



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Análisis reflectométrico de la degradación de los niveles ópticos en la red aérea
monomodo tipo ADSS G655 del enlace Pasaje – Santa Rosa**

AUTOR:

ING. MEDINA SARANGO, LUIS ALFONSO

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO

Guayaquil, Ecuador

20 de Julio del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster **MEDINA SARANGO, LUIS ALFONSO** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

MSc. Edwin Fernando Palacios Meléndez

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, a los 20 días del mes Julio del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Medina Sarango, Luis Alfonso**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “**Análisis reflectométrico de la degradación de los niveles ópticos en la red aérea monomodo tipo ADSS G655 del enlace Pasaje – Santa Rosa**”, previa a la obtención del grado Académico de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación en mención.

Guayaquil, a los 20 días del mes Julio del 2018

EL AUTOR

Ing. Medina Sarango, Luis Alfonso



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Medina Sarango, Luis Alfonso**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulado: “**Análisis reflectométrico de la degradación de los niveles ópticos en la red aérea monomodo tipo ADSS G655 del enlace Pasaje – Santa Rosa**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 20 días del mes Julio del 2018

EL AUTOR

Ing. Medina Sarango, Luis Alfonso

REPORTE URKUND

URKUND

Lista de fuentes Bloques Fernando Palacios Meléndez (edwin_palacios)

Documento	TESIS Luis Medina 16-05-18 rev.3.docx (D39098876)
Presentado	2018-05-23 21:51 (-05:00)
Presentado por	luisinmedi@gmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	TESIS LUIS MEDINA Mostrar el mensaje completo

1% de estas 39 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

<https://telecomunicaciones2.webnode...>

<http://repositorio.upct.es/bitstream/han...>

<http://www.c3comunicaciones.es/Docu...>

<https://docslide.us/documents/edicione...>

<http://docplayer.es/4570432-Otdr-y-olts-...>

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream...>

<https://dokumen.tips/documents/fibras-...>

Reiniciar Exportar Compartir

1 Advertencias

SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN
TELECOMUNICACIONES

TEMA: "ANÁLISIS REFLECTOMÉTRICO DE LA
DEGRADACIÓN DE LOS NIVELES ÓPTICOS EN LA RED
AÉREA MONOMODO TIPO ADSS G655 DEL ENLACE PASAJE
- SANTA ROSA"

AUTOR ING. LUIS ALFONSO MEDINA SARANGO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
GRADO DE MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR: MSC. EDWIN FERNANDO PALACIOS MELÉNDEZ

Guayaquil, a los 19 días del mes Marzo del 2018

Dedicatoria

Dedico este trabajo en primer lugar a **Dios** por darme la fortaleza y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis Padres, por ser el pilar fundamental y más importante en mi vida y por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones, sé que este momento es tan especial para ustedes como para mí.

A mis hijos por su paciencia, por robarme su tiempo y por su amor infinito que con un te quiero llenan de alegría y son la razón de que me levante cada día para esforzarme por el presente y el mañana. Son mi principal motivación.

A mi esposa Andrea que has estado conmigo brindándome todo su amor y de forma desinteresada, estas presente incluso en los momentos más turbulentos, este trabajo no fue fácil, pero estuviste motivándome y siendo mi inspiración siempre y creyendo en mí.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por permitirme culminar cada una de las metas que me he propuesto en el transcurso de mi vida, siendo este proyecto una de ellas.

Así mismo un agradecimiento especial a mis padres, hijos y esposa por siempre brindarme ese apoyo incondicional que me han permitido poder culminar con satisfacción mis estudios de maestría que siempre ha sido una de mis metas más anheladas en realizar.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

MSc. Edwin Fernando Palacios Meléndez

TUTOR

f. _____

MSc. Manuel Romero Paz

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____

MSc. Celso Bohorquez Escobar

REVISOR

f. _____

MSc. Luis Cordova Rivadeneira

REVISOR

ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras	XII
Índice de Tablas	XV
Resumen.....	XVII
Abstract	XVIII
Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.	19
1.1. Introducción.....	19
1.2. Antecedentes.....	19
1.3. Definición del problema	20
1.4. Justificación del Problema a Investigar.	21
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo General.	21
1.5.2. Objetivos específicos.....	21
1.6. Hipótesis	21
1.7. Metodología de investigación.	21
Capítulo 2: Fundamentación Teórica.	23
2.1. Características de la fibra óptica.	23
2.2. Tipos de fibra óptica.....	23
2.2.1. Ventajas de la tecnología de la fibra óptica.....	24
2.2.2. Desventajas de la fibra óptica.....	25
2.3. Estructura de la Fibra Óptica	25
2.3.1. Fibra Monomodo.....	27
2.4. Parámetros fundamentales de la fibra óptica	28
2.4.1. Parámetros estáticos	28
2.4.1.1. Parámetros ópticos	28
2.4.1.2. Parámetros geométricos	28
2.4.2. Parámetros dinámicos	29
2.4.2.1. Atenuación	29
2.5. Cables ADSS.	30
2.5.1. Fibra Óptica G.655	31
2.5.2. Fabricantes de fibra	33
2.6. Multiplexación en Sistemas Ópticos	33

2.6.1. Evolución de Multiplexación por división en longitud de onda DWM ..	33
2.6.2. Multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM).....	35
2.7. Cálculo de enlace de fibra óptica	35
2.7.1. Cálculo del cable	35
2.7.2. Cálculo del margen.....	37
2.7.3. Cálculo de margen de enlace Me	37
2.7.4. Ancho de banda en fibras de índice gradual	38
2.7.5. Dispersión de fibra óptica monomodo	38
2.7.6. Conversión eléctrica – óptica	39
2.7.7. Emisores y receptores ópticos	40
2.7.7.1. Emisores ópticos	40
2.7.7.2. Receptores ópticos.....	42
Capítulo 3: Instalación de Cables de Fibra Óptica Aéreos.....	48
3.1. Instalación De Fibra Óptica En Postería.....	48
3.2. Especificaciones de montaje.....	51
3.3. Metodología de ejecución de la instalación de los cables aéreos	51
3.3.1. Separaciones a cables energizados	51
3.3.2. Principales equipos y herramientas en tendido aéreo	55
3.3.3. Temperatura Admisible	55
3.4. Procedimiento de regulación del cable	56
3.4.1. Regulación.....	56
3.4.2 Medida de la temperatura	57
3.4.3 Flechas.....	58
3.4.4 Controles	58
3.5. Pruebas ópticas	58
3.6. Documentación final.....	61
3.7. Reflectometría con OTDR.....	61
3.7.1. Trazas con OTDR.....	63
3.7.2. Medición en Fibra Optica.....	64
Capítulo 4: Mediciones del Enlace Óptico.....	67
4.1. Mediciones reflectométricas de construcción del enlace.	67
4.2. Resumen reflectométrico 2016	76
4.3. Resumen reflectométrico en 2017	87
4.4. Resumen reflectométrico en 2018	90

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.	91
5.1. Conclusiones.	91
5.2. Recomendaciones.	91
Referencias	93
Glosario	96
ANEXOS	97
Anexo 1: Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2012)	98
A1.2 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2013)	99
A 1.3 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2016)	99
A.1.4 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2017)	101
A.1.5 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2018)	102
Anexo 2: Proceso de Construcción red Fibra Óptica. Aéreas y Canalizadas	103
A 2.1 Proceso de mantenimiento	104
Anexo 3: Diagrama del Proceso de Mantenimiento para enlace de Fibra Optica	105
A 3.1 Proceso entre Conecel y contratista de mantenimiento del enlace	106
Anexo 4. Instalación de Open Rack y ODF, empalme en ODF	107

Índice de Figuras

Capítulo 2:

Figura 2.1: Tipos de Fibra Óptica	24
Figura 2.2: Dimensiones de una fibra óptica.....	27
Figura 2.3: Distancia máxima de enlace según tipo de fibra óptica a distintas longitudes de onda	28
Figura 2.4: Imagen del cable ADSS.....	31
Figura 2.5: Red WDM. Tx: Transmisor. Mux: Multiplexor. OA: Amplificador Óptico. Rx:.....	34
Figura 2.6: Energía absorbida por incidencia de un fotón.	40
Figura 2.7: Representación emisiones coherentes (mediante espejos)	40
Figura 2.8: Operación de un diodo Led y su corriente de polarización	41
Figura 2.9: Representación de onda de luz emitida por LED y un LD.	41
Figura 2.10: Nivel de corriente de umbral en proceso de envejecimiento	42
Figura 2.11: Proceso de generación de pares electrón – hueco (fotoportadores).....	43
Figura 2.12: Modelo de receptor óptico con detección directa	44
Figura 2.13: Modelo simplificado de detección coherente.	44

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Carrete de fibra óptica	48
Figura 3. 2: Modo de salida del cable de fibra desde el carrete	49
Figura 3. 3: Tendido aéreo en postería de red eléctrica	49
Figura 3. 4 Método tendido a poste con retención y uso de poleas de deslizamiento	49
Figura 3. 5 Método de desplazamiento del carrete.....	50
Figura 3. 6: Distancia de seguridad en postería de red eléctrica pública	53
Figura 3. 7: Distancia de seguridad en un poste de 9 metros	53
Figura 3. 8: Ejemplo de reserva en tendido aéreo de fibra óptica	54
Figura 3. 9: Ejemplo de empalme en tendido aéreo de fibra.....	54
Figura 3. 10: Prueba ópticas con el OTFR.....	59
Figura 3. 11: Bobina de disparo/lanzamiento para utilizar con el OTDR en mediciones ópticas.....	59
Figura 3. 12: Conexión de bobina de disparo y OTDR.....	60
Figura 3. 13: Traza óptica con ancho de pulso reducido	62

Figura 3. 14 OTDR generando trazas y eventos	63
Figura 3. 15: Medición real del enlace de FO	65
Figura 3. 16: Eventos con pulso de entrada y de salida	65
Figura 3. 17: Resultados de atenuaciones, reflexiones, ganancias en trazas OTDR..	66

Capítulo 4:

Figura 4.1: Traza OTDR en hilo 1 (20 Enero 2012)	67
Figura 4.2: Curva reflectométrica para hilo 12	69
Figura 4.3: Curva reflectométrica para hilo 24 de enlace óptico Pasaje-Santa Rosa.	70
Figura 4.4: Curva reflectométrica hilo 1 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (2012)..	71
Figura 4.5: Curva reflectométrica hilo 12 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (2012)	72
Figura 4.6: Curva reflectométrica hilo 24 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (2012)	73
Figura 4.7: Curva reflectométrica hilo 12 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (29-04-16).....	74
Figura 4.8: Curva reflectométrica hilo 12 de enlace óptico Pasaje-Santa Rosa (29-04-16).....	76
Figura 4.9: Curva reflectométrica hilo 22 de enlace óptico Santa Rosa- Pasaje (1-08-16).....	79
Figura 4.10: Curva reflectométrica hilo 8 de enlace óptico Pasaje- Sta. Rosa (1-08-16)	80
Figura 4.11: Curva reflectométrica hilo 23 de enlace óptico Pasaje- Sta. Rosa (1-08-16).....	81
Figura 4.12: Curva reflectométrica hilo 8 de enlace óptico Pasaje- Sta. Rosa (29-08-16).....	82
Figura 4.13: Curva reflectométrica hilo 23 de enlace óptico Pasaje-Sta. Rosa (29-08-16).....	83
Figura 4.14: Curva reflectométrica hilo 22 de enlace óptico Sta. Rosa-Pasaje (30-08-16).....	84
Figura 4.15: Curva reflectométrica hilo 21 de enlace óptico Sta. Rosa-Pasaje (25-01-18).....	89

Índice de Tablas

Capítulo 2:

Tabla 2.1: Diámetros de la fibra óptica (medidos en μm).....	26
Tabla 2.2: Características de las ventanas en fibra óptica	30
Tabla 2.3: Características definidas por la ITU-T-G.655.....	31
Tabla 2.4: Atenuaciones del cable ITU G.655	32
Tabla 2.5: Datos de fibra óptica de 3 fabricantes.	33

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Tensión nominal vs. distancia	52
Tabla 3. 2: Tabla de configuración de OTDR.....	60

Capítulo 4:

Tabla 4. 1: Informe OTDR 1550 nm para hilo 1	67
Tabla 4. 2: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12.....	69
Tabla 4. 3: Informe OTDR 1550 nm para hilo 24 enlace Pasaje-Sta. Rosa.....	70
Tabla 4. 4: Informe OTDR 1550 nm para hilo 1 enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	72
Tabla 4. 5: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12 enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	73
Tabla 4. 6: Informe OTDR 1550 nm para hilo 24 enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	74
Tabla 4. 7: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12 (2016) enlace Sta. Rosa-Pasaje ...	75
Tabla 4. 8: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12 (29-04-16) enlace Pasaje- Sta. Rosa.....	76
Tabla 4. 9: Resumen protocolo reflectométrico (30-04-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje	77
Tabla 4. 10: Resumen protocolo reflectométrico (31-07-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	78
Tabla 4. 11: Informe OTDR 1550 nm para hilo 22 (1-08-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	79
Tabla 4. 12: Informe OTDR 1550 nm para hilo 8 (1-08-16) enlace Pasaje- Sta. Rosa.....	80
Tabla 4. 13: Informe OTDR 1550 nm para hilo 23 (1-08-16) enlace Pasaje-Sta. Rosa.....	81

Tabla 4. 14: Informe OTDR 1550 nm para hilo 8 (29-08-16) enlace Pasaje-Sta. Rosa.....	82
Tabla 4. 15: Informe OTDR 1550 nm para hilo 23 (29-08-16) enlace Pasaje-Sta. Rosa	83
Tabla 4. 16: Informe OTDR 1550 nm para hilo 22 (30-08-16) enlace Sta. Rosa- Pasaje	85
Tabla 4. 17: Resumen protocolo reflectométrico (31-07-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	86
Tabla 4. 18: Resumen protocolo reflectométrico (31-12-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	87
Tabla 4. 19: Resumen de protocolo reflectométrico (31-12-17) enlace Sta. Rosa-Pasaje	88
Tabla 4. 20: Informe OTDR 1550 nm para hilo 21 (25-01-18) enlace Sta. Rosa- Pasaje	89
Tabla 4. 21: Resumen protocolo reflectométrico (31-01-18) enlace Sta. Rosa-Pasaje.....	90

Resumen

El presente trabajo de Titulación en Maestría de Telecomunicaciones realiza el análisis reflectométrico del enlace entre los cantones Pasaje – Santa Rosa en la provincia de El Oro, se emplea una metodología basado en método descriptivo por cuanto se caracteriza parámetros de la fibra óptica, es exploratorio por cuanto se debe calcular valores de atenuación de un enlace de fibra óptica, para la longitud de aproximadamente 32 kilómetros, a través del uso de coeficientes de atenuación para la fibra óptica monomodo tipo ADSS G655 y se emplea además el método empírico por el uso de equipo y herramientas para verificación de parámetros de atenuación y pérdidas de retorno para determinar el balance de pérdidas, o pérdidas admisibles previstas en estos tipos de proyectos con enlace de fibra óptica. El resultado esperado servirá como guía técnica para el área de mantenimiento de fibra óptica, ya que podrán contrastar patrones a través del tiempo; así como nuevas atenuaciones (pérdida de potencia en la luz) o verificar daños en tramos del cable de fibra óptica por casos como regeneraciones urbanas, cambio de postería, accidentes de tránsito, adición de mangas de empalme, etc. Con ello se mejoraría el servicio a la operadora (proveedor); en caso de requerir más hilos de fibra óptica por escalabilidad de su red para la implementación de nuevos servicios.

Palabras Claves: ENLACES, FIBRA, COMUNICACIONES, ATENUACIÓN, OTDR, ADSS G655

Abstract

The present work of Degree in Telecommunications Master makes the reflectometric analysis of the link between the Pasaje - Santa Rosa cantons in the province of El Oro, employing a methodology based on descriptive method as it is characterized parameters of optical fiber, is exploratory by how much attenuation values of an optical fiber link must be calculated, for the length of approximately 32 kilometers, through the use of attenuation coefficients for the single-mode optical fiber type ADSS G655 and the empirical method is also used for the use of equipment and tools for verification of attenuation parameters and loss of return to determine the balance of losses, or allowable losses foreseen in these types of projects with fiber optic link. The expected result will serve as a technical guide for the fiber optic maintenance area, since they will be able to contrast patterns over time; as well as new attenuations (loss of power in the light) or to verify damages in stretches of the fiber optic cable for cases such as urban regeneration, change of laying of poles, traffic accidents, addition of splice sleeves, etc. This would improve the service to the operator (provider); in case of requiring more fiber optic threads due to the scalability of its network for the implementation of new services.

Keywords: LINKS, FIBER, COMMUNICATIONS, ATTENUATION, OTDR, ADSS G655

Capítulo 1: Descripción del proyecto de intervención.

1.1. Introducción.

La red óptica aérea del enlace Pasaje – Santa Rosa se construyó en el año 2012 con el fin de cerrar anillos troncales y mantener enlaces de backup (red de respaldo), por posibles eventos y no quedar sin servicio de voz y datos tanto para clientes mayoristas como clientes a menor escala; después de la construcción la red empezó su operación, siendo necesario realizar mantenimientos preventivos y correctivos para mantener en buen estado y en niveles óptimos. En el transcurso del tiempo la red ha sufrido degradaciones ópticas debido a múltiples eventos (cortes) ya sean estos por accidentes de tránsito, cambio/reubicación de postería eléctrica, regeneraciones urbanas, problemas de índole natural (deslaves, derrumbes, inundaciones), entre otros aspectos más, por lo que la red sufre el aumento de empalmes (aumento de atenuación) en el enlace; es por ello que se ha visto la necesidad de realizar el análisis y verificar los niveles reflectométricos que se produce en cada eventualidad; con el fin que facilite las actividades de mantenimiento y poder dar una solución en caso de que surjan inconvenientes.

Inicialmente la red en distancia lineal entre las radiobases de Pasaje y Santa Rosa fue de 31.900 metros con 9 empalmes intermedios, adicional a ello un ODF (Distribuidor de Fibra Óptica) en cada extremo, cabe señalar que el tendido fue totalmente aéreo (postería propia y postería de empresa eléctrica), la fibra óptica utilizada en este segmento fue monomodo marca Condumex de 24 hilos, y en base a criterios de ingeniería y red de transporte con fibra óptica para servicios de telecomunicaciones en banda ancha, se proyecta emplear el tipo de fibra es ADSS de sus siglas en inglés (All Dielectric Self Support) con núcleo G655D. Este tipo de fibra óptica cumple la norma UIT-T G.655 para fibra monomodo con desplazamiento de dispersión distinta de cero o no nula. Este tipo de fibra óptica es recomendada para distancias entre 50 y 100 kilómetros

1.2. Antecedentes.

En el Ecuador las redes de fibra óptica fueron inicialmente instaladas en el año 1995, siendo los pioneros empresas como: ANDINATEL y PACIFICTEL ahora llamado CNT EP, la característica principal de la fibra óptica instalada fue canalizada

y solo se utilizaba para redes troncales, siendo solo localidades o ciudades grandes las que tenían el beneficio del servicio de conectividad.

En los años 2009 -2011 la operadora de telecomunicaciones Conecel (Consortio Ecuatoriano de Telecomunicaciones, S.A) propiedad de América Móvil (de origen mexicana) también instala su red troncal de fibra óptica en el territorio ecuatoriano teniendo como característica principal la utilización de fibra óptica canalizada.

