naranja	-----	0.01
H3 - Verde	-----	-----	H3 - Verde	0.01

Siguiendo con las correcciones, se tiene las tres caseteras que representan a cada una de las corporaciones a las que se simulará dar servicio, se reemplazó además el PIGTAIL con el que se comunican con los hilos de distribución por unos completamente nuevos con el objetivo de evitar tener una pérdida de potencia, existe una cuarta casetera que alberga un SPLITTER 1X8 balanceado, para así cumplir con los dos niveles de división óptica que requiere el enlace. Cada uno de los valores de los empalmes se representan en la tabla 4.20.

Tabla 4.20. Pérdida por fusión en modulo MSAN parte 2.

ADSS ## (12H) B1 MSAN Lado B	#Hilo	PIGTAIL SC UPC	Pérdida en Decibelios
ADSS 03 (06H) B1	H1 - Azul	PIGT_MSAN_A1	0.01
ADSS 04 (06H) B1	H2 - Naranja	PIGT_MSAN_B1	0.01
ADSS 05 (06H) B1	H3 - Verde	PIGT_MSAN_C1	0.01

A continuación, en la tabla 4.21 se da a conocer la cantidad de elementos que conforman la red óptica pasiva y así mismo los nuevos cambios y elementos empleados en el módulo DWDM.

Tabla 4.21. Presupuesto óptico mejorado de enlace MSAN Principal – Respaldo.

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Principal	C. Enlace BACKUP	P. Enlace Principal	P. Enlace BACKUP
Conectores SC APC/UPC	0.5	5	5	2.5	2.5
Empalme por fusión	0.1	9	8	0.9	0.8
Longitud de Fibra	0.35	0.055	0.050	0.019	0.017
SPLITTER 2:4	7.00	1	1	7.00	7.00
SPLITTER 1:8	10.00	1	1	10.00	10.00
TOTAL C_{PO} (dB)				20.419	20.317

Por lo tanto, la potencia final del enlace principal debería ser de $P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = 7.48 - 20.419 \rightarrow P_{FE} = -12.93$ dB aproximadamente, mientras que el enlace

secundario tendría una potencia final de -12.83 dB. A continuación, en la tabla 4.22 se muestra los valores obtenidos durante el censo con equipamiento óptico, junto con el indicador de estado en los enlaces principales y secundarios tomando como referencia los valores teóricos y prácticos.

Tabla 4.22. Estado Final de los enlaces MSAN Principal - Respaldo

Guía Comparativa – E. Principal = -12.93 dB - E. Respaldo = -12.83 dB			
Optimo	Estable	Regular	Inaceptable
V. Practico > -12.95	-12.95 ≤ V. Practico ≤ -14	-14 < V. Practico ≤ -16	V. Practico < -16
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Principal	OTDR = -12.55	OPM = -12.53	PON = -12.58
Enlace Respaldo	OTDR = -11.45	OPM = -11.43	PON = -11.48

El nuevo estado de los enlaces principales y de respaldo, así como la nueva infraestructura óptica montada en el tablero fueron instalados cumpliendo todas las normativas indicadas por CNT, además que al contar con los SPLITTER ópticos redundantes y balanceados ayudan a disminuir mucho menos la perdida de potencia.

A continuación, en la figura 4.22 se muestra el tablero con las nuevas conexiones empleadas, así como también las correcciones pertinentes del caso para que el enlace óptico funcione de manera correcta, además de incluir equipo activo que permitirá comprobar el acceso a internet a través de una interfaz alámbrica e inalámbrica.

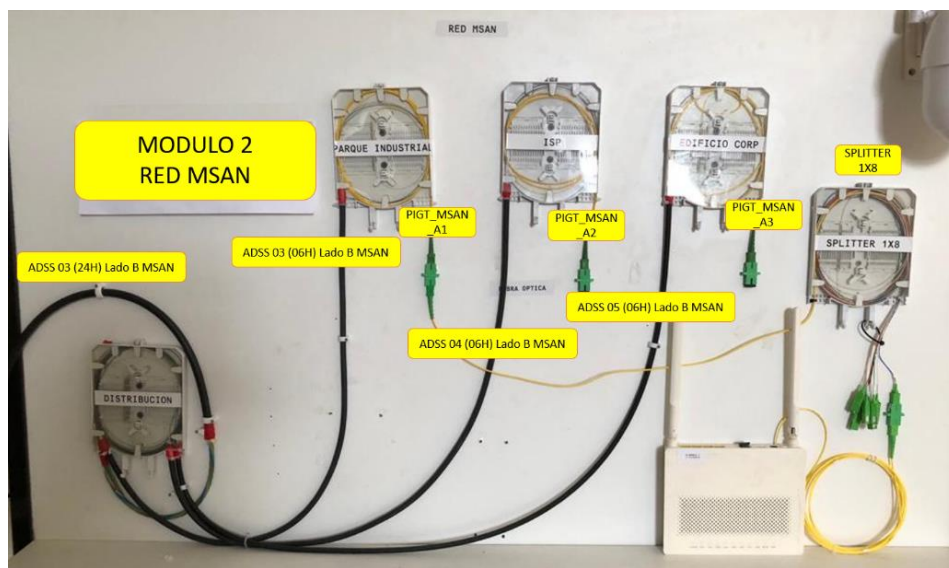


Figura 4.22. Modulo DWDM luego de las correcciones técnicas.

4.3.3. Modulo Móvil

La red de fibra óptica que está distribuida dentro del laboratorio de telecomunicaciones hacia el módulo móvil se caracteriza por disponer de un enlace principal y uno de respaldo o BACKUP. Cuenta con divisores ópticos de primer nivel redundante, por ello es importante que estén funcionando con el menor margen de error posible.

ANÁLISIS

Al tener los enlaces distribuidos y usando equipamiento como la OLT, elementos pasivos como SPLITTER con redundancia y puentes ópticos se provee interconectar la estación central (Nodo) con el tablero. Además, se aplicaron técnicas de censo con el equipo OTDR dentro del tablero para comprobar que el sistema pueda funcionar sin interferencias, sin embargo, en la figura 4.23 se visualiza un fallo en uno de los últimos casilleros, por lo que se requiere intervenir.

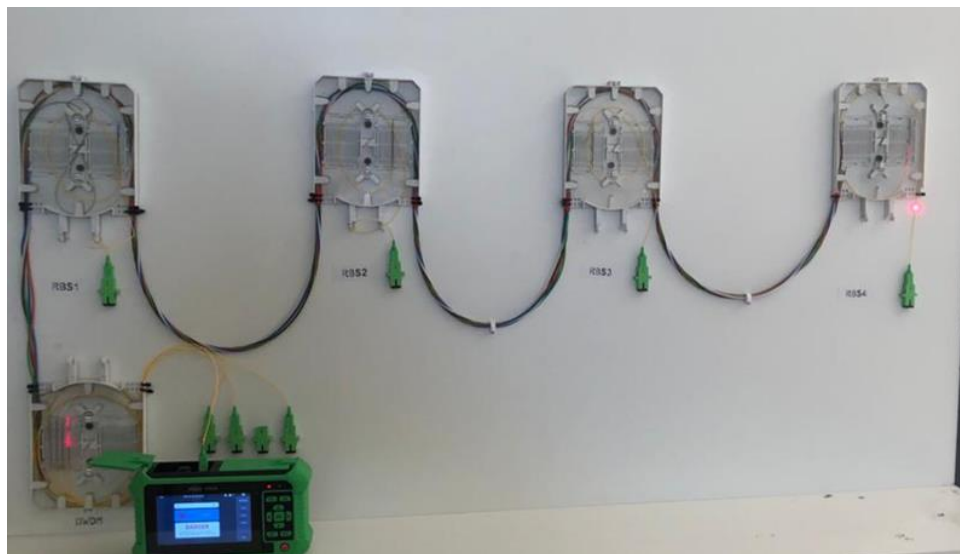


Figura 4.23. Análisis de estado del tablero Servicio Móvil

Se inicio transmitiendo luz laser en los enlaces del tablero (Su modo de acceso se explica en el anexo 1.3.2), mientras que para comprobar el nivel de pérdidas se usó el medidor PON, para conocer el modo de uso aplicar los pasos indicados en el anexo 1.2.1 disponible en este documento.

Datos que se encuentran fuera de los parámetros adecuados de un enlace, por lo que la mejor alternativa fue reemplazar los BUFFER ya instalados, PIGTAIL y conectores o acopladores. A continuación, en la tabla 4.23 se tiene descrita la cantidad y tipos de elementos pasivos que conforma el enlace óptico principal y secundario respectivamente.

Tabla 4.23. Presupuesto óptico inicial de enlace MOVIL Principal - Respaldo

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Principal	C. Enlace BACKUP	P. Enlace Principal	P. Enlace BACKUP
Conectores SC APC/UPC	0.5 dB	8	8	4.00	4.00
Empalme por fusión	0.1 dB	9	8	0.90	0.80
Longitud de Fibra	0.35 dB	0.06	0.055	0.021	0.019
Splitter 2:16 redundante	13.48 dB	1	1	13.48	13.48
TOTAL C_{PO} (dB)				18.40	18.29

Por lo tanto, la potencia final del enlace principal debería ser de $P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = 7.48 - 18.40 \rightarrow P_{FE} = -10.92$ dB aproximadamente, mientras que el enlace secundario tendría una potencia final de -10.81 dB. A continuación, en la tabla 4.24 se muestra el informe del censo realizado:

Tabla 4.24. Estado inicial de los enlaces MOVIL Principal - Respaldo

Guía Comparativa – E. Principal = -10.92 dB - E. Respaldo = -10.81 dB			
Optimo	Estable	Regular	Inaceptable
V. Practico > -10.95	$-10.95 \leq V. Practico \leq -12$	$-12 < V. Practico \leq -14$	V. Practico < -14
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Principal	OTDR = -14.25	OPM = -14.23	PON = -14.28
Enlace Respaldo	OTDR = -14.50	OPM = -14.48	PON = -14.53

APLICACIÓN DE CORRECCIONES TÉCNICAS

Para la corrección del módulo se empleó diversas técnicas, entre ellas la instalación de cable de fibra óptica tipo FLAT, el cual fue derivado en cada una de las caseteras de servicio por medio de la técnica de sangrado, además fueron empalmados mediante fusión y uso de demás elementos ópticos pasivos estandarizados.

Tomando en cuenta varias recomendaciones se rediseño la distribución de hilos, como nuevos empalmes donde se unifico el cable “ADSS 04 (24H) B1.H Lado B MOVIL” donde se usó los hilos azul, naranja, verde y café del BUFFER azul, para unificarlos mediante empalme por fusión con los hilos azul, naranja, verde y café del cable “ADSS FLAT 01 (6H) B1.H Lado A MOVIL” instalado en el tablero de red troncal móvil, de tal manera que la nueva distribución quedo de la siguiente manera, mostrada en la tabla 4.25.

Tabla 4.25. Pérdida por fusión en modulo Móvil parte 1.

ADSS 04 (24H) B1.H Lado B MOVIL	PIGTAIL SC UPC	ADSS FLAT 01 (6H) B1.H Lado A MOVIL	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	PIGT_MOVIL_A1 → A2	H1 - Azul	0.01 – 0.03
H2 - Naranja	PIGT_MOVIL_B1 → B2	H2 - Naranja	0.01 – 0.01
H3 - Verde	PIGT_MOVIL_C1 → C2	H3 - Verde	0.01 – 0.02
H4 - Café	PIGT_MOVIL_D1 → D2	H4 - Café	0.01 – 0.01

Siguiendo con las correcciones, en las cuatro caseteras que representan a cada una de las corporaciones móviles a las que se simulará dar servicio, se reemplazó sus puentes ópticos, por lo que cada uno de los valores de los empalmes se representan en la tabla 4.26.

Tabla 4.26. Pérdida por fusión en modulo Móvil parte 2.

Casetera	ADSS FLAT 01 (6H) B1.H Lado B MOVIL	PIGTAIL SC UPC	Pérdida en Decibelios
Case1	H1 - Azul	PIGT_MOVIL_A1	0.01
Case2	H2 - Naranja	PIGT_MOVIL_B1	0.01
Case3	H3 - Verde	PIGT_MOVIL_C1	0.01
Case4	H4 - Café	PIGT_MOVIL_D1	0.01

A continuación, en la tabla 4.27 se da a conocer la cantidad de elementos que conforman la red óptica pasiva y aunque no existen diferencias significativas, se tomara en cuenta por los nuevos cambios y elementos empleados en el módulo móvil.

Tabla 4.27. Presupuesto óptico mejorado - Enlace MOVIL Principal – Respaldo.

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Principal	C. Enlace BACKUP	P. Enlace Principal	P. Enlace BACKUP
Conectores SC APC/UPC	0.5 dB	5	5	2.50	2.50
Empalme por fusión	0.1 dB	9	8	0.90	0.80
Longitud de Fibra	0.35 dB	0.06	0.055	0.021	0.019
Splitter 2:16 redundante	13.48 dB	1	1	13.48	13.48
TOTAL C_{PO} (dB)				16.901	16.799

Técnicamente el resultado de la perdida debe ser el mismo a antes de corregir el tablero, es decir que por lo tanto, la potencia final del enlace principal debería ser de $P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = 7.48 - 16.90 \rightarrow P_{FE} = -9.42$ dB aproximadamente, mientras que el enlace secundario

tendría una potencia final de -9.31 dB. A continuación, en la tabla 4.28 se muestra los valores obtenidos durante el censo con equipamiento óptico en su sección POWER METER, junto con el estado indicador que tienen en los enlaces principales y secundarios tomando como referencia los valores teóricos y prácticos.

Tabla 4.28. Estado Final de los enlaces MOVIL Principal - Respaldo

Guía Comparativa – E. Principal = -9.42 dB - E. Respaldo = -9.31 dB			
Optimo	Estable	Regular	Inaceptable
V. Practico > -9.45	-9.45 ≤ V. Practico ≤ -11	-11 < V. Practico ≤ -13.5	V. Practico < -13.5
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Principal	OTDR = -7.96	OPM = -7.94	PON = -7.99
Enlace Respaldo	OTDR = -7.40	OPM = -7.38	PON = -7.43

A continuación, en la figura 4.24 se muestra el tablero con las nuevas conexiones empleadas, así como también se evidencia cada una de las correcciones pertinentes de los casos encontrados durante el análisis del módulo, por lo que al terminar esta sección es posible que el enlace óptico funcione de manera correcta.

Además de incluir etiquetas que mejoren la identificación de cables y puentes ópticos, así como la inclusión de un equipo óptico activo que permitirá comprobar el acceso a internet a través de la interfaz alámbrica que proporciona.

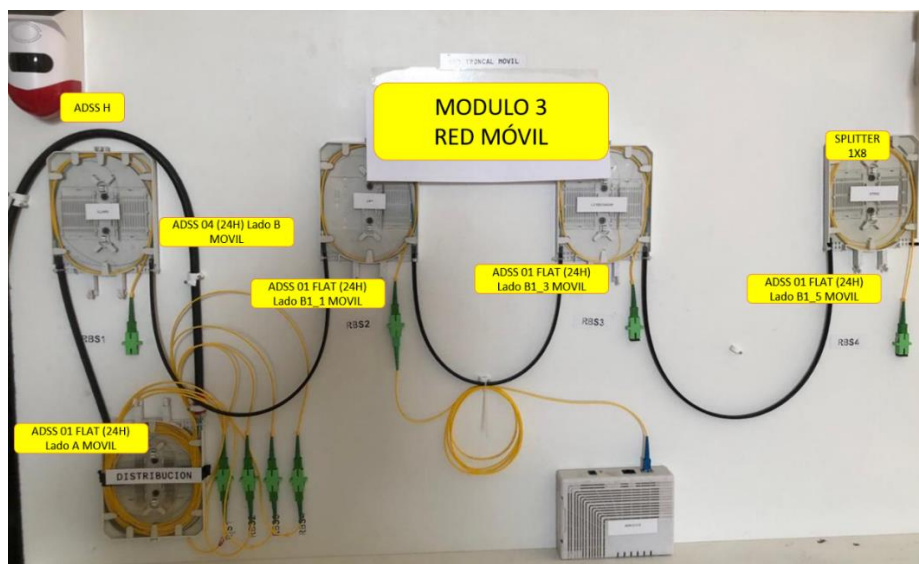


Figura 4.24. Modulo Móvil luego de las correcciones técnicas.

4.3.4. Modulo Masivo Urbanización y Edificio

La red de fibra óptica que se conecta con el módulo de servicio para urbanizaciones y edificio se caracteriza por disponer de un enlace principal. Cuenta con divisores ópticos de primer y segundo nivel, distribuidos en el tablero principal.

ANÁLISIS

A diferencia de los demás módulos móviles, este tablero no tiene un enlace de respaldo SPLITTER redundantes, por lo que usando el mismo equipamiento como la OLT HIOSO, elementos pasivos (SPLITTER balanceados sin redundancia y puentes ópticos) se provee interconectar la estación central (Nodo) con el tablero. Inicialmente el tablero contaba con fallas en sus buffers, ya que visualmente se notaban maltratados, tal como se muestra en la figura 4.25.

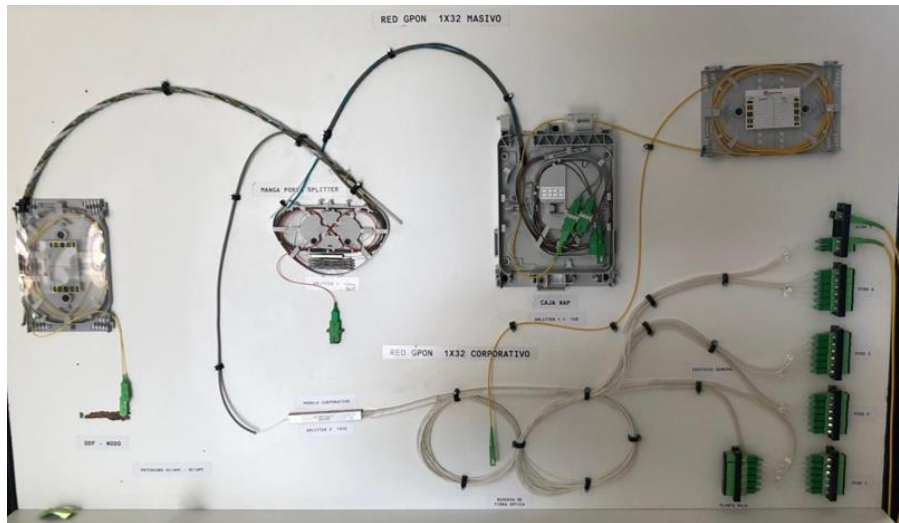


Figura 4.25. Análisis de estado del tablero Urbanización - Edificio

Se inicio transmitiendo luz en los enlaces del tablero, allí se determinó que los PATCH de la primera casetera se encontraban atenuados, ya que, al conectar la fuente de luz, esta no mostraba una buena intensidad, así mismo demás empalmes y buffer se encontraban deteriorados.

Al emplear demás equipamientos ópticos se obtuvo datos que se encuentran fuera de los parámetros adecuados de un enlace para brindar servicio de internet, por lo que la mejor alternativa fue reemplazar los BUFFER ya instalados y PIGTAIL. A continuación, en la tabla 4.29 se tiene descrita la cantidad y tipos de elementos pasivos que conforma el enlace óptico principal y secundario respectivamente.

Tabla 4.29. Presupuesto óptico inicial de enlace MASIVO.

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Urb.	C. Enlace Edificio	P. Enlace Urb.	P. Enlace Edificio
Conector SC APC/UPC	0.5 dB	6	6	3.00	3.00
Empalme por fusión	0.1 dB	8	6	0.80	0.60
Longitud de Fibra	0.35 dB	0.05	0.05	0.017	0.017
Splitter 1:4	7.00 dB	1	0	7.00	0.00
Splitter 1:8	10.00 dB	1	0	10.00	0.00
Splitter 1:32	12.50 dB	0	1	0.00	16.9
TOTAL C_{PO} (dB)				20.81	20.51

Por lo tanto, la potencia final del enlace para el escenario de urbanización debería ser de $P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = 7.48 - 20.81 \rightarrow P_{FE} = -13.33$ dB aproximadamente, mientras que el enlace de fibra para la sección de edificio sería de -13.03 dB.

Con el presupuesto de pérdida óptica para los escenarios de urbanización y edificio masivos, se realiza la tabla 4.30, la cual indica el estado (Inaceptable, dada la comparación con los valores obtenidos teóricamente) de los enlaces en base a los datos adquiridos por equipamiento óptico.

Tabla 4.30. Estado inicial de los enlaces MASIVOS.

Guía Comparativa – E. Principal = -13.33 dB - E. Respaldo = -13.03 dB			
Óptimo V. Practico > -12.35	Estable -12.35 ≤ V. Practico ≤ -14	Regular -14 < V. Practico ≤ -16	Inaceptable V. Practico < -16
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Urb.	OTDR = -16.15	OPM = -16.13	PON = -16.18
Enlace Edif.	OTDR = -16.40	OPM = -16.38	PON = -16.43

APLICACIÓN DE CORRECCIONES TÉCNICAS

Para la corrección del módulo se optó por reemplazar los buffers de fibra, considerando que tal como lo indica la tabla 4.30 el estado operativo no es el adecuado. El nuevo enlace, parte con la aplicación de nuevos empalmes usando al cable principal “ADSS 01 (24H) Lado B E. MASIVO), “ADSS 01 (6H) Lado A” y “ADSS 02 (6H) Lado A” cada hilo usado se empalmo con PIGTAILS nuevos, principalmente se usó los hilos verde y café.

Tabla 4.31. Pérdida por fusión en modulo MASIVO Parte 1.

ADSS 01 (24H) B1.H Lado B MASIVO	ADSS 01 (6H) B1.H Lado A MASIVO	SPLITTER 1X4	PIGTAIL SC APC	Pérdida en Decibelios
H3 - Verde	-----	-----	PIGT_MASIV_A1	0.02
H4 - Café	-----	-----	PIGT_MASIV_B1	0.02
-----	-----	IN Hilo Blanco	PIGT_MASIV_A2	0.02
-----	H4 - Café	-----	PIGT_MASIV_B2	0.02

Siguiendo con las correcciones pertinentes, en la tabla 4.32, se aplicó nuevos empalmes unificando el buffer azul del cable “ADSS 01 (6H) Lado B MASIVO” de forma que el hilo café se una con la entrada del SPLITTER 1:16, el cual está destinado para ser usado en el enlace que simula un escenario de edificio.

Tabla 4.32. Pérdida por fusión en modulo MASIVO Parte 2.

ADSS 01 (6H) B1.H Lado B MASIVO	SPLITTER 1x16	Pérdida en Decibelios
H1 - Café	IN Hilo Blanco	0.01

Finalmente, tenemos el cable “ADSS 02 (6H) Lado A MASIVO” este se une en la primera casetera con el SPLITTER 1x4, exactamente con la salida número uno de color azul, continuando así con el enlace para el área de urbanización, allí se conecta a un SPLITTER, completando así los dos niveles que indica la normativa de diseño de redes según CNT.

Tabla 4.33. Pérdida por fusión en modulo MASIVO Parte 3.

ADSS 02 (6H) B1.H Lado A MASIVO	ADSS 02 (6H) B1.H Lado B MASIVO	SPLITTER 1X4	SPLITTER 1x8	Pérdida en Decibelios
H1 - Azul	-----	OUT1 Hilo Azul	-----	0.02
-----	H1 - Azul	-----	IN Hilo Blanco	0.02

A continuación, en la tabla 4.34 se da a conocer los nuevos elementos que conformaran el enlace y la cantidad de componentes ópticos dentro del módulo de servicio en urbanización y edificio.

Tabla 4.34. Presupuesto óptico mejorado de enlace MASIVO.

Elementos de la red de Fibra Óptica	Pérdida Típica	C. Enlace Urb.	C. Enlace Edificio	P. Enlace Urb.	P. Enlace Edificio
Conectores SC APC/UPC	0.5	4	4	2.0	2.0
Empalme por fusión	0.1	7	5	0.7	0.5
Longitud de Fibra	0.35	0.05	0.05	0.017	0.017
SPLITTER 1:4	7.00	1	0	7.00	0.00
SPLITTER 1:8	10.00	1	0	10.00	0.00
SPLITTER 1:32	16.90	0	1	0.00	16.90
TOTAL C_{PO} (dB)				19.717	19.417

Por lo tanto, la potencia del enlace urbanización deberá ser de $P_{FE} = P_{OLT} - C_{PO} \rightarrow P_{FE} = -12.23$ dB aproximadamente, mientras que el enlace para edificio será de -11.93 dB.

Tabla 4.35. Estado Final de los enlaces MASIVOS.

Guía Comparativa – E. Urbanización = -12.23 dB - E. Edificio = -11.93 dB			
Optimo V. Practico > -12.25	Estable $-12.25 \leq V. Practico \leq -14$	Regular $-14 < V. Practico \leq -16$	Inaceptable V. Practico < -16
Valores Prácticos del Enlace			
Enlace Urb.	OTDR = -11.16	OPM = -11.14	PON = -11.19
Enlace Edif.	OTDR = -9.66	OPM = -9.64	PON = -9.69

En la figura 4.26 se muestra al tablero con las correcciones pertinentes, además de incluir una ONT que proporcionara acceso a internet a través de su interfaz alámbricas e inalámbricas.