En los años 2012 hasta la actualidad se ha realizado el tendido de fibra óptica por todas las empresas de telecomunicaciones (CNT, Conecel, Telconet, Movistar, Etapa, CNEL); con la particularidad que no solo se realiza canalizado sino también tendido aéreo (Postería), reduciendo así costos para la operación y transportación de información.

Es por ello, que en estos días prácticamente el 95% de la población del país esta intercomunicada, debido a que las redes de fibra óptica se han ampliado, donde el flujo de información viaja a velocidad de la luz ayudando a varios sectores como son el educativo, producción, mercantil, económico, etc.

1.3. Definición del problema

Cuando se trabaja con enlaces en fibra óptica es necesario realizar mediciones ópticas, tanto en la construcción como también en el mantenimiento, ya que siempre es necesario conectar nuevos equipos o utilizar distintos hilos para nuevas o futuras conexiones. Siendo un afán primordial tener todos los hilos habilitados y con atenuaciones dentro de rangos moderados con el fin de dar un servicio de calidad a cada uno de los clientes.

Para realizar las mediciones ópticas es necesario tener en cuenta el equipo que ayude a realizar las mediciones como lo es el OTDR (Optical Time Domain Reflectometer); donde es necesario realizar la configuración con parámetros ideales con respecto a la red a estudiar. Ante la no existencia de un registro o una tabla de mediciones para realizar un análisis técnico que indique el comportamiento de cada hilo, o cual es el suceso que degradó total o parcialmente la traza reflectométrica.

1.4. Justificación del Problema a Investigar.

La red área de fibra óptica del enlace Pasaje – Santa Rosa presenta varios niveles de atenuación que en el transcurso del tiempo han aumentado, en la fase de mantenimiento no se ha realizado revisiones ni mucho menos se ha emitido un criterio técnico; es por ello que la obtención de valores de atenuación del y su análisis reflectométrico ayudaría minimizar tiempo y esfuerzo en soluciones por atenuación o pérdida de potencia en tramos del cable de fibra óptica. Además, facilitaría la selección del tipo de equipos que se podrían utilizar para las diferentes conexiones.

1.5. Objetivos

Los objetivos que se han planteado para este trabajo de investigación son los siguientes:

1.5.1. Objetivo General.

Realizar el análisis reflectométrico en el enlace Pasaje – Santa Rosa con el fin de determinar el comportamiento y el nivel de atenuación o degradación que sufre la fibra óptica en dicho enlace.

1.5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la operación de la fibra óptica monomodo
- Conocer parámetros de prueba en equipos de medición OTDR.
- Verificar los niveles ópticos óptimos para el enlace Pasaje – Santa Rosa.
- Analizar niveles de reflectométricos ópticos.

1.6. Hipótesis

Con el análisis reflectométrico se logrará contribuir en el control y registro de cada uno de los eventos que se presenten en la red aérea de fibra óptica del enlace Pasaje – Santa Rosa a través de tablas de protocolos; donde la información será real y precisa para dar facilidades al personal de mantenimiento en la toma de decisiones en cada uno de los correctivos a ejecutar.

1.7. Metodología de investigación.

La metodología para este trabajo de titulación en Maestría de Telecomunicaciones se encuentra en el diseño de investigación cuantitativo y se

emplea tres métodos de investigación. Se utilizará el método descriptivo para identificar parámetros de operación de fibra óptica monomodo, equipos para su implementación, también dicho método permitirá detallar la operación del cable de fibra óptica, se emplea el método exploratorio por cuanto se mide el desempeño del tipo de cable ADSS en el enlace óptico a 32 kilómetros de longitud, se deberá recabar datos de la atenuación en dicha fibra óptica, se deberá comprobar cálculos teóricos con valores medidos con el OTDR. Finalmente se emplea el método empírico debido a que se maneja el equipo OTDR y se obtienen trazas que indican o localizan con precisión sucesos específicos en un enlace óptico cada cierto periodo de tiempo sea en uno o varios tramos de la fibra que estén fusionadas entre sí, mediante empalmes y/o conectores.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica.

2.1. Características de la fibra óptica.

La fibra óptica fue utilizada como medio en la comunicación en los años de 1966 aunque con atenuaciones muy altas, sin embargo se continuaron realizando estudios y utilizando diferentes materiales para reducir la atenuación; en 1977 la empresa Corning en sus estudios de fibra llega a disminuir más los niveles de atenuación por kilómetro y también creando las fibras ópticas monomodo, en 1983 se realizó el primer tendido aéreo a cargo de la telefónica estadounidense MCI con una pérdida por kilómetro de 2 dB; hasta la fecha con el avance de la tecnología se ha podido mejorar la pérdida de potencia o atenuaciones donde las pérdidas son menores a los 0.25 dB por kilómetro; teniendo fibras ópticas monomodo y multimodo.

La fibra óptica es un medio para transportar información, teniendo una infraestructura dieléctrica que funcionan como guías de onda para luz, el cual está rodeado a su vez por otro dieléctrico llamado revestimiento, con índice de refracción más pequeño. Un forro plástico más holgado circunda la fibra, esto con el motivo de evitar interferencias con otras guías y con el fin de proteger la fibra contra agentes químicos abrasivos; la fibra óptica llega a tener la capacidad de transmitir datos a través de pulsos de luz, sin embargo, esta luz también varía de acuerdo con las pérdidas (atenuación, distorsión) que se reflejan. Desde el año 2010 en el Ecuador la fibra óptica se utiliza de forma masiva ya que permite transportar información a largas distancias, mejorando así la velocidad y evitando tener interferencias electromagnéticas.

2.2. Tipos de fibra óptica

El cable de fibra óptica es uno de los más importantes elementos en un enlace de fibra óptica; las fibras ópticas pueden ser monomodo o multimodo (ver figura 2.1) dependiendo de la necesidad que se tenga o difiere por la aplicación que se utilice, la transmisión a través de estas fibras producen una atenuación en la señal, proporcional a la longitud y, debido a la imperfección del canal y características de la fuente; una distorsión conocida como dispersión de pulso, esta se crea y origina el ensanchamiento del pulso transmitido a lo largo de la fibra.

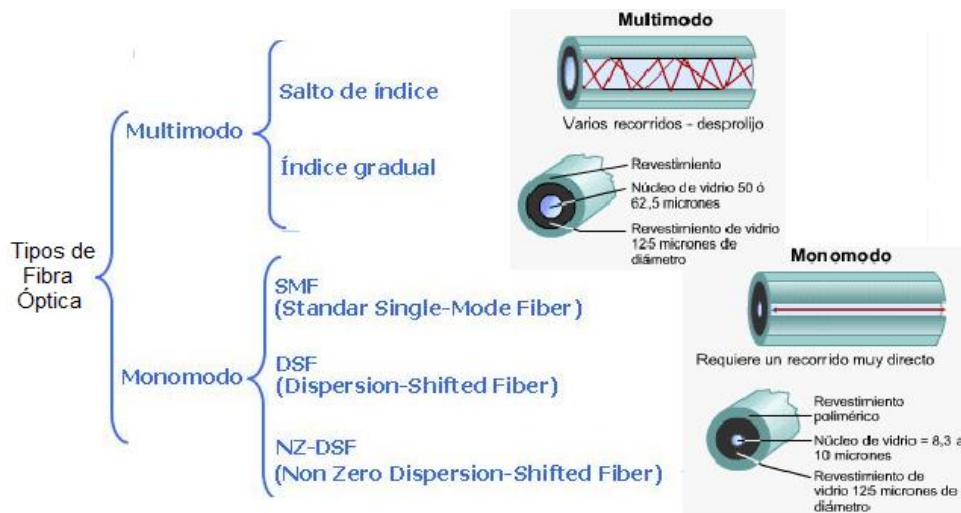


Figura 2.1: Tipos de Fibra Óptica
Fuente: (GCO, 2006). Diseño: el autor

2.2.1. Ventajas de la tecnología de la fibra óptica

- **Baja Atenuación:** El cable de fibra óptica es el medio físico con menor atenuación. Por consiguiente, es factible implementar enlaces continuos y si es necesario el uso de repetidores, este puede llegar a tener pérdidas permitidas.
- **Ancho de banda:** A través de la fibra óptica se tiene capacidad de transmisión muy elevada, además pueden propagarse simultáneamente ondas ópticas de varias longitudes de onda que se traduce en un mayor rendimiento de los sistemas. De hecho 2 fibras ópticas serían capaces de transportar, todas las conversaciones telefónicas de un país, con equipos de transmisión capaces de manejar tal cantidad de información (entre 100 MHz/Km a 10 GHz/Km) (Textos científicos, 2009).
- **Tamaño y Peso reducidos:** El diámetro de un hilo fibra óptica es idéntico al diámetro de un cabello humano. Así un cable de fibra óptica de 64 hilos posee un peso promedio de 240 Kg/km y un diámetro entre 16 a 20 milímetros (mm). Si se contrasta estos valores con los de un cable de 900 pares calibre 0.4 (peso; 4,000 Kg/Km y diámetro 40 a 50 mm) se observan ventajas de facilidad y costo de instalación. (Textos científicos, 2009).
- **Aislamiento eléctrico entre terminales:** No producen inducciones de corriente en el cable por cuanto no utiliza, componentes metálicos, por tanto, pueden ser implementados en sitios donde coexisten riesgos de suspensión eléctrica. Las señales se pueden transmitir a través de zonas eléctricamente ruidosas con muy bajo índice de error y sin perturbaciones eléctricas. (Textos científicos, 2009).

- **Nula radiación emitida:** a través de los hilos de la fibra óptica se transmite un haz de luz y es nula la radiación electromagnética por consiguiente jamás interferiría con equipos electrónicos, tampoco se ve afectada por radiaciones emitidas por otros medios, por lo tanto, constituyen el medio más seguro para transmitir información de muy alta calidad sin degradación. (Textos científicos, 2009).
- **Reducción de costo y mantenimiento:** Hoy en día la tecnología integrada en su instalación se ha reducido en los últimos años. Los costos de mantenimiento de la fibra óptica son eficientes si se lleva el registro de mediciones de potencia de un enlace óptico o del monitoreo del administrador de la red. (Textos científicos, 2009).

2.2.2. Desventajas de la fibra óptica

Se indican las siguientes:

- El costo de la fibra sólo se justifica cuando su gran capacidad de ancho de banda y la baja atenuación son requeridos.
- La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.
- Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica. (Textos científicos, 2009).

2.3. Estructura de la Fibra Óptica

Se encuentra constituida de tres elementos:

1. Centro o núcleo (Core); depende del tipo de fibra óptica, generalmente se encuentra fabricado de dióxido de Silicio (SiO_2) y dióxido de Germanio (GeO_2). Su diámetro dependerá de las características del modo de transmisión: (a) Monomodo de 8 a 10 μm , y (b) Multimodo puede medir 50 o 62,5 μm .
2. Revestimiento (Cladding); diámetro de 125 μm y construido de dióxido de silicio (SiO_2).

3. El recubrimiento primario (Coating); fabricado de material acrílico, con un diámetro de 245 μm .

La diferencia entre el núcleo y el revestimiento se encuentra en las sustancias químicas utilizadas para el dopado (como boro o germanio), que permiten variar el índice de refracción y lograr los efectos inducidos en las propiedades de propagación. El dióxido de silicio en el núcleo de la fibra es dopado con aditivos de boro y flúor para aumentar el valor del índice de refracción. En el revestimiento de la fibra óptica, el dióxido de silicio está dopado con aditivos de germanio y fósforo a fin de disminuir el valor del índice de refracción.

En la tabla 2.1 se presenta los diferentes diámetros de los componentes estructurales de una fibra óptica y su protección.

Tabla 2.1: Diámetros de la fibra óptica (medidos en μm).

NUCLEO	REVESTIMIENTO	RECUBRIMIENTO	TUBO O PROTECCION
8 a 10	125	250 o 500	900 o 2000
50	125	250 o 500	900 o 2000
62,5	125	250 o 500	900 o 2000
85	125	250 o 500	900 o 2000
100	140	250 o 500	900 o 2000

Elaborado por el autor

El tamaño de los componentes de la fibra óptica se establece con la relación; “núcleo/revestimiento”, por ejemplo, cuando se presente información de una fibra de la forma 62,5/125, entonces se determina que el núcleo tiene un diámetro de 62,5 μm y el diámetro del revestimiento tiene una medida de 125 μm . La forma de interpretación se representa en el gráfico donde se expresan las medidas del núcleo (monomodo o multimodo), del revestimiento y del recubrimiento.

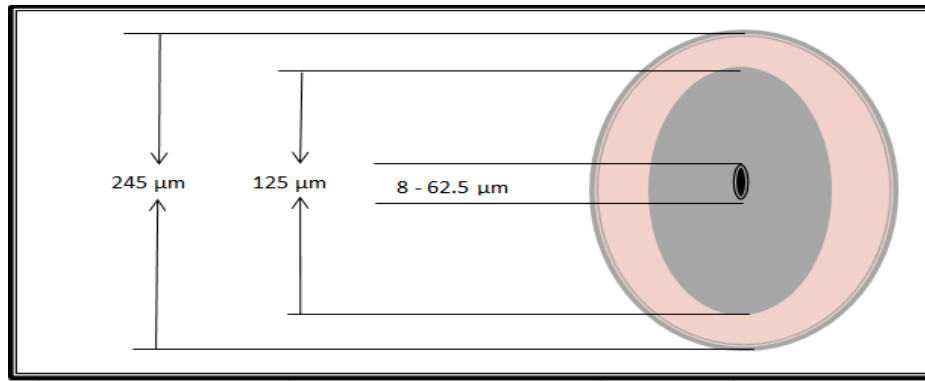


Figura 2.2: Dimensiones de una fibra óptica
Fuente: (Sapiesman, 2010)

2.3.1. Fibra Monomodo

Se detalla 3 tipos de fibra monomodo:

1. La fibra óptica monomodo o estándar, SMF (Standar Single Mode Fiber). Se caracteriza por su atenuación de aproximadamente 0,2 dB/km y una dispersión cromática de 16 ps/km·nm en la 3ª ventana (1550 nm). El portal web del Grupo de Comunicaciones Ópticas (GCO) de la Universidad de la Valladolid, señala al respecto, en la segunda ventana la dispersión es nula, pero la atenuación es mayor, casi el doble que en 3ª ventana.
2. Fibra DSF (Dispersion Shifted Fiber). El portal web ‘Tutorial de Comunicaciones Ópticas’ Nemesis/GCO, 2006) señala que la fibra DSF son fabricadas con una dispersión cromática nula en la 3ª ventana. Por contrario su atenuación aumenta levemente (0.25dB/km); y su principal inconveniente se debe a los efectos no lineales como el fenómeno de mezclado de cuarta onda (FWM) que imposibilitan la utilización de esta fibra óptica (GCO, 2006) en sistemas de Multiplexación por división en longitud de onda (WDM, Wavelength Division Multiplexing).
3. Fibra NZDSF (Non Zero Dispersion Shifted Fiber). Para resolver los inconvenientes de la fibra anterior, surge la fibra NZDSF. Estas tienen un valor de dispersión próximo a cero, pero, no nulo, para lograr contrarrestar los efectos de los fenómenos no lineales mediante la dispersión cromática. (GCO, 2006).

En la figura 2.3 se muestran distancias aproximadas entre las fibras monomodo y multimodo, las primeras son ideales para enlaces a grandes distancias.

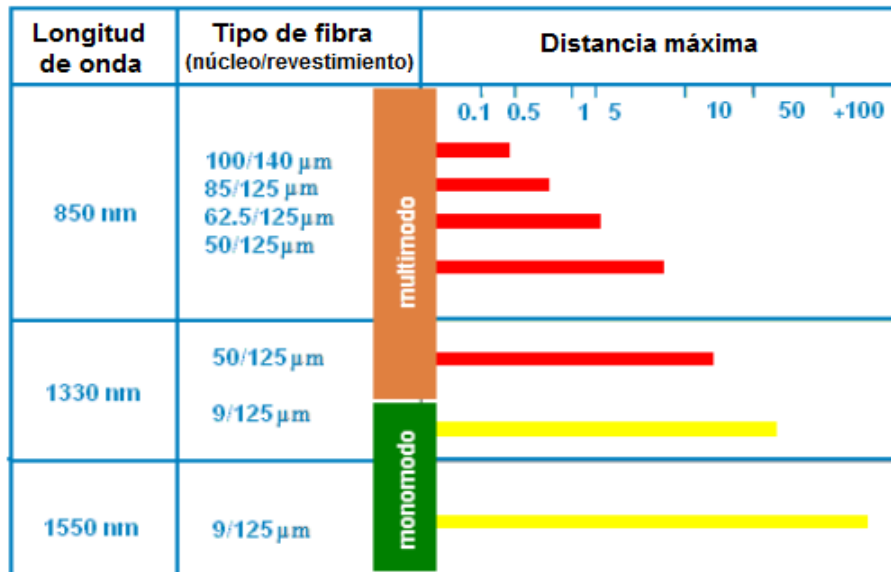


Figura 2.3: Distancia máxima de enlace según tipo de fibra óptica a distintas longitudes de onda
Fuente: (GCO, 2006)

2.4. Parámetros fundamentales de la fibra óptica

Determinan las características de funcionamiento de la fibra óptica. Se clasifican de acuerdo a los siguientes parámetros: (a) Parámetros estáticos, y (b) Parámetros dinámicos

2.4.1. Parámetros estáticos

Son parámetros que se mantienen constantes a lo largo de la fibra óptica y corresponden a las características propias de fabricación. Se establecen por sus características ópticas y geométricas.

2.4.1.1. Parámetros ópticos

Dependen de las características de reflexión de la fibra óptica. El Perfil de índice de refracción, define la variación del índice de refracción, que en sentido radial establece diferentes velocidades dependiendo del punto de incidencia. Existen dos tipos de índices de refracción; escalonado y gradual. La apertura numérica determina la cantidad de luz que puede aceptar una fibra óptica y por lo tanto la cantidad de energía que puede transportar

2.4.1.2. Parámetros geométricos

Definidos por los diámetros y excentricidades en función de la tecnología de elaboración de la fibra óptica, lo que establece su tolerancia correspondiente.

2.4.2. Parámetros dinámicos

Son las características de la fibra que afectan a la propagación de la señal

2.4.2.1. Atenuación

Pérdida de la potencia óptica en una fibra con respecto a la distancia, representada como la cantidad de luz que no alcanza el otro extremo de la fibra, por abandono o ha sido absorbida por ella, generada por factores intrínsecos y extrínsecos. Su unidad de medida es el dB o dB/Km. Los factores intrínsecos son propios de las características constructivas de la fibra, por lo tanto, no es posible eliminarlas. Los factores extrínsecos se pueden generar por una mala interconexión en conectores, una mala ejecución de empalmes, acopladores defectuosos, así como un deficiente sistema de cableado.

Los factores que inciden en la aparición de la atenuación se los establece de la siguiente forma:

- a. Atenuación por curvatura, se presenta cuando se supera el ángulo máximo de incidencia aceptable para que el haz de luz no escape del núcleo. Generado por la diferencia térmica entre el núcleo y el recubrimiento externo, provocando curvaturas de fibra dentro de la cubierta.
- b. Atenuación por tramo, medido en dB/Km, indica la pérdida por cada km, debido a las características propias de la fibra.
- c. La atenuación por empalme, generada al 'empatar' dos fibras, que puede producir diferencia entre los índices de refracción. La atenuación en un empalme será tomada en ambos sentidos para calcular una atenuación promedio. Si es tomado en un solo sentido puede generar valores negativos, lo cual indicaría que existe una ampliación de potencia, lo que no es posible en un empalme.

Sobre lo expuesto se puede establecer que los factores que generan el fenómeno de la atenuación sobre la fibra óptica aparecen durante el proceso de fabricación, así como durante la manipulación e instalación. Para el primer caso no es posible modificar las características de atenuación, en cambio para los procesos de instalación y manipulación, una correcta ejecución, permitirá disminuir los rangos de afectación en el enlace funcional.

Todos estos factores deberán ser tomados en consideración durante el proceso de diseño dependiendo de la distancia máxima entre los equipos de la red y las características de acceso y enrutamiento del enlace. La atenuación se produce por la absorción del material, es decir la conversión de la potencia en calor y por esparcimiento, esto es pérdida de luz causada por las impurezas del material. En la tabla 2.2 se muestra características de cada ventana.

Tabla 2.2: Características de las ventanas en fibra óptica

VENTANA	LONGITUD DE ONDA (λ)	UTILIZADA	PÉRDIDA
primera ventana	800 nm a 900 nm	850 nm	3 dB/km
segunda ventana	1250 nm a 1350 nm	1310 nm	0.4 dB/km
tercera ventana	1500 nm a 1600 nm	1550 nm	0.2 dB/km
cuarta ventana	1625 nm a 1800 nm	1625 nm	0.2 dB/km

Elaborado por: Autor

2.5. Cables ADSS.

Estos son cables ópticos auto-sustentados por rigurosas normas de seguridad mundial de acuerdo con las normas apropiadas de EIA / TIA, IEEE y ASTM, con la aplicación de estos se eliminó la necesidad de un cable mensajero, reduciendo costos y manejabilidad a la hora de instalar redes largas. Estos cables ópticos no son afectados por la caída de rayos ni interferencias, debido a la carencia de elementos metálicos. Los cables ópticos están recubiertos de polietileno que envuelve al cable óptico dieléctrico y al elemento de sustentación externo no metálico, lo cual aumenta el grosor del cable.

- Cordón de cobertura
- Hilos bloqueadores de humedad (Aramida)
- Refuerzo textil
- Tubo holgado relleno
- Elemento central (Alma)
- Cubierta interior PE
- Cubierta exterior PE



Figura 2.4: Imagen del cable ADSS
Fuente: (ITA, 2014)

Aplicaciones: En este tipo de cable se eliminó la necesidad de un cable mensajero, constituyendo de este modo una excelente solución para distancias largas tal como travesías de ríos y carreteras ofreciendo ventajas en costo y facilidad de instalación. Cabe recalcar que la fibra aérea no contiene mensajero por lo que necesita de herrajes especiales para retenerlo. Estos herrajes comúnmente son adquiridos de otros países ya que no son fabricados en el lugar de residencia elevando así su costo.

2.5.1. Fibra Óptica G.655

Con este tipo de fibra óptica si es posible implementar o migrar a la plataforma Multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM, Dense Wavelength Division Multiplexing), lo cual no es posible con las recomendaciones ITU-G.652 y G.653. Non-zero dispersión-Shifted Fiber (NZ-DSF), ITU-T G655 describe una fibra óptica monomodo para aplicaciones de multiplexación por división de longitud de onda WDM.

La propiedad fundamental de esta fibra es que su coeficiente de dispersión cromática es en un valor absoluto, mayor que cero en la gama de longitudes de onda 1530 a 1565 nm. Esta característica de dispersión reduce la aparición de fenómenos no lineales, que pueden ser particularmente perjudiciales en sistemas DWDM. En la tabla 2.3. se muestra las características definidas por la ITU-T recomendación G.655 para este tipo de fibra.

Tabla 2.3: Características definidas por la ITU-T-G.655

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR
ATENUACIÓN		
Atenuación a 1550 nm	dB/km	≤ 0.35
PMD		
Dispersión por modo de polarización (PMD) – fibra desnuda.	ps/km ^{1/2}	Max individual ≤ 0.1
Dispersión por modo de polarización (PMD) – fibra en el cable	ps/km ^{1/2}	≤ 0.5
DISPERSIÓN CROMÁTICA		
Dispersión cromática entre 1530 y 1565 nm	ps/nm.km	1.0 a 10 (típico 8 a 1550 nm)
Dispersión cromática entre 1565 y 1625 nm	ps/nm.km	7.5 a 13.4 (típico 12 a 1550 nm)
Longitud de onda de dispersión cero	nm	≤ 1425
MEDIDAS FÍSICAS		
Diámetro del campo modal a 1550 nm	μm	9.2 ± 0.5
Diámetro de la cubierta	μm	125 ± 1
No circularidad de la cubierta	%	≤ 1
Error de concentricidad núcleo/cubierta a 1550 nm	μm	≤ 0.6
VALORES TÍPICOS		
Índice de refracción a 1550 nm		1.4692
Longitud de onda de corte	nm	1450

Elaborado por: Autor

En la tabla 2.4 se muestra más detalles en cuanto a coeficiente de dispersión en la fibra ITU-T G.655

Tabla 2.4: Atenuaciones del cable ITU G.655

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR
Atenuación Máxima en 1310 nm	dB/km	0.4
Atenuación Máxima en 1450 nm	dB/km	0.26
Atenuación Máxima en 1550 nm	dB/km	0.22
Atenuación máxima en 1625 nm	dB/km	0.24
Coeficiente de atenuación	dB/km	≤ 0.25
Coeficiente de dispersión cromática Banda C	ps/nm/km	5.5 - 8.9
Coeficiente de dispersión cromática Banda L	ps/nm/km	6.9 - 11.4
Rango de dispersión Nula	nm	< 1406
Coeficiente de dispersión de PMD para una distancia máxima de 400 km	(ps/km)	<0.1

Elaborado por: Autor

2.5.2. Fabricantes de fibra

Para el proyecto de enlazar de forma óptica dos puntos situados a aproximadamente 32 km. dicha fibra debe responder técnicamente para cubrir distancias con la mínimas atenuaciones o pérdidas permisibles. La tabla 2.5 muestra la comparación de tres fabricantes de este tipo de cable de fibra.

Tabla 2.5: Datos de fibra óptica de 3 fabricantes.

CARACTERÍSTICAS	FURUKAWA	CORNING	ALCATEL
Rango de Longitud de onda utilizable (nm)	1525 - 1565	1525 - 1575	1525 - 1575
Máxima atenuación (dB/km)	≤ 0.22	≤ 0.22	≤ 0.3
Diámetro del campo modal a 1550 nm (μm)	9.2 ± 0.8	9.6 ± 0.4	9.2 ± 0.5
Diámetro de la cubierta (μm)	125 ± 0.7	125 ± 0.7	125 ± 1
Dispersión cromática (ps/nm.km)	2.6 ~ 6	4 ~ 8	5.5 a 10

Elaborado por: Autor

2.6. Multiplexación en Sistemas Ópticos

Para enfrentar el incremento del tráfico de datos de la última década, en un comienzo las investigaciones se enfocaron en el desarrollo de formatos de modulación avanzada y ecualización digital en el dominio eléctrico para permitir capacidades por canal superiores a los 100 Gbps con mejoras en las distancias de transmisión para sistemas tradicionales WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) (Torrego, Cigliuti, & Bosco, 2010) y (Cigliutti, Nespola, Zeolla, & et al, 2012). Sin embargo, a pesar de las altas tasas de transmisión que se pueden alcanzar en redes WDM, su granularidad rígida conlleva a una utilización ineficiente de la capacidad de la red.

2.6.1. Evolución de Multiplexación por división en longitud de onda DWM

Las redes de nueva generación se prevén como sistemas altamente heterogéneos debido a los diferentes servicios, formatos de modulación, tasas de bit y a las interfaces involucradas en la red de transporte óptico (Cai, Davidson, & Lucero, 2012). A finales del siglo pasado, la tecnología WDM surgió para abastecer las necesidades de capacidad de la época, y posteriormente, esta misma tecnología evolucionó,

permitiendo el desarrollo de canales con capacidad de 40 Gbps, y hasta los últimos dispositivos comercialmente disponibles de 100 Gbps (Cvijetic & Huang, 2012).

Un sistema WDM transmite múltiples canales de información por una misma fibra, teniendo cada canal una longitud de onda determinada, como se muestra en la figura 1. Los sistemas WDM tienen un multiplexor en el lado donde se ubican los distintos transmisores (uno por cada longitud de onda), para unir sus señales ópticas que son enviadas por un hilo de fibra y separarlas en el receptor por medio de un demultiplexor. Un multiplexor reconfigurable óptico (ROADM, *Reconfigurable optical add drop multiplexer*) es el dispositivo encargado de la multiplexación y demultiplexación en redes WDM ópticas actualmente, permitiendo tener una configuración remota (Wei, Wang, & Yu, 2012). Gracias a un interruptor/conmutador interno seleccionador de longitud de onda (WSS, *Wavelength Selective Switch*), se permite a una o múltiples longitudes de onda ser insertadas o extraídas (add/drop) de la fibra, sin la necesidad de convertir todos los canales al dominio electrónico y luego al dominio óptico de nuevo (Chen, Li, & Zhao, 2012)

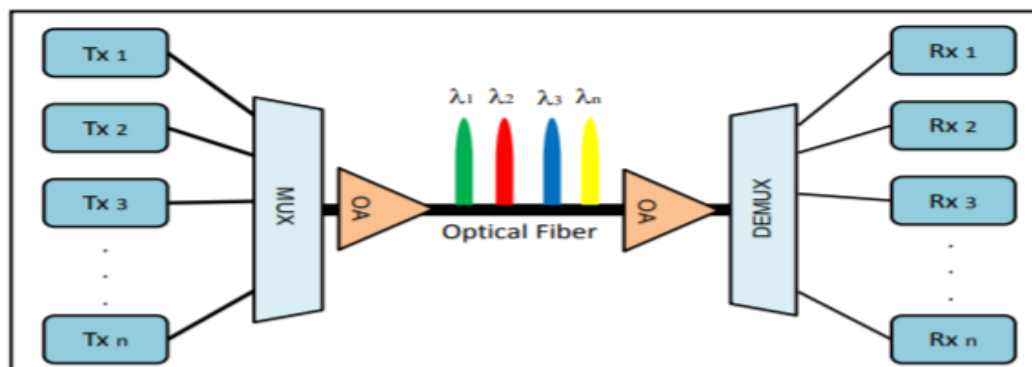


Figura 2.5: Red WDM. Tx: Transmisor. Mux: Multiplexor. OA: Amplificador Óptico. Rx: Receptor. λ : Longitud de onda.

Fuente: El autor

Los sistemas WDM actuales operan con rejillas fijas, típicamente con separación entre canales de 50 GHz según el estándar de la ITU-T G.694.1, restringiendo el ancho espectral de cada canal, el cual debe tener una banda de guarda para evitar interferencia con canales adyacentes. Para aumentar la capacidad de transmisión, con tasas de bit por canal superiores a los 100 Gbps, se ha propuesto aumentar la eficiencia espectral. Primero, por medio de los formatos de modulación, aumentando la cantidad de símbolos por unidad de tiempo, logrando superar al estandarizado QPSK con el formato 16-QAM (Noe, Panhwar, Wordehoff, & Sandel, 2014). Para interfaces de 1

Tbps, en principio como una posible solución, se propusieron formatos de modulación de grandes constelaciones como 1024-QAM de múltiples canales de una portadora (Tomkos, Palkopoulou, & Angelou, 2012).

No obstante, el aumento de formatos de modulación está restringido por el fuerte incremento de la penalidad de potencia debido a la necesidad de tener una alta OSNR para el procesamiento de la señal, lo que a su vez restringe al sistema a lograr transmisiones de pocos kilómetros. Por otro lado, aumentar la potencia de transmisión no es una solución viable debido a que se aumentan los efectos no lineales propios de la fibra óptica que afectan la transmisión.

2.6.2. Multiplexación por división en longitud de onda densa (DWDM)

En la práctica, el espectro óptico posible de ocupar en una fibra se ha establecido como una norma técnica derivada de la Recomendación ITU-T G.694.1 para sistemas DWDM y G.694.2 para CWDM. Examinando la recomendación para DWDM, por ser los sistemas idóneos para redes de larga distancia de alta capacidad, se encuentra su rejilla de frecuencia, fijada a 193.1 THz, admite una variedad de espaciamientos de canales que van desde 12.5 GHz a 100 GHz y mayores.

En la actualidad la mayor parte de la tecnología desplegada obedece a alguna de las asignaciones de canalización rígida con separaciones de canales de 12,5; 25; 50; y 100 GHz centradas en los 193,1 THz, para tasas de transmisión de 10; 40; 100 Gbps. Ya en evaluación sistemas con otras separaciones de canal para 400 Gbps y 1 Tbps. (Textos científicos, 2009).

2.7. Cálculo de enlace de fibra óptica

Es necesario considerar para una correcta planificación de las instalaciones de cables con fibras ópticas, calcular la atenuación total del enlace y el ancho de banda del cable utilizado (Pignataro & Acuña, 2017). Para el cálculo de atenuación de enlace se consideran 2 métodos: (1) Cálculo del cable de fibra óptica, y (2) Cálculo del margen de enlace con cable de fibra óptica seleccionado.

2.7.1. Cálculo del cable

Pignataro y Acuña (2017) al respecto indican que la atenuación total del cable considerando reserva será:

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c + a_r L$$

L = longitud del cable en Km.

a_L = coeficiente de atenuación en dB/Km

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en dB/Km

La reserva de atenuación (margen de enlace), permite considerar una reserva de atenuación para empalmes futuros (reparaciones) y la degradación de la fibra en su vida útil (mayor degradación por absorción de grupos OH) (Pignataro & Acuña, 2017). La magnitud de la reserva depende de la importancia del enlace y particularidades de la instalación, se adopta valores entre 0.1 dB/Km y 0.6 dB/Km. Las pérdidas en los empalmes se encuentran por debajo de 0.1 dB/Km no superan 0.5 dB/Km. (Pignataro & Acuña, 2017). El enlace será proyectado para un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de ser necesario un repetidor.

$$P_M = P_t - P_u$$

Donde:

P_M = Margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

P_t = Potencia del transmisor en dB

P_u = Potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad del receptor)

La potencia de salida del transmisor es el promedio de la potencia óptica de salida del equipo generador de luz empleando un patrón estándar de datos de prueba. (ITA, 2014) y (Pignataro & Acuña, 2017). El umbral de sensibilidad del receptor para una tasa de error de bit (BER) es la mínima cantidad de potencia óptica necesaria para que el equipo óptico receptor obtenga el BER deseado dentro del sistema digital. En los sistemas analógicos es la mínima cantidad de potencia de luz necesaria para que el equipo óptico obtenga el nivel de señal a ruido (S/N) deseado.

Por lo tanto, de la expresión de: $a_t = P_M$ Fija la máxima atenuación por Km para el cable a ser seleccionado (Pignataro & Acuña, 2017).

2.7.2. Cálculo del margen

La atenuación total en dB sin considerar reserva del cable será:

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c$$

Siendo $P_M = P_t - P_u$

El margen de enlace M_e en dB será:

$$M_e = P_m - a_t$$

Ejemplo

Se tiene un enlace para un sistema de 34 Mbits y $\lambda = 1300$ nm.

Supóngase que $L = 25$ Km y se emplean fibras ópticas de 2000 metros. por lo que se requieren 12 empalmes con atenuación promedio de 0.2 dB, los conectores de transmisión y recepción con atenuación 0.5 dB.

1.- Cálculo de la fibra

La reserva se fija en 0.3 dB/Km

Para una potencia de transmisión de 0 dB y un umbral de sensibilidad de -30 dBm (BER 10^{-9})

El margen de potencia máxima = 30 dB

Se puede elegir un cable con una atenuación menor o igual a 0.76 dB/Km

2.7.3. Cálculo de margen de enlace M_e

Supóngase una fibra con $a_L = 0.7$ dB/Km

$$a_t = La_L + n_e a_e + n_c a_c$$

$$a_t = 15 \cdot 0.7 + 12 \cdot 0.2 + 2 \cdot 0.5 = 18.74 \text{ dB}$$

Si $P_M = 30$ dB

El margen de enlace será: $M_e = P_m - a_t = 30 - 18.74$

$$M_e = 11.26 \text{ dB}$$

Será la atenuación máxima adicional permisible para degradaciones futuras del enlace.

2.7.4. Ancho de banda en fibras de índice gradual

El ancho de banda se encuentra limitado por la dispersión modal y/o del material si se usa Led con gran ancho espectral y $\lambda = 850$ nm predomina dispersión intermodal, con Diodo Laser (LD) y $\lambda = 1300$ nm predomina dispersión del material (Pignataro & Acuña, 2017). Existen varios métodos para calcular en forma aproximada la variación del ancho de banda en función de la longitud.

$$b_1 = B_1 L_1$$

Para perfil de índice gradual con ancho del sistema B y longitud L es aplicable el método de ley de potencias:

B = ancho de banda del sistema en MHz

b_1 = ancho de banda por longitud en MHz*Km

B_1 = ancho de banda del cable de fibra óptica en MHz a L_1

L_1 = longitud de fibra óptica generalmente 1 Km para B_1

L = longitud de la fibra del enlace en Km

El ancho de banda no disminuye linealmente con la longitud por la dispersión de modos se aproxima con γ (exponente longitudinal) entre 0.6 y 1 (valor empírico 0.8) (Pignataro & Acuña, 2017). Para el ejemplo de perfil de índice gradual y $\lambda = 1300$ nm el ancho de banda B para sistema de 34 Mbits es mayor o igual a 50 MHz ancho de banda de campo regulador tanto para LED como para LD (para 8 Mbits mayor o igual a 25 MHz y para 140 Mbits mayor o igual a 120 MHz).

2.7.5. Dispersión de fibra óptica monomodo

En sistemas digitales se usa diodo Laser hasta 140 Mbits/seg se desprecia el ancho de banda de la fibra monomodo ya que es GHz (ITA, 2014). Por tanto, para monomodo se calcula dispersión en lugar de ancho de banda. El ensanchamiento del pulso es: $\Delta T = M(\lambda) \Delta\lambda L$

ΔT = ensanchamiento del pulso en ps

$M(\lambda)$ = dispersión cromática en ps/nm*Km

$\Delta\lambda$ = ancho espectral medio del emisor en nm

L = longitud de la fibra en Km

Por ejemplo, para:

$$L = 25 \text{ Km}$$

$$\lambda = 1330 \text{ nm}$$

$$\Delta\lambda = 5 \text{ nm}$$

$$M(\lambda) = 3.5 \text{ ps/nm*Km}$$

$$\text{Resulta } \Delta T = 3.5 * 5 * 25 = 437.5 \text{ ps}$$

De la expresión para el cálculo de ancho de banda, el cálculo de la dispersión en sistemas encima de 565 Mbits/seg considera adicionalmente características del láser como ruido de distribución de modos (Pignataro & Acuña, 2017).

2.7.6. Conversión eléctrica – óptica

Para transmitir información mediante señales luminosas a través de un conductor (fibra óptica) se requiere que en el punto emisor y receptor existan elementos para convertir las señales eléctricas en ópticas y viceversa. En el extremo emisor la intensidad de una fuente luminosa se modula mediante una señal eléctrica y en el extremo receptor, la señal óptica se convierte en una señal eléctrica. (Textos científicos, 2009).