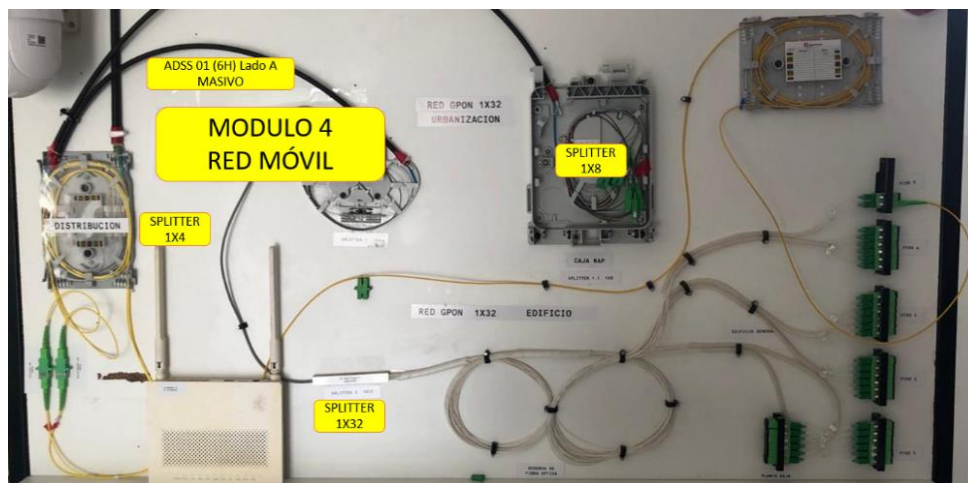


Figura 4.26. Modulo Urbanización – Edificio luego de las correcciones técnicas.

4.4. Resultados

4.4.1. Acceso a internet en módulos didácticos

En esta sección se evidencia el acceso a internet en cada uno de los módulos didácticos en los que se trabajó durante el desarrollo de la propuesta dentro del laboratorio de telecomunicaciones de FACSISTEL, así como el esquema de red de control de datos que interconecta a los equipos usados en el proyecto, tomando en cuenta las diferentes recomendaciones que brindan diferentes organizaciones del régimen de las telecomunicaciones.

Además de incorporar técnicas de control de ancho de banda a cada uno de los usuarios simulados que se plantearon durante el desarrollo de la propuesta.

ACCESO A INTERNET EN MODULO DWDM

A continuación, la figura 4.27 muestra el acceso a internet en el módulo troncal, donde se simula tener un usuario con un enlace dedicado principal y de respaldo en fibra óptica, contiene una dirección IPv4 192.10.15.2 atribuida al cliente con nombre “Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones”.

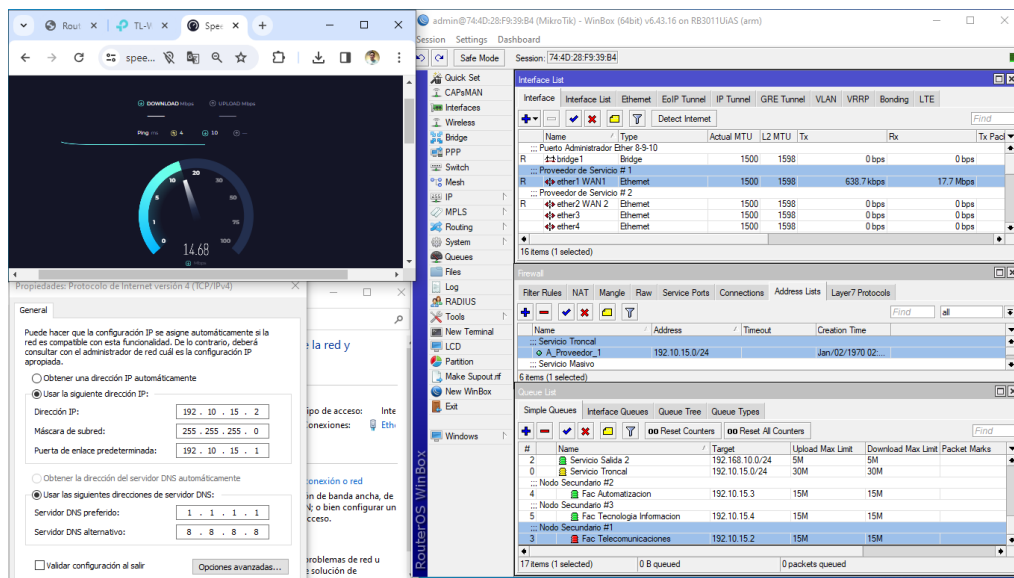


Figura 4.27. Acceso a internet desde el módulo DWDM.

En la parte superior izquierda de la figura 4.27 se logra observar que al realizar un test de velocidad desde el módulo da como resultado 14.68 Mbps, dicho valor es controlado por medio del equipo administrador RB-3011.

Al ser un enlace dedicado o enlace punto a punto este puede proporcionar sin mayor problema la transmisión de un mayor ancho de banda, ya que se empleó el uso de convertidores de medios Tp-link con puerto LAN en capacidad Gigabit, a continuación, en la parte izquierda de la figura 4.28 se observa el mayor ancho de banda emitido, tomando como referencia que es el máximo proporcionado por el área de TIC al laboratorio que es de 917.44 Mbps de descarga y 875.58 Mbps de carga.

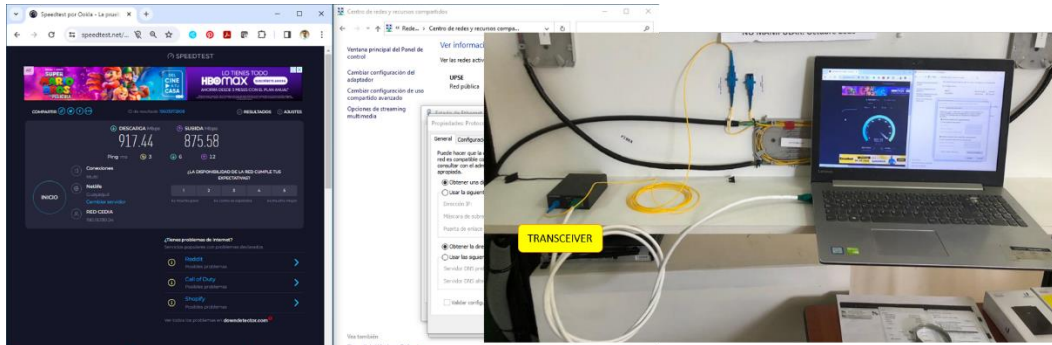


Figura 4.28. Acceso a internet en módulo DWDM – Máximo ancho de banda.

ACCESO A INTERNET EN MODULO MSAN

Para las pruebas de velocidad en el módulo de multiacceso se configuro los parámetros que llevaría un usuario corporativo de nombre “Parque Industrial Petro Ecuador” con Ipv4 192.30.15.2 el cual tiene asignado a modo de ejemplo 30 Mbps simétricos, a continuación, en la figura 4.29 se muestra la evidencia respectiva, además de enfatizar en la configuración de una IP estática al ordenador.

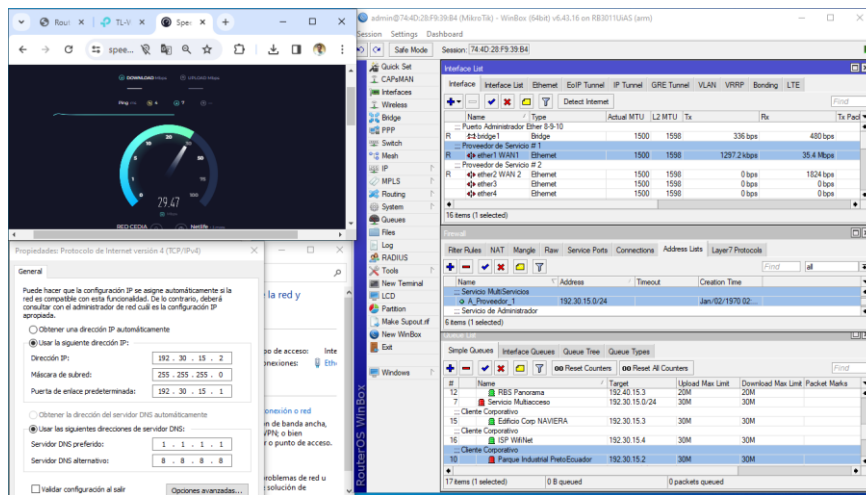


Figura 4.29. Acceso a internet desde el módulo MSAN – Petro Ecuador

El sistema admite la posibilidad de tener control de ancho de banda desde la ONT, en la figura 4.30 se muestra que la dirección IP de control del cliente está ingresada directamente en la ONT, por lo que al realizar el test de velocidad da un valor de 29.31 Mbps y 29.20 Mbps de descarga y carga respectivamente.

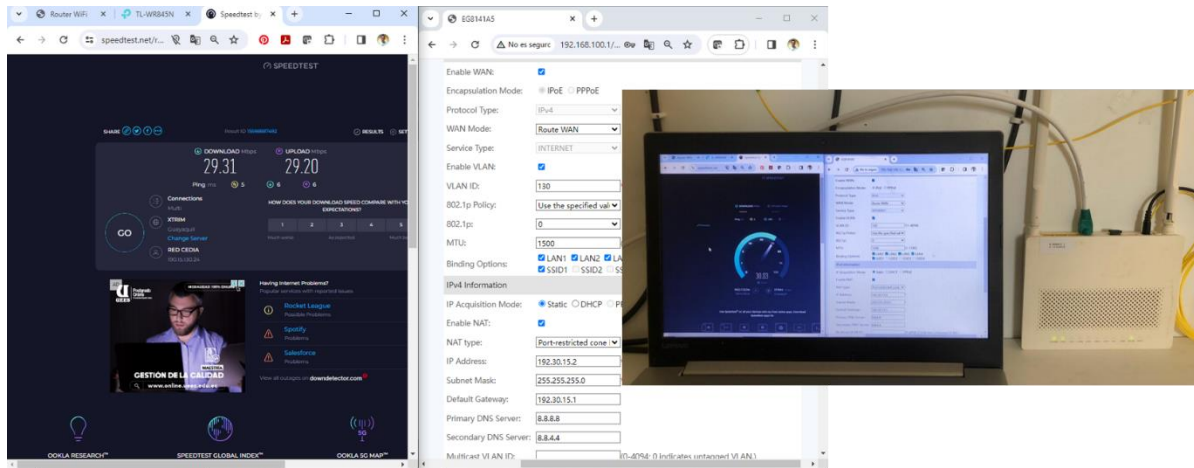


Figura 4.30. Acceso a internet desde el módulo MSAN – Petro Ecuador - ONT

ACCESO A INTERNET EN MÓDULO MÓVIL

En el módulo móvil se dispone de cuatro estaciones de servicio con prioridad alta, en donde se agregó una ONT bridge HIOSO que tiene un sistema Plug and Play por lo que no se colocará ninguna configuración específica en el equipo, sino que todo se llevará a un equipo que el usuario desea tener en base a sus requerimientos, para este caso se ingresó los parámetros de control en el ordenador con tarjeta ethernet.

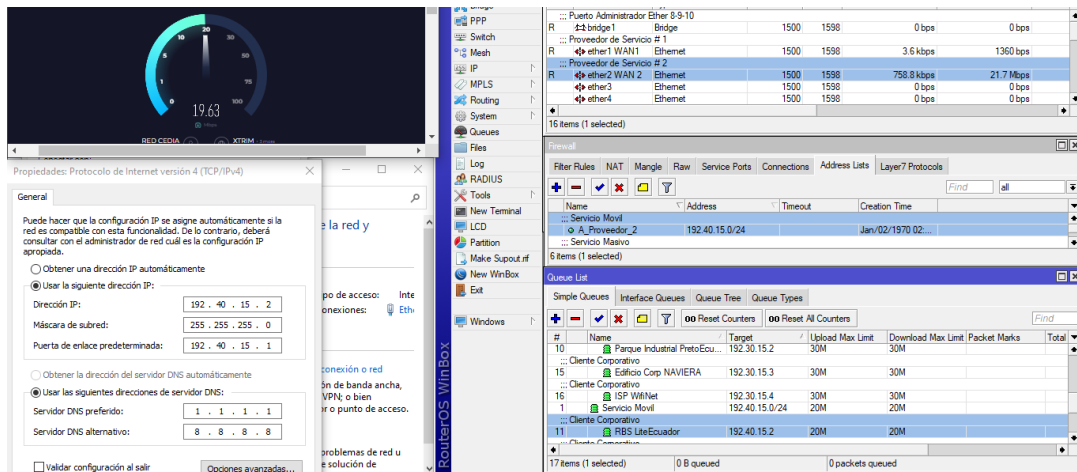


Figura 4.31. Acceso a internet desde el módulo Móvil – Lite Ecuador

Tal como se observa en la figura 4.31 se tiene el ejemplo de una estación móvil de servicio a la que se le denominó como cliente “Lite Ecuador” con una dirección IPV4 192.40.15.2, cuya dirección está configurada para tener un ancho de banda simétrico de 20 Mbps.

ACCESO A INTERNET EN MODULO URBANIZACIÓN – EDIFICIO 1:32

En tablero se encuentran ubicados los clientes de urbanización y edificio, por lo que con el segmento IPV4 192.20.15.xx se podrá controlar a todos los usuarios de ese tablero, en la primera prueba se usó la IP 192.20.15.2 que tiene un ancho de banda asignado de 10 Mbps simétricos.

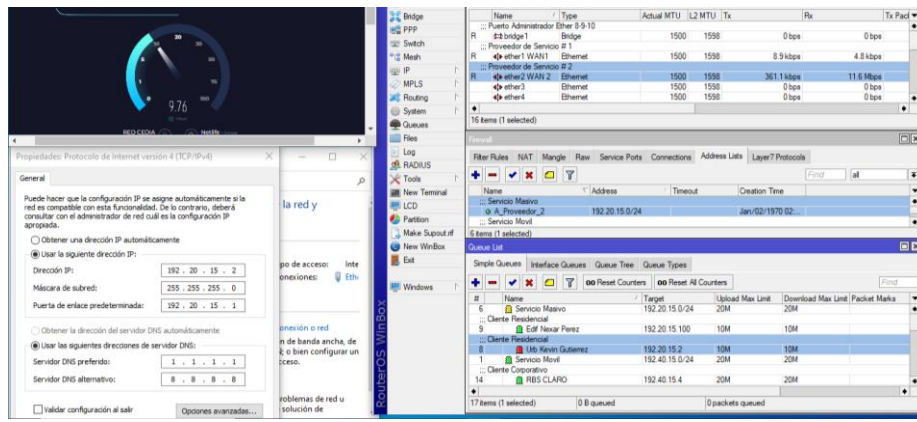


Figura 4.32. Acceso a internet desde el módulo Urbanización 1:32

De igual manera se tiene la opción de asignar una dirección IPV4 diferente en los parámetros de funcionamiento de una ONT, tal como se puede observar en la figura 4.33 se asignó una dirección que no está siendo controlada por el equipo administrador con el objetivo de verificar el mayor ancho de banda que puede transmitir a través de los puertos LAN del equipo instalado en el domicilio de los abonados del edificio.

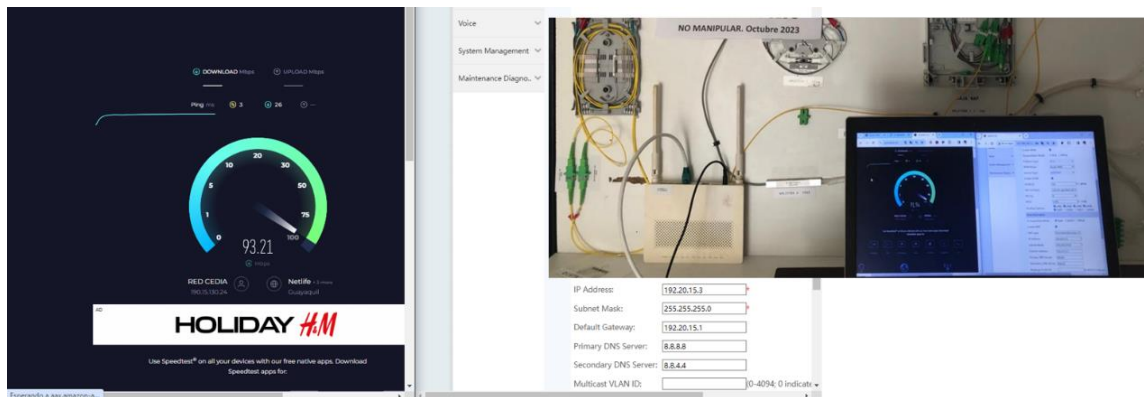


Figura 4.33. Acceso a internet desde el módulo Edificio 1:32

4.4.2. Levantamiento de enlaces ópticos de respaldo

En esta sección se evidenciará la activación y funcionamiento de los enlaces de respaldo o BACKUP que tiene el proyecto hacia los tableros de servicio DWDM, MSAN y MÓVIL, estos enlaces entrarán en función cuando existan casos en donde se llega a detectar que un enlace principal falle, o que se vea afectado por una mala manipulación de sus componentes y esta sufra de una avería como atenuación o corte de fibra, su función es brindar conexiones de redes que permitan garantizar disponibilidad y fiabilidad en la red para los usuarios.

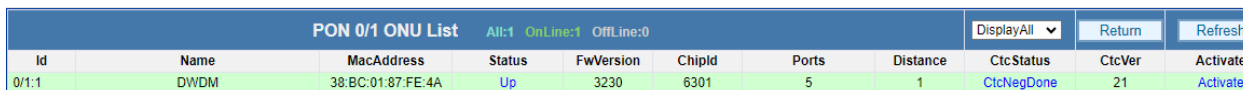
Para dar inicio a las simulaciones de atenuación o cortes de fibra se hará uso de los acopladores, la practica consiste en desconectar varios puentes ópticos que se encuentran en zonas denominada “puntos críticos”, permitiendo no tener afectaciones en la topología de la red de fibra óptica, gracias al uso de splitters redundantes.

Los enlaces de respaldo para todos los módulos de servicio parten desde el ODF de 48 puertos instalado en el rack de servicio cinco, luego se interconecta con la fibra de la red FEEDER y esta se divide en la manga instalada en el pozo número uno, el cable de fibra se encuentra instalado en la parte posterior del laboratorio de telecomunicaciones, y se vuelve a conectar en la manda de distribución que está ubicada en el pozo número cuatro.

LEVANTAMIENTO DE ENLACE DE RESPALDO - DWDM

Además de tener enlaces ópticos de respaldo, es importante tener herramientas de monitoreo y mantenimiento constante que permitan supervisar el estado de los enlaces y realizar mantenimiento preventivo en caso de ser necesario, para ello se usará la OLT principal como dispositivo de análisis, mediante su interfaz MANAGEMENT.

Como se observa en la figura 4.34 se puede visualizar que existe una comunicación activa desde el nodo central hacia los equipos instalados en el módulo DWDM, esto se puede evidenciar a través de la interfaz que presenta la OLT en su sección ONU MANAGEMENT, para esta prueba en el tablero se colocó una ONT con MAC: 38BC0187FE4A, la cual aparece en el puerto 0/1:1.



PON 0/1 ONU List										DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	ChipId	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate		
0/1:1	DWDM	38:BC:01:87:FE:4A	Up	3230	6301	5	1	CtcNegDone	21	Activate		

Figura 4.34. DWDM Puerto 1 – Enlace principal activo

Por otra parte, para iniciar la simulación de daño o corte en el enlace principal se desconectó el puente óptico que une al puerto uno de la OLT con el puerto uno del ODF, una vez realizado ese ajuste, se observa en la figura 4.35 que la OLT muestra la caída (DOWN) del enlace en su sección STATUS: DOWN, ya que no hay comunicación con la ONT.

PON 0/1 ONU List									All:1	OnLine:0	OffLine:1	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	Chipld	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate				
0/1:1	DWDM	38:BC:01:87:FE:4A	Down	3230	6301	5	1	MpcpDiscovery	21	Activate				

Figura 4.35. DWDM Puerto 1 – Enlace principal caído

Luego de realizar un cambio manual en el ODF, se evidencia que luego de activar el enlace de respaldo o Backup e intercambiar en el módulo el puerto de conexión, se evidencia un nuevo registro en el puerto dos de la OLT, tal como se aprecia en la figura 4.36.

PON 0/2 ONU List									All:1	OnLine:1	OffLine:0	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	Chipld	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate				
0/2:1	DWDM BACKUP	38:BC:01:87:FE:4A	Up	3230	6301	5	1	CtcNegDone	21	Activate				

Figura 4.36. DWDM Puerto 2 – Enlace Backup activo

Otra alternativa de búsqueda es en la opción SEACH ONU que se encuentra en el mismo menú de ONU MANAGEMENT, donde se ingresara los últimos datos de la dirección MAC del equipo con el que se está enlazando, en este caso es 4A e indica que ahora se encuentra en el puerto 0/2:1 con STATUS: UP, mientras que el puerto 0/1:1 está en DOWN.

Onu Search									
Onu Mac:	<input type="text" value="4A"/>	Example:78:5c:72:40:1F:30,input part of it, or all of it.	<input type="button" value="Search"/>						
Search Result: Found total 2 entries									
Id	Name	Mac Address	Online Status	Firmware Version	Chipld	Interface Number	Ctc Status	Ctc Version	
0/2:1	DWDM BACKUP	38:BC:01:87:FE:4A	Up	3230	6301	5	CtcNegDone	21	
0/1:1	DWDM	38:BC:01:87:FE:4A	Down	3230	6301	5	MpcpDiscovery	21	

Figura 4.37. Estado de enlace DWDM

LEVANTAMIENTO DE ENLACE DE RESPALDO - MSAN

En la figura 4.38 se demuestra que el enlace principal se encuentra funcionando correctamente, ya que en esta sección se indica que se encuentra conectado un equipo ONT con dirección MAC: 346AC2436D63, al que se le modifico el nombre con el registro MSAN el cual se encuentra actualmente operando a través del puerto 0/1:2 de la OLT.

PON 0/1 ONU List									All:2	OnLine:1	OffLine:1	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	ChipId	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate				
0/1:1	DWDM	38:BC:01:87:FE:4A	Down	3230	6301	5	1	MppcDiscovery	21	Activate				
0/1:2	MSAN	34:6A:C2:43:6D:63	Up	3230	6301	5	1	CtcNegDone	21	Activate				

Figura 4.38. MSAN Puerto 3 – Enlace principal activo

Luego de realizar la simulación física de un desacoplamiento en el enlace principal que parte desde el ODF, en la figura 4.39 se muestra que la OLT ha perdido conexión con la ONT registrada anteriormente con MAC 6D:63, ya que el estatus de dicho enlace se encuentra en modo DOWN.

PON 0/1 ONU List									All:2	OnLine:0	OffLine:2	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	ChipId	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate				
0/1:1	DWDM	38:BC:01:87:FE:4A	Down	3230	6301	5	1	MppcDiscovery	21	Activate				
0/1:2	MSAN	34:6A:C2:43:6D:63	Down	3230	6301	5	1	MppcDiscovery	21	Activate				

Figura 4.39. MSAN Puerto 3 – Enlace principal caído

Luego de realizar los cambios correspondientes en el ODF, se puede observar en la figura 4.40 que el equipo con MAC: 346AC2436D63 ahora se encuentra conectado y funcionando en el puerto 0/2:2.

PON 0/2 ONU List									All:2	OnLine:1	OffLine:1	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	ChipId	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate				
0/2:1	DWDM BACKUP	38:BC:01:87:FE:4A	Down	3230	6301	5	1	MppcDiscovery	21	Activate				
0/2:2	MSAN BACKUP	34:6A:C2:43:6D:63	Up	3230	6301	5	1	CtcNegDone	21	Activate				

Figura 4.40. MSAN Puerto 4 – Enlace Backup activo

En la figura 4.41 se muestra un resumen indicando el historial de los puertos en los que se registró el equipo con dirección MAC terminado en los dígitos :6D63 en la OLT, de tal modo que ayuda a tener un control o monitoreo para encontrar posibles fallas y poder intervenir en el menor tiempo posible para evitar el desabastecimiento de servicio de internet a usuarios que se encuentra en el enlace de red de multiservicio.

Onu Search										
Onu Mac:	<input type="text" value="63"/>	Example:78:5c:72:40:1F:30,input part of it, or all of it.							<input type="button" value="Search"/>	
Search Result: Found total 2 entries										
Id	Name	Mac Address	Online Status	Firmware Version	ChipId	Interface Number	Ctc Status	Ctc Version		
0/2:2	MSAN BACKUP	34:6A:C2:43:6D:63	Up	3230	6301	5	CtcNegDone	21		
0/1:2	MSAN	34:6A:C2:43:6D:63	Down	3230	6301	5	MppcDiscovery	21		

Figura 4.41. Estado de Enlace MSAN

LEVANTAMIENTO DE ENLACE DE RESPALDO – MÓVIL

Finalmente, el ultimo módulo didáctico que cuenta con un enlace de respaldo es el servicio móvil, tal como se observa en la figura 4.42, el enlace principal se encuentra operando con normalidad, además indica que se encuentra conectado un equipo ONT con MAC: 785C720DE120, al que se le modifico el nombre con el registro MOVIL el cual se encuentra registrado en el puerto 0/3:1.

PON 0/3 ONU List										All:1	OnLine:1	OffLine:0	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	Chipld	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate					
0/3:1	MOVIL	78:5C:72:0D:E1:20	Up	c242	3715	2	1	CtcNegDone	21	Activate					

Figura 4.42. MOVIL Puerto 3 – Enlace principal activo

Luego de realizar la simulación física de un corte a través de un desacoplamiento en el ODF alterando de tal forma al enlace principal, en la figura 4.43 se muestra que el este ha fallado esto indicado mediante el estatus en modo DOWN.

PON 0/3 ONU List										All:1	OnLine:0	OffLine:1	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	Chipld	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate					
0/3:1	MOVIL	78:5C:72:0D:E1:20	Down	c242	3715	2	1	MpcpDiscovery	21	Activate					

Figura 4.43. MOVIL Puerto 3 – Enlace principal caído

Al realizar los cambios correspondientes de acoplamiento en otro puerto del ODF, se puede observar en la figura 4.44 que el equipo con MAC: 785C720DE120 ahora se encuentra conectado y funcionando en el puerto 0/4:1.

PON 0/4 ONU List										All:1	OnLine:1	OffLine:0	DisplayAll	Return	Refresh
Id	Name	MacAddress	Status	FwVersion	Chipld	Ports	Distance	CtcStatus	CtcVer	Activate					
0/4:1	MOVIL BACKUP	78:5C:72:0D:E1:20	Up	c242	3715	2	1	CtcNegDone	21	Activate					

Figura 4.44. MOVIL Puerto 4 – Enlace Backup activo

En la figura 4.45 se muestra el resumen de los puertos en los que se registró el equipo con dirección MAC terminado en los dígitos: 20.