Para este proceso de conversión se utilizan las propiedades de los materiales semiconductores los cuales poseen dos bandas de energía, banda de valencia (nivel bajo de energía) y banda de conducción (nivel alto de energía) separadas por una distancia de energía. Un fotón (quantum de energía) tiene una energía:

$$E = h * \gamma = \frac{hV}{\lambda}$$

h = constante de Plank

γ = Frecuencia del fotón

λ = longitud de onda

V = velocidad de la luz en el medio

En el semiconductor para pasar un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción, existe energía absorbida por incidencia de un fotón. Proceso inverso se realiza para liberar fotones.

$$E = E_C - E_V$$

Donde:

E_c energía de un electrón, cuando se encuentra en la banda de conducción

E_v energía de un electrón, cuando se encuentra en la banda de valencia

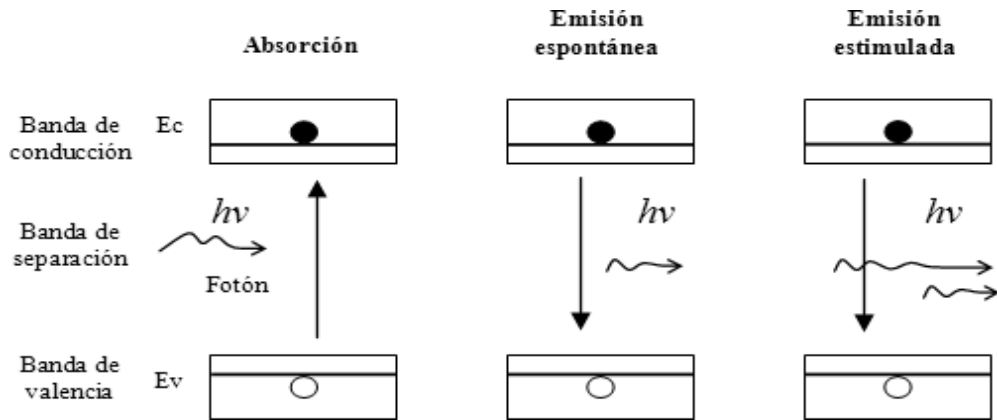


Figura 2.6: Energía absorbida por incidencia de un fotón.

Fuente: (Textos científicos, 2009)

E es una característica del material y se puede cambiar en función al contaminante empleado en el semiconductor. Cuando se libera un fotón se lo puede hacer de dos maneras: espontánea o estimulada. En la emisión espontánea no existe ningún medio externo que induzca al electrón pasar de la banda de conducción a la banda de valencia. En la emisión estimulada un fotón induce a que el electrón pase a su estado de reposo, liberando un fotón, en cuyo caso se dice que existe amplificación, si además existe retroalimentación y un elemento de selectividad, se logrará tener emisiones coherentes (mediante espejos) (Textos científicos, 2009).

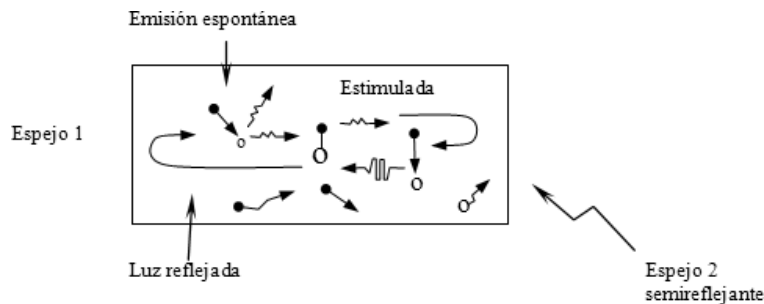


Figura 2.7: Representación emisiones coherentes (mediante espejos)

Fuente: (Textos científicos, 2009)

2.7.7. Emisores y receptores ópticos

2.7.7.1. Emisores ópticos

Existen dos clases: Diodos LED y Diodos LASER. El portal web del Instituto Tecnológico de Aguascaliente (ITA) de México, señala las siguientes definiciones:

Diodos LED. - Son fuentes de luz con emisión espontánea o natural (no coherente), son diodos semiconductores de unión p-n que para emitir luz se polarizan directamente. (ITA, 2014)

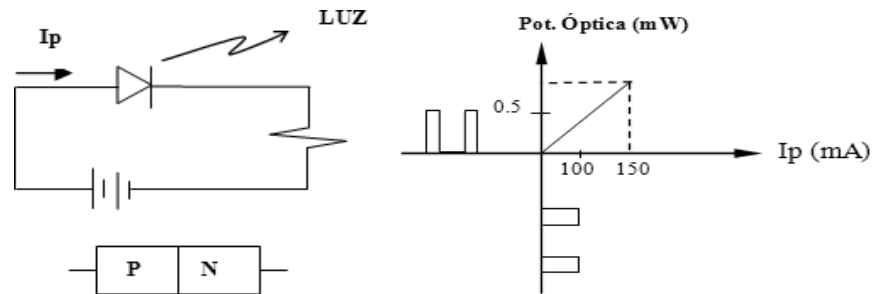


Figura 2.8: Operación de un diodo Led y su corriente de polarización
Fuente: (Textos científicos, 2009)

El haz de luz emitida a través del LED es proporcional al nivel de corriente de la polarización del diodo. La figura 2.8 muestra la representación característica de potencia óptica-corriente de polarización. (Textos científicos, 2009) e (ITA, 2014). El diodo LED puede ser de 2 tipos:

- LED de perfil que emite el haz de luz a través de la sección transversal (más direccional)
- LED de superficie que emite el haz de luz a través de la superficie de la zona activa.

Diodos LASER (LD). - Son fuentes de luz integradas por ondas luminosas con fase coherente conservando una relación de fase constante (igual fase y frecuencia). El LD emite siempre de perfil, tiene una corriente de umbral y a niveles de corriente mayor al umbral, la luz emitida es coherente, y a niveles menores al umbral del LD emite luz No coherente como si fuera un LED. (ITA, 2014). La figura 2.9 muestra la comparación de espectros emitidos por un LED y un LD.

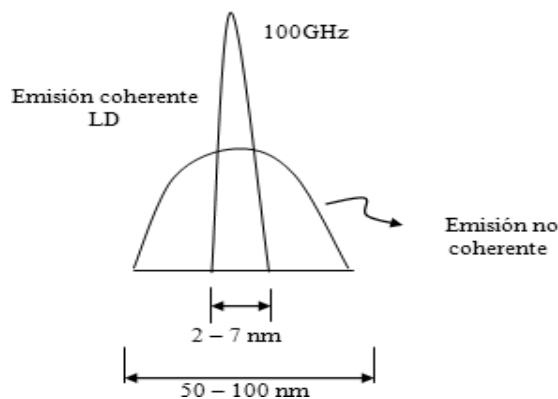


Figura 2.9: Representación de onda de luz emitida por LED y un LD.
Fuente: (Textos científicos, 2009)

Como las características de los espejos son funciones tanto de la temperatura, como de la operación; la característica potencia óptica- corriente de polarización es función de la temperatura y sufre un cierto tipo de envejecimiento. Una representación gráfica de la corriente de umbral, del proceso de envejecimiento se ilustra en la figura 2.10. (Textos científicos, 2009) e (ITA, 2014).

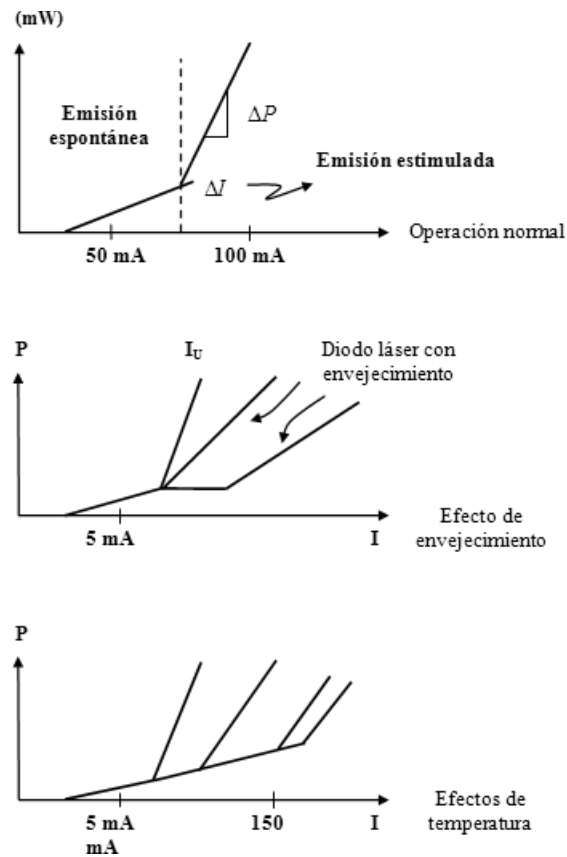


Figura 2.10: Nivel de corriente de umbral en proceso de envejecimiento
Fuente: (Textos científicos, 2009)

2.7.7.2. Receptores ópticos

La señal óptica captada por un receptor óptico contiene una portadora óptica de ésta se extraerá la información en las etapas siguientes. En sistemas de transmisión analógica el receptor óptico amplificará la salida del fotodetector y después demodularla (proceso para encontrar la información). En sistemas de transmisión digital el receptor óptico debe generar una secuencia de pulsos (unos y ceros) que contienen la información del mensaje transmitido (ITA, 2014).

Fotodetector

Convierte la potencia óptica incidente en corriente eléctrica, esta corriente es muy débil por lo que debe amplificarse. Las características principales que debe tener son:

- Sensibilidad alta a la longitud de onda de operación
- Contribución mínima al ruido total del receptor
- Ancho de banda grande (respuesta rápida)

Existen dos tipos de fotodetectores:

Fotodetectores PIN

Genera un solo par electrón-hueco por fotón absorbido. Son los más comunes y están formados por una capa de material semiconductor ligeramente contaminado (región intrínseca), la cual se coloca entre dos capas de material semiconductor, un tipo N y otro tipo P. Cuando se le aplica una polarización inversa al fotodetector, se crea una zona desértica (libre de portadores) en la región intrínseca en la cual se forma un campo eléctrico. Donde un fotón en la zona desértica con mayor energía o igual a la del material semiconductor, puede perder su energía y excitar a un electrón que se encuentra en la banda de valencia para que pase a la banda de conducción. Este proceso genera pares electrón – hueco que se les llama fotoportadores. (Textos científicos, 2009)

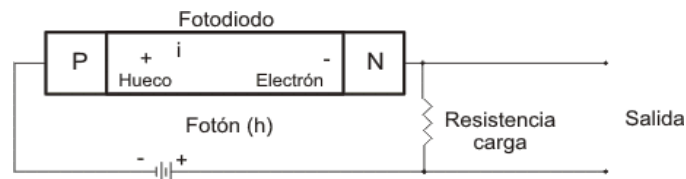


Figura 2.11: Proceso de generación de pares electrón – hueco (fotoportadores).
Fuente: (Textos científicos, 2009)

Fotodetectores de Avalancha APD

Presenta ganancia interna y genera mas de un par electrón-hueco, debido al proceso de ionización de impacto llamado ganancia de avalancha. Cuando a un fotodetector se le aumenta el voltaje de polarización, llega un momento en que la corriente crece por el fenómeno de avalancha, si en esta región se controla el fenómeno de avalancha limitando la corriente (antes de la destrucción del dispositivo), la sensibilidad del fotodetector se incrementa.

Cuando se aplican altos voltajes de polarización, los portadores de carga libres se desplazan rápidamente, con mayor energía y liberan nuevos portadores secundarios, los cuales también son capaces de producir nuevos portadores. Este efecto se llama multiplicación por avalancha (M) que está dada por:

$$M = \frac{I_T}{I_P} = \frac{1}{1 - \left(\frac{V}{V_B}\right)^n}$$

Donde:

I_T : fotocorriente total

I_P : fotocorriente primaria

V : Voltaje de polarización aplicado

V_B : Voltaje de ruptura del dispositivo

n : coeficiente

Una configuración básica es el receptor de detección directa, el fotodetector convierte el flujo de los fotones incidentes en un flujo de electrones. Después esta corriente es amplificada y procesada. (ITA, 2014).

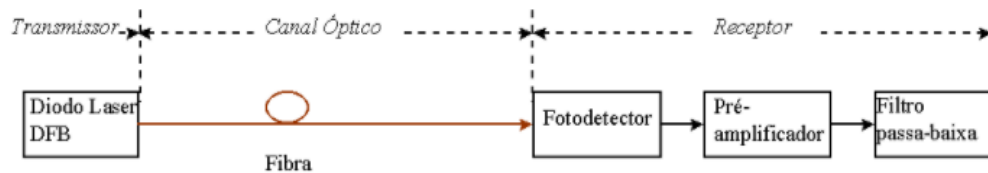


Figura 2.12: Modelo de receptor óptico con detección directa

Fuente: (ITA, 2014)

El empleo de receptores de detección coherente es una configuración más compleja, pues el nivel de potencia del oscilador local tan alto que el ruido térmico se hace mucho menor que el producto de la ‘mezcla’ entre la señal del oscilador local y la señal recibida. Véase el modelo simplificado de detección coherente en la figura 2.13.

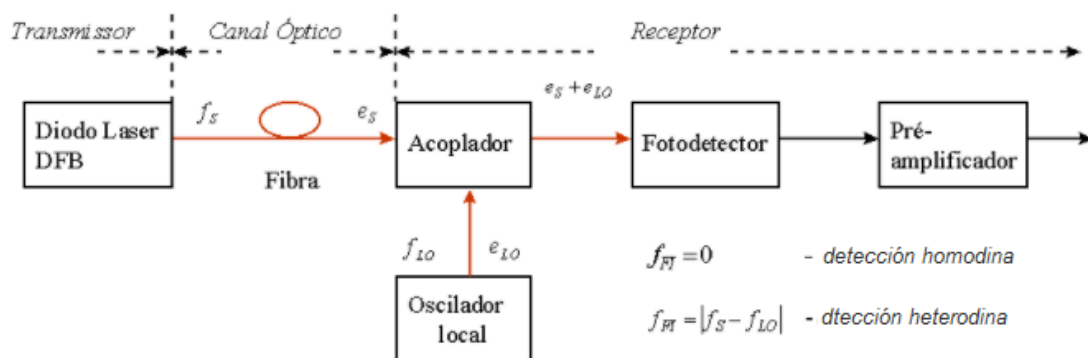


Figura 2.13: Modelo simplificado de detección coherente.

Fuente: (ITA, 2014)

En el esquema coherente del modelo simplificado la señal detectada tiene una frecuencia intermedia, dada por la siguiente expresión:

$$f_{FI} = |f_S - f_{LO}|$$

Donde:

f_{FI} es la frecuencia intermediaria

f_S es la frecuencia de la señal recibida

f_{LO} es la frecuencia del oscilador local.

En los sistemas homodinos, la frecuencia intermediaria es igual a cero y, en los heterodinos, ella es diferente de cero, es decir, el espectro está trasladado de la frecuencia óptica para la frecuencia intermediaria. Por su parte, en el sistema homodino, como la frecuencia intermediaria es nula, ocurre una concentración de las ‘energías’ de las 2 bandas laterales en la única banda existente. (ITA, 2014).

Se debe considerar que en los receptores analógicos sus parámetros a tomar en cuenta son; la linealidad o distorsión y el ancho de banda, mientras que en receptores digitales no es importante la linealidad y el ancho de banda se cambia por la máxima velocidad transferida. La potencia de ruido equivalente de un receptor óptico es siempre mayor que en la de un fotodetector sólo. Así también la relación señal/ruido para receptores ópticos analógicos y la tasa de errores (número de bits equivocados recibidos) para receptores digitales. Se debe notar que la fuente principal de ruido en el receptor es la etapa amplificadora que sigue al fotodetector. (ITA, 2014)

Así mismo hay que considerar las características eléctricas de salida. La mayoría de receptores ópticos poseen circuitos de Control Automático de Ganancia (CAG) para mantener el mismo nivel de salida cualquiera sea el nivel de entrada. Dado que el rango del nivel de entrada está limitado por el fotodetector, existe potencia máxima sobre la cual se satura y una potencia mínima que indica un valor mínimo detectable. Esto último es vital para dimensionar la máxima longitud de fibra que se puede utilizar sin uso de equipos repetidores. (ITA, 2014).

En la actualidad los receptores ópticos emplean uno de los dos tipos de detectores: el fotodiodo de avalancha APD y el diodo PIN seguido por un preamplificador de entrada FET (Transistor de Efecto de Campo). Para señales digitales binarias, el caso más común basta con 22dB de relación señal/ruido. Un APD de calidad (de bajo ruido) podría dar una sensibilidad superior. Las relaciones señal

eficaz de portadora/ruido eficaz en señales analógicas han de estar entre los 30dB y los 65dB. (ITA, 2014).

Ruido en los receptores ópticos

La sensibilidad es un parámetro de los equipos receptores la cual indica la capacidad para detectar señales de luz débiles. El límite en cuanto a detección se da cuando la suma de todas las ‘corrientes’ de ruido (cuántico, de la corriente de oscuridad, granular, térmico) iguala a la corriente de la señal a la salida del receptor.

Esta potencia equivalente al ruido suele ser sin embargo menos importante que la potencia óptica (mínima) requerida para garantizar la relación señal/ruido o tasa de error deseada (ITA, 2014). Los siguientes escenarios de ruido pueden aparecer en los receptores ópticos.

- Ruido granular en la corriente media de la señal.
- Exceso de ruido granular en la corriente media de la señal, debido al ruido en la multiplicación de avalancha.
- Ruido creado por la corriente de oscuridad del detector.
- Ruido procedente del amplificador. (ITA, 2014).

Detectores ópticos

En este tipo de equipo las señales luminosas son transformadas en señales eléctricas. En los sistemas de transmisión analógica el receptor debe amplificar la salida del fotodetector y después demodularla para obtener la información. En los sistemas de transmisión digital el receptor debe producir una secuencia de pulsos (unos y ceros) que contienen la información del mensaje transmitido (ITA, 2014). Se indican aspectos principales que debe tener:

- Contribución mínima al ruido total del receptor
- Sensibilidad alta a la longitud de onda de operación
- Aumento del ancho de banda (respuesta rápida)

Durante la absorción de la luz, cuando un fotodetector (diodo semiconductor que opera en polarización inversa) es iluminado, las partículas de energía luminosa, llamadas también fotones, son absorbidas generando pares electrón - hueco, que en

presencia de un campo eléctrico producen una corriente eléctrica. Estos dispositivos son muy rápidos, de alta sensibilidad y pequeñas dimensiones. La corriente eléctrica generada por ellos es del orden de los nanoamperios y por aquello se emplea amplificación para así ‘variar’ satisfactoriamente la señal. (ITA, 2014).

Capítulo 3: Instalación de Cables de Fibra Óptica Aéreos.

Cabe indicar que en el Anexo 2 se detalla el proceso realizado para la construcción del enlace óptico Santa Rosa-Pasaje; aéreo y canalizado. De la misma manera en Anexo 3 se especifica el procedimiento para mantenimiento y reparo de falla entre Concecel y la contratista encargada. El tendido aéreo se acomoda perfectamente al proyecto de enlace óptico Santa Rosa-Pasaje en la provincia de El Oro.

3.1. Instalación De Fibra Óptica En Postería

El procedimiento del Instructivo de instalación de cable de fibra óptica aéreo de Huawei (2009). El cual es referente para el tendido aéreo en el proyecto de enlace óptico entre Pasaje y Santa Rosa Así antes de proceder en el tendido de los cables aéreos, se inspeccionará y verificará la infraestructura de postería existente (instalada) con el fin de coordinar el número y longitudes de carretes a ser utilizado en el trayecto seleccionado. En la instalación del cable aéreo, se tendrá en cuenta las separaciones previamente determinadas que deben existir con respecto al suelo (carreteras, caminos, ríos, etc.), así como a líneas aéreas cercanas. También, se controlarán las separaciones mínimas y tendrá presente en cada caso la flecha máxima de los cables de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante.

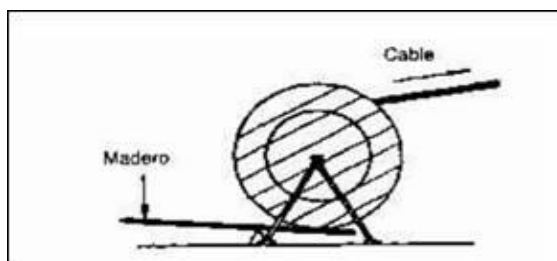


Figura 3. 1: Carrete de fibra óptica

Fuente: (Huawei, 2009)

El tambor del cable debe montarse sobre un caballete de modo que no toque el suelo. Si el trayecto de los postes tiene un declive es importante un frenado seguro, ya que el cable se puede desenrollar del tambor por su propio peso. Durante el desenrollamiento del cable debe frenarse continuamente el tambor. El frenado se efectúa mediante un madero que se introduce por debajo del disco del tambor. Debe procurarse que el cable no se frote contra los flancos de la bobina con el peligro de

rasgarlo, por ello es necesario controlar el sentido del desenrollamiento del cable para mantenerlo dentro de un eje apropiado.

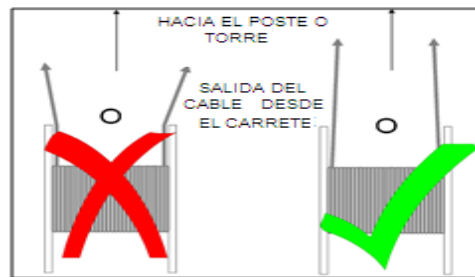


Figura 3. 2: Modo de salida del cable de fibra desde el carrete
Fuente: (Huawei, 2009)

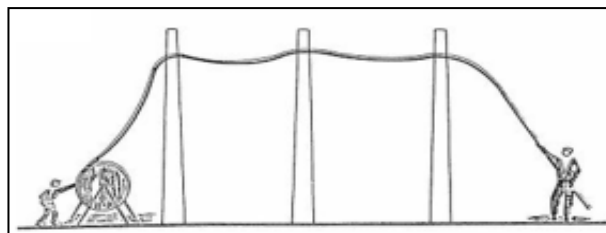


Figura 3. 3: Tendido aéreo en posterioría de red eléctrica
Fuente: (Huawei, 2009)

El cable se debe empalmar con un hilo guía o hilo tractor y se tiende al poste de retención lejano a través de poleas de deslizamiento.

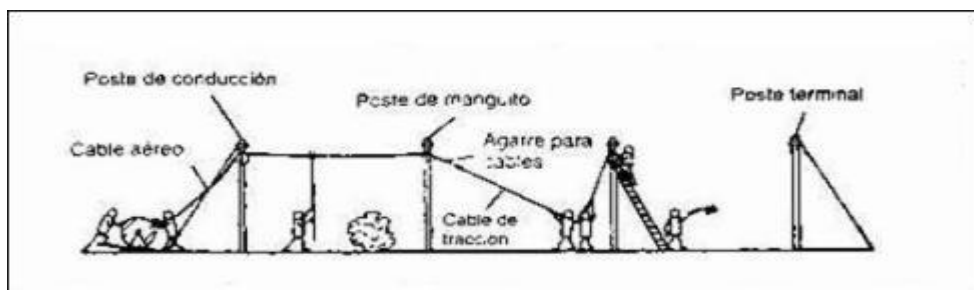


Figura 3. 4 Método tendido a poste con retención y uso de poleas de deslizamiento
Fuente: (Huawei, 2009)

Aquí se sujeta el cable en el poste que debe contener elementos de retención y se retrae al primer poste también de retención. Después de regular la flecha el cable se sujeta también en el poste entre los puntos de retención se coloca abrazaderas de suspensión (Saila, 2010). Para el tendido del cable aéreo sin dificultades se debe contar con el siguiente personal el cual no es limitativo: una persona que imparta todas las ordenes (jefe de grupo), un ayudante para el frenado del tambor, uno o dos ayudantes para tirar el cable, un técnico para la comunicación (equipo radiotelefónico ubicado con el grupo de arrastre o el jefe). Para el hilo tractor debe haber dos técnicos.

Para colocar el hilo tractor en la polea de desplazamiento se necesita de un técnico con trepadores y para los trabajos con escalera se requieren dos personas, 1 técnico y 1 ayudante. Para mantener en lo alto el cable en caso de obstáculos mediante horquillas de poste, etc.

En el cable de fibra óptica será empalmado con el hilo tractor, se realiza con un cable trenzado de alambre de acero. El diámetro del agarre para el cable debe corresponder aproximadamente a la mayor dimensión exterior del cable. Este agarre para el cable en el extremo del cable mediante un argollamiento de cinta adhesiva o una atadura de alambre (Saila, 2010). Con el hilo tractor se coloca en la primera polea de deslizamiento y se tira de él hasta el siguiente poste. Luego se pone este hilo en la siguiente polea de deslizamiento 2 y se sigue tirando de él así se procede hasta el punto de retención (el cable no debe rozar el suelo). Si al tender el cable se presentan grandes fuerzas de tracción (grandes longitudes), el cable puede tenderse también con un torno de mano o de motor, vigilando por medio de un dinamómetro la fuerza de tracción aplicada con el fin de no sobrepasar las especificaciones técnicas del fabricante.

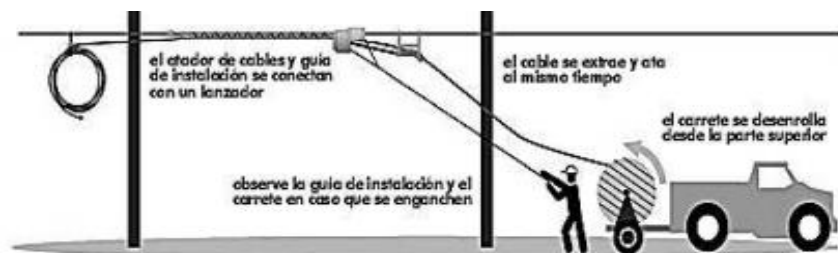


Figura 3. 5 Método de desplazamiento del carrete
Fuente: (Saltos, 2011)

El hilo tractor se tiende por las poleas de deslizamiento a través de todo el vano y se sujeta el cable según el dibujo. Luego se tiende el cable de una vez. Al tender el cable puede producirse contactos con otras líneas de abastecimiento (línea aérea de telecomunicación, líneas de energía eléctrica). En estos puntos se eleva el cable durante el tendido con horquillas de poste escalera. En los cruces o en la conducción paralela inmediata (por ejemplo, en los mismos postes), con líneas aéreas de energía eléctrica han de desconectarse estas durante el tendido. Además, las líneas aéreas de energía eléctrica se cortocircuitan y conectan a tierra en el lugar de tendido. Después de montar el cable este es instalado en los diferentes elementos de suspensión y retención de modo que se pueda regular a la flecha deseada. (Saila, 2010).

3.2. Especificaciones de montaje.

Dada la necesidad de que el cable se instale en las torres de conducción eléctrica o poste, sin ningún riesgo en particular, se determina la altura y punto ideal de instalación del cable, para lo cual se emplean los mapas de campo electromagnético para cada una de las estructuras tipo que conforman la línea. Como norma general se establece que el tendido de las líneas de telecomunicaciones se instala en el mismo lado de las líneas de baja tensión eléctrica que típicamente es el lado que da hacia la calle o acera, esto se hace por facilidades de acceso, operación y mantenimiento.

En general los menores valores de intensidad de campo electromagnético se encuentran en el eje central de la torre o poste, altura en la cual para el tipo de torres empleados se encuentran por abajo del primer brazo y entre el primero y segundo brazo de la estructura, cumpliendo de esta manera con la altura mínima de 5.50 metros del nivel del suelo. En recorridos a lo largo de las aceras la altura aceptada es mínimo 4,0 m; mientras que para cruces de calle en ciudad se establece una altura $\geq 4,5$ m; y para cruces de carretera es $\geq 5,5$ m siendo más típicamente aceptado 6,0m (en autopista); en los casos excepcionales de paso sobre ferrocarriles el mínimo es de 7,5m (NT/PE/V2/3-11). Hay que tener en cuenta que para ciertos casos es necesario recurrir a postes de mayor altura con el fin de cumplir con la norma. (Huawei, 2009).

En postes nuevos donde se colocará primeramente (o únicamente) líneas de telecomunicaciones, los herrajes (cables) pueden ubicarse a 0,80 m de la punta del poste (NT/PE/V2/3-02). Según el perfilado de la línea en cada vano se determinan las tablas de flechado y regulación establecidas por el fabricante.

3.3. Metodología de ejecución de la instalación de los cables aéreos

3.3.1. Separaciones a cables energizados

Las distancias que se indican a continuación deben respetarse para la instalación de herrajes, poleas o cualquier tipo de maniobra, que el personal debidamente entrenado deba ejecutar en el poste o en la estructura de la torre con tensión.

El cable de señal, o su cable mensajero, los accesorios y equipos auxiliares, deberán mantener una distancia mínima de 0,50 m por debajo de la red de BT. y superior a 1,5 m de la red de MT. A partir de esta distancia de separación, existirá en

el poste una zona de 0.40 m (postes de 11m) para instalación de sistemas de televisión por cable, valor agregado, telemáticos, seguridad, vigilancia y monitoreo remoto. A una distancia de 1.20 m en postes de 11 m, de la red de BT que equivaldría a una altura del piso de 5.10 m; Se tiene hacia abajo una zona de 0,60 m para la instalación de redes telefónicas.

En todos los casos deberá respetarse una distancia mínima al terreno libre de 4.90 m para la condición de flecha máxima, según las Normas del National Electrical Safety Code (NESC) mostrados en la tabla 3.1. (Huawei, 2009).

Tabla 3. 1: Tensión nominal vs. distancia

Tensión Nominal (Kv)	Acercamiento (m)
Hasta 1	0.5
Hasta 30	1.5
Hasta 110	2.0
Hasta 220	3.0
Hasta 380	4.0
Hasta 480	5.2
Hasta 720	7.2

Fuente: (Huawei, 2009).

De modo que, como se observa en la figura 3.6, se determina distancias de seguridad o ‘franjas’ en postes de 11 metros, del cual 9,2 metros, esta sobre el suelo y se entiende que cerca de 1,8 m de la altura total del poste está enterrado/plantado. Así a 5.4 metros del suelo, se debe utilizar la franja CTV/Telemáticos para tendido de cable de fibra óptica, más arriba de esta franja (0.5 metros) estará instalado el tendido de cables de baja tensión (reconocible por la posición vertical de los cables sobre un bastidor con aislador pequeño); en postes de mayor altura pueden coexistir baja y media tensión (se reconoce media tensión por su posición horizontal en bastidor con aisladores de campana).

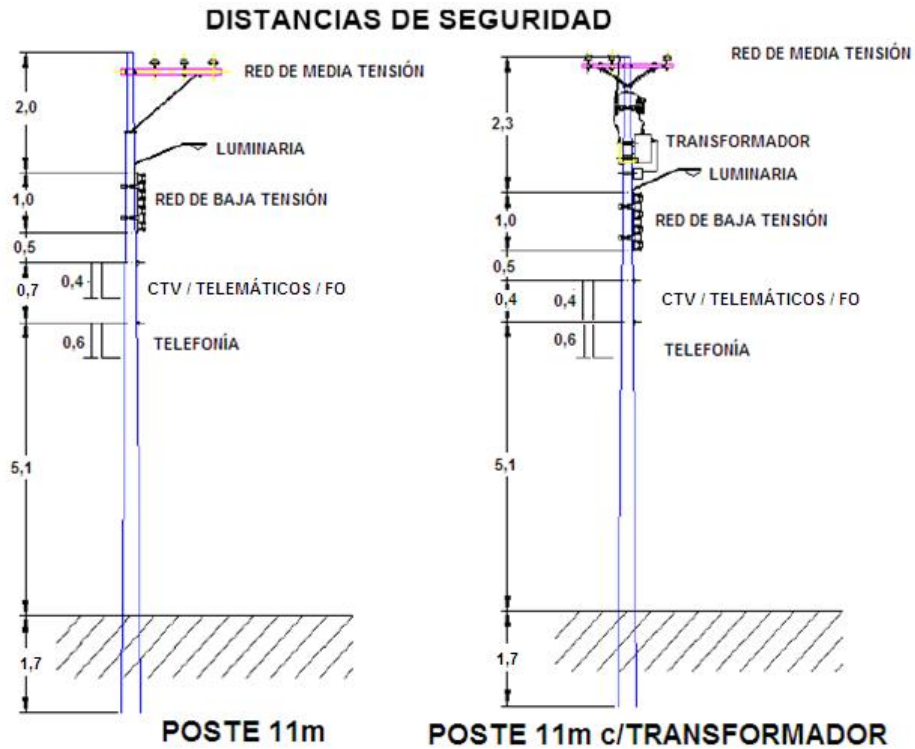


Figura 3. 6: Distancia de seguridad en postería de red eléctrica pública
Fuente: (Huawei, 2009)

Solo se instala alta tensión en postes de mayor altura en arreglos verticales de varios aisladores. En la figura 3.7 se muestra las distancias de seguridad cuando el poste es de 9 metros de alto. Así mismo aproximadamente a 5,4 se deberá utilizar la franja CTV/Telemáticos para tendido de cable de fibra óptica.

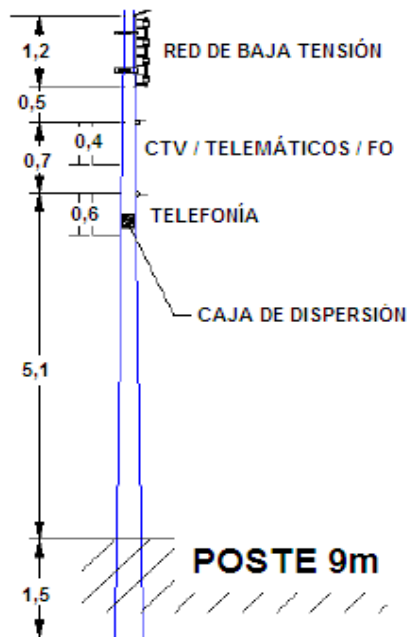


Figura 3. 7: Distancia de seguridad en un poste de 9 metros
Fuente: (Huawei, 2009)

Reservas

Utilizadas como medida de precaución en caso de que en un futuro se requiera cambiar el recorrido de la fibra o si ocurre algún corte o accidente, para poder correr el cable hasta un punto en el que se permita realizar un nuevo empalme.

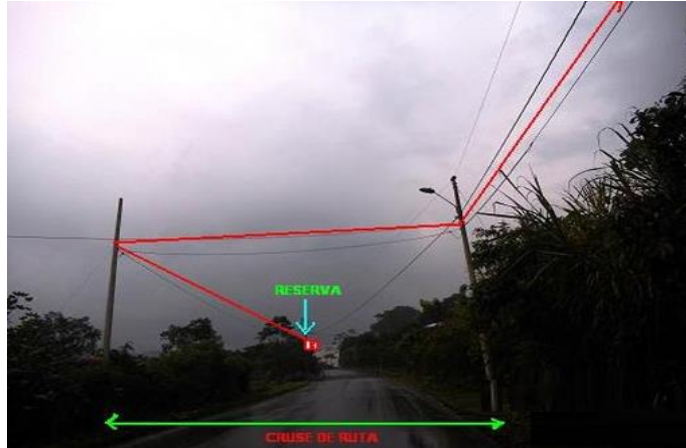


Figura 3. 8: Ejemplo de reserva en tendido aéreo de fibra óptica
Fuente: (Morales & Posligua, 2010)

Técnicamente cada 500 mts indica la normativa que se debe dejar reservas, y en casos especiales como, por ejemplo, cruces de avenidas, puentes y líneas de ferrocarril la longitud de la reserva dependerá de la medida del cruce. Cabe señalar que estas indicaciones vienen en el plano de construcción. Por ningún motivo debe quedar en un cruce de calle una reserva o empalme.

Adosamiento de empalme

El cierre de empalme quedará a un metro de distancia del poste hacia el destino del enlace (poste, empalme, destino) y la sujeción de amarras plásticas será de la misma manera como lo indica anteriormente en el adosamiento de las reservas



Figura 3. 9: Ejemplo de empalme en tendido aéreo de fibra
Fuente: (Morales & Posligua, 2010)

3.3.2. Principales equipos y herramientas en tendido aéreo

Dejando con menor importancia están herramientas para el tendido aéreo de la fibra óptica, herrajes, grilletes entre otros más.

- a. **Diferenciales (Aparejo):** juego de poleas reductoras de esfuerzo (diferenciales) aplicados en trabajos de líneas. Tensión aproximada de 15 KN.
- b. **Estrobos (eslingas):** juegos de cable dieléctrico o acerado de corta longitud (< 1 m) utilizado para vientos parciales en cambios de dirección de cables. Tensión aprox. 22 kN.
- c. **Alzabobinas:** gato hidráulico para el levantamiento de la bobina, permitiendo el libre giro del carrete. 3 toneladas de trabajo.
- d. **Rebobinador de sogas:** conformado por un cuerpo (remolque) y un carrete, el cuerpo pueden ser alzabobinas, utilizado para la recuperación del cable piloto luego de realizado el tendido.
- e. **Grúa:** vehículo dotado con brazo hidráulico para el cargue y descargue de los carretes de cable. 3 toneladas de trabajo.
- f. **Tractor:** vehículo utilizado en zonas de difícil acceso como transporte de material o cuando se requiera puede reemplazar el cabrestante o cabrestante.
- g. **Dinamómetro:** dispositivo utilizado en la regulación y flechado de los vanos según las tensiones esperadas. En escala de hasta 2 toneladas.

3.3.3. Temperatura Admisible

Según la norma “Márgenes de temperaturas admisibles para el tendido de cables exteriores de telecomunicaciones” resultan los siguientes márgenes de temperaturas admisibles:

Para el tendido, montaje	-20 a 50 °C
Antes y después del tendido	Hasta 70°C

Para el proceso de tendido y tensando del cable ADSS se debe tener en cuenta que el núcleo óptico no debe recibir ningún tipo de presión transversal directa sobre él. Los equipos propuestos por el contratista que no satisfagan las condiciones de estabilidad que requieran los sistemas eléctricos donde se desarrollará este proyecto, serán rechazados y es obligación del contratista retirarlos y reemplazarlos por otros que satisfagan las exigencias.

3.4. Procedimiento de regulación del cable

3.4.1. Regulación

La regulación consiste en dar al cable de fibra óptica en cada uno de los vanos del tramo considerado, la tensión horizontal uniforme correspondiente, ya calculado de acuerdo con las hipótesis de carga y con la temperatura existente. Generalmente la regulación se ejecuta con el cable en poleas y en un tramo limitado por torres de retención. Si el tramo es muy grande, puede ser dividido utilizando una torre intermedia de suspensión como retención provisional.