Onu Search									
Onu Mac:		<input type="text" value="20"/>	Example:78:5c:72:40:1f:30,input part of it, or all of it.			Search			
Search Result: Found total 2 entries									
Id	Name	Mac Address	Online Status	Firmware Version	Chipld	Interface Number	Ctc Status	Ctc Version	
0/4:1	MOVIL BACKUP	78:5C:72:0D:E1:20	Up	c242	3715	2	CtcNegDone	21	
0/3:1	MOVIL	78:5C:72:0D:E1:20	Down	c242	3715	2	MpcpDiscovery	21	

Figura 4.45. Estado de Enlace MOVIL

CONCLUSIONES

- El análisis realizado en los módulos con reflectometría óptica en el dominio de tiempo en la longitud de onda 1550 nm, mediante el equipo OTDR, mostró en pantalla los diferentes eventos ópticos con perturbaciones y falencias que tenían los enlaces ópticos.
- Al realizar correcciones las técnicas y normativas típicas en los módulos tomando como base las recomendaciones indicadas por los estándares TIA, ANSI, ITU nos permite tener enlaces adecuados para la transmisión de datos y brindar acceso a internet.
- De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos, se puede evidenciar que los enlaces ópticos se encuentran por debajo de los valores referenciados y las normas de diseño y construcción de redes según CNT, lo que garantiza la afectividad de los de elementos aplicados en la red GPON, así como de los empalmes respectivos.
- Se ha podido comprobar que los divisores ópticos redundante cumplieron con su principal función, es decir que el acceso al servicio de internet no se ve ininterrumpido, aún cuando los enlaces principales de los módulos DWDM, Multiservicio y móvil están caídos, ya que se encuentran conectados a enlaces de respaldos.
- Se logró desarrollar manuales didácticos que contienen la información técnica del manejo adecuado de equipos de medición y de pruebas de reflectometría óptica y sus diferentes interfaces, así como el proceso de configuración de diversos equipos de control principal y secundarios para la transmisión de internet.
- Finalmente se comprobó el acceso a internet en los cuatro módulos didácticos GPON del laboratorio de telecomunicaciones usando como equipo terminal ONU Wifi y Bridge con puertos LAN en capacidad Ethernet y convertidores de medios con puertos LAN en capacidad Gigabit.

RECOMENDACIONES

- Debido a que el instrumento de medición usa reflectometría en el dominio del tiempo en la longitud de onda de 1550nm, es recomendable usar equipo únicamente con OLT que tengan módulos monomodo SFP SC-UPC que trabajen en longitudes de onda diferentes a 1550nm, ya que de lo contrario se generara un daño irreversible en la OLT o en el OTDR.
- Para activar el levantamiento automático de los enlaces de respaldo en los módulos de red DWDM, multiservicio y acceso móvil se recomienda trabajar con una OLT VSOL GPON, y configurar el modo “Protection Switch Group” el cual permite programar a un puerto en modo trabajo y otro en standby.
- Para obtener buenos resultados en las mediciones realizadas por diversos equipos medidores ópticos se recomienda realizar una limpieza constante de los puertos SC APC/UPC que disponen estos equipos, además de periódicamente calibrar los equipos en base a los datos proporcionado por el fabricante del equipo activo de fibra óptica.
- Los terminales o receptores como ONT usadas para las pruebas de acceso a internet deben ser compatible con la OLT, verificar que el puerto del equipo sea SC-APC o UPC de acuerdo al tipo de tablero usado para las prácticas.
- Realizar un mantenimiento preventivo y correctivo en caso de ser necesario a los PIGTAIL y PATCHCORD que se encuentran en los módulos, para ello es indispensable usar el visualizador de fallas integrado en los equipos medidores ópticos.
- Para futuras modificaciones en la red feeder, distribución y de dispersión del presente trabajo de titulación se recomienda realizar un estudio y analizar el esquema de la distribución de hilos de fibra óptica que se encuentra disponible en el capítulo 4 sección 4.2.1 del proyecto.

ANEXOS

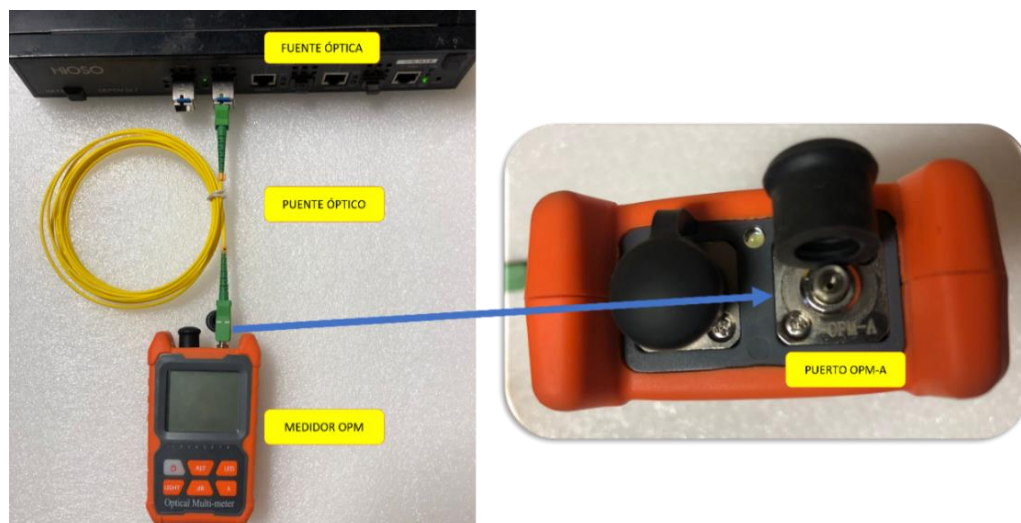
1. INSTRUCTIVO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y PRUEBAS ÓPTICAS

1.1 INSTRUCTIVO - OPM

El instrumento de medición OPM usado en la investigación es de la marca YEDEMC tiene la capacidad de medir la potencia entre un rango de +27 a -50 dBm, en 8 longitudes estándares 850/980/1300/1310/1490/1550/1625/1650 nm, además de incorporar una fuente de luz de 2 mW.

1.1.1. MODO DE CONEXIÓN

Para poder obtener un valor de potencia de referencia se debe tener en consideración el uso de tres instrumentos: fuente óptica, medio de transmisión y medidor o TESTER; Se debe iniciar conectando uno de los extremos del puente óptico (PATCH CORD) a la fuente de potencia que proporciona la línea terminal óptica (OLT) en uno de sus módulos de salida, mientras que el otro extremo del puente óptico se conecta en la entrada OPM-A del medidor OPM que está ubicada en la parte superior izquierda.



1. Conexión entre puerto OPM y Fuente Óptica - OPM.

Al tener conectado todos los elementos tal como se muestra en la figura 1 automáticamente al encender el equipo se mostrarán datos preliminares en el display del medidor OPM, sin embargo, para obtener resultados adecuados se debe tomar en cuenta el tipo de longitud de onda con la que trabajan los módulos que tiene instalada la OLT, para ello se debe realizar unas modificaciones en el medidor, además de incluir una calibración del sensor.

1.1.2. CALIBRACIÓN

Es importante contar con los equipos adecuadamente calibrados, para ello se debe conocer la potencia que proporciona el fabricante de la fuente óptica (OLT), de tal modo que se obtenga resultados correctos, para acceder a esta opción se debe encender el equipo y conectar previamente el medidor OPM con el enlace óptico, esto por ejemplo a través de un puente óptico, tal como se observa en la parte izquierda de la figura 2.



2. Acceder al modo Calibración - OPM.

En la parte derecha de la figura 2 se muestra cómo acceder al modo de calibración, para ello presionar los botones LIGHT + LED durante tres segundos. Para identificar que el equipo se encuentra en el modo de calibración, mostrara en el display un identificador con la palabra “Cal”, tal como se ve en la parte izquierda de la figura 3, inmediatamente se puede ir variando los valores de referencia presionando los botones dB y λ para disminuir y aumentar los valores respectivamente.



3. Variar valores de Calibración - OPM.

1.1.3. FUNCIÓN - LONGITUD DE ONDA

Para obtener resultados sin márgenes altos de error se debe seleccionar el tipo de longitud de onda con la que trabaja la OLT, en este caso el módulo transmite datos en la longitud de onda 1310 nm, por ello pulsamos cuantas veces sea necesario el botón de ajuste λ , para seleccionar la longitud de onda adecuada, tal como se observa en la parte izquierda de la figura 4.



4. Selección de longitud de onda - OPM.

Una vez seleccionado el tipo de longitud de onda adecuada, tal como se observa en la parte derecha de la figura 4, en la pantalla del TESTER se mostrará la potencia detectada.

En este caso como se trata de una conexión directa entre la OLT y el medidor a través del puente óptico de dos metros, por lo que no se generan pérdidas adicionales por factor distancia, sino solamente por el puente con conectores SC APC, donde tenemos una pérdida estimada de 0.5 dBm.

1.1.4. FUNCIÓN - VALOR DE REFERENCIA

Este equipo permite capturar en un periodo de tiempo valores de referencia obtenidos en un censo, esta función se habilita al presionar el botón REF, tal como se ilustra en la parte izquierda de la figura 5, una vez que se realiza este paso, se puede descontar el puente óptico sin ningún

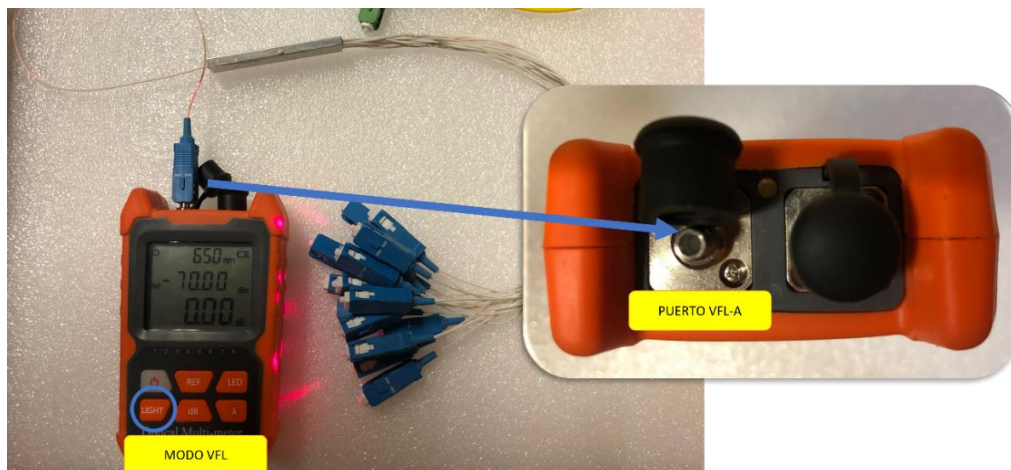
problema y en el display seguiría mostrándose el valor capturado de referencia, tal como se muestra en la parte derecha de la figura 5.



5. Valor de referencia - OPM.

1.1.5. FUNCION - VFL

Una función añadida es la posibilidad de emitir luz roja a través del puerto VFL, permitiendo tener una referencia lumínica de posibles fallos por la cantidad de luz que registra un empalme, *splitter*, etc. Para acceder a esta función se debe conectar el puente óptico en la parte superior izquierda del equipo y mantener pulsado el botón LIGHT durante 5 segundos, tal como se observa en la figura 6.



6. Acceder al modo VFL - OPM

Este equipo es ideal para ser empleado en áreas de planta interna y en la ubicación del usuario final, ya que permite medir potencias positivas y negativas identificadas con la simbología dBm, así como contiene la integración de varias funciones en un dispositivo compacto.

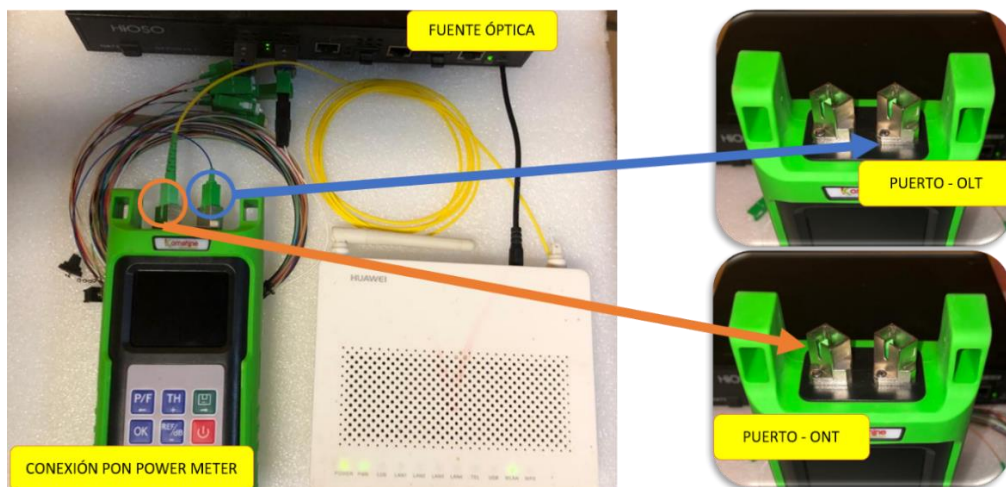
1.2. INSTRUCTIVO - PON

El instrumento de medición PON Power Meter KPN-35 de la marca Komshine se utiliza para medir y analizar las señales ópticas en una red PON. Ayuda a medir la potencia, detectar una atenuación y otras características de las señales ópticas que viajan a lo largo de la red, garantizando un rendimiento óptimo de la red en base al diagnóstico de fallas o degradación de la señal.

Este equipo se caracteriza medir la potencia en líneas vivas o activas que proporcionan equipos como la línea terminal óptica (OLT), terminal de red óptica (ONT/ONU), en sus diferentes longitudes de onda como: 1310, 1490 y 1550, esta última usualmente es ideal para la transmisión de video dentro de una red PON.

1.2.1. MODO DE CONEXIÓN

Para la práctica se debe tener en consideración el uso de varios elementos: fuente óptica (OLT), SPLITTER óptico 1x8, receptor (ONT), puente óptico (PATCHCORD) y medidor PON; Se debe iniciar conectando la entrada del SPLITTER a uno de los módulos SC que proporciona la (OLT), mientras que una de las salidas del divisor se conecta en el puerto que se encuentra del lado derecho del medidor PON, tal como se observa en la figura 1.



1. Conexión de los puertos OPM y Fuente Óptica - PON.

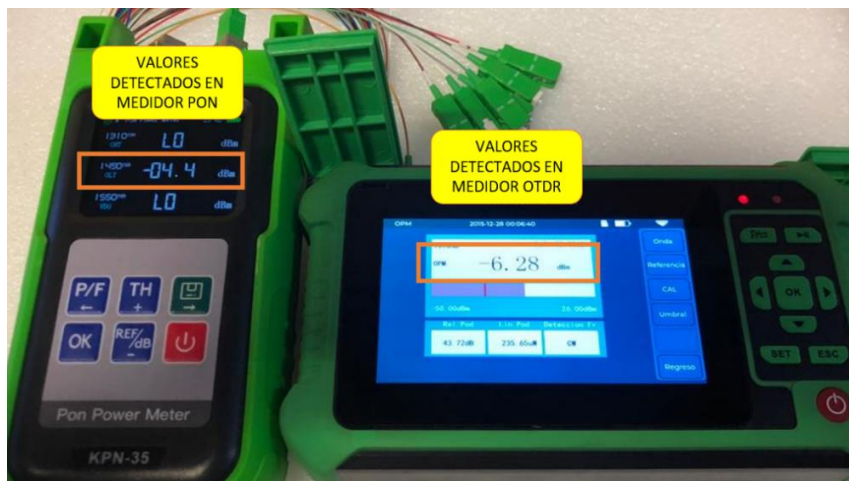
1.2.2. CONFIGURACIÓN

Se inicia encendiendo el equipo, mostrando inmediatamente la ventana de inicialización y una vez que ha finalizado dicho proceso mostrara una interfaz con los datos que ha detectado en las longitudes de ondas con las que es compatible el equipo, tal como se muestra en la parte derecha de la figura 2.



2. Inicialización de equipo - PON

Al ser un dispositivo PLUG AND PLAY y tener conectado todos los elementos tal como se muestra en la figura 3, se mostrarán los datos en la pantalla del medidor PON, sin embargo, verificar que el equipo se encuentra calibrado, para ello tomaremos como referencia al OTDR en su apartado de OPM (Dirigirse al instructivo OTDR sección 1.3.1, para conocer el modo de acceso).



3. Comparación de valores censados entre PON y OTDR.

1.2.3. CALIBRACIÓN

Tal como se observa en la figura 3 notamos una diferencia de potencia entre el medidor PON y el instrumento de medición OTDR. Para poder corregir los valores en el medidor PON se debe acceder al menú de calibración presionando durante más de 2 segundos el botón **OK**, instantáneamente se mostrará una ventana con valores programados en -10.0 dBm.

Para modificar en este caso el valor de la longitud de onda de 1490 nm presionaremos el botón **GUARDAR** hasta llegar a la sección que se necesita modificar, una vez se posiciona la interfaz en la longitud de onda 1490 nm con los botones **TH+** y **REF/dB-** modificaremos los valores en base a la referencia obtenida por el OTDR. Una vez que se tiene corregido presionaremos nuevamente en botón **OK** para guardar todos los cambios, seguidamente volverá a la interfaz principal mostrando los nuevos datos, tal como se observa en la parte derecha de la figura 4.



4. Calibración de medidor - PON

1.2.4. UMBRALES

El equipo dispone de perfiles de umbrales, que permite reconocer de forma intuitiva valores adecuados y cercanos al fallo en la red que se está analizando, dichos parámetros son programados como valores de referencia de umbrales dentro del medidor PON. Para ello se requiere presionar por al menos 2 segundos el botón **TH+**, una vez que se encuentra en el modo perfil de umbral podremos configurar cada uno de los parámetros que se requieren, ventajosamente este dispositivo

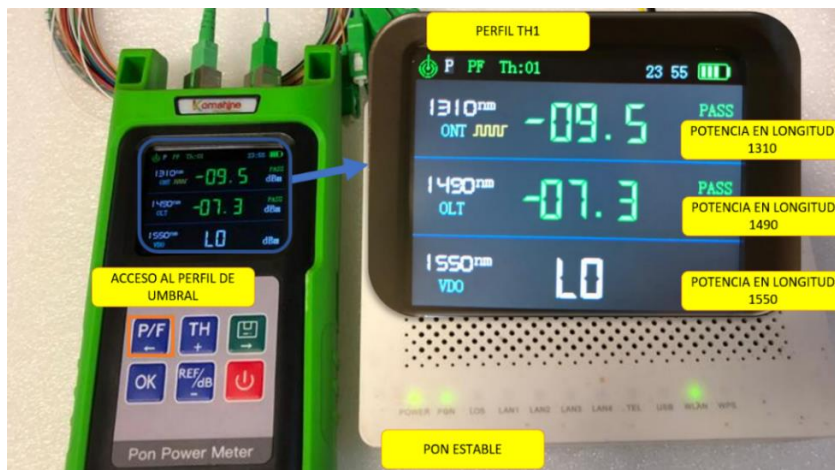
tiene la capacidad de albergar hasta 5 perfiles de umbrales por separado, sin embargo, para esta práctica se tomará como referencia el perfil 1 o también interpretado como TH1.

Una vez que aparece la interfaz de umbrales, seleccione el perfil a configurar presionando los botones P/F y GUARDAR a conveniencia propia según el perfil a configurar, tal como se observa en la figura 5.



5. Configuración de Umbrales - PON.

Al terminar con las configuraciones según los parámetros solicitados, se recomienda tener todos los equipos interconectados con el medidor PON, tal como se muestra en la figura 1. Al instante se mostrarán los datos capturados en la longitud de onda de 1310 y 1490 nm, para ver la referencia de umbrales configurados anteriormente se debe presionar el botón P/F (ilustración en la figura 6, parte superior).



6. Análisis de datos obtenidos según el umbral configurado - PON.

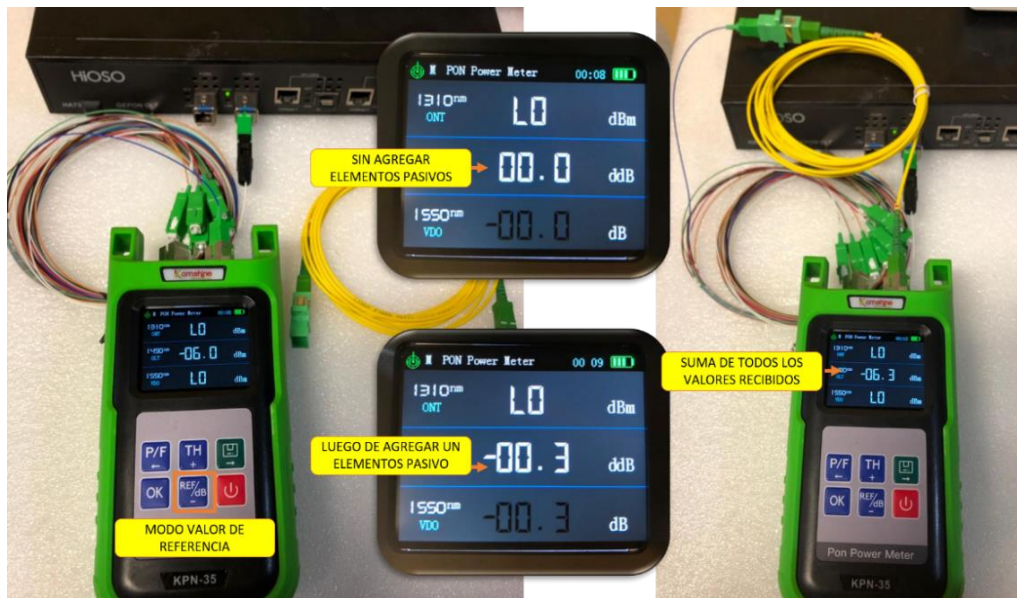
Para cambiar de perfil se presiona los botones TH+ y REF/dB-. Según los parámetros configurados en el apartado umbral, se puede tener diversos resultados en base a la potencia que se tiene en el enlace proveniente de la OLT, como se observa en la figura 7 se tiene varios eventos que ocurren acorde a la potencia detectada en la longitud de onda de 1490 nm.



7. Selección de perfiles de Umbral - PON

1.2.5. FUNCIÓN – VALOR REFERENCIAL

El dispositivo tiene la capacidad de mostrar el nivel de pérdida que se provoca cada vez que se conecta un nuevo elemento óptico pasivo al enlace, esto tomando en consideración un valor de referencia, dicho valor se debe capturar antes de que se conecte algún otro elemento pasivo, de tal manera que permita guardar un valor sin margen de error (Referencia ubicada en la parte izquierda de la figura 8).



8. Valores de referencia - PON.

Para acceder a esta función, el medidor PON debe estar conectada a la fuente óptica y una vez que se adquiere el valor, inmediatamente presionaremos el botón REF/dB, al realizar este proceso se puede conectar el nuevo elemento pasivo, mostrando así el valor de pérdida que se genera. Para salir del modo se debe presionar nuevamente el botón REF/dB y si el elemento pasivo no ha sido desconectado, se mostrará un nuevo valor, tal como se mostró en la parte derecha de figura 8.

1.2.6. FUNCIÓN – GUARDAR DATOS EN MEMORIA

El medidor PON dispone de una memoria interna que permite guardar valores censados en un enlace óptico, por lo que se convierte en una herramienta de ayuda para posteriormente realizar análisis de datos. Para guardar datos dentro del equipo se debe presionar el botón GUARDAR por al menos 2 segundos, mostrando luego un indicador en la parte superior con el número de registro asignado, luego presionar el botón OK para seguir realizando otra medición.

Para visualizar los valores guardados durante el registro, se debe presionar únicamente el botón guardar por 1 segundo, mostrando así el ultimo registro guardado. Si queremos observar los otros registros, debemos presionar las teclas P/F o Guardar para ir avanzando en cada uno de los registros que se tiene disponible, tal como se muestra en la parte central de la figura 9.



9. Guardar datos - PON.

Para eliminar todos los registros, se debe tener apagado el medidor PON, luego mantener presionado en botón guardar y luego pulsar el botón de encendido, tal como se muestra en la parte derecha de la figura 9, solo de esa manera se podrán borrar todos los registros.

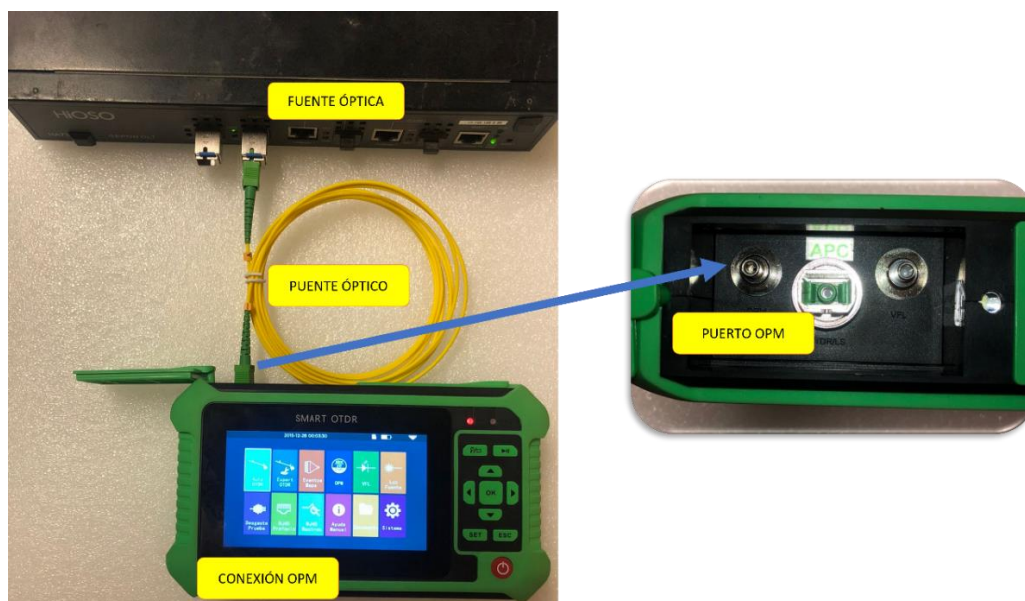
1.3. INSTRUCTIVO - OTDR

Equipo multifuncional de la marca COMPTCYCO que proporciona diferentes tipos de funciones en un solo dispositivo, dispone de un puerto que permite emitir luz VFL a través de su conector híbrido para conectores SC de 2.5mm, aumenta sus funciones al tener un puerto medidor de potencia OPM compatibles con los conectores SC y FC de 2.5mm. Este equipo se caracteriza por realizar trazas en líneas o enlaces activos aplicando reflectometría óptica en el dominio del tiempo, permitiendo verificar el estado de la red aun cuando esté conectada a la cabecera principal.