Es necesario anotar que esto no es posible sin el uso apropiado de artificios (retenciones parciales), ya que los valores de flecha y esfuerzo del cable son para ser tensado y regulado en toda la longitud considerada entre dos torres de retención. Normalmente entre el tendido y la regulación no debe transcurrir un tiempo mayor de 12 horas. El procedimiento para la regulación comprende los siguientes pasos;

- Fijar los elementos de retención al cable en la torre más cercana al freno.
- Sobre las torres que limitan los vanos de control se marcan las flechas que servirán para la regulación.
- Momentos antes de ejecutar la regulación se determina la temperatura bajo la cual se trabaja.
- Desde la otra torre extrema de retención, por medio de un cabrestante debidamente controlado o por medio de un aparejo se comienza a dar tensión al cable hasta alcanzar la flecha correspondiente a la temperatura existente.
- Las operaciones de regulación deberán realizarse de modo que en ningún momento las torres de suspensión puedan estar sometidas a cargas longitudinales, ni las torres de retención sujetas a la torsión resultante de fuerzas longitudinales, mayores a las definidas en los arboles de carga de cada tipo de torre.

Este procedimiento se coordina por medio de radiocomunicación. La acción de regular simultáneamente una serie de vanos requiere, para obtener mejores resultados, el control por medio de la flecha, en vez de referirse a la lectura del dinamómetro; este solo es efectivo para regular dos torres consecutivas de retención.

Durante la regulación no es posible controlar la flecha en todos los vanos del tramo; es suficiente controlar algunos de ellos. El número y ubicación de estos vanos

de control depende de la longitud y de la configuración topográfica del tramo a regular. En general, los vanos de control deben escogerse entre los de mayor longitud. Es importante seleccionar los vanos de control porque de este modo se puede reducir los efectos de rozamiento sobre las poleas. La flecha con la que deberá ser instalado y tensando el cable ADSS, deberá ser calculada para cada vano con los parámetros suministrados por el fabricante del mismo.

3.4.2 Medida de la temperatura

Es necesario conocer la temperatura real del cable en toda la longitud del tramo a regular. Esta temperatura depende principalmente de:

- La temperatura ambiente
- La irradiación solar directa
- La irradiación térmica del suelo

Es susceptible de variar en cada punto de la línea, a cada instante del día, con la exposición, con la altitud, la distancia al suelo, la ventilación. Puede acusar diferencias sensibles si la medida se hace a unos metros del suelo o en la parte superior de la torre; en un punto expuesto al sol o a la sombra; cerca de la torre o a unos metros más lejos. Por estas razones, es recomendable:

- Utilizar siempre varios termómetros colocados en lugares diferentes. Verificar la temperatura en los lugares mismos de la regulación.
- Evitar la ejecución de la regulación a las horas de mayor temperatura del día que es cuando la temperatura del cable es más difícil de medir por las variaciones que experimenta.
- La medida de la temperatura debe hacerse con termómetro de buena calidad, de una longitud de por lo menos 15 cm y graduado sobre el vidrio. Se introduce el aparato en el interior de un trozo del cable de fibra óptica de la misma naturaleza del utilizado en la línea, el cual se ha acondicionado para permitir acuñar el termómetro en su interior. El conjunto así formado es suspendido en la torre a unos 15 m del suelo y expuesto unos 20 minutos antes de tomar la temperatura.

Cuando la regulación es hecha en buenas condiciones los errores cometidos en la medida de las temperaturas de regulación son del orden de 5° C. Estos errores pueden ser más elevados si no se toman las precauciones que se han indicado,

constituyendo una de las fuentes principales de errores en la regulación, los cuales deben evitarse con la suficiente atención de la contratista responsable del tendido de cable.

3.4.3 Flechas

Generalmente, los métodos utilizados para obtener la correcta flecha entre las torres, para los cables de fibra óptica es el mismo que el utilizado para los cables tradicionales, utilizando accesorios como: amarres, herrajes de suspensión y dispositivos especiales. La aplicación del tiro se realizará mediante un preformado de amarre (en vanos intermedios) o con camisa de tiro en la punta. El regulado del cable se realizará, sin excusa, a continuación del tendido, así como la colocación de los herrajes de sujeción, para prevenir daños sobre el cable ADSS.

En el dispositivo de freno la primera ranura por la que pasa el cable debe ser perpendicular al centro de la bobina. La bobina debe situarse a 2 ó 3 metros del dispositivo de freno. La bobina de ADSS debe girar a la misma velocidad que los tambores del dispositivo de freno y el tendido debe realizarse de forma constante y regular. La salida del cable para el tendido debe ser por la parte superior. El cabrestante debe estar equipado con un dinamómetro para desconectar el tiro en caso de que la tensión sobre el cable sea demasiado grande. El cabrestante debe emplazarse a una distancia mínima de dos veces la altura de fijación del cable. En instalación con reenvío la última polea debe colocarse a una distancia igual a la anteriormente citada. Un aspecto importante es la Instalación de Open Rack y ODF, esto se detalla en el Anexo 4.

3.4.4 Controles

Si la tensión y las flechas difieren de los valores esperados la operación de tendido debe detenerse. Debe tenerse cuidado con evitar dañar el cable ADSS durante la instalación y el manejo del cable. Controlar el radio mínimo de curvatura en todas las maniobras de instalación.

3.5. Pruebas ópticas

Se necesita el equipo OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). El equipo tiene que estar configurado en base a la tabla 3.2 arrojando así el estado del enlace

óptico. La longitud de onda para ejecutar las pruebas se realiza según el núcleo de la Fibra Óptica. Siendo así la longitud de onda para realizar mediciones de Fibra Óptica G-655 (1550 Long. de onda), y para G-652 (1310 Long. de onda). Un OTDR puede ser utilizado para estimar la longitud de la fibra, su atenuación, incluyendo pérdidas por empalmes y conectores.

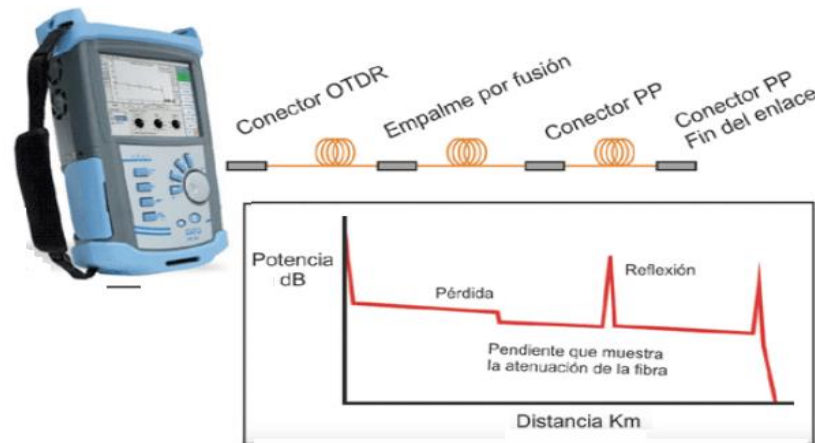


Figura 3. 10: Prueba ópticas con el OTDR
Fuente: (Conectrónica, 2009)

También puede ser utilizado para detectar fallos, tales como roturas de la fibra. Básicamente ya concluidas las partes se procede a elaborar el formato de protocolo de pruebas FR-PE-62 para la entrega total del enlace. La Bobina de Disparo, Bobina de Lanzamiento o Eliminador de Zonas Muertas, es un elemento de medición para enlaces de fibra óptica.



Figura 3. 11: Bobina de disparo/lanzamiento para utilizar con el OTDR en mediciones ópticas
Fuente: (Conectrónica, 2009)

Se coloca inmediatamente después del equipo de medición OTDR, esto para 2 aspectos muy importantes:

1. Funciona para mantener el puerto de conexión del OTDR lo más limpio posible y sin tanto daño en su fibra y férula. (Fibremex, 2012)

2. Elimina el margen de error del OTDR, al momento de emitir el pulso para la medición, el OTDR tiene que empezar a medir, por lo que se ciega por fracción de milisegundos y deja de medir o bien mide de forma errónea los primeros metros del enlace. Ese error se queda dentro de la bobina de disparo generando así que el OTDR mida con exactitud el enlace óptico (Fibremex, 2012).

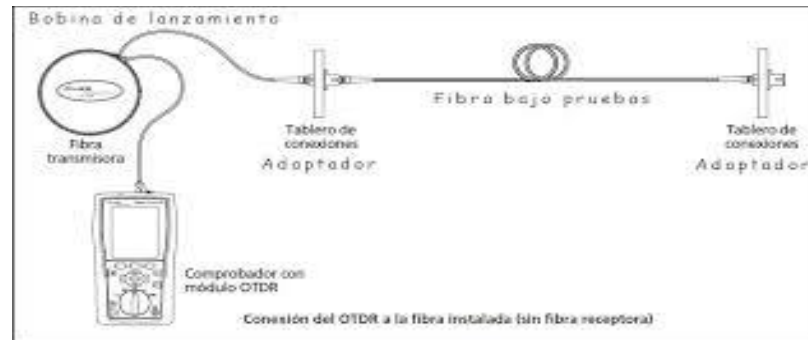


Figura 3. 12: Conexión de bobina de disparo y OTDR

Fuente: (Conectónica, 2009)

Se puede usar una Bobina al principio y otra al final, esto para saber el valor de los conectores en cada extremo de tu enlace. Para los trabajos constantes de la empresa, hay que tener dos bobinas de lanzamiento de 1 Km de longitud mínima, una para el núcleo G-652 y otra para el núcleo G-655.

Tabla 3. 2: Tabla de configuración de OTDR

DISTANCIA - MEDIDA	ANCHO DE PULSO	TIEMPO	o	ANCHO DE PULSO	TIEMPO
MENOS DE 1.5 KM	5ns	30s		10ns	15s
1.5KM A 5KM	10ns	30s		30ns	15s
5KM A 10KM	10ns	45s		30s	30s
10KM A 20KM	30ns	45s		100ns	30s
20KM A 40KM	100ns	60s		275ns	45s
40KM A 80KM	275ns	90s		1us	60s
80KM A 120KM	1us	90s		2.5us	60s
120KM A 160KM	2.5us	120s		10us	90s
160KM A 200KM	10us	120s		20us	90s
200KM A 260KM	20us	120s			

Fuente: (Morales & Posligua, 2010)

Los hilos de fibra poseen una característica especial de comportamiento de atenuación según la propagación óptica dependiendo de la longitud de onda que este viajando por ella. El valor máximo esperado de pérdida se calcula mediante la siguiente fórmula:

Utilizada para tipo de fibra G-655

$$V_{me} = (N_C \times 0.5\text{db}) + (N_e \times 0.10) + (L_c \times 0.25)$$

Utilizada para tipo de fibra G-652

$$V_{me} = (N_c \times 0.5\text{db}) + (N_e \times 0.20) + (L_c \times 0.35)$$

En donde:

V_{me} = Valor máximo esperado de pérdida

N_c = Numero de conectores (patch cord en ODF)

N_e = Numero de empalmes

L_c = Longitud de cable (Km)

En caso de que el valor medido sea superior al valor de la formula, se debe proceder a realizar los correctivos necesarios.

3.6. Documentación final

Para la entrega formal de la construcción se debe de entregar la siguiente documentación.

- Diagrama de hilos (Entrega de Ruta), entregar levantamiento a mano de la ruta de recorrido que tendrá la Fibra Óptica en la Radio Base.
- Memoria descriptiva (Carpeta de Información).
- Placas (Foto de Placa utilizada en Proyecto).
- Plano conforme a obra (Plano Final): debe de contener firma del supervisor o jefe de obra, ubicación de los elementos (herrajes, cúpulas, reservas, retenidas, etc.)
- Progresivas y Materiales (distancias interpostales y cuadro de materiales utilizados).
- En digital los Wp (Waypoints) de los postes instalados.
- Documento de inicio y termino de obra FR-PE-31
- Formato de control de calidad de F.O. FR-PE-09
- Memoria Fotográfica de cable aéreo FR-PE-15
- Formato protocolo pruebas de F.O. FR-PE-96
- Bitácora de control de calidad FR-PE-13

3.7. Reflectometría con OTDR

El Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo OTDR es el equipo que caracteriza medidas de pérdidas y atenuaciones con precision, variedad de anchos de

pulso y de longitudes de onda entre otros más. Se lo emplea tanto en producción como en instalación y mantenimiento en cables y enlaces de fibra óptica. Al medir pérdidas con el OTDR, el valor de la potencia introducida no tiene un valor absoluto, sino más bien se trata de un valor de referencia. El punto de referencia, o potencia introducida en la fibra, es el valor del nivel de retrodispersión correspondiente al punto de intersección de la traza de la fibra con el eje “y” (potencia) (Punto B en la figura 3.13). El otro extremo de la fibra está situado inmediatamente detrás del último evento observado en la traza. El OTDR continúa el análisis hasta que el nivel de señal alcanza el umbral de ruido prefijado. (C3 Comunicaciones, 2012).

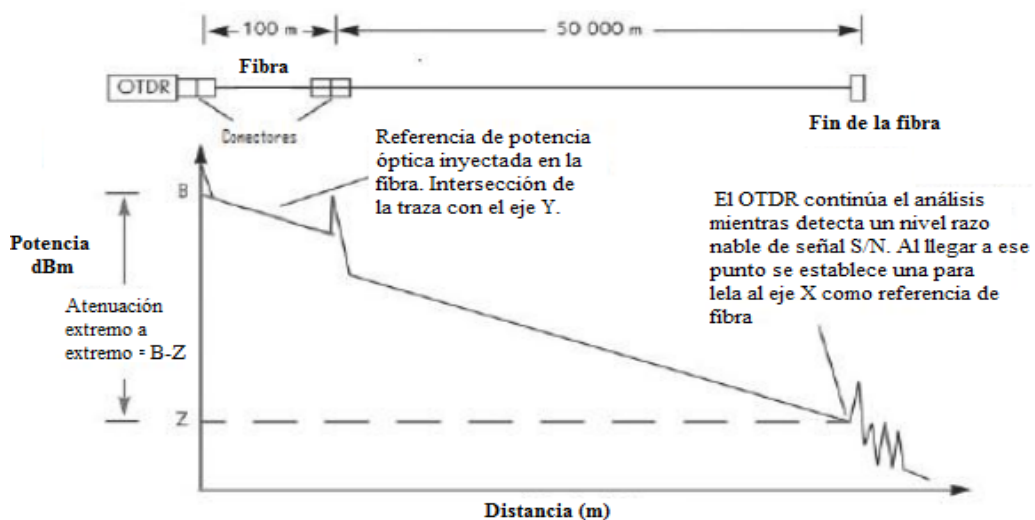


Figura 3. 13: Traza óptica con ancho de pulso reducido
Fuente: (C3 Comunicaciones, 2012). Editado por autor

Se traza entonces una paralela al eje “x” desde este punto al “y”, dando lugar al punto “z” en la figura 1 (segundo punto de referencia). La atenuación será entonces la diferencia entre estos dos valores de potencia relativa. (Medida de atenuación extremo a extremo = B-Z) (C3 Comunicaciones, 2012). Se definen en la actualidad dos parámetros para los OTDR, llamados zonas muertas, que se corresponden con saturaciones temporales del APD (detectadas por el foto detector de avalancha del equipo) (C3 Comunicaciones, 2012). Después de cada evento reflexivo; se estará impidiendo al detector la medida o registro de cualquier otra incidencia. (C3 Comunicaciones, 2012). Existen dos tipos de zonas muertas:

- Zona muerta de evento: Distancia en la que el OTDR no detectará ningún evento reflexivo (después de otro de mismo tipo)
- Zona muerta de atenuación: Distancia en la que el OTDR no podrá medir un evento posterior a uno reflexivo. (C3 Comunicaciones, 2012).

3.7.1. Trazas con OTDR

Las mediciones con el OTDR genera trazas o curvas de pérdidas/distancia de enlaces ópticos. El OTDR, debe conectarse con la bobina de disparo (como indica la figura 3.12) y realizar cada vez una medición unidireccional. Se eliminará la mayor cantidad posible de ruidos, el parámetro “tiempo de adquisición” (lapso de tiempo necesario al equipo para una toma de datos con suficientes puntos para obtener promedios representativos) tiene que ser tan amplio como sea posible, se recomienda tres minutos. (C3 Comunicaciones, 2012).



Figura 3. 14 OTDR generando trazas y eventos
(EXFO, 2011)

Cuando el OTDR recibe una alta reflexión (por ejemplo, debida a la presencia de un conector) su circuito de detección se satura durante cierto tiempo (lo que en pantalla se traduce como una cierta distancia). Como resultado de esta saturación, el tramo de fibra tras dicho evento es “invisible” para el OTDR. (Nazareno, 2012). De ahí el termino de “zona muerta”, que es aquella distancia en la que es imposible conocer las características de la fibra pues el OTDR aún no se ha recuperado de la saturación debida a un evento altamente reflexivo. (Yokogawa, 2008).

Se distingue entre dos tipos de zona muerta:

De eventos: Es la distancia mínima existente entre dos eventos reflexivos consecutivos. Idealmente vendría dada por el producto de la anchura del pulso transmitido por la velocidad de la luz en la fibra óptica (es decir, por el hecho de que el principio del pulso alcance el segundo evento cuando su inicio aún está atravesando el primero) (Yokogawa, 2008).

De atenuación: Es la distancia mínima requerida, tras un evento reflexivo, para que el OTDR pueda medir de nuevo con precisión. La saturación que sufre el equipo tras un evento de este tipo se acusa especialmente en su propio conector: éste es el motivo de la conveniencia del uso de una bobina de lanzamiento (también llamada “fibra ficticia”). (Nazareno, 2012).

Rango o margen dinámico: Aunque hay distintas formas de calcularlo (por ejemplo, el método SNR o de la relación señal/ruido, y el IEC (98%)), su definición más simple es la siguiente: la diferencia entre los niveles máximo y mínimo de potencia. El nivel mínimo viene marcado por el ruido interno del equipo, por lo que este parámetro marca los límites de las medidas efectivas; en otras palabras: la pérdida máxima de un enlace que puede medirse. La principal ventaja de un valor alto es que pueden medirse enlaces de fibra más largos. Pero no es la única: además, cuanto mayor es el margen dinámico, más preciso es el equipo (Yokogawa, 2008).

3.7.2. Medición en Fibra Óptica

Se utilizará una bobina de disparo (prolongador reflectométrico o supresor de pulsos), elemento pasivo de fibra óptica empleado en las medidas realizadas con el OTDR. Es fibra óptica tipo monomodo de 2 km de longitud 9/125, o 9 μm de núcleo y 125 μm de revestimiento que permite suprimir la zona ‘ciega’ generada a la salida del OTDR (Valarezo, 2013), así se supera los problemas de zonas muertas debidos a reflexiones.

En una medición típica el OTDR genera una lista de eventos reflexivos (R+), ocurridos en los conectores por la separación entre ellos y discontinuidades en la fibra. La pérdida de retorno en cada uno de los conectores, eventos dispersivos (S+) por la fusión entre los empalmes ocurridos a lo largo de la FO, así como las distancias en metro entre cada evento, atenuaciones producidas y las pérdidas ocurridas en los empalmes (Valarezo, 2013). En la figura 3.15 se aprecia el nivel de potencia ligeramente decreciente (atenuación) y las fuertes reflexiones al principio y final de la fibra y así también el listado de eventos con unidad de medida respectiva.