Dispone de un puerto con conector SC-APC, su modo de pruebas se realiza en la longitud de onda de 1550nm, permitiendo de este modo que se evalúe el estado de red en casos donde las longitudes de ondas usadas por la OLT son 1310 y 1490 nm, evitando que se tenga perdida de información en el instante que se realizan las pruebas o incluso daños de equipos.

1.3.1. CONEXIÓN Y ACCESO AL MODO OPM

Para obtener un valor en el dispositivo se requiere tener una fuente conectada con un medio de transmisión (fibra óptica) y que este llegue al puerto PON del equipo, es importante señalar que el dispositivo dispone de un conector SC-APC, por lo que se requiere conectar exclusivamente ese tipo de conectores, esto se puede verificar en la parte derecha de la figura 1, en caso de contar con otro tipo de conector, se recomienda usar un adaptador.



1. Conexiones para usar el modo OPM - OTDR

Para acceder al modo de medidor de potencia se puede realizar a través de su pantalla táctil o por medio de los botones direccionales que se encuentran al lado derecho del dispositivo, de tal manera que se debe llegar hasta la sección OPM (Parte izquierda de la figura 2), seguido aparecerá una nueva interfaz donde se realizarán ajustes en base al tipo de fuente óptica que se dispone.



2. Acceso al modo OPM - OTDR.

1.3.1.1. SELECTOR DE LONGITUD DE ONDA EN MODO OPM

Al no coincidir la longitud de onda, se requiere la intervención del botón “ONDA” en donde se deberá pulsar hasta llegar a una longitud de onda que coincida con el de la fuente que proporciona la OLT, tal como se puede apreciar en la parte izquierda de la figura 3. El equipo SMART OTDR en este caso dispone de la longitud 850, 1300, 980, 1270, 1577, 1310, 1550, 1490, 1625, 1650 nm.



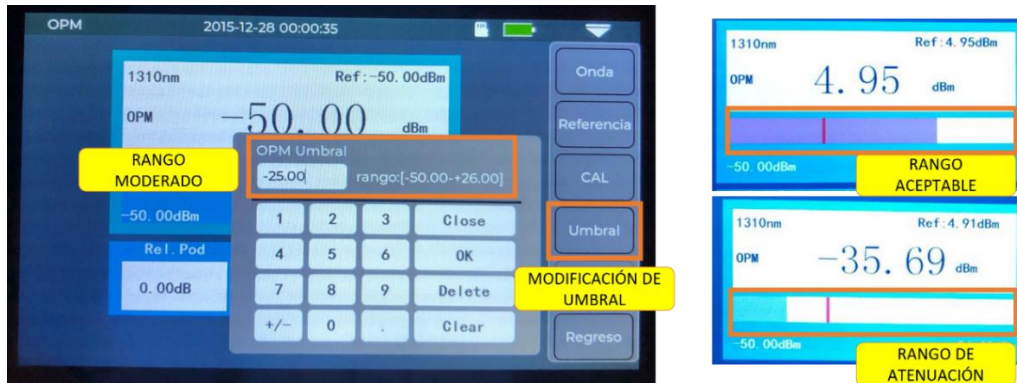
3. Selección de longitud de onda en modo OPM - OTDR.

1.3.1.2. CONFIGURACIÓN DE UMBRAL EN MODO OPM

De igual manera es recomendable configurar el nivel de umbral que deberá tener el equipo como referencia, esto con el objetivo de detectar cuando existan valores por delante del umbral

seleccionado, es decir el equipo mientras este censando la potencia recibida indique cuando este no se cumple.

Como recomendación general se indica que el valor debe ser -25.00, es decir que todos los valores mayores al registrado se los consideran como enlaces defectuosos o atenuados, esto siguiendo las recomendaciones de la corporación nacional de telecomunicaciones, en la parte derecha de la figura 4, se observa ejemplos de diversos rangos encontrados.



4. Configuración del único perfil de umbral en modo OPM - OTDR.

1.3.1.3. FUNCIÓN – CAPTURA DE VALORES OPM

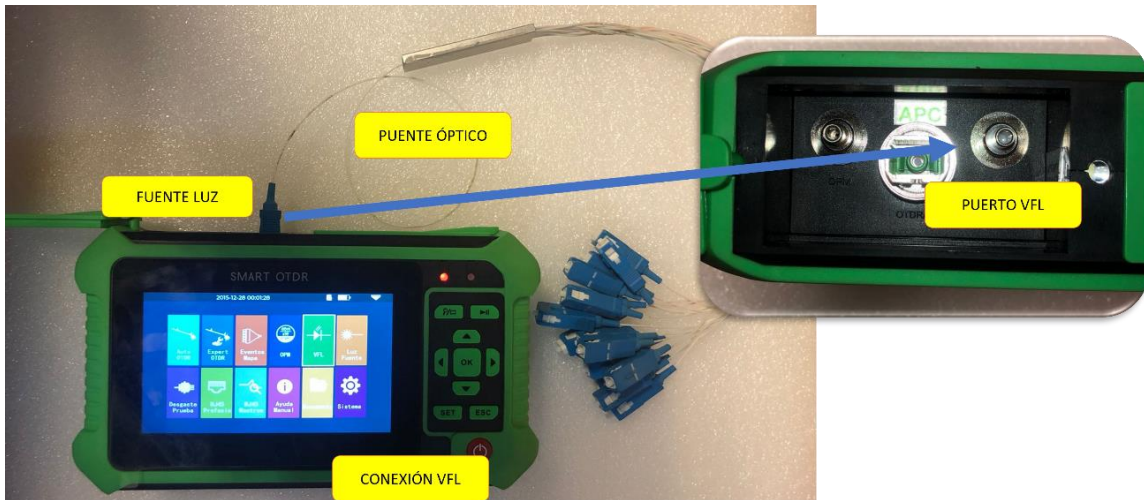
Para habilitar las funciones de captura de valores de potencia que están disponibles en la sección OPM, esta función se activa al presionar el botón REFERENCIA mediante los botones de control o por medio del uso de la pantalla táctil, una vez que se capturan los valores en la pantalla, se puede descontar el puente óptico y en la interfaz del equipo seguiría mostrándose el valor capturado de referencia, tal como se muestra en la figura 5.



5. Captura de valores en modo OPM - OTDR.

1.3.2. CONEXIÓN Y ACCESO AL MODO VFL

Esta es una función que permite emitir luz, por lo que mejora la visualización de daños en los cables de fibra óptica, para enviar un haz de luz se requiere hacer un puente desde el equipo SMART y el enlace de fibra óptica, es importante señalar que el dispositivo dispone de un puerto VFL a lado derecho de la sección OTDR con conectores compatibles SC-APC-UPC, por lo que se requiere conectar exclusivamente ese tipo de conectores, tal como se observa en la figura 6.



6. Conexión de modo VFL - OTDR.

Para acceder al generador de luz se puede realizar a través de su pantalla táctil o por medio de los botones direccionales que se encuentran al lado derecho del dispositivo, de tal manera que se debe llegar hasta la sección VFL, seguido aparecerá una nueva interfaz donde se realizarán ajustes en base al tipo de fuente de luz que se desea tener, para mayor entendimiento analizar la figura 7.



7. Acceso al modo VFL - OTDR.

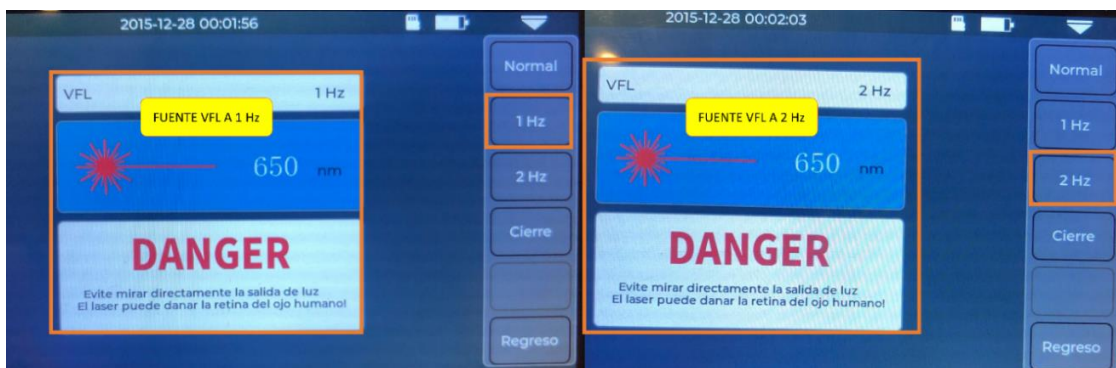
Al estar en la interfaz VFL del equipo y tener conectado el puente óptico o PATCH CORD solo es necesario presionar el botón NORMAL para activar la fuente del equipo, en la figura 7 se muestra el haz de luz que tiene como característica ser de color rojo intenso.



8. *Habilitación de luz óptica VFL - OTDR.*

1.3.2.1. FUNCION – FRECUENCIA DE LUZ

Una de las características que puede ayudar a la identificación de anomalías visuales es la modificación de la frecuencia en la que se emite la luz, entre ellas tenemos 1 y 2 Hz respectivamente, la diferencia visual se aprecia con la velocidad de intermitencia que tiene la luz, en la figura 9 se visualiza las frecuencias disponibles.



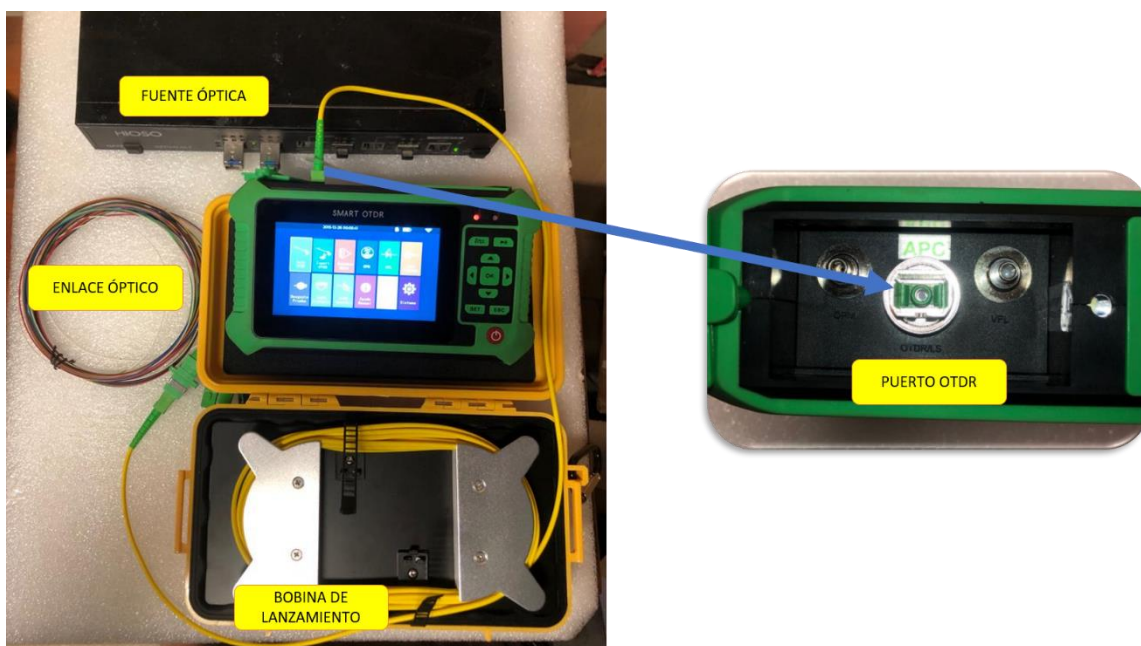
9. *Variación de frecuencia VFL - OTDR.*

Es importante señalar en este punto que se debe evitar en lo posible observar directamente el núcleo de la fuente de luz laser VFL que proporciona el equipo, ya que es muy propenso a causar daños a retina de la vista.

1.3.3. CONEXIÓN Y ACCESO AL MODO EXPERT OTDR

El modo Expert OTDR es una función que permite localizar eventos de reflectancia, presentando visualmente la distancia en donde se encuentren atenuaciones, cortes, etc. Existen OTDR que disponen de diferentes tipos de tipo y longitudes de onda, en este caso el equipo proporciona únicamente función en fibra monomodo y longitud de onda 1550 nm para líneas vivas o activas.

Para la realización de una prueba de reflectometría óptica, se requiere tener ciertos componentes y elementos, tales como: fuente óptica activa, enlace óptico que en este caso está dado por un SPLITTER 1x8, es primordial el uso de una bobina de lanzamiento, ya que se tiene que tomar en cuenta la zona muerta que no puede medir el OTDR. Otro dato importante a tomar en consideración es el uso de conectores SC-APC ya que el conector principal del OTDR es justamente APC, tal como se puede apreciar en la figura 10. Al seguir con el reglamento se garantiza tener un censo de datos con el mínimo margen de error posible.



10. Conexiones para el modo EXPERT - OTDR.

Al tener conectado todos los elementos al equipo, tal como se muestra en la figura 10, se puede dar inicio a la etapa de pruebas accediendo al menú principal del equipo y buscar el apartado de EXPERT OTDR ya sea a través de las teclas o pantalla táctil del dispositivo, en la figura 11 se muestra un pequeño resumen del modo de acceso.



11. Acceso al modo EXPERT - OTDR.

Al ingresar al apartado de Expert OTDR, inmediatamente se muestra la interfaz con las opciones disponibles para la configuración del tipo de evento que se plantea generar en las pruebas de reflectometría óptica. Para configurar el rango de prueba o distancia máxima, longitud de onda, ancho de pulso y tiempo de prueba se puede modificar desde la interfaz principal mediante los botones que se observan en la parte inferior de la figura 12.

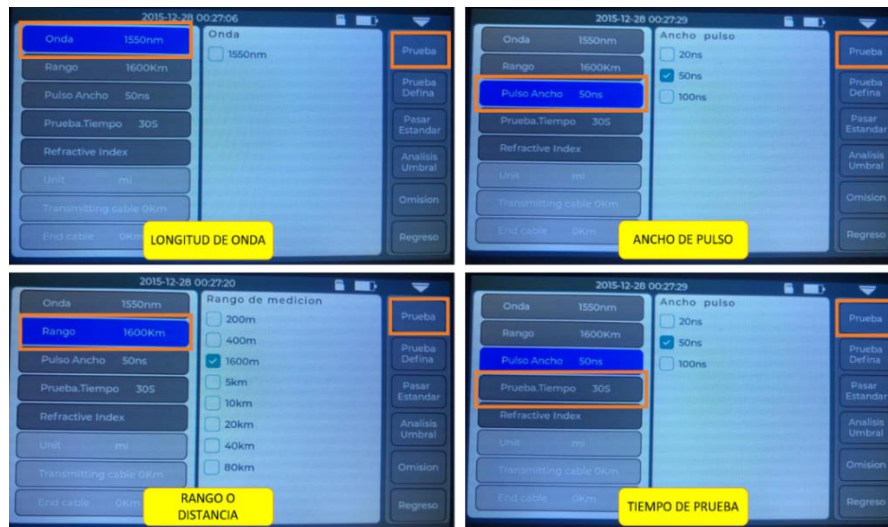


12. Acceso rápido a parámetros de traza - OTDR.

1.3.3.1. MODIFICACIÓN DE PARAMETROS

Estos parámetros se pueden modificar desde el botón DEFINA, al acceder a dicha interfaz se mostrarán las mismas opciones que están en la figura 12, sin embargo, lo recomendable es acceder al apartado avanzado, con el objetivo de tener una mayor opciones de cambio. En la figura

13 se muestra cada una de las ventanas disponibles con la información pertinente que corresponde a cada parámetro disponible en el OTDR.



13. Configuración avanzada de parámetros de una traza - OTDR.

1.3.3.2. PRUEBA REAL

Luego de realizar los ajustes de parámetros necesarios en base a los requerimientos que se tiene para realizar las pruebas y tener conectados los elementos necesarios en conjunto con el OTDR se puede dar inicio a las pruebas de reflectometría. Para dar inicio se tiene disponibles 3 tipos de pruebas en donde la primera se caracteriza por realizar un mapeo constante del enlace, es decir que si durante la prueba se llega a tener una variación del enlace se mostrará al instante, tal como se observa en la figura 14.



14. Resultados mostrados en pantalla de una traza - OTDR.

En este caso observamos que, al dar inicio en la prueba, el OTDR empieza a adquirir los datos, tomando en consideración la distancia que tiene el enlace de fibra óptica, pero que al detectar de que ocurrió un evento anormal en el enlace durante el escaneo de la red, empieza a presentar por pantalla el lugar en el que está ocurriendo el evento y el nivel de pérdida aproximado que está generando. Para detener el escaneo de la red, solamente se debe presionar el botón DETENER PRUEBA.

1.3.3.3. PRUEBA PROMEDIO

El equipo realizara únicamente una vez un escaneo de la red mediante reflectometría óptica, a diferencia de la prueba real. Al finalizar el escaneo, mostrara cada uno de los eventos detectados en el enlace. Para este caso muestra únicamente un evento que es el que provoca de tal manera que la red cumple no con todas las garantías para un óptimo funcionamiento, tal como se aprecia en la parte inferior de la figura 15.

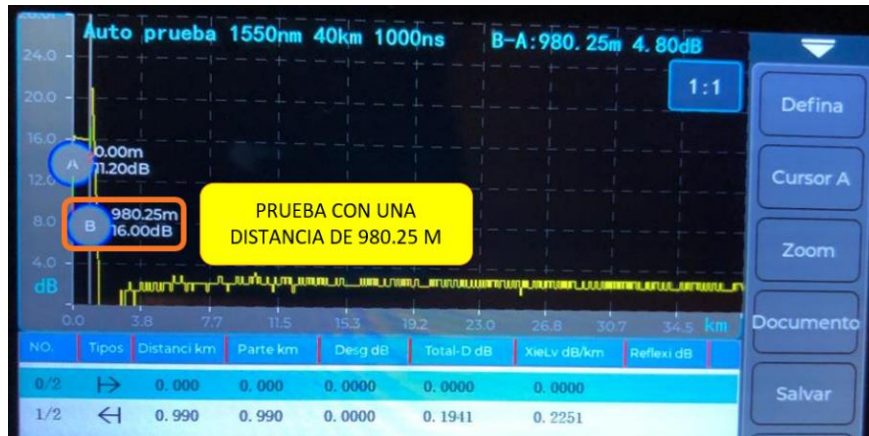


15. Prueba Promedio de traza - OTDR.

1.3.3.4. PRUEBA AUTOMATICA

Por otro lado, el ultimo método es llamado PRUEBA AUTOMATICA, por lo tanto, no es posible modificar los parámetros, sino que lo hace automáticamente en base al censo que realiza. Esta muestra datos con un índice de error un poco más alto, por lo tanto, la probabilidad de fracasar al encontrar un error de enlace óptico en un ambiente real es alta.

En la figura 16 se muestra un resumen de los datos que obtiene el equipo al realizar un censo automático en un enlace óptico.



16. Prueba Automática de traza - OTDR.

1.3.3.5. GUARDAR DATOS (SALVAR)

Para guardar los datos que creamos conveniente de una prueba, se debe presionar el botón SALVAR, luego agregar un nombre que ayude a identificar y diferenciar la prueba de otros censos realizados, tal como se observa en la figura 18.



17. Guardar datos de traza - OTDR.

1.3.4. REFLECTOMETRÍA EN CAMPO – AMBIENTE NO SIMULADO

Se realizó pruebas en campo para observar los eventos ópticos que perturban un enlace de fibra óptica sin el uso de bobina de lanzamiento y poner en práctica lo aprendido al realizar simulaciones en el laboratorio de telecomunicaciones sobre el manejo correcto del OTDR.

Con el software SORTRACER VIEWER en su versión portable, se puede importar los archivos (.SOR) que genera el OTDR al guardar una prueba de reflectometría, permitiendo tener un reporte incluyendo información relevante por parte del operador, detallando además los eventos obtenidos con mayor precisión. A continuación, en el fondo de la figura 18 se muestra un reporte generado por el software de gestión, mientras que en el frente se presenta el resumen generado por el OTDR.

OTDR Reporte

Parámetros

Cable: PsTel
 Rango: 5,136 km
 Longitud de Onda: 1550 nm (Mono modo)
 Fecha: 20/6/2024 9:21:46
 OTDR: COMPTCO S/N: 2023041320A
 Modulo: SC APC S/N: APC4YF1832
 Operador: Tec. Kevin Gutierrez
 Cliente: LBD IZY
 Contratista: LBD
 Comentario: Fallo Enlace TSalinas a T.StaRosa

Fibra: ADSS T.SALINAS 6H
 Ancho del Pulso: 500 ns
 Índice de refracción: 1,43602
 Archivo: otdr-2024 11.sor



Longitud de la Fibra: 21,419 km
 Atenuación: 0,152 dB/km

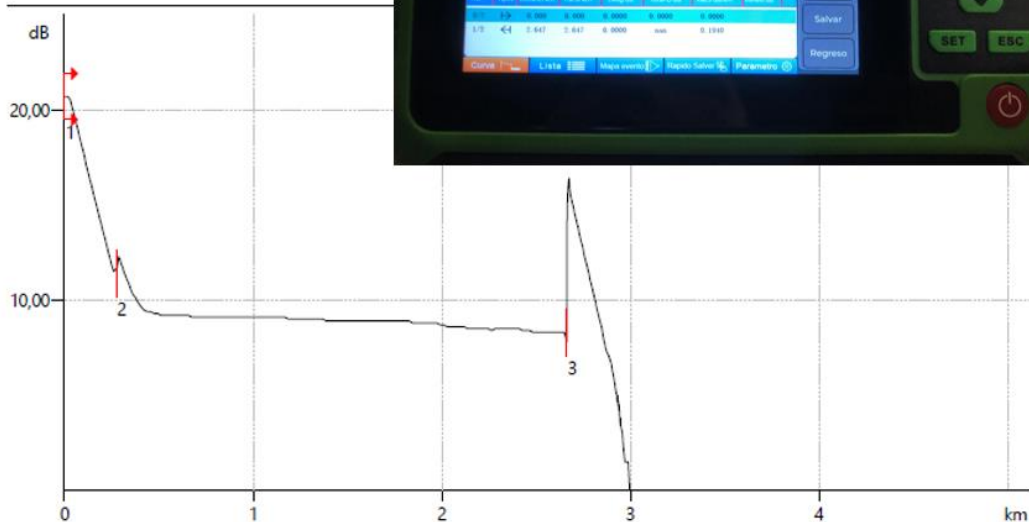


Tabla de evento

Nº	Tipo	Distancia, km	Pérdida, dB	Reflexión, dB	Atenuación, dB/km
1	Inicio	0,000	---	---	---
Comentario: Nodo T.Salinas - Inicio					
2	Pérdida	0,275	0,823	---	-26,520
Comentario: Manga Feeder T.Salinas					
3	Reflexión	2,663	8,231	43,084	0,571
Comentario: Fallo Enlace T.Salinas a T.StaRosa - Gestionar caso # 20062024001					
4	Fin	21,419	---	---	---
Comentario: Default Longitud					

Tec. Kevin Gutierrez

18. Reporte de perturbaciones - OTDR.

Luego de realizar y cumplir con las correcciones técnicas y normativas se realiza una nueva prueba de reflectometría, obteniendo el reporte mostrado en la figura 19, el cual muestra que la perturbación registrada anteriormente a 2.66 km con pérdidas superiores a 8 dB desapareció, logrando completar la distancia total de la red de distribución (4.41 km), permitiendo el acceso al servicio de internet en la zona afectada.