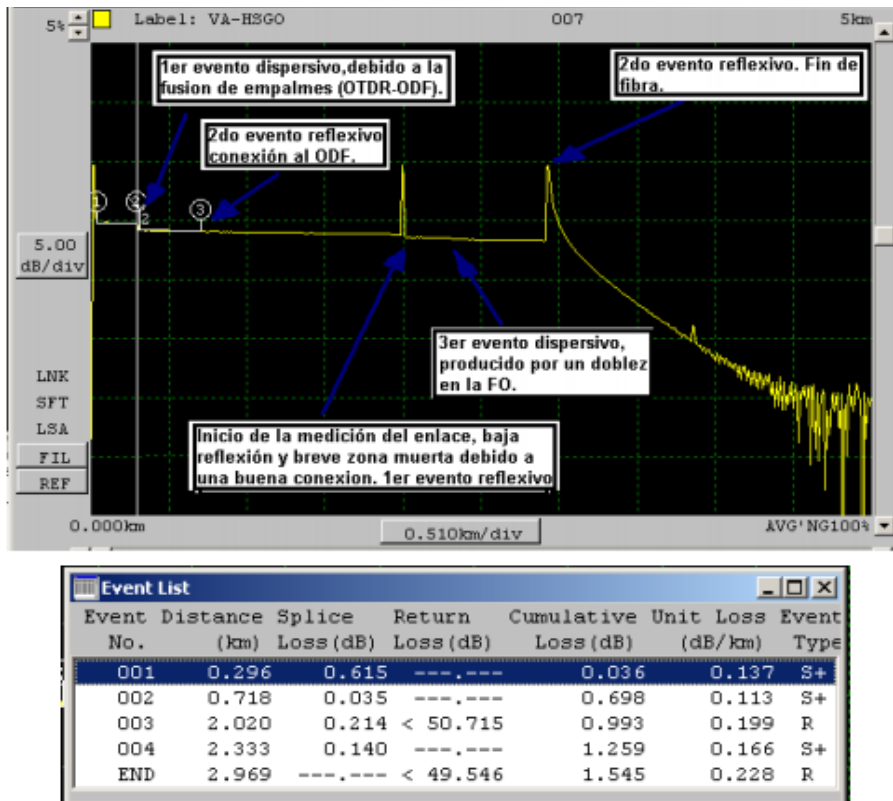


Figura 3. 15: Medición real del enlace de FO
Fuente: (Valarezo, 2013)

En figuras 3.16 y 3.17 se muestran detalle gráfico/textual según trazas del OTDR

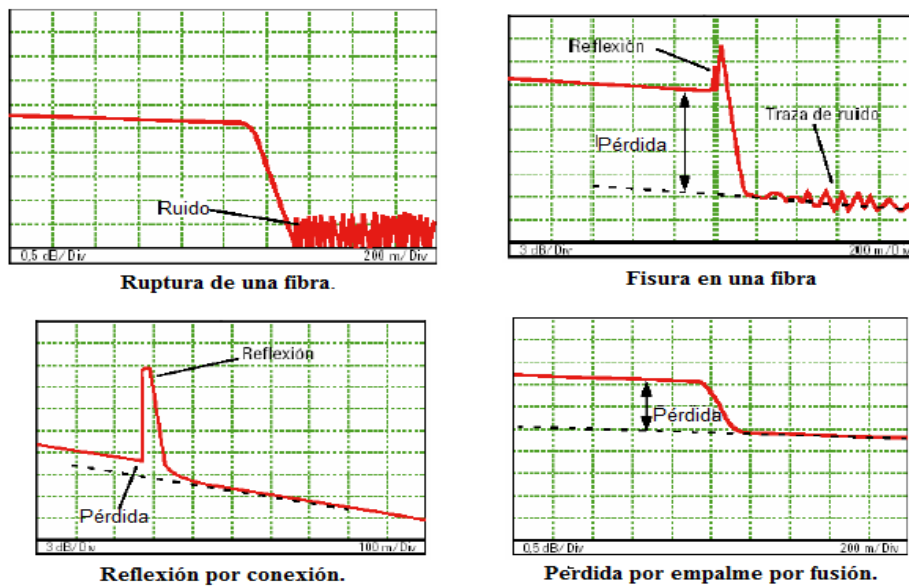
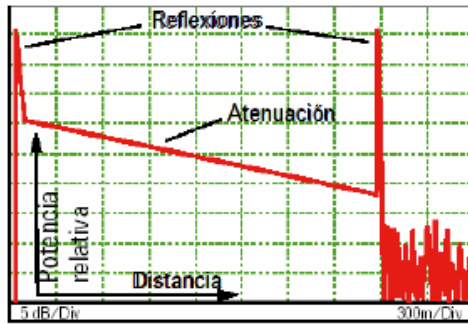
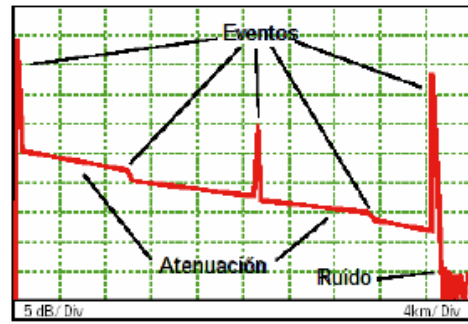


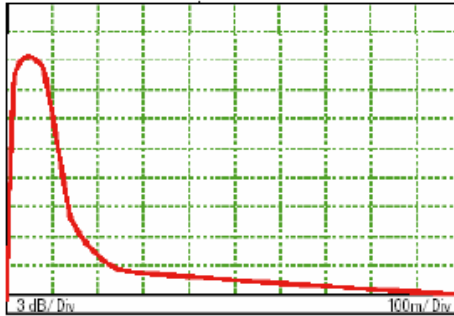
Figura 3. 16: Eventos con pulso de entrada y de salida
Fuente: diseño autor



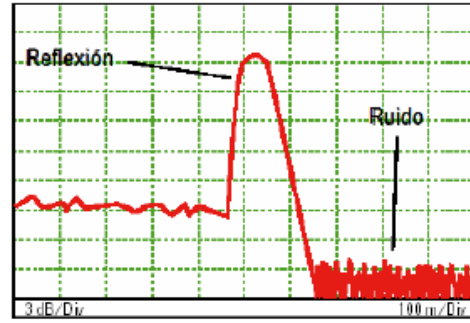
Traza con solo una reflexión de inicio y otra de fin.



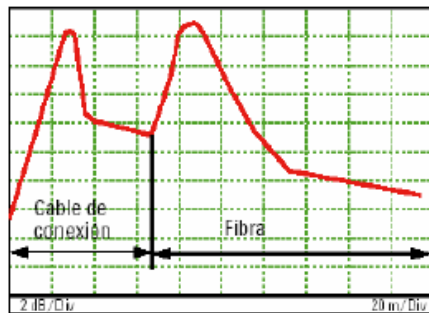
Traza con eventos sucesos entre 2 puntos.



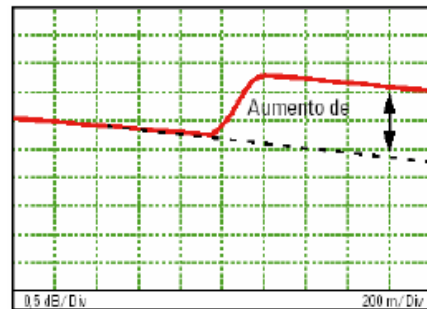
Reflexión por inserción (pulso de entrada).



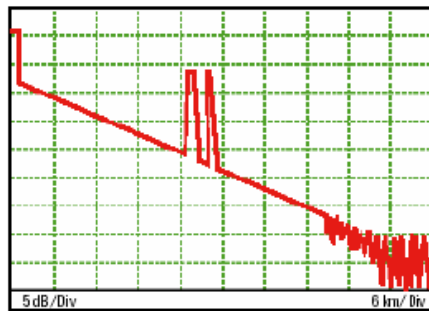
Reflexión por fin de fibra (pulso de salida).



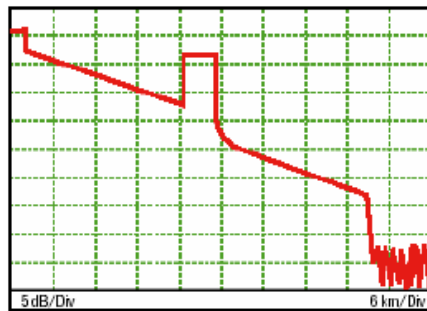
Medición de inicio de fibra con cable auxiliar



Ganancia por empalme por fusión.



Traza con pulsos cortos



Traza con pulsos largos.

Figura 3. 17: Resultados de atenuaciones, reflexiones, ganancias en trazas OTDR

Fuente: diseño autor

En el capítulo IV se muestran mediciones del enlace óptico Pasaje.Sta Rosa (desde el 2016 hasta enero del presente año) con el equipo OTDR FTB 200 y se recopilan y analizan registros desde el 2012 (Resumen en Anexo 1), hasta 2015.

Capítulo 4: Mediciones del Enlace Óptico

4.1. Mediciones reflectrométricas de construcción del enlace.

Se detalla a continuación un resumen de mediciones desde el 2013 en la red troncal de fibra óptica tipo ADSS bajo norma ITU G 655 para enlazar cantones Pasaje y Santa rosa en la provincia de El Oro. Se obtuvieron trazas dadas por el equipo OTDR FTB 200 con estos datos se deberá supervisar, comparar y registrar atenuación y pérdidas del cable (24 hilos). Los datos mostrados de atenuación en figuras 4.1 al 4.6 corresponden a hilos 1, 12 y 24 del enlace óptico Pasaje - Santa Rosa y viceversa (2012). Luego se muestran trazas obtenidas en 2016, hasta enero 2018.

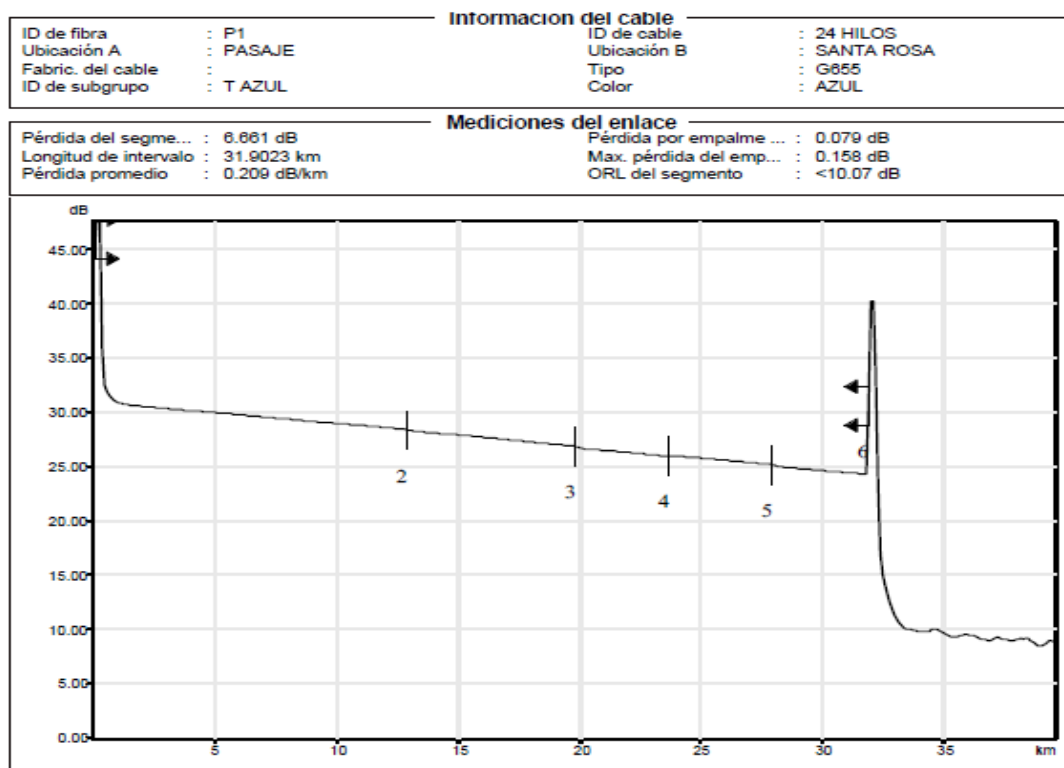


Figura 4. 1: Traza OTDR en hilo 1 (20 Enero 2012)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la figura 4.1 se puede observar que la traza está dentro de parámetros óptimos de construcción, adicional a ello se puede verificar ciertas atenuaciones tanto al ingreso y salida (1 y 6) que puede ser por limpieza en conectores, en las atenuaciones 2 al 5 se aprecia que son empalmes, ya que están separadas aproximadamente cada 4 km. En la tabla el informe OTDR con los valores del enlace.

Tabla 4. 1: Informe OTDR 1550 nm para hilo 1

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-15.8		0.000
		Tramo de fibra (12.8524 km)	2.489		0.194	2.489
2	12.8524	Falla no reflexiva	0.097			2.586
		Tramo de fibra (6.9530 km)	1.492		0.215	4.078
3	19.8053	Falla no reflexiva	0.147			4.225
		Tramo de fibra (3.8984 km)	0.746		0.191	4.971
4	23.7037	Falla positiva	-0.087			4.884
		Tramo de fibra (4.2117 km)	0.843		0.200	5.727
5	27.9154	Falla no reflexiva	0.158			5.885
		Tramo de fibra (3.9868 km)	0.776		0.195	6.661
6	31.9023	Falla reflexiva	---	-13.6		6.661

Información de marcadores					
A	:	S/O	B	:	S/O
a	:	S/O	b	:	S/O
Distancia de A a B	:	S/O	ORL de A a B	:	S/O
Reflectancia 3-p.	:	S/O	Aten. LSA A a B	:	S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	:	S/O			

Configuración de prueba y cable					
Longitud de onda	:	1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.:	:	1 min 0 s
Nombre de archivo	:	HILO 1.trc	Duración de pulso	:	2.5 µs
Hardware	:	FTB-7400E-0023B-EI	Factor helic.	:	1.00 %
Número de serie	:	578934	Umbral de pérdida del...	:	0.020 dB
Software	:	S/O	Umbral de reflectancia	:	-72.0 dB
Rango	:	40.0000 km	Umbral de final de fibra	:	5.000 dB
IOR	:	1.468400			
RBS	:	-79.44			

Elaborado por: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En el informe (table 4.1) se puede verificar lo que indicó la figura 4.1. Se tiene una pérdida en la inyección del haz de luz pero puede ser por falta de limpieza en el conector o a su vez en el patchcord de prueba; En la tabla 4.1 se aprecia que existen pérdidas tanto a 12.8 km, 19.8 km, 23.7 km 27.9 km y al final 31.9 km; las pérdidas o atenuaciones en cada punto oscilan entre 0.19 y 0.20 dB no siendo determinante para que haya inconvenientes en la conexión de equipos; considerando que cada bobina de cable tiene más o menos 4 km se determina que en los empalmes se tiene una atenuación elevada que puede darse debido al clima, preparación del cable o algún agente externo.

La pérdida acumulada del hilo 1, muestra 6.61 dB, se revisa la tabla de protocolos e indica que teóricamente cada hilo puede tener una pérdida total de 10.45 dB por lo que significa que el hilo está muy por debajo de lo permitido y está apto para la instalación de cualquier servicio. En la figura 4.2 se muestra la traza OTDR del hilo 12 del enlace óptico Pasaje- Santa Rosa (2012)

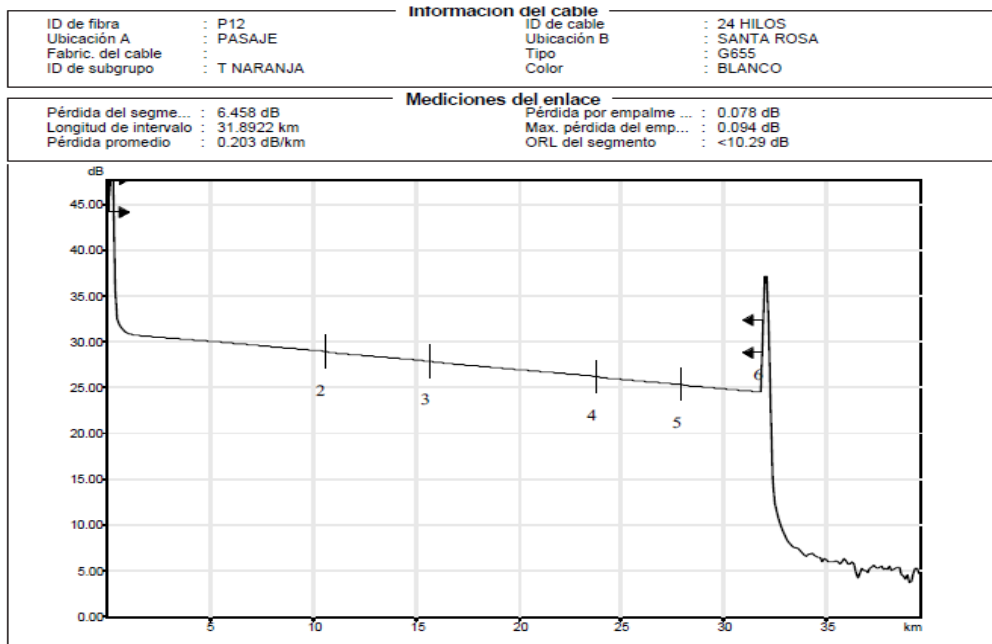


Figura 4. 2: Curva reflectométrica para hilo 12
Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Se puede apreciar en la figura 4.2 la traza óptica en buen estado del hilo 12 con ciertas atenuaciones, aun así, el hilo 12 es apto para operar o comunicar desde la radio base Pasaje hasta la radio base Santa Rosa.