OTDR Reporte

Parámetros

Cable: PsTel
 Rango: 10,608 km
 Longitud de Onda: 1550 nm (Mono modo)
 Fecha: 20/6/2024 10:20:12
 OTDR: COMPTCYCO S/N: 2023041320A
 Modulo: SC APC S/N: APC4YF1832
 Operador: Tec. Kevin Gutierrez
 Cliente: LBD IZY
 Contratista: LBD
 Comentario: Reparación Enlace T.Salinas

Fibra: ADSS T.SALINAS 6H
 Ancho del Pulso: 500 ns
 Índice de refracción: 1,43602
 Archivo: otdr-2024 22.sor

Longitud de la Fibra: 21,419 km
 Atenuación: 0,118 dB/km

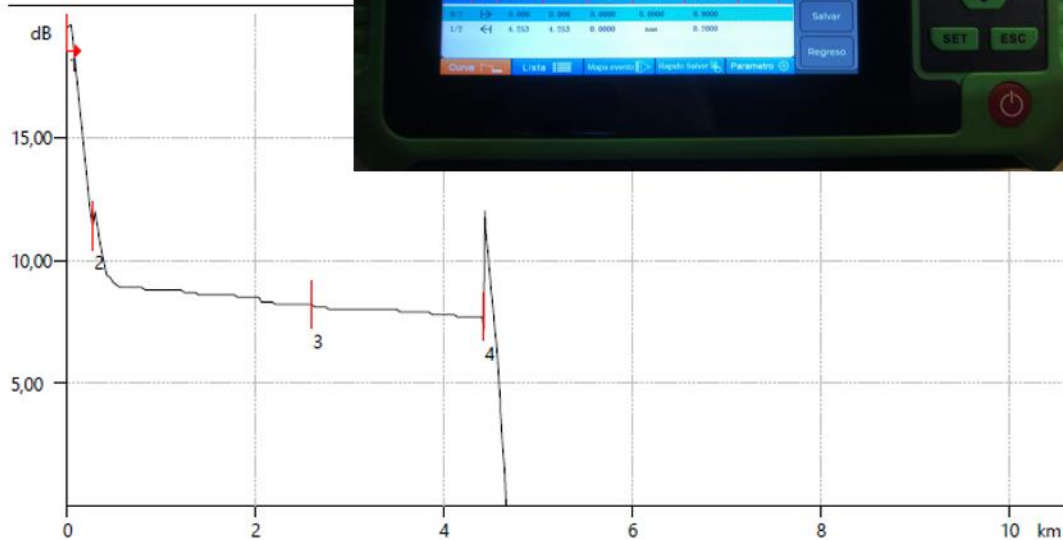


Tabla de evento

Nº	Tipo	Distancia, km	Pérdida, dB	Reflexión, dB	Atenuación, dB/km
1	Inicio	0,000	---	---	---
Comentario: Nodo T.Salinas - Inicio					
2	Pérdida	0,275	0,757	---	-27,830
Comentario: Manga Feeder T.Salinas					
3	Pérdida	2,595	0,090	---	0,504
Comentario: Manga Rep.001 T.Salinas - Reparacion de Caso #20062024001					
4	Reflexión	4,419	7,653	34,945	0,229
Comentario: Manga Distribucion T.StaRosa - Fin					
5	Fin	21,419	---	---	---
Comentario: Default Longitud					

Tec. Kevin Gutierrez

19. Reporte de reparación - OTDR.

Por lo tanto, al usar un OTDR y gestionar reportes de daños y soluciones se logra garantizar que la red cumple con todos los requerimientos establecidos para la transmisión y brindar acceso a internet a usuarios que se encuentran conectados mediante redes FTTH, FTTB, ETC.

2. INSTRUCTIVO PARA LA HABILITACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL DE DATOS

A continuación, se mostrarán los instructivos de los equipos de control de datos con las configuraciones técnicas respectivas para la habilitación de internet dentro del laboratorio.

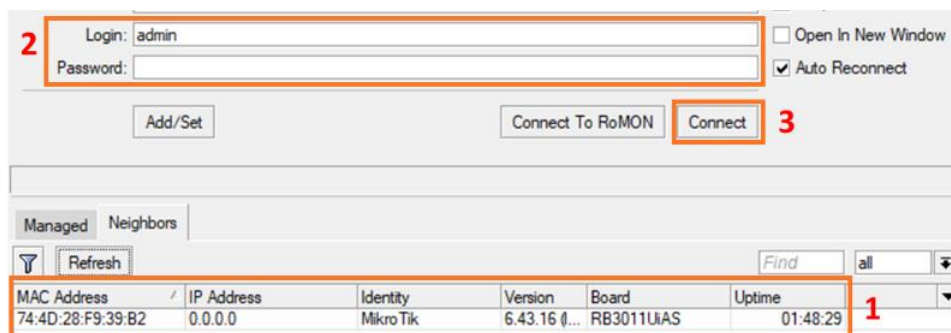
Se tomó en cuenta la infraestructura disponible del servicio de internet que proporciona TIC a través de un Switch HPE y de un Router D-Link, obteniendo así 2 proveedores que se conectarán a los puertos Ethernet 1 y 2 del *Router* RB3011 Ui AS-RM. Para un mejor desempeño se realizarán las derivaciones de tráfico a los clientes por medio de diferentes redes virtuales o redes VLAN, el equipo apropiado para este proceso es el Cloud Router Switch CRS326-24G+25+RM. Es a partir de este equipo en donde se proporcionará las conexiones que irán a la OLT HIOSO HA7104T con capacidad de hasta 4 puertos SFP PON.

A continuación, se muestra cada una de las configuraciones pertinentes para cada equipo.

2.1. INSTRUCTIVO - ROUTER RB3011

Inicialmente las configuraciones del equipo *Router* RB3011 Ui AS-RM parte con la instalación del software *WinBox* en la versión 3.39. Para poder ingresar al *Router* es necesario conectar un extremo de un *Patch Cord UTP* a uno de los puertos Ethernet, mientras que el otro extremo ira al puerto ethernet del ordenador en donde está instalado *Winbox*.

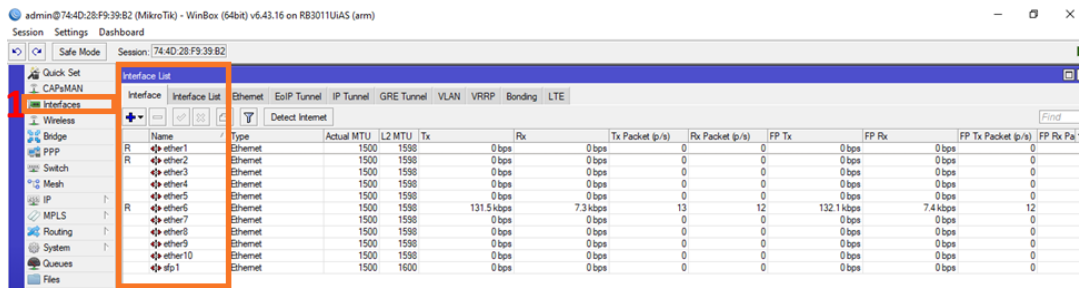
Al cumplir, es posible el acceso al *Router*, tal como se muestra en la figura 1, allí se visualiza que el dispositivo se encuentra con dirección MAC: 744D28F939B2, por lo que las credenciales de acceso si el equipo se encuentra restaurado a modo de fabrica sus credenciales son usuario: *admin* y la contraseña en blanco.



1. Ingreso al Router RB 3011 desde el software WinBox

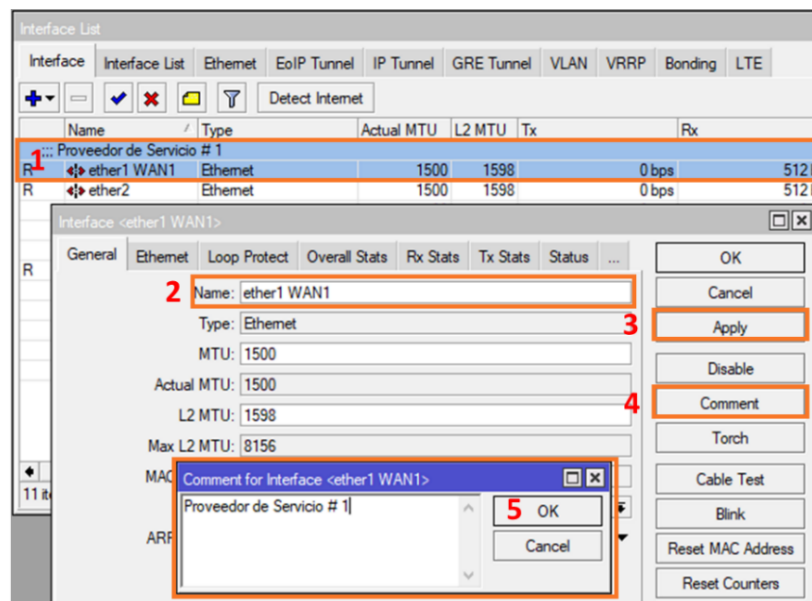
PASO 1

En la figura 2 muestra la identificación de las interfaces que se usarán durante el desarrollo del proyecto, para ello nos dirigimos al menú izquierdo del *WinBox* y seleccionamos > INTERFACES, mostrando instantáneamente una ventana con las interfaces y su estado actual de transmisión.



2. Identificación de interfaces disponibles en el Router RB3011

Para la asignación de direcciones de los proveedores se usó el puerto Ethernet 1 (WAN1) y Ethernet 2 (WAN2) con DHCP CLIENT, mientras que la salida del servicio se llevará a cabo en los puertos Ethernet 6 (LAN 1), que corresponde a las interfaces VLAN y el puerto Ethernet 7 (LAN 2), que corresponde a las conexiones con protocolo de direccionamiento DHCP SERVER. La configuración de las interfaces consiste en reasignar los nombres y generar comentarios para un mejor entendimiento del sistema, tal como se muestra en la figura 3.

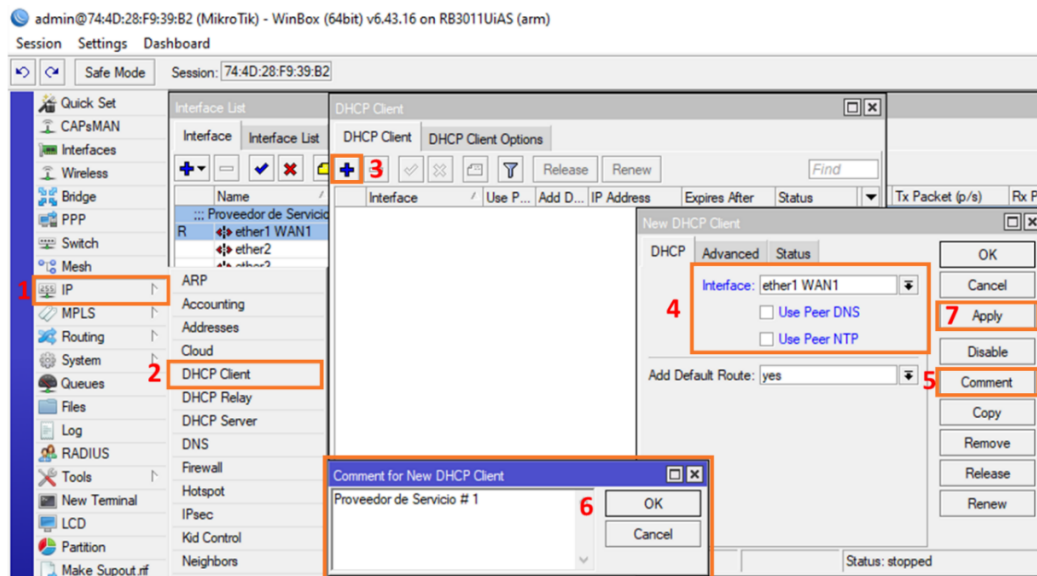


3. Configuración de interfaces disponibles en el Router RB3011

De igual manera se realiza la configuración de las demás interfaces siguiendo los pasos mostrados anteriormente.

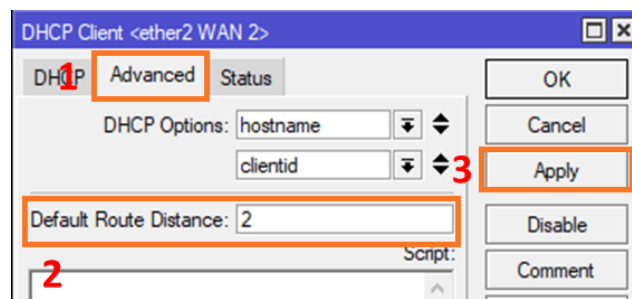
PASO 2

En la figura 4 se muestra como agregar la dirección IP que proporciona el proveedor de servicios, en la interfaz asignada WAN1, durante el desarrollo se determinó que la forma ideal será un direccionamiento dinámico. Para ello nos dirigimos a IP > DHCP CLIENT > seleccionamos nuevo o “+” y seleccionamos la interfaz WAN1.



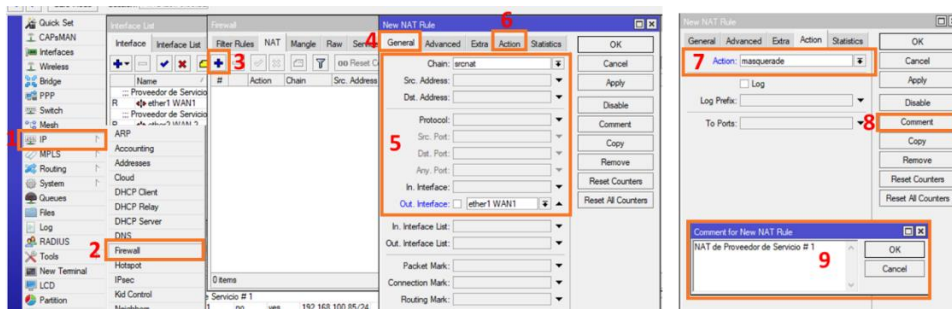
4. Asignación de IP por protocolo DHCP CLIENT en el proveedor # 1

Al tener otro proveedor de servicio se requiere que se agregue un nuevo ajuste en la configuración del proveedor # 2, para ello luego de configurar tal como se mostró anteriormente, seguido damos clic en ADVANCED y en DEFAULT ROUTER aumentamos la distancia a 2, los pasos mencionados anteriormente se muestran en la figura 5.



5. Modificación de distancia para más de dos proveedores de servicio.

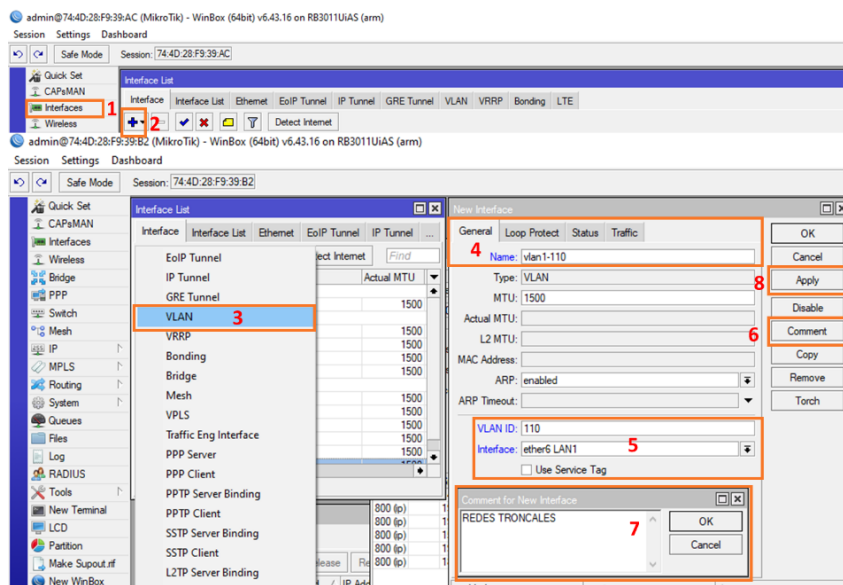
Además, se debe incluir una regla llamada NAT, usando la acción MASQUERADE para cada uno de los proveedores, de lo contrario no existirá navegación, para ello nos dirigimos a IP > FIREWALL > seleccionamos nuevo “+” y llenamos los campos en el orden que se muestra en la figura 6.



6. Configuración de Firewall con acción MASQUERADE

PASO 3

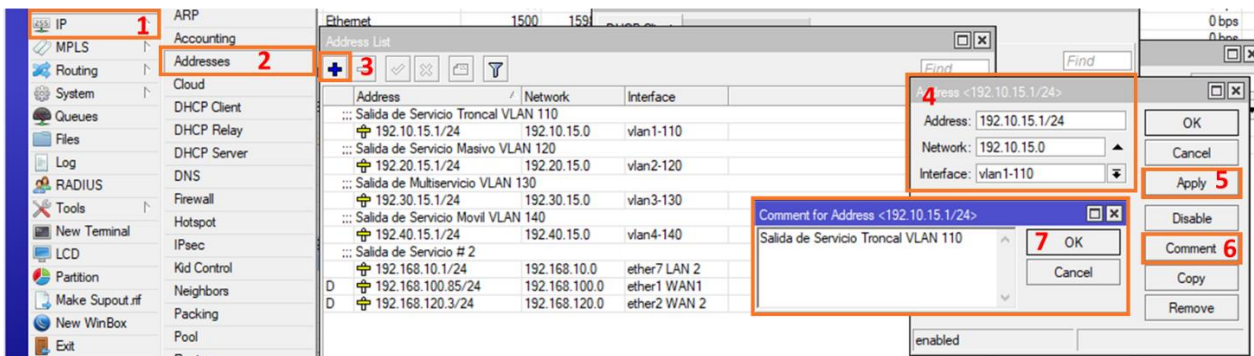
Configurar los puertos de salida para nuestro servicio dentro de los módulos didácticos, es por ello que se configura el puerto Ethernet 6 como LAN1, Ethernet 7 como LAN2 y así sucesivamente si se requieren más puertos. Con el objetivo de optimizar direcciones a nuestros clientes, se empleó el uso de redes virtuales o redes VLAN en el puerto 6, para ello debemos ir a INTERFACES > damos clic en nuevo “+” y seleccionamos > VLAN y llenamos los valores en el orden que se muestran en la figura 7.



7. Creación de VLAN en la interfaz del puerto Ethernet 7

PASO 4

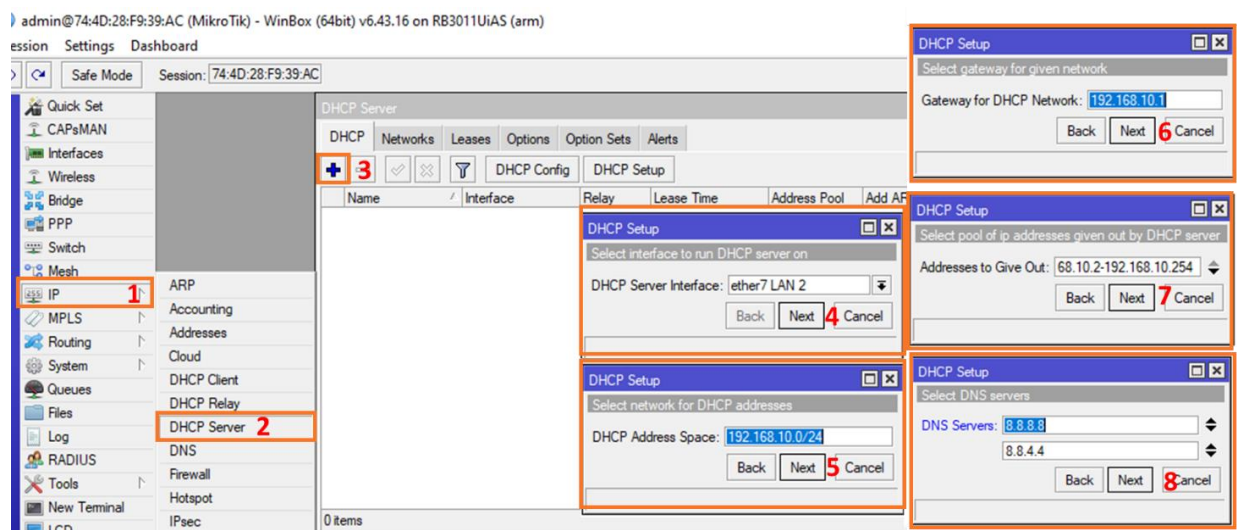
Al tener las VLAN necesarias para todos los equipos usados en el proyecto, es momento de configurar las direcciones IP que corresponden a cada una de las redes virtuales de acuerdo con el tipo de servicio a las que serán asignadas (troncal, multiservicio, móvil y masivo). Para ello nos vamos a IP > ADDRESS > seleccionamos nuevo “+” y llenamos los campos en el orden que se muestra en la figura 8.



8. Asignación de IP a cada una de las VLAN del puerto Ethernet 6

PASO 5

Configuración del puerto Ethernet 7 o LAN2, donde se aplicará direccionamiento de IP bajo el protocolo DHCP SERVER, por lo que para activarlos es necesario ir a IP > DHCP SERVER > seleccionamos nuevo “+” y llenamos los campos en el orden que se muestra en la figura 9.



9. Configuración de Direccionamiento DHCP en puerto Ethernet 7

PASO 6

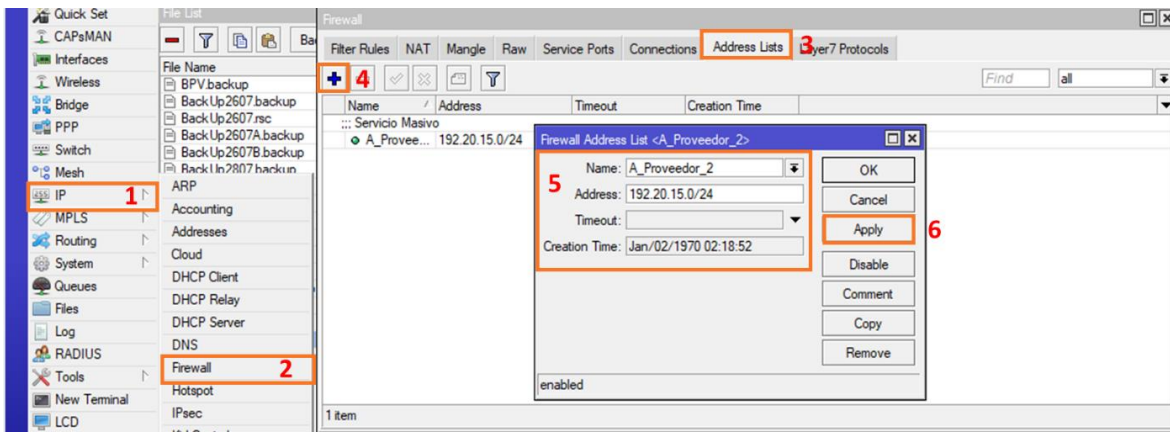
Con las configuraciones actuales se puede proporcionar datos en nuestra red de salida de servicio, sin embargo, todo el tráfico de datos sale solo por el proveedor de servicios # 1 por lo que para redistribuir el acceso de contenido según el tipo de cliente se debe agregar un enrutamiento alternativo, en la figura 10 se evidencia que únicamente hay tráfico por el puerto ethernet 1 llamado WAN1.

Dest. Address	Gateway	Distance	Routing Mark	Pref. Source
0.0.0.0/0	192.168.100.1 reachable ether1 WAN1	1	1	
0.0.0.0/0	192.168.120.1 reachable ether2 WAN 2	2	2	
192.10.15.0/24	vlan1-110 reachable	0	0	192.10.15.1
192.20.15.0/24	vlan2-120 reachable	0	0	192.20.15.1
192.30.15.0/24	vlan3-130 reachable	0	0	192.30.15.1
192.40.15.0/24	vlan4-140 reachable	0	0	192.40.15.1

Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx
ether1 WAN1	Ethernet	1500	1598	50.4 kbps	8.9 Mbps	65	764	48.9 kbps	8.9 Mbps
ether2 WAN 2	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
ether3	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
ether4	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps
ether5	Ethernet	1500	1598	0 bps	0 bps	0	0	0 bps	0 bps

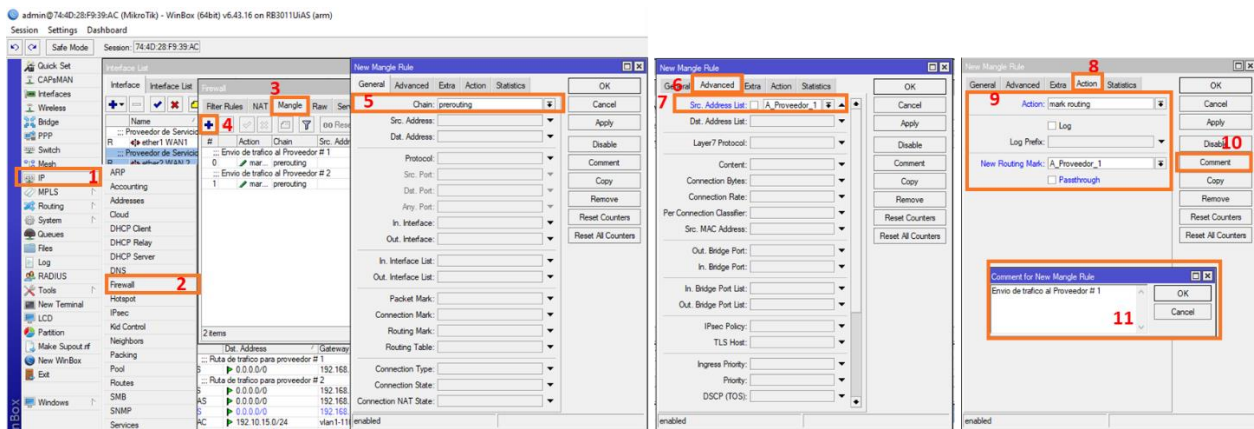
10. Distribución de tráfico sin enrutamiento alternativo.

Por ello es necesario la aplicación de *Routing Mark* o marca de enrutamiento que permite gestionar múltiples tablas o listas de enrutamiento dentro del dispositivo RB3011, logrando que se distribuya paralelamente el tráfico por ambos proveedores. Inicialmente debemos tener seleccionados los tipos de servicios que saldrán por cada uno de los dos proveedores, seguido nos dirigimos a IP > FIREWALL > ADDRESS LISTS > seleccionamos nuevo “+” y llenamos los campos en el orden que se muestra en la figura 11. Esto lo hacemos para ambos proveedores.