Tabla 4. 2: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-15.8		0.000
		Tramo de fibra (10.5861 km)	1.999		0.189	1.999
2	10.5861	Falla no reflexiva	0.094			2.093
		Tramo de fibra (5.1339 km)	0.994		0.194	3.087
3	15.7200	Falla no reflexiva	0.079			3.166
		Tramo de fibra (8.1202 km)	1.591		0.196	4.757
4	23.8402	Falla no reflexiva	0.079			4.836
		Tramo de fibra (4.0980 km)	0.792		0.193	5.628
5	27.9382	Falla no reflexiva	0.062			5.689
		Tramo de fibra (3.9540 km)	0.769		0.195	6.458
6	31.8922	Falla reflexiva	---	-20.2		6.458

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.íc.	: 1 min 0 s
Nombre de archivo	: HILO 12.trc	Duración de pulso	: 2.5 µs
Hardware	: FTB-7400E-0023B-EI	Factor helic.	: 1.00 %
Número de serie	: 578934	Umbral de pérdida del...	: 0.020 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.468400		
RBS	: -79.44		

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la tabla 4.2 se puede verificar que se está utilizando la longitud de onda de 1550 nm, configuraciones del equipo son las adecuadas y que las atenuaciones están entre 0.18 y 0.19 dB de pérdida; la pérdida total del hilo es de 6.458 dB, por debajo de

la atenuación permitida. La figura 4.3 muestra prueba óptica en hilo 24 del enlace Pasaje - Santa Rosa

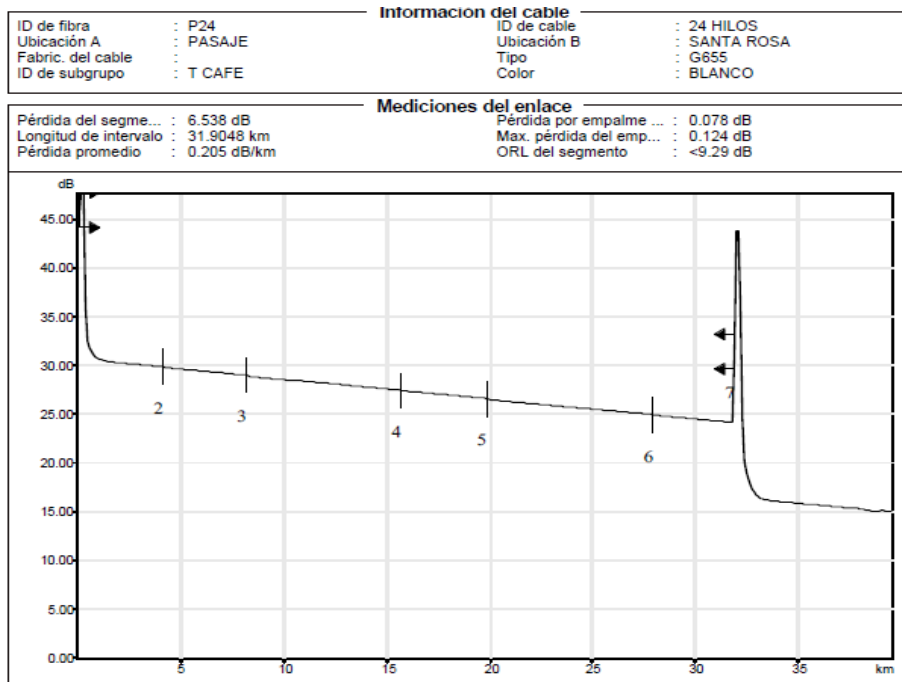


Figura 4. 3: Curva reflectométrica para hilo 24 de enlace óptico Pasaje-Santa Rosa
Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la figura 4.3 se aprecia que existen atenuaciones tanto a la entrada y salida debido a polvo o patchcord; también se aprecia que del tramo existen 5 atenuaciones, con la ayuda de la tabla 4.3 se determinara que esta sucediendo en el hilo.

Tabla 4. 3: Informe OTDR 1550 nm para hilo 24 enlace Pasaje-Sta. Rosa

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-15.8		0.000
2	4.1384	Tramo de fibra (4.1384 km)	0.846		0.204	0.846
		Falla no reflexiva	0.047			0.893
3	8.1808	Tramo de fibra (4.0424 km)	0.786		0.195	1.680
		Falla no reflexiva	0.124			1.803
4	15.6947	Tramo de fibra (7.5138 km)	1.431		0.190	3.234
		Falla no reflexiva	0.040			3.274
5	19.8079	Tramo de fibra (4.1132 km)	0.786		0.191	4.060
		Falla no reflexiva	0.105			4.165
6	27.9331	Tramo de fibra (8.1253 km)	1.540		0.189	5.704
		Falla no reflexiva	0.073			5.777
7	31.9048	Tramo de fibra (3.9717 km)	0.761		0.192	6.538
		Falla reflexiva	---	-6.1		6.538

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adqic.	: 1 min 0 s
Nombre de archivo	: HILO 24.trc	Duración de pulso	: 2.5 µs
Hardware	: FTB-7400E-0023B-EI	Factor helic.	: 1.00 %
Número de serie	: 578934	Umbral de pérdida del...	: 0.020 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.468400		
RBS	: -79.44		

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

De la tabla 4.3 se aprecia que hay atenuaciones a 4.13 km, 8.18 km 15.69 km, 19.8 km, 27,9 km; donde tienen atenuaciones que oscilan entre 0.18 y 0.20 dB que la medición del hilo ópticamente está en 31.90 km desde Pasaje hasta Santa Rosa; la pérdida total del hilo es de 6,53 dB que está por debajo de la atenuación teórica 10.45 dB.

A continuación, en la figura 4.4, se muestra la prueba óptica desde Santa Rosa a Pasaje para el hilo 1.

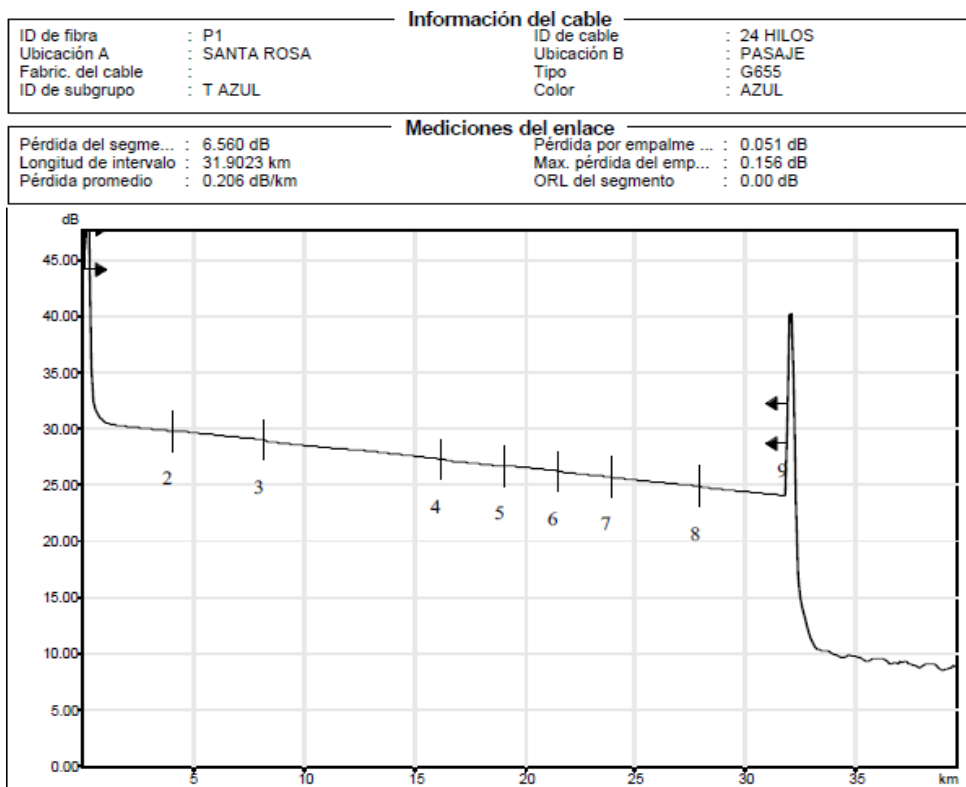


Figura 4. 4: Curva reflectométrica hilo 1 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (2012)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la figura 4.4 se visualiza la traza óptica donde se aprecian atenuaciones (7), y la traza está llegando desde el punto A al punto B. A través del informe OTDR de la tabla 4.4 se determinará que tan afectado está el hilo 1 del enlace óptico Santa Rosa a Pasaje.

En la tabla 4.4 se puede apreciar que las atenuaciones oscilan entre 0.19 y 0.20 dB, en la atenuación acumulada se tiene el valor 6,56 dB muy por debajo de la referencia teórica. En la figura 4.5 se muestra la prueba óptica desde Santa Rosa a Pasaje para el hilo 12.

Tabla 4. 4: Informe OTDR 1550 nm para hilo 1 enlace Sta. Rosa-Pasaje

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-15.8		0.000
		Tramo de fibra (4.0172 km)	0.826		0.206	0.826
2	4.0172	Falla positiva	-0.069			0.757
		Tramo de fibra (4.1359 km)	0.824		0.199	1.581
3	8.1531	Falla no reflexiva	0.156			1.737
		Tramo de fibra (8.0570 km)	1.557		0.193	3.294
4	16.2101	Falla no reflexiva	0.112			3.405
		Tramo de fibra (2.8347 km)	0.543		0.192	3.948
5	19.0449	Falla positiva	-0.076			3.872
		Tramo de fibra (2.4052 km)	0.450		0.187	4.322
6	21.4501	Falla no reflexiva	0.092			4.414
		Tramo de fibra (2.4078 km)	0.460		0.191	4.874
7	23.8579	Falla no reflexiva	0.056			4.930
		Tramo de fibra (4.0702 km)	0.784		0.193	5.714
8	27.9281	Falla no reflexiva	0.086			5.799
		Tramo de fibra (3.9742 km)	0.760		0.191	6.560
9	31.9023	Falla reflexiva	---	-13.1		6.560

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.íc.	: 1 min 0 s
Nombre de archivo	: HILO 1.trc	Duración de pulso	: 2.5 µs
Hardware	: FTB-7400E-0023B-EI	Factor helic.	: 1.00 %
Número de serie	: 578934	Umbral de pérdida del...	: 0.020 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.468400		
RBS	: -79.44		

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

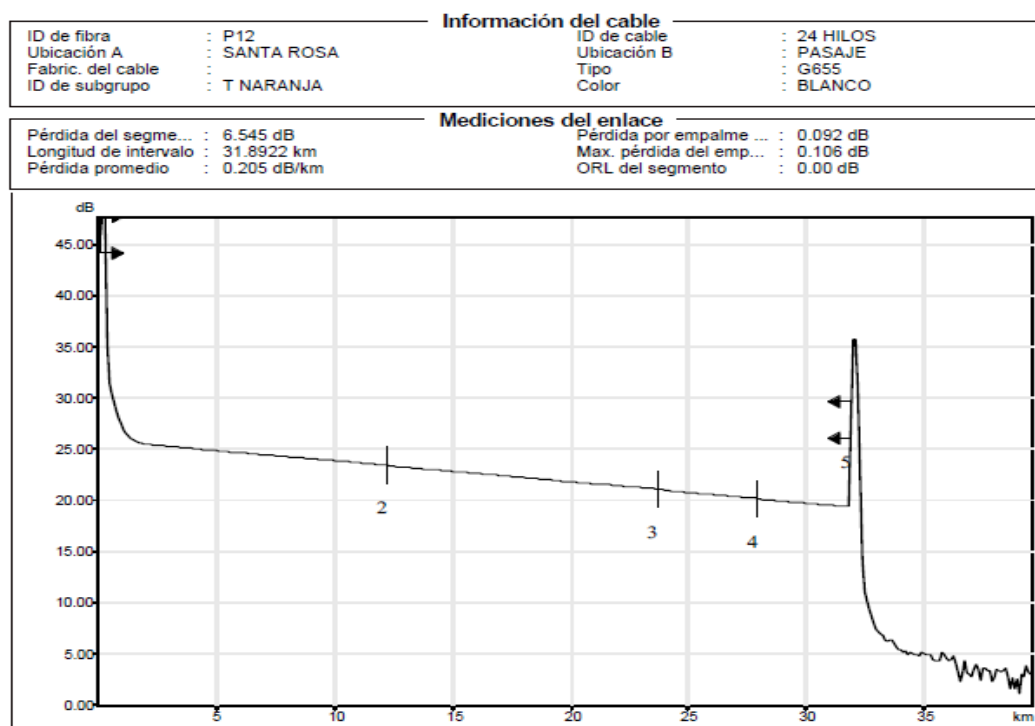


Figura 4. 5: Curva reflectométrica hilo 12 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (2012)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Se puede observar en la figura 4.5 que la traza óptica está en buen estado sin embargo hay 3 atenuaciones leves en el trayecto de Santa Rosa hacia Pasaje.

Tabla 4. 5: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12 enlace Sta. Rosa-Pasaje

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-15.7		0.000
		Tramo de fibra (12.2081 km)	2.434		0.199	2.434
2	12.2081	Falla no reflexiva	0.082			2.516
		Tramo de fibra (11.5057 km)	2.274		0.198	4.790
3	23.7139	Falla no reflexiva	0.106			4.896
		Tramo de fibra (4.2066 km)	0.821		0.195	5.717
4	27.9205	Falla no reflexiva	0.087			5.804
		Tramo de fibra (3.9717 km)	0.741		0.187	6.545
5	31.8922	Falla reflexiva	---	-12.7		6.545

Información de marcadores					
A	:	S/O	B	:	S/O
a	:	S/O	b	:	S/O
Distancia de A a B	:	S/O	ORL de A a B	:	S/O
Reflectancia 3-p.	:	S/O	Aten. LSA A a B	:	S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	:	S/O			

Configuración de prueba y cable					
Longitud de onda	:	1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.:	:	1 min 0 s
Nombre de archivo	:	HILO 12.trc	Duración de pulso	:	2.5 µs
Hardware	:	FTB-7400E-0023B-EI	Factor helic.	:	1.00 %
Número de serie	:	578934	Umbral de pérdida del...	:	0.020 dB
Software	:	S/O	Umbral de reflectancia	:	-72.0 dB
Rango	:	40.0000 km	Umbral de final de fibra	:	5.000 dB
IOR	:	1.468400			
RBS	:	-79.44			

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Las atenuaciones que se aprecian en la tabla 4.5 están en el rango de 0.18 a 0.19 dB sin embargo no son atenuaciones que afecten la red ya que la atenuación acumulada tiene un valor de 6.545 dB. La figura 4.6 muestra pruebas ópticas desde Santa Rosa a Pasaje para el hilo 24.

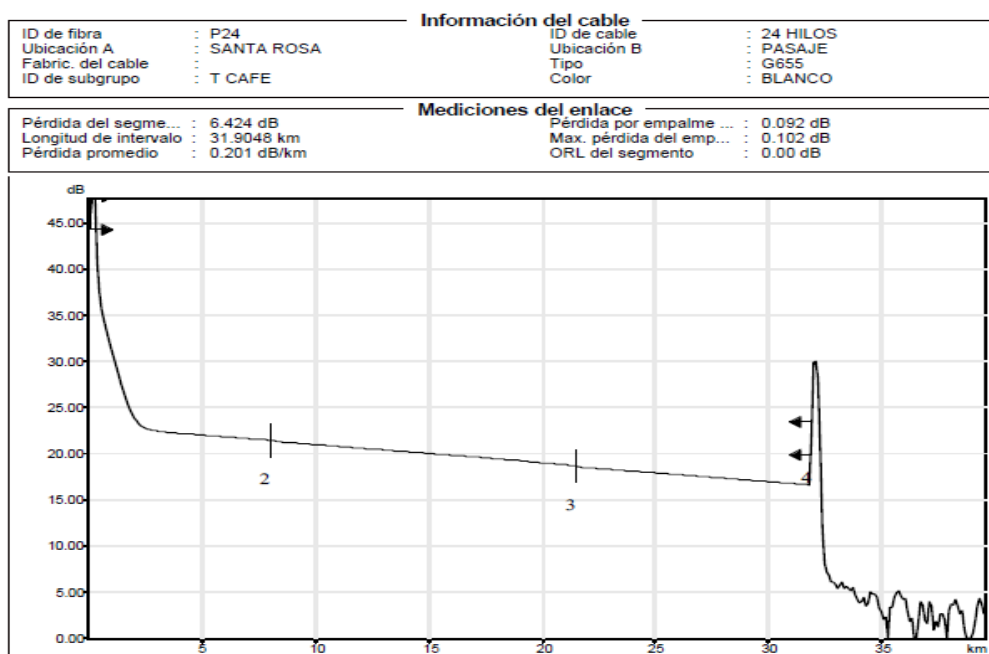


Figura 4. 6: Curva reflectométrica hilo 24 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (2012)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

La traza óptica en la figura 4.6 está en buen estado sin embargo hay 2 atenuaciones leves en el trayecto

Tabla 4. 6: Informe OTDR 1550 nm para hilo 24 enlace Sta. Rosa-Pasaje

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-15.6		0.000
		Tramo de fibra (7.9888 km)	1.603		0.201	1.603
2	7.9888	Falla no reflexiva	0.082			1.685
		Tramo de fibra (13.4865 km)	2.646		0.196	4.331
3	21.4754	Falla no reflexiva	0.102			4.433
		Tramo de fibra (10.4294 km)	1.990		0.191	6.424
4	31.9048	Falla reflexiva	---	-18.5		6.424

Información de marcadores					
A	:	S/O	B	:	S/O
a	:	S/O	b	:	S/O
Distancia de A a B	:	S/O	ORL de A a B	:	S/O
Reflectancia 3-p.	:	S/O	Aten. LSA A a B	:	S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	:	S/O			

Configuración de prueba y cable					
Longitud de onda	:	1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adqic.	:	1 min 0 s
Nombre de archivo	:	HILO 24.trc	Duración de pulso	:	2.5 µs
Hardware	:	FTB-7400E-0023B-EI	Factor helic.	:	1.00 %
Número de serie	:	578934	Umbral de pérdida del...	:	0.020 dB
Software	:	S/O	Umbral de reflectancia	:	-72.0 dB
Rango	:	40.0000 km	Umbral de final de fibra	:	5.000 dB
IOR	:	1.468400			
RBS	:	-79.44			

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Las atenuaciones que se aprecian en la tabla 4.5 están en el rango de 0.19 a 0.2 dB sin embargo no son atenuaciones que afecten la red. Las siguientes pruebas ópticas se efectuaron el 29 abril/16, desde Santa Rosa - Pasaje para el hilo 12

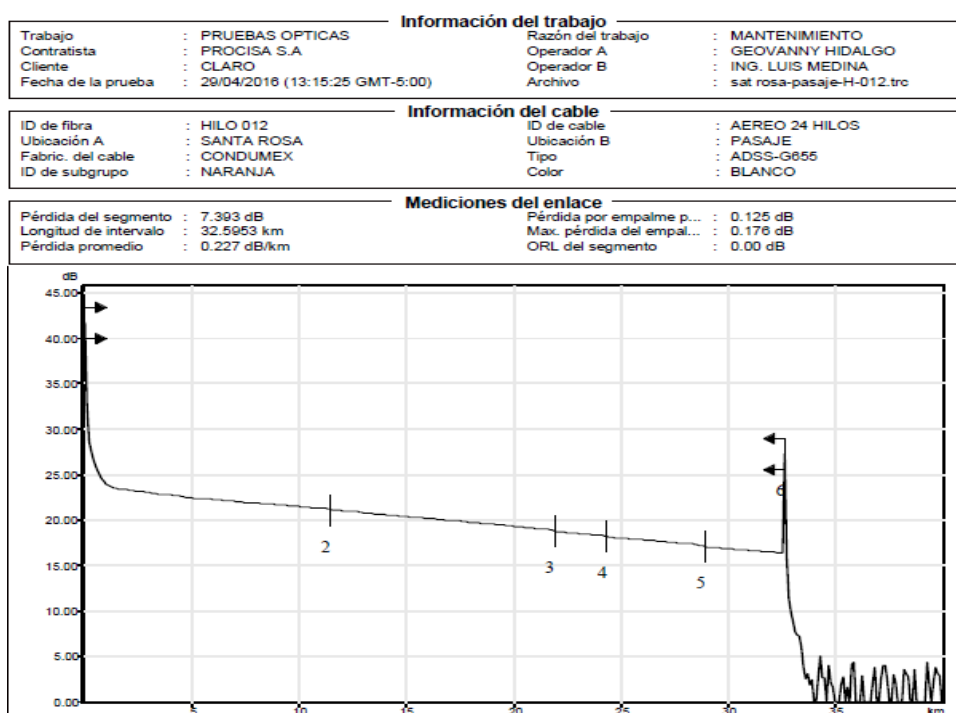


Figura 4. 7: Curva reflectométrica hilo 12 de enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (29-04-16)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

La figura 4.7 en comparación con la traza de la figura 4.5 muestra una atenuación adicional, donde se hubo un evento por un accidente de tránsito, en la tabla 4.7 se aprecia el informe OTDR