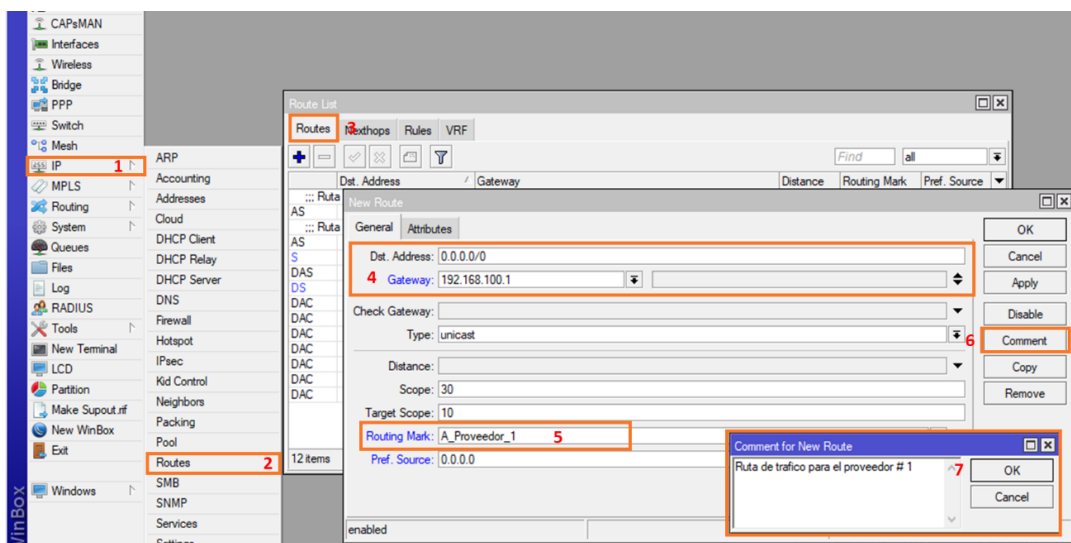
11. Aplicación de enrutamiento alternativo

Al tener el enrutamiento alternativo configurado, se debe agregar una regla que permita establecer un punto de prioridad para el nuevo enrutamiento, de lo contrario seguiría funcionando solo el contenido del distribuidor número uno, para ello nos dirigimos a IP > FIREWALL > MANGLE > seleccionamos nuevo “+” y llenamos los campos en el orden que se muestra en la figura 12.



12. Creación de reglas de enrutamiento

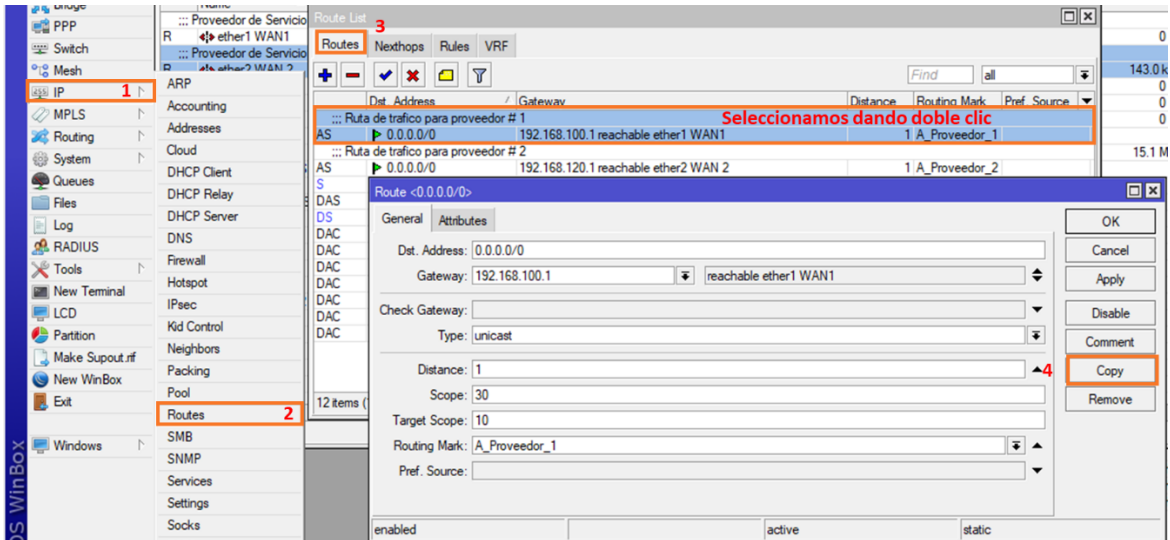
Una vez que se tiene las reglas creadas, el siguiente paso es generar las rutas por defecto para las reglas que hemos creado anteriormente tengan un nivel de prioridad. Para ellos dirigimos a la sección de IP > ROUTES > ROUTES > seleccionamos nuevo “+” y llenamos los campos en el orden que se muestra en la figura 13, de tal manera que al final tengamos identificado la ruta a través de un comentario.



13. Creación de rutas alternas en el router RB3011

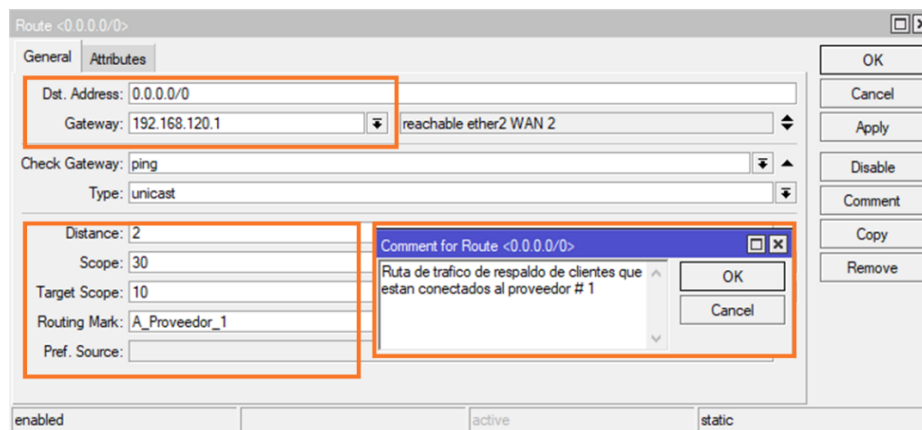
PASO 7

Como administradores del servicio de internet, se debe garantizar la disponibilidad del servicio en todo momento, es por lo que obligatoriamente se debe aplicar un FAILOVER para en caso de que uno de nuestros proveedores falle, el tráfico sea reenviado hacia el otro proveedor. Este método es posible realizar también en el área de IP > ROUTES > ROUTES > seleccionamos una de las rutas generadas anteriormente, tal como se observa en la figura 14.



14. Copiar ruta ya generada en el router RB3011.

Aparecerá una nueva ventana con los mismos parámetros, pero evidentemente en este nuevo caso se modificarán ciertos aspectos, los cuales se muestran en la figura 15, tales como Gateway y distancia.



15. Creación de ruta alterna de tráfico en el router RB3011

Al realizar los nuevos ajustes tenemos como resultado una distribución equitativa de todo el tráfico de acuerdo con el tipo de servicio al que pertenecen los usuarios o abonados ubicados en los tableros, tomando en cuenta los dos proveedores de servicio, donde uno de ellos simular ser solo de acceso a internet y el otro proveedor ser de multiacceso. A continuación, en la figura 16 se observa toda la distribución de tráfico en ambos proveedores a través de la interfaz ethernet uno y dos:

Name	Type	Actual MTU	L2 MTU	Tx	Rx	Tx Packet (p/s)	Rx Packet (p/s)	FP Tx	FP Rx
ether1 WAN 1	Ethernet	1500	1598	56.7 kbps	7.8 Mbps	76	682	50.6 kbps	6.5 Mbps
ether2 WAN 2	Ethernet	1500	1598	149.7 kbps	15.1 Mbps	193	1 470	143.6 kbps	15.0 Mbps

16. Distribución de tráfico en ambos proveedores

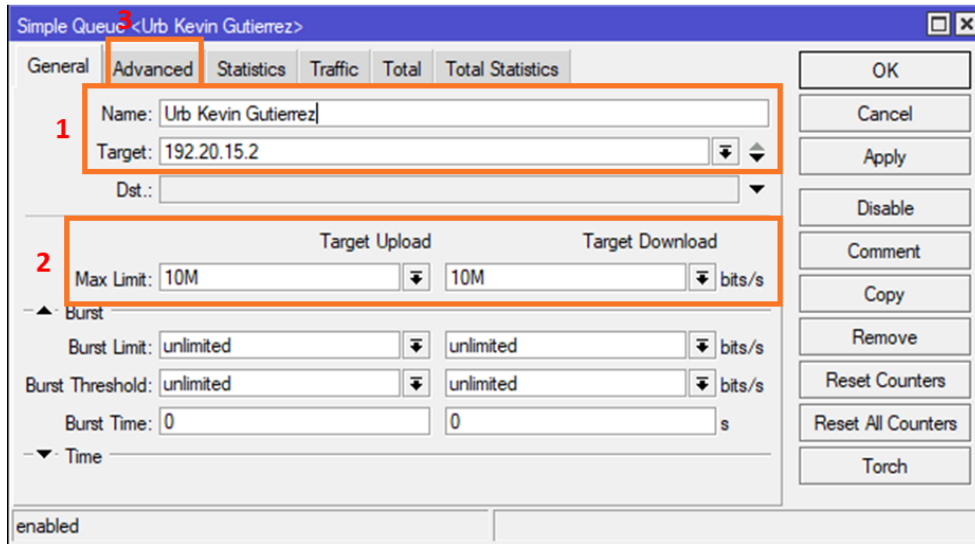
PASO 8

La limitación de ancho de banda es importante para evitar que se sature el tráfico de datos desde los usuarios hasta los diferentes proveedores de servicio y así respetar a los abonados con un ancho de banda específico. De acuerdo con la configuración escogida debemos realizar una lista simple QUEUE que está en la parte izquierda del menú de *WinBox*. Y empezar con la creación de la lista padres o “PARENT”, para ello seguiremos el ejemplo de la figura 17:

The screenshot shows the 'Queue List' configuration window in WinBox. The 'Simple Queues' tab is active. A dialog box titled 'Simple Queue <Servicio Masivo>' is open, showing the configuration for a new queue. The 'Name' field is set to 'Servicio Masivo' and the 'Target' is set to '192.20.15.0/24'. The 'Max Limit' for both 'Target Upload' and 'Target Download' is set to '20M' bits/s. The 'Burst Limit' is set to 'unlimited' for both directions. The 'Burst Threshold' is also set to 'unlimited' and the 'Burst Time' is '0' seconds. The 'Queue List' table in the background shows existing queues for 'Servicio Troncal' and 'Fac Telecomunicaciones'.

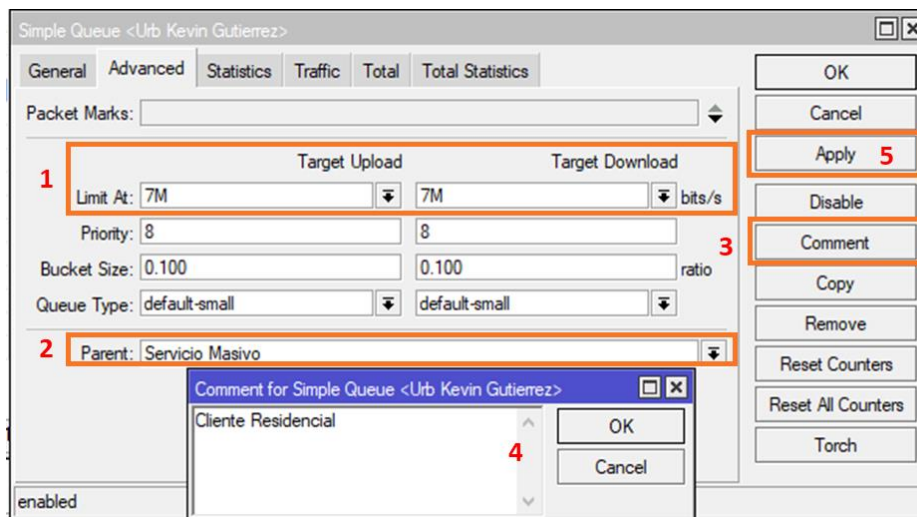
17. Creación de lista simple QUEUE Parent

Al tener configurado la lista PADRE con los parámetros como: dirección IP, nombre y ancho de banda correspondiente, se debe configurar a los “clientes”, indicando su nombre, dirección IP, padre al que pertenece y ancho de banda mínimo y máximo, tal como se muestra en la figura 18.



18. Creación de lista simple QUEUE para cliente

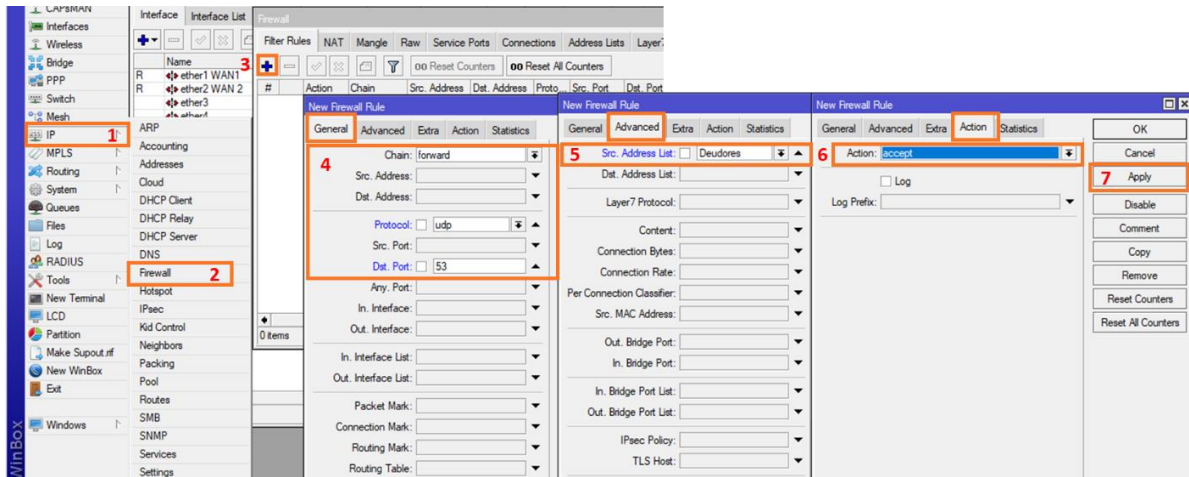
Seguido debemos configurar además en el apartado de avanzado el ancho de banda seguro que recibirá el usuario, así como también indicar a que *Parent* pertenecerá, además del comentario indicando el tipo de servicio al que pertenece, tal como se muestra en la guía diseñada en la figura 19.



19. Configuración de ancho de banda y parent de un usuario

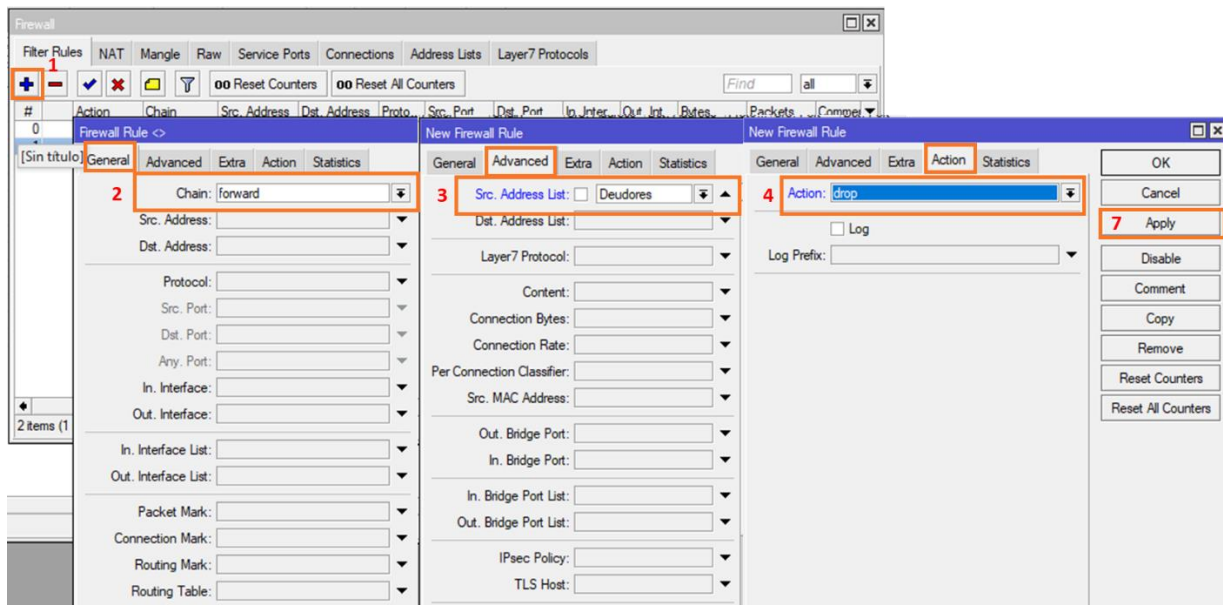
PASO 9

Bloquear el servicio de transmisión de datos a usuarios, método empleado por los proveedores de servicio para evitar que usuarios acceden a internet a través de la red proporcionada. Para ello debemos dirigirnos a IP > FIREWALL > FILTER RULES y > seleccionamos nuevo “+” y llenamos los campos en el orden que se muestra en la figura 20.



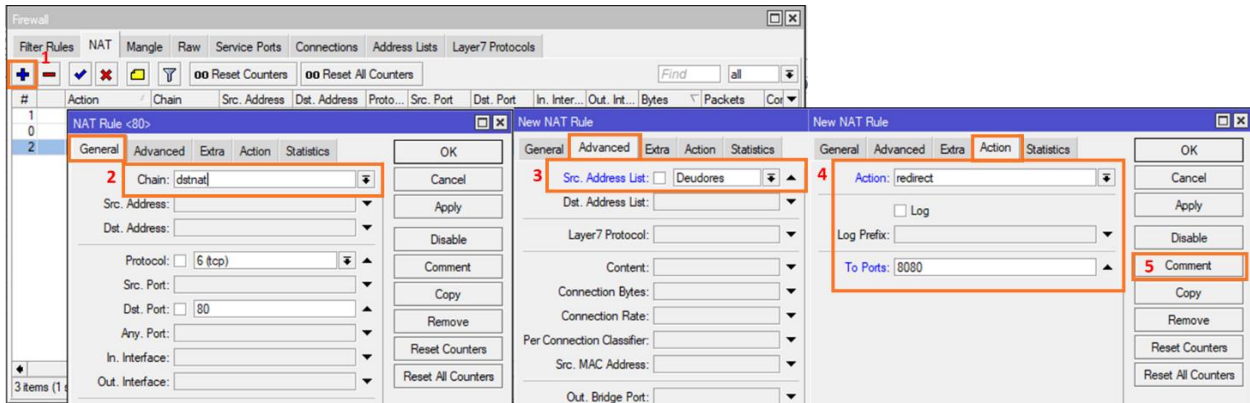
20. Creación de la regla “Deudores” con acción accept

Posteriormente debemos crear una misma regla, con la diferencia que se debe incluir una acción llamada “drop”, tal como se muestra en la figura 21:



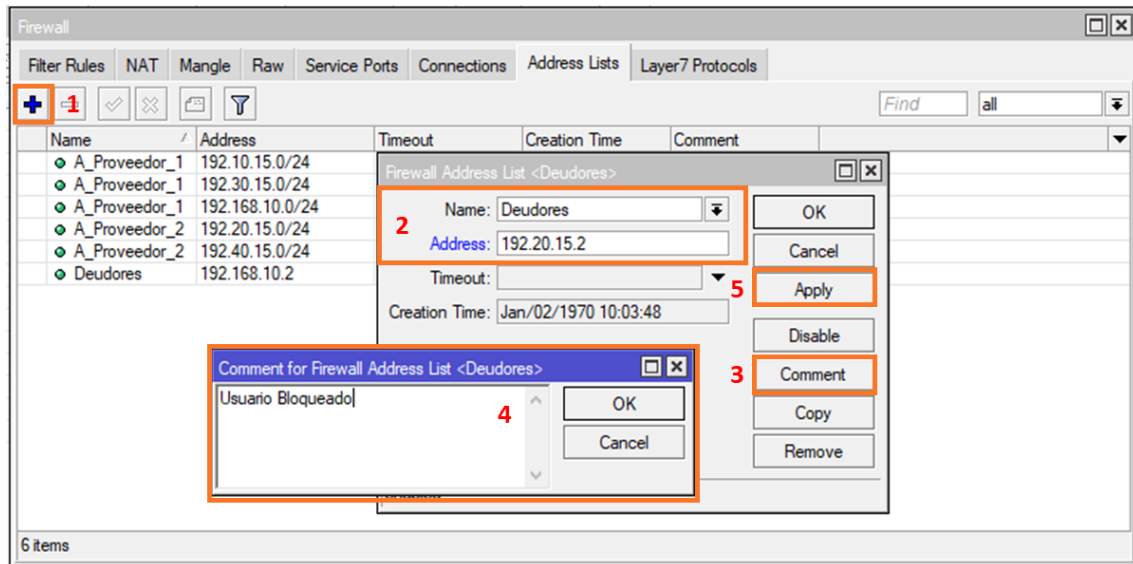
21. Creación de la regla “Deudores” con acción drop

En Firewall también agregaremos una nueva lista a través de la regla NAP con acción REDIRECT, tal como se muestra en la figura 22:



22. Configuración de Firewall con acción REDIRECT

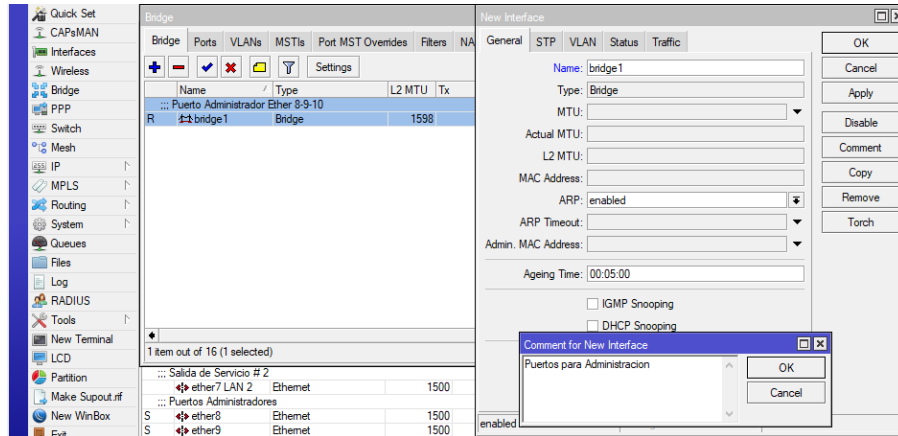
Finalmente, en la misma sección de Firewall, pero dentro de ADDRESS LIST y en la sección de filtro, usaremos la lista creada antes, posteriormente agregamos cada una de las direcciones IP de usuarios que serán bloqueados, provocando que no tengan acceso a internet, tal como se puede observar en la figura 23.



23. Bloqueo de Usuario por dirección IP estática.

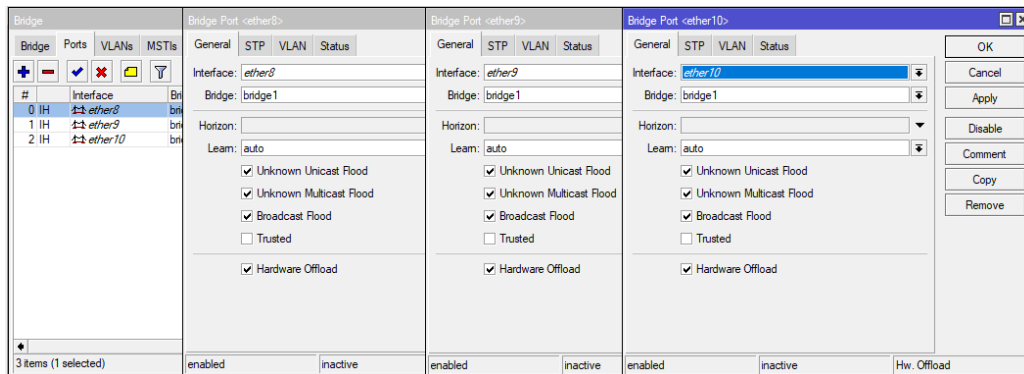
Se requiere, además disponer de puertos en el equipo RB3011 que permitan la conexión MANAGER de los demás equipos usados en el proyecto, por ello se tomó los puertos Ethernet 8, 9 y 10 para cumplir con la función de administración.

Para ello nos dirigimos a la parte derecha de WinBox y seleccionamos BRIDGE > seleccionamos nuevo “+” > Bridge, posteriormente en la nueva ventana detallamos los parámetros de identificación, tal como se puede observar en la figura 24.



24. Creación de Bridge en la interfaz del equipo RB3011

Seguidamente agregamos una dirección IP 192.168.0.1/24 al puerto principal (Eth8), ya que con el siguiente paso esas direcciones harán puente en el resto de los puertos (Eth9 y Eth10). Luego en la pestaña de Bridge, nos dirigimos a PORT > seleccionamos nuevo “+” > GENERAL, y agregamos cada uno de los puertos Ethernet que estarán relacionados con la IP 192.168.0.xx, adicionando los parámetros de identificación, para mayor entendimiento revisar la guía generada en la figura 25.

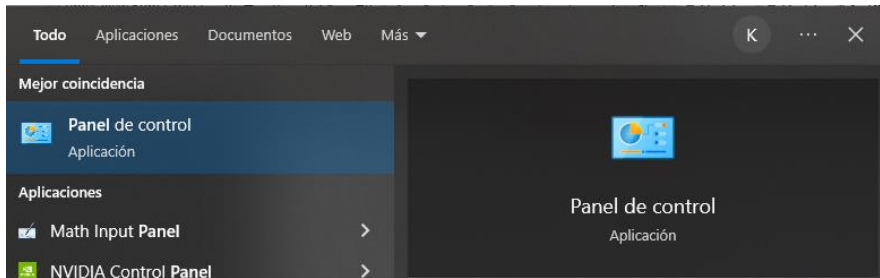


25. Agregar Puertos Ethernet al Bridge1

Al cumplir con todas las configuraciones presentadas se logró programar y preparar el equipo RB3011 para la correcta distribución de datos a los usuarios que se conecten a la red planteada durante el desarrollo de este proyecto.

2.2. INSTRUCTIVO - ROUTER SWITCH CRS326

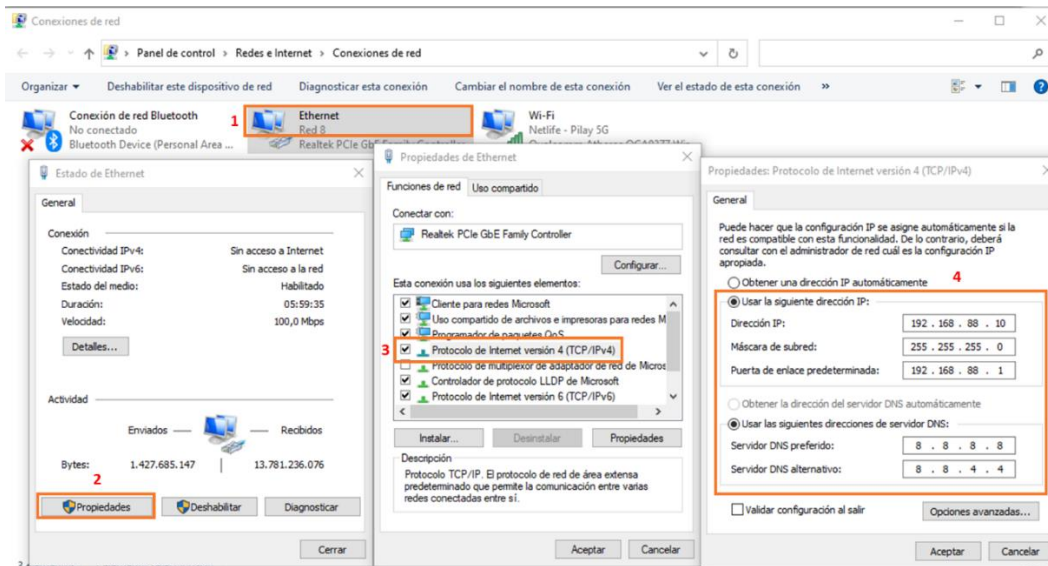
La configuración del *Cloud Router Switch* se da a través de la interfaz MIKROTIK SwOS, inicialmente es de suma importancia que el ordenador con el que se accederá al equipo tenga configurada su adaptador de red, con una dirección IP de mismo segmento de red en el que se encuentre el Switch. Por lo tanto, buscamos el panel de control, su representación se muestra en la figura 1.



1. Búsqueda del Panel de Control

1 PASO

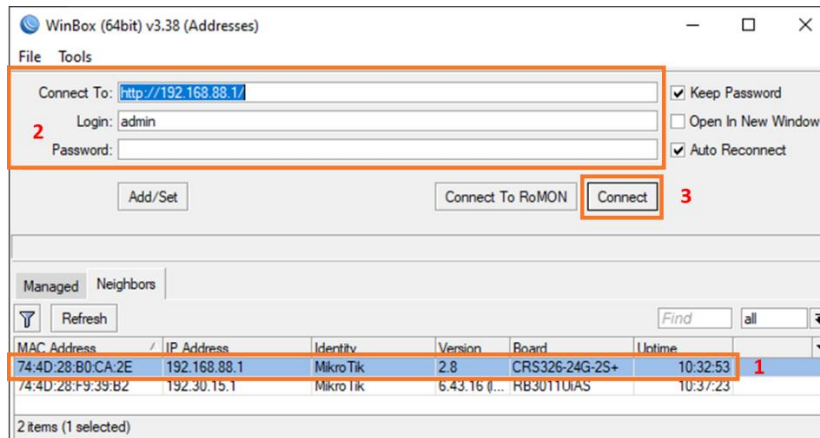
Configurar una dirección IP en el ordenador accediendo a: PANEL DE CONTROL > REDES E INTERNET > CENTRO DE REDES Y RECURSOS COMPARTIDOS > CONEXIONES DE RED > Seleccionamos nuestra tarjeta Ethernet dando doble clic sobre ella, luego ingresar los parámetros vistos en la parte derecha de la figura 2.



2. Configuración de la tarjeta Ethernet para acceder al Cloud Router

PASO 2

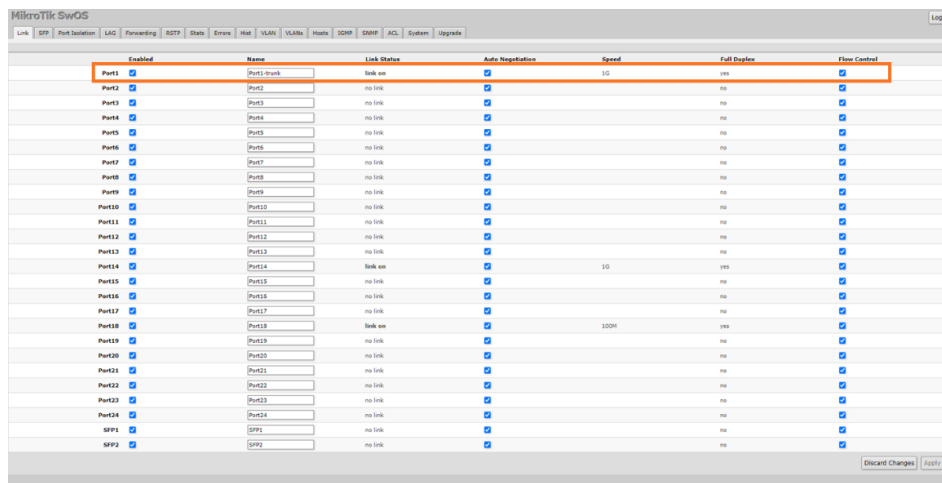
Inmediatamente al estar conectados a la red que proporciona el Switch Router Cloud, a través de un cable PATCH CORD, al abrir el software WinBox, nos aparecerá la dirección MAC e IP del equipo CRS326-24G-2S y el link para establecer una conexión, tal como se puede observar en la figura 3.



3. Acceso al Switch Router Cloud CRS326 desde el software WinBox

PASO 3

En la figura 4, se muestra que el navegador abrirá una pestaña, mostrando la interfaz del equipo, donde en primera instancia debemos seleccionar cuál de sus puertos se convertirá en troncal o servicio de entrada, en este caso se seleccionó el puerto 1, por lo que se le renombro PORT1-TRUNK.



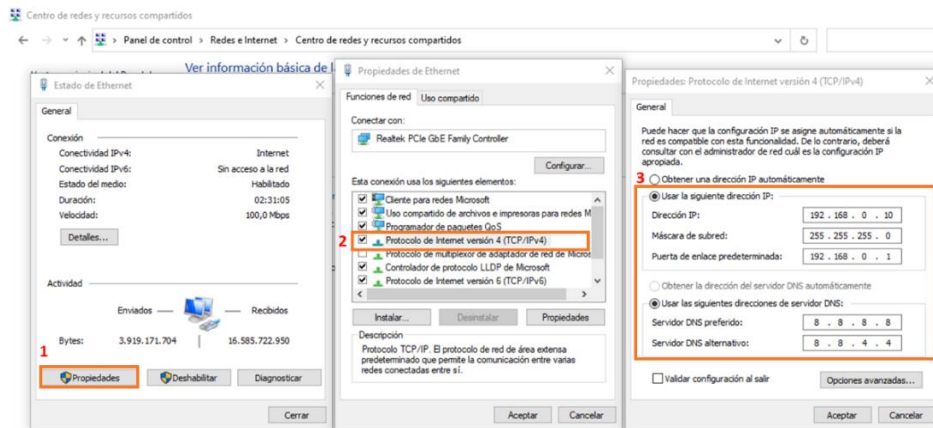
4. Configuración del Puerto Troncal en el Cloud Router Switch

2.3. INSTRUCTIVO - OLT HA7104

Para configurar la línea terminal óptica (OLT) inicialmente el ordenador administrador debe tener su tarjeta de red, con una dirección del mismo segmento en el que se encuentre la OLT.

1 PASO

Configurar una dirección IP en el ordenador accediendo a: PANEL DE CONTROL > REDES E INTERNET > CENTRO DE REDES Y RECURSOS COMPARTIDOS > CONEXIONES DE RED > Seleccionamos nuestra tarjeta Ethernet dando doble clic sobre ella, tal como se observa en la figura 1.



1. Configuración de la tarjeta Ethernet para acceder a la OLT

PASO 2

Al conectarse al puerto MGMT de la OLT, a través de un cable PATCH CORD con el ordenador, comprobar que se tenga PING a la IP por default de la terminal óptica: 192.168.0.88, para abrir la interfaz de la figura 2, se debe presionar la tecla Windows + R e ingresar CMD.

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.19045.3086]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Kevin Gutierrez>ping 192.168.0.88

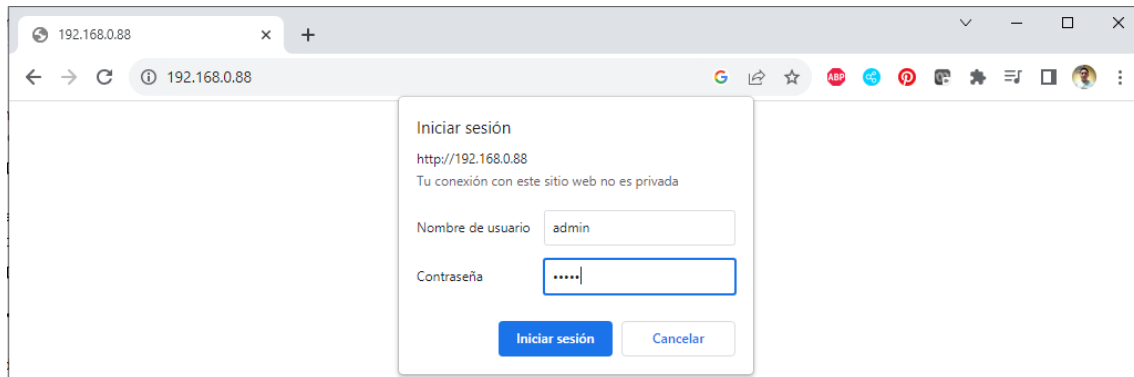
Haciendo ping a 192.168.0.88 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.88: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.88: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.88: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 192.168.0.88: bytes=32 tiempo<1m TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.0.88:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 0ms, Máximo = 0ms, Media = 0ms
```

2. Ping hacia la IP de acceso de la OLT

PASO 3

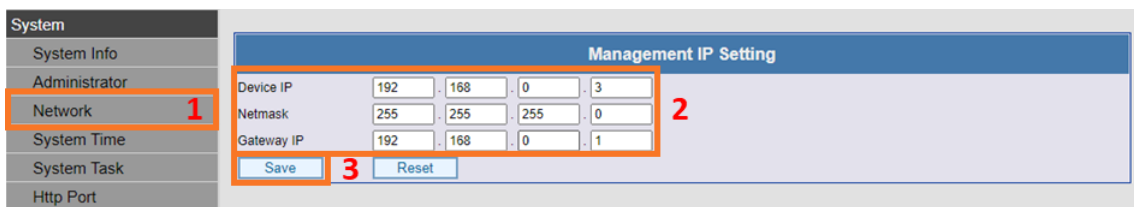
En el navegador predeterminado del ordenador, acceder al enlace <http://192.168.0.88>, seguido la interfaz del equipo OLT solicitará las credenciales de acceso a través de una pequeña pestaña, por lo que enseguida se ingresará los datos por default como usuario y contraseña “admin”, tal como se observa en la figura 3.



3. Inicio de sesión en la OLT

PASO 4

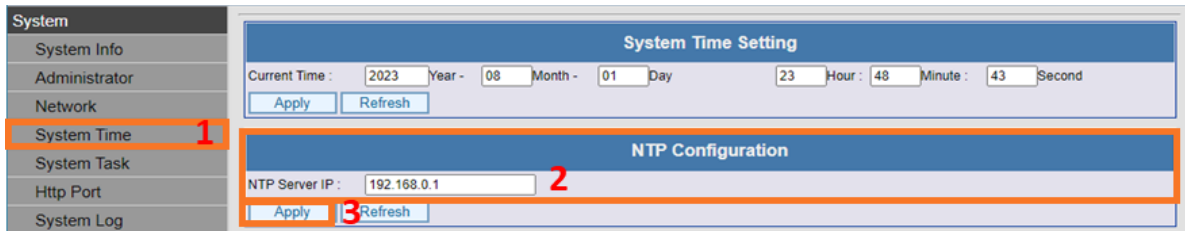
En la figura 4 se muestra instantáneamente la nueva interfaz, allí ingresar a SYSTEM > NETWORK y llenar los campos con una nueva dirección IP acorde a lo configurado en el Router administrador RB3011, para este desarrollo se optó por la dirección IP 192.168.0.3 y Gateway 192.168.0.1.



4. Configuración de IP de acceso a la OLT

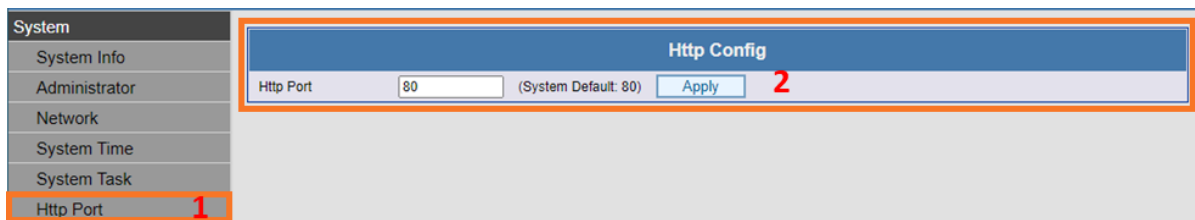
PASO 5

Al reiniciar la sesión en el navegador, se debe configurar además de la hora y fecha del sistema, la dirección del servidor de tiempo NTP, para ello seleccionar SYSTEM > SYSTEM TIME e ingresamos los datos correspondientes acorde a la dirección asignada en el Router RB3011, tal como se muestra en la figura 5.



5. Configuración del servidor NTP

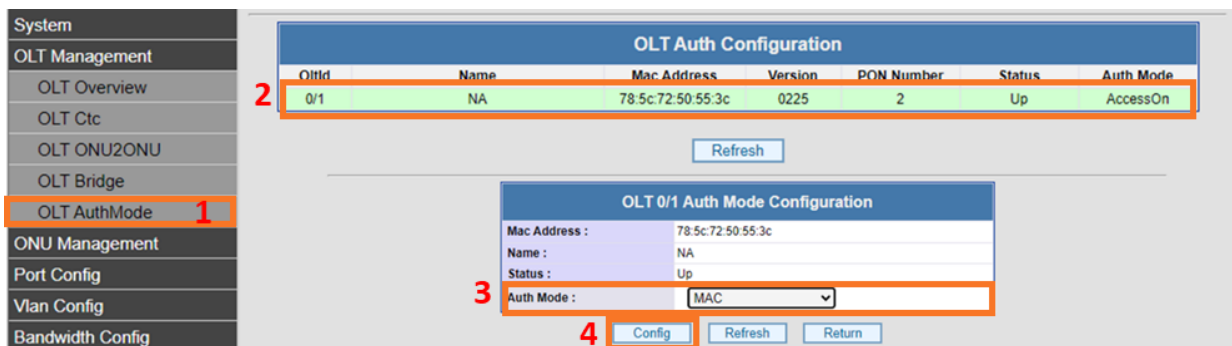
En la misma sección de la pestaña configurar el protocolo de transferencia de hipertexto HTTP, para ello se debe seleccionar SYSTEM > HTTP PORT y agregar en este caso el puerto asignado 80, en la figura 6 se muestra el proceso.



6. Habilitación del puerto HTTP

PASO 6

En la línea terminal óptica, para autorizar los equipos (ONU) a través de la dirección MAC de cada dispositivo, se debe realizar modificaciones para en el área de autenticación y gestión de equipos, para ello se puede tomar como referencia lo indicado en la figura 7, por lo que se debe dirigir a OLT MANAGEMENT > OLT AUTHMODE > seleccionar dando doble clic sobre el ítem o MAC del equipo, en este caso tenemos: 78:5c:72:50:55:3c que corresponde a la OLT y en el submenú de AUTHMODE elegimos: MAC, luego damos clic en CONFIG para guardar los cambios.



7. Autorización de ONU's a través de la MAC desde la OLT

PASO 7

Al conectar la ONU de un usuario a través de la red de distribución óptica empleada en el laboratorio, aparecerá en una de las interfaces PON que dispone la OLT HIOSO, al reconocer cual es el puerto en el que se conectó el equipo del usuario, se empieza con la configuración para autorizar cada uno de los equipos conectados.

Para iniciar con la configuración, dirigirse al lado izquierdo de la ventana y seleccionar en este caso ONU MANAGEMENT > ONU AUTHMODE > Elegir el ID de Puerto 0/1/1 o 0/1/2 de acuerdo con el número de puerto o módulo PON seleccionado en el que se encuentre conectada la ONU del usuario, en la figura 8 se muestra una guía de los pasos a seguir.

The screenshot shows a web interface for ONU management. On the left is a navigation menu with options like System, OLT Management, ONU Management, and Port Config. The main area is titled 'Select a PON' and contains a table with columns 'PonId' and 'Information'. Below this is a 'Refresh' button. The next section is 'PON 0/1/1 ONU Auth Mode' with a table showing 'Id', 'ONU Mac', 'ONU Name', 'Status', 'ChipId', and 'AuthMode'. Below this is another 'Refresh' and 'Return' button. The final section is 'ONU 0/1/1:1 Auth Mode Configuration' with fields for 'Mac Address', 'Status', and 'Auth Mode', along with 'Config', 'Refresh', and 'Return' buttons.

PonId	Information
0/1/1	N/A
0/1/2	N/A

Id	ONU Mac	ONU Name	Status	ChipId	AuthMode
0/1/1:1	34:6a:c2:43:6d:63	NA	Deny	6301	Undef

Mac Address :	34:6a:c2:43:6d:63
Status :	Deny
Auth Mode :	Pass

8. Autorización de ONU/T.

PASO 8

Para eliminar un equipo, dirigirse a ONU MANAGEMENT > DELETE ONU > seleccionar el puerto y buscar la dirección MAC del equipo, seguido dar clic en DELETE, tal como se muestra en la figura 9.

The screenshot shows the 'DELETE ONU' interface. On the left is the same navigation menu as in Figure 8. The main area is titled 'PON 0/1/1 ONU' and contains a table with columns 'ONU Id', 'ONU Mac', 'ONU Name', 'Online Status', 'Chip Id', 'Port Num', and 'Operation'. Below the table are buttons for 'Delete Selected', 'Delete Offline', 'Refresh', and 'Return'.

ONU Id	ONU Mac	ONU Name	Online Status	Chip Id	Port Num	Operation
<input type="checkbox"/> 0/1/1:1	34:6a:c2:43:6d:63	NA	Up	3230	6301	Delete

9. Eliminar ONU/T de la OLT.

PASO 9

Para configurar el identificador de la VLAN ID con un puerto de la OLT, dirigirse a VLAN CONFIG > OLT PORT VLAN > seleccionar el puerto PON e ingresar el ID de la VLAN correspondiente, tal como se muestra en la figura 10.

Port Id	Ether Type	Vlan Id	Configuration
0/1_1	0x8100	0	Config
0/1_2	0x8100	0	Config

Refresh

OLT Port 0/1_1 Vlan Configuration

Port Id : 0/1_1
Ether Type : 0x8100
Vlan Id : 110

OK Refresh Return

10. Configuración de VLAN ID.

PASO 10

En la figura 11 se muestra la manera correcta para asignar un ancho de banda exclusivamente a través de la OLT y no depender del asignado por el equipo administrador RB3011, existe la forma de controlar la velocidad de navegación a través del equipo que dispone el usuario (ONU), para ello, es necesario recurrir al área de BANDWIDTH CONFIG > ONU LINK BANDWIDTH e ingresar la velocidad máxima y mínima en Kbps para el usuario usando como identificador la dirección MAC del equipo.

Port Id	Tx Bandwidth	Rx Bandwidth	Configuration
GE0/1_1	0	0	Config>>
GE0/1_2	0	0	Config>>

Refresh

PON 0/1/1_Liid bandwidth configuration

Llid Id	ONU Mac	Llid Mac	UpMax	UpMin	UpBurst	DownMax	DownMin	DownBurst		
<input checked="" type="checkbox"/>	0/1/1_2	34 5a c2 43 06 53	34 5a c2 43 06 53	1000000	0	13	13	960000	0	16

Apply Refresh Return

11. Asignación de Ancho de Banda en una ONU/T.

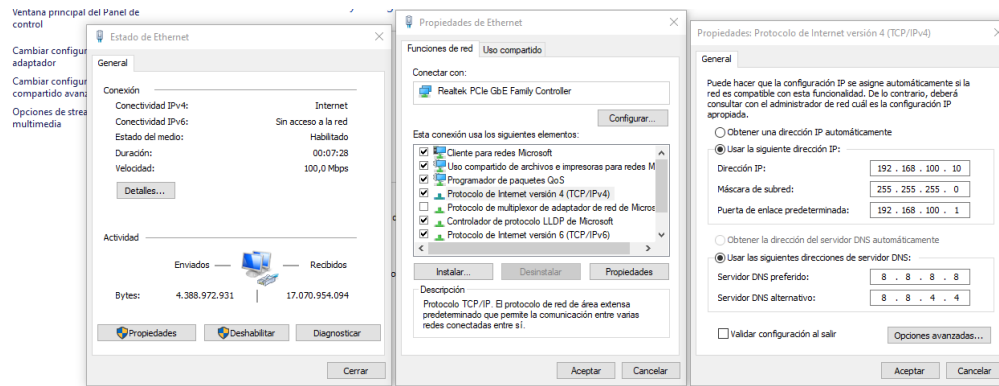
Al cumplir con las configuraciones mostradas anteriormente, se puede iniciar con la configuración de la ONU.

2.4. INSTRUCTIVO - ONT EG8141A5

Para configurar los lineamientos necesarios para el funcionamiento de la unidad de fibra óptica (ONU) inicialmente el ordenador administrador debe tener su tarjeta de red, con una dirección del mismo segmento, en este caso corresponde a la IP:192.168.100.10.

1 PASO

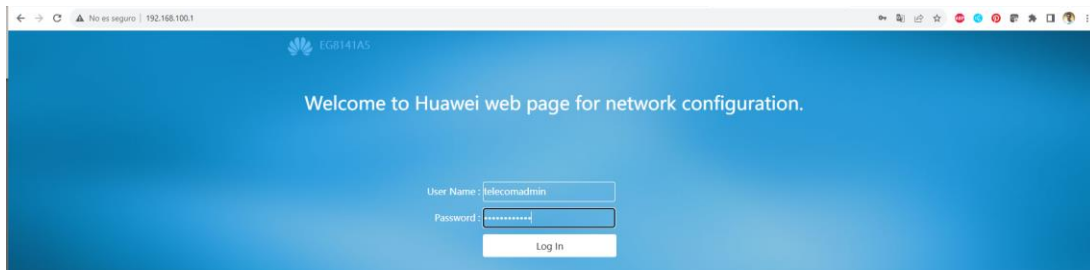
La figura 1 muestra como configurar una dirección IP en el ordenador accediendo a: PANEL DE CONTROL > REDES E INTERNET > CENTRO DE REDES Y RECURSOS COMPARTIDOS > CONEXIONES DE RED > Seleccionamos nuestra tarjeta Ethernet dando doble clic sobre ella.



1. Configuración de la tarjeta Ethernet para acceder a la ONT

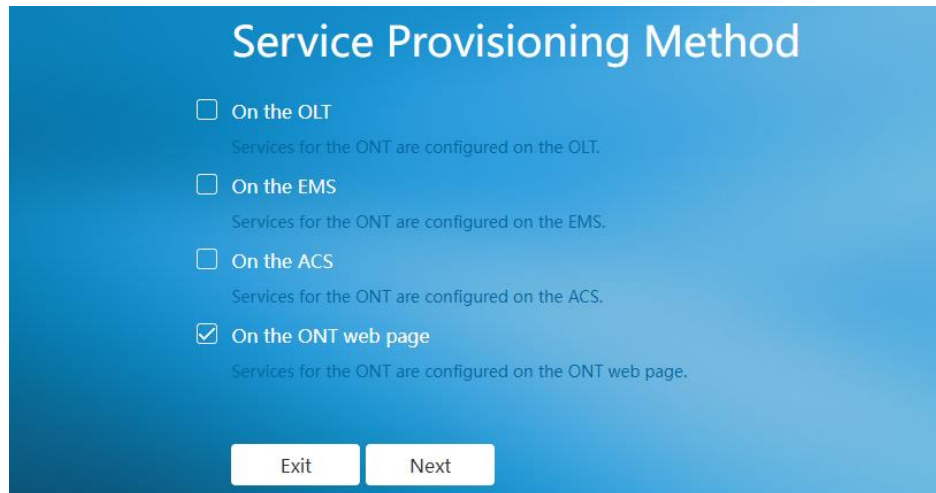
PASO 2

En el navegador predeterminado del ordenador, acceder a través del enlace o dirección IP: 192.168.100.1, seguido la interfaz del equipo solicitará las credenciales de acceso a través de una pequeña pestaña, por lo que enseguida se ingresará los datos por default como usuario “telecomadmin” y contraseña “admintelecom”, tal como muestra la figura 2.



2. Interfaz de acceso a la ONT desde la Web.

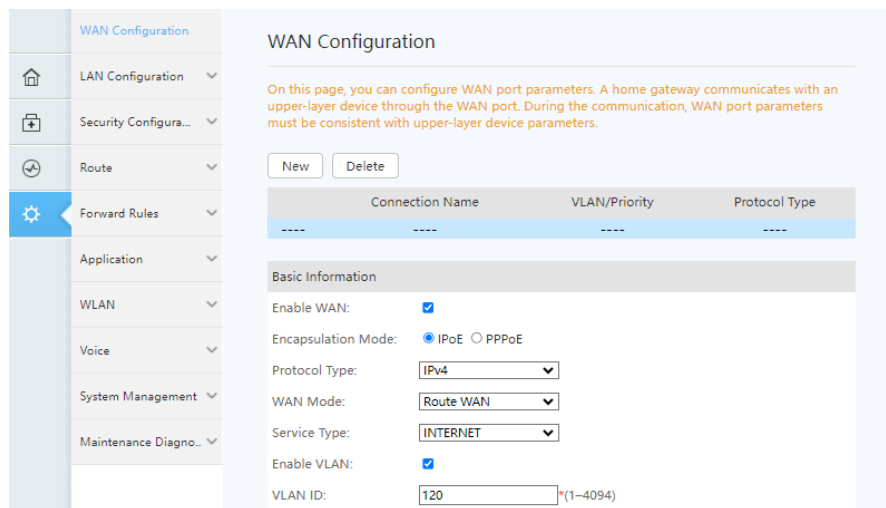
Para el aprovisionamiento del equipo, indicaremos al sistema que la configuración de la ONU será a través de la página web, por lo tanto, seleccionar > ON THE ONT WEB PAGE > NEXT, en la figura 3 se muestra el menú presentado cuando la ONT esta con los parámetros de fábrica.



3. Selección de configuración por medio de la Web.

PASO 3

Saltaremos la autenticación dando clic en SKIP, luego clic en RETURN TO HOME PAGE, seguido en la parte izquierda de la ventana seleccionar > ADVANCE CONFIGURATION > WAN CONFIGURATION > NEW > ingresar los parámetros de VLAN ID que corresponde al cliente, en la figura 4 se muestra la configuración de un caso con VLAN 120.



4. Habilitación de la VLAN en una ONT.

Por otra parte, en la figura 5, se muestra la configuración de sección de red IPV4, allí tomaremos como método de modo de adquisición de IP la versión estática, en el resto de las casillas ingresar la IP del cliente con su respectiva mascara, Gateway y DNS.

IPv4 Information

IP Acquisition Mode: Static DHCP PPPoE

Enable NAT:

NAT type: Port-restricted cone

IP Address: 192.20.15.2 *

Subnet Mask: 255.255.255.0 *

Default Gateway: 192.20.15.1

Primary DNS Server: 8.8.8.8

Secondary DNS Server: 8.8.4.4

Multicast VLAN ID: (0-4094; 0 indicates untagged VLAN.)

5. Asignación de IP estática dentro de una ONT.

PASO 4

Para la configuración de la red Wifi de 2.4 GHz seleccionar > ADVANCE CONFIGURATION > WLAN > NEW e ingresar el nombre de la red, modo de autenticación y contraseña, en la figura 6 se estableció que los parámetros inalámbricos partirán con un SSID: UPSE WIFI y como contraseña los dígitos del 1 al 8.

Application: WLAN

WLAN Basic Configur...

WLAN Advanced Conf...

Automatic WiFi Shu...

WiFi Coverage Mana...

Voice

System Management

Maintenance Diagno...

New Delete

SSID Index	SSID Name	SSID Status	Number of Associated Devices	Broadcast SSID	Security Configuration
1	UPSE WIFI	Enabled	32	Enabled	Configured

SSID Configuration Details

SSID Name: UPSE WIFI * (1-32 characters)

Enable SSID:

Number of Associated Devices: 32 * (1-32)

Broadcast SSID:

Enable WMM:

Authentication Mode: WPA/WPA2 PreSharedK

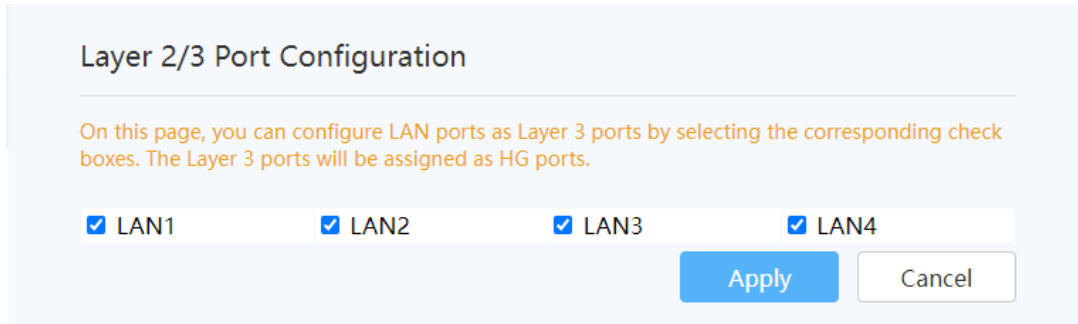
Encryption Mode: TKIP&AES

WPA PreSharedKey: 12345678 Hide * (8-63 characters or 64 hexadecimal characters)

6. Configuración Wifi de una ONT.

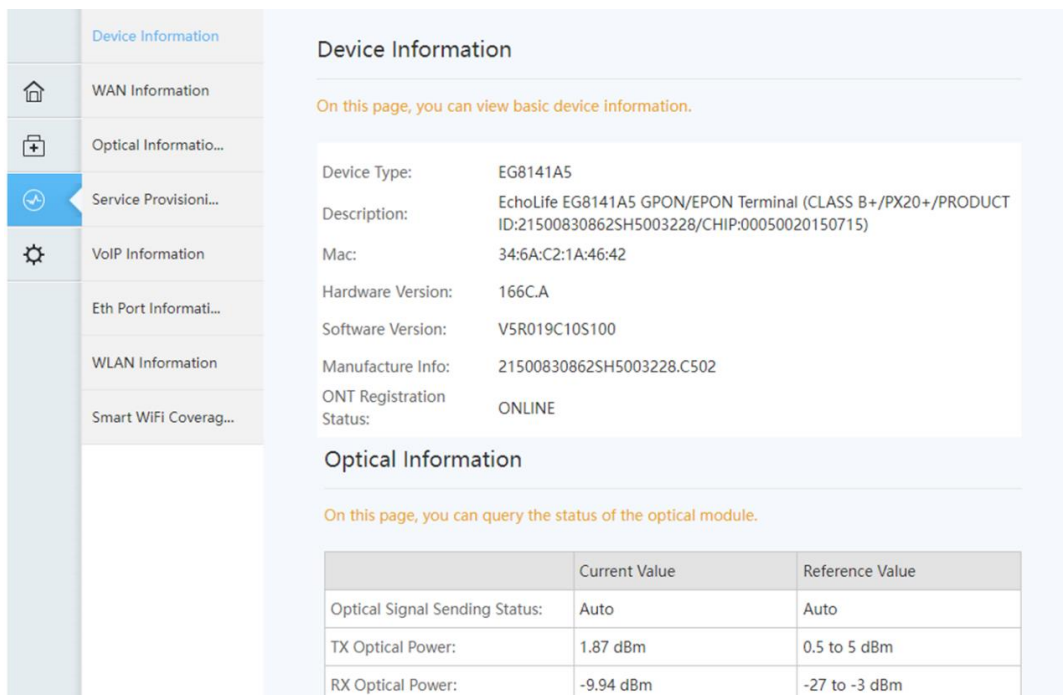
PASO 5

En la figura 7 se muestra que los pasos para habilitar los puertos LAN del equipo, para ello, dirigirse a ADVANCE CONFIGURATION > LAN > LAYER 2/3 PORT CONFIGURATION > seleccionar los puertos disponibles.



7. Habilitación de Puertos ETHERNET de una ONT.

Al conectar el PATCH CORD de fibra óptica en el módulo que se encuentra en la parte inferior del equipo y luego de la autorización del dispositivo por medio de la OLT en SYSTEM INFO debería indicarnos el estado de provisionamiento, en la figura 8 se muestra el resumen del registro (online), además de incluir información como la potencia RX y TX del enlace.



	Current Value	Reference Value
Optical Signal Sending Status:	Auto	Auto
TX Optical Power:	1.87 dBm	0.5 to 5 dBm
RX Optical Power:	-9.94 dBm	-27 to -3 dBm

8. Información detectada por la ONT en base a la potencia de la OLT.

3. ETIQUETAS DE IDENTIFICACIÓN

En esta sección del documento se adjunta los códigos de las etiquetas colocadas en el desarrollo del proyecto, cada código se formuló en base a: tipo de equipo, serie, numero de puerto, nombre de cable, numeración, capacidad de hilos, orientación, etc. A continuación, en la tabla 1 de esta sección del documento muestra cada una de las abreviaciones usadas y ejemplos de las etiquetas, a su lado derecho se muestra sus especificaciones.

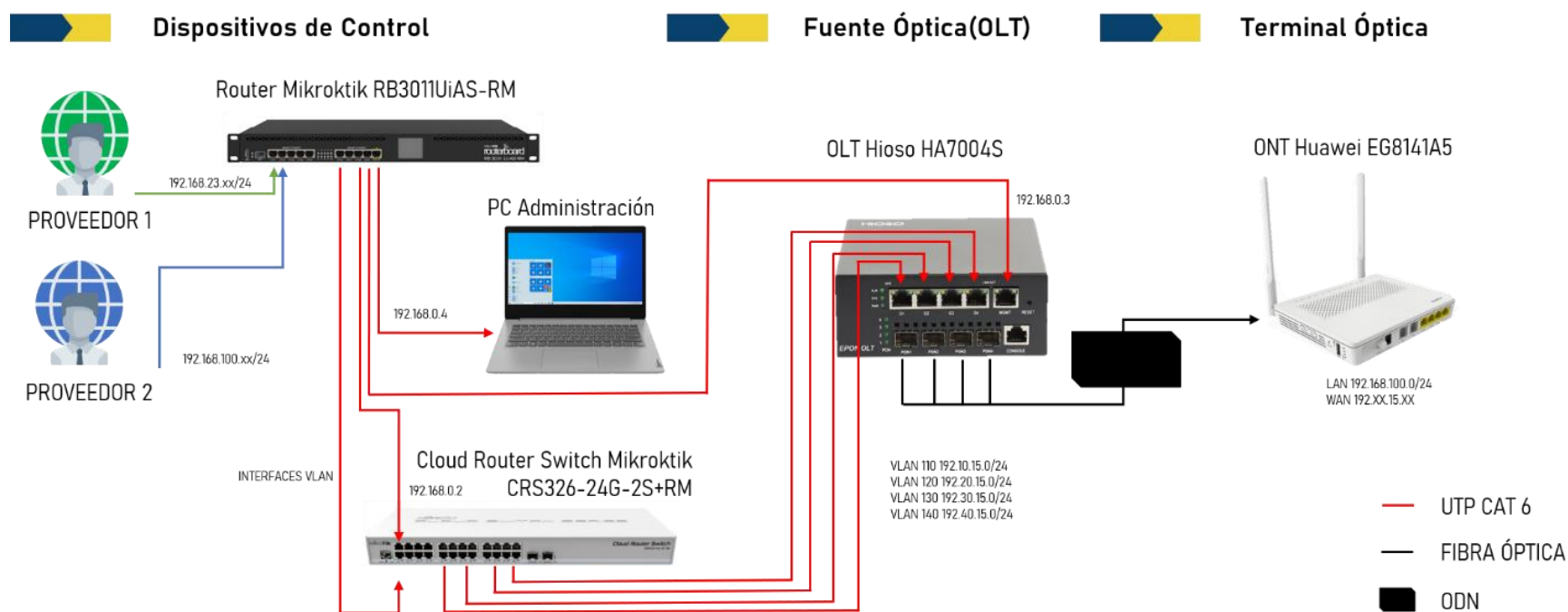
#	Código	Detalle
1	RB_P.# Ejemplo: <i>RB_P.01</i>	RB = Router administrador serie 3011 de la marca Mikrotik. P.## = Numero de puerto Ethernet usado.
2	HPE_P.# Ejemplo: <i>HPE_P.01</i>	HPE = Switch no administrable serie HPE 1420 de la marca Aruba. P.## = Numero de puerto Ethernet usado.
3	TLWR_P.# Ejemplo: <i>TLWR_P.01</i>	TLWR = Router wifi serie TL-WR845N de la marca Tp-Link. P.## = Numero de puerto Ethernet usado.
4	CRS_P.# Ejemplo: <i>CRS_P.01</i>	CRS = Cloud Router Switch administrable de la marca MikroTik P.## = Numero de puerto Ethernet usado.
5	TLFC_311# Ejemplo: <i>TLFC_311A</i>	TLFC = TRANSCEIVER o convertidor de medios de la marca TP-LINK, serie 311#, donde 311A es emisor y 311B es el Receptor.
6	OLT_ETH.# Ejemplo: <i>OLT_ETH.G1</i>	OLT = Línea terminal Óptica Hioso de la serie HA7004S. ETH.## = Numero de puerto ETHERNET usado en la OLT.
7	OLT_PON.# Ejemplo: <i>OLT_PON.1</i>	OLT = Línea terminal Óptica Hioso de la serie HA7004S. PON.# = Numero de puerto PON usado en la OLT.
8	ODF_P.# Ejemplo: <i>ODF_P.1</i>	ODF = Distribuidor de fibra óptica de 48 puertos con acopladores SC/APC. P.# = Numero de puerto del ODF usado.
9	ADSS_NOMBRE.#_#H_B#.H#(LADO.#) Ejemplo: <i>ADSS_FEEDER.01_48H_B1.H1(LADO.A)</i>	ADSS_NOMBRE.# = Nombre y número del cable ADSS. #B = Cantidad de hilos con el que está construido el cable ADSS. B#.H# = Numero de buffer e hilo usado respectivamente acorde a la normativa ANSI/TIA/EIA 598. LADO.# = Orientación del cable usado, puede ser lado A o B.
10	SPLIT_IN.#:OUT.# (IN/OUT) Ejemplo: <i>SPLIT_IN.2:OUT.4</i>	SPLIT = SPLITTER redundantes o de una entrada con salidas balanceadas. IN.# = Corresponde a la cantidad de entradas que dispone el SPLITTER. OUT.# = Corresponde al número de salidas que dispone el SPLITTER.
11	MÓDULO.TIPO_#.# Ejemplo: <i>DWDM.PGT_A.1</i>	MÓDULO. = Corresponde al nombre del módulo didáctico usado. TIPO_#.# = “Tipo” es reemplazado por el elemento usado, puede ser: cordón óptico (PGT) o también puente óptico (PTH), el primer # indica el lado, mientras que el segundo # corresponder al número del cordón o puente óptico respectivamente.
12	EQUIPO_TIPO.MÓDULO Ejemplo: <i>ONT_WIFI.MSAN</i>	EQUIPO_TIPO = Corresponde al tipo de dispositivo instalado en el módulo didáctico para comprobar el acceso a internet. Por otra parte, TIPO indica si es dispositivo es bridge o wifi.

1. Código y significado de etiquetas.

4. ESQUEMA DE LA RED DE CONTROL DE DATOS


En esta sección se muestra las conexiones que requiere tener el proyecto para tener comunicación de los equipos de control que se encuentran en el bastidor número cinco, hasta llegar a los equipos terminales ópticos a través de la ODN.

En la figura 1 se muestra que el router RB3011 cuenta con dos entradas de servicio (Proveedor ISP) en sus puertos uno y dos, mientras que el puerto seis es una salida de servicio que se conectará al puerto uno del cloud router switch, el cual derivará todas las redes Vlan a través del puerto 9 en adelante, de tal modo que se interconecte con los puertos de red de la OLT dependiendo del tipo de ejercicio que se requiera hacer en la práctica. El puerto ocho, nueve y diez del RB3011 serán para la administración de demás equipos.



1. Esquema general de la red de control de datos

5. REPORTE DE PLAGIO



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS-KEVIN-GUTIERREZ 23 Junio

4% Textos sospechosos


3% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS-KEVIN-GUTIERREZ 23 Junio.docx
ID del documento: 9fd5c2d43c7f50c5a9c9b50a4d12f7f396647d2
Tamaño del documento original: 90,91 MB

Depositante: FERNANDO VNICIO CHAMBA MACAS
Fecha de depósito: 27/6/2024
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 27/6/2024

Número de palabras: 49.724
Número de caracteres: 308.984

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8877/1/AUPSE-TET-2022-0004.pdf 31 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (559 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8876/1/AUPSE-TET-2022-0003.pdf 23 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (330 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8736/AUPSE-TET-2015-003.pdf.txt 19 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (149 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5360/1/AUPSE-TET-2020-0006.pdf 15 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (153 palabras)
5	Documento de otro usuario #228455 El documento proviene de otro grupo 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (70 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #072648 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
2	Documento de otro usuario #146618 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
3	repositorio.uisrael.edu.ec http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47020/1645/1/AUISRAEL-EC-ELDT-378.242-2018-053.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
4	refracciondeluzcolegiobase.blogspot.com Refracción de la luz http://refracciondeluzcolegiobase.blogspot.com/2014/05/la-refraccion-de-la-luz-articulo.html	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
5	bibdigita.lepn.edu.ec https://bibdigita.lepn.edu.ec/bitstream/15000/17372/3/CD-7670.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <http://192.168.0.88>
- <https://www.prored.es/la-propagacion-de-la-luz/>
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbases/phyopttotint.html>
- <https://www.emb.d/electroindustria/articulo.mvc?xid=444&n=10-gigabit-ethernet-sobre-fibra-optica-estandar-ansi/tia/ela-568-b3-1-y-aplicaciones-ieee-8023ae>
- https://www.comtech.co.th/wp-content/uploads/2022/08/feismo.com-cabling-standard-tia-598-a-fo-cable-color-codingpdf_pr_38afd9168636acceb42598290a367939.p...

195

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] I. Arellano Daste, «El sistema de gobernanza en el marco regulatorio de la red global de cables submarinos de fibra óptica,» UCE, Quito, 2022.
- [2] C. Luz Álvarez, «Derecho de las Telecomunicaciones,» TEMIS, Bogotá, 2022.
- [3] V. A. Corani Ortega, «Sistema Telefonico Analogico y Digital Unificado,» UMSA, La Paz, 2017.
- [4] O. J. Romero, «Telecomunicaciones y dependencia en América Latina: retos para la integración autónoma,» *Controversias y Concurrencias Latinoamericanas*, 2019.
- [5] E. A. Rivero, «La televisión distribuida en internet y la privatización de los contenidos públicos periféricos,» *Eptic*, 2021.
- [6] Á. Calvo, «POLÍTICA INDUSTRIAL, MULTINACIONALES Y DESARROLLO REGIONAL EN ESPAÑA. LA IED EN LA INDUSTRIA DE LA FIBRA ÓPTICA A FINALES DEL SIGLO XX,» GEO Crítica, Barcelona, 2020.
- [7] F. J. Cifarelli, «La fibra óptica como cimiento del 5G,» UAI, Buenos Aires, 2022.
- [8] J. L. Ponce López, Estado actual de las tecnologías de la información y comunicación en las Instituciones de educación superior en México, CDMX: ANUIES, 2021.
- [9] W. P. Cruz Valverde, «Guía Digital para el análisis y resolución de fallas en la Operación & Mantenimiento de una Red GPON desde la NAP hasta el cliente, para los ISPs.,» Universidad Tecnológica Israel, Quito, 2018.

- [10] J. C. Restrepo Marín, «Manual de mantenimiento preventivo de redes de planta externa GPON para técnicos de la empresa Velonet,» Universidad de Antioquia, Medellín, 2022.
- [11] L. E. Chico Analuisa, «GESTIÓN Y CALIDAD DE SERVICIO PARA UNA RED IPTV CON TECNOLOGÍA GPON,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2021.
- [12] E. R. Guamán Castro, «Módulo experimental de laboratorio para detectar fallos en enlaces de fibra óptica monomodo por reflectometría óptica en el dominio del tiempo, a través de un OTDR,» Universidad Tecnológica Israel, Quito, 2020.
- [13] M. E. Juma Chimbo y C. A. Chacón Pizarro, «Diseño, implementación y evaluación de redes GPON y EPON para CITYCOM CIA.LTDA,» Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2021.
- [14] A. V. Pardo Rios y B. D. Santos Suarez, «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,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 2020.
- [15] R. Cortés Cortés, «Diseño de una red de telecomunicaciones con acceso satelital de bajo costo para la poblaciones rurales,» Universidad Cooperativa de Colombia, Bogota, 2023.
- [16] B. . A. Caisaguano Villa, «Coexistencia de la tecnología WIFI y LIFI en la transmisión de datos de las comunicaciones inalámbricas mediante el diseño e implementación de las dos tecnologías,» Escuela superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2018.
- [17] L. E. Quilumba Guanoluisa y D. E. Pulloasing Changoluisa, «Estudio comparativo de tecnologías de comunicación inalámbrica en la transmisión del consumo de agua residencial.,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2021.

- [18] Á. L. Mosquera Chiva, «Estudio y análisis de las nuevas tecnologías 802.11ax y 5G para el desarrollo del internet de las cosas.,» Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2019.
- [19] F. J. Shagñay Iguasnia, «Diseño de una red de comunicación inalámbrica para la transmisión de la información de las estaciones metereológicas del Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente.,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [20] B. A. Lopez Flores, «En análisis y la transmisión de señales,» Universidad Nacional de Educación, Lima, 2021.
- [21] B. E. Vasconez Buñay, «Diseño y evaluación de una arquitectura para la red de comunicaciones que utiliza el sistema SCADA, para optimizar procesos y recursos en una empresa petrolera.,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [22] R. A. Basurto Caiza y L. X. Jaramillo Alvarado, «Diseño e implementación de un módulo didáctico para pruebas físicas y simuladas, utilizando cables tipo coaxial y UTP para uso de estudiantes de la carrera de ingeniería en telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana,» Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2020-2021.
- [23] R. A. Pinto y A. F. Cabezas, «Sistemas de Comunicaciones Ópticas,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogota, 2014.
- [24] M. L. Agosto Duarte y F. S. Guerrero Culqui, «Dieño e implementación de un modulo educativo de fibra óptica para desarrollo de prácticas en el laboratorio de comunicaciones ópticas,» Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2020.
- [25] W. Llive Carillo, R. Jimenez Paute y E. Yánez Ramirez, «Jugando con los polarizadores - una propuesta de un laboratorio didáctico interdisciplinario sobre la luz polarizada,» Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, 2021.

- [26] D. Alustiza, A. López, M. Mineo, N. Russo y Y. Villagram, «Introducción a los sensores de fibra óptica para el monitoreo de salud de estructuras civiles,» Ingenio Tecnológico UTN, La Plata, 2022.
- [27] C. A. Castro Juarez, «Diseño E Implementación De Fibra Óptica Para La Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur,» Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur , Villa El Salvador, 2019.
- [28] M. V. Maisincho Anchapanta, «Diseño para la implementación de la red FTTH para el servicio de internet provisto por la empresa IPLANET S.A. en YARUQUÍ y TABABELA mediante la evaluación de estándares PON.,» Universidad Israel, Quito, 2019.
- [29] W. P. Álvarez Samaniego, «Deducción de ecuaciones de Fresnel y análisis de resultados,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2023.
- [30] J. L. Martínez, «La propagación de la luz en la fibra óptica,» 20 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.prored.es/la-propagacion-de-la-luz/>. [Último acceso: 1 Junio 2023].
- [31] N. Olmo, «Reflexión Interna Total,» [En línea]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/totint.html>. [Último acceso: 2 Junio 2023].
- [32] D. F. Lapo Zhanay, «Diseño de un red GPON para la ciudad de Loja, sector Suroccidente,» Universidad Técnica de Loja, Loja, 2015.
- [33] R. A. Fajardo Andrade, 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, Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2018.
- [34] N. P. Flores, «Electro industria,» Microbyte, 2018. [En línea]. Available: <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=444&ni=10-gigabit-ethernet->

sobre-fibra-optica-estandar-ansi/tia/eia-568-b3-1-y-aplicaciones-ieee-8023ae.
[Último acceso: 2023].

- [35] AMP, «commtech,» NDS, 2022. [En línea]. Available: https://www.commtech.co.th/wp-content/uploads/2022/08/feismo.com-cabling-standard-tia-598-a-fo-cable-color-codingpdf-pr_38afd9168636acceb42598290a367939.pdf.
- [36] J. J. Sánchez Pico, «Desarrollo de la red FTTH con tecnología GPON de la empresa Alfatel para la ciudad el Ángel provincia del Carchi,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2021.
- [37] I. B. Tenecora Mejía , «Evaluación del proceso de migración de tecnología ADSL a fibra óptica bajo el estándar G.984.x GPON. Caso de estudio Macas, Morona Santiago,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [38] A. S. Vargas López, «Diseño de redes ODN para GPON en el sector Las Pitás de la ciudad de Loja,» Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 2019.
- [39] Á. O. G, «Universidad de Panamá,» 2016. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/61691757-Tesis-de-maestria-redes-gpon-ftth-evolucion-y-puntos-criticos-para-su-despliegue-en-argentina-por-alvaro-osorio-g.html>.
- [40] S. A. Yungán Pasto, «Evaluación de parámetros de QoS en la transmisión de voz, video y datos de una red FTTH utilizando el estándar G.984.X,» Escuela Superior politénica de Chimborazo, Riombamba, 2019.
- [41] soportexlan, «Soportelan,» Soportelan, 29 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://soportelan.com/2020/12/29/ansi-tia-568-0-d/>. [Último acceso: 15 Junio 2023].
- [42] LEVITON, «LEVITON,» [En línea]. Available: <https://www.leviton.com/es/support/contact-us/product->

support/networking/support-library/estandares-industriales. [Último acceso: 15 Junio 2023].

- [43] «Fluke Networks,» Fluke Networks, [En línea]. Available: <https://es.flukenetworks.com/content/new-loss-budget-values-reference-grade-connectors-ansitia-5683-d>. [Último acceso: 15 Junio 2023].
- [44] «CABLING,» CABLING, 8 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.cablinginstall.com/standards/article/14035859/tia569e-telecom-pathways-and-spaces-standard-published>. [Último acceso: 15 Junio 2023].
- [45] E. Quisnancela y N. Espinosa, «Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x,» ENFOQUE, Quito, 2016.
- [46] Á. J. Maldonado Peñafiel y J. F. Panchana Conforme, «Diseño e Implementación de Módulos Didácticos para redes de planta externa GPON en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena,» Upse, La Libertad, 2022.
- [47] Gerencia de Ingeniería, «Normativa de Diseño de la ODN,» Corporación Nacional de telecomunicaciones, 2017.
- [48] Gerencia de Ingeniería, «Normativa técnica de diseño de planta externa con fibra óptica (ODN - Optical Distribution Network),» Corporación Nacional de telecomunicaciones, 2017.
- [49] Gerencia de Ingeniería, «Normativa técnica de diseño y construcción de redes de distribución interna GPON FTTH en edificios y urbanizaciones,» Corporación Nacional de telecomunicaciones, 2017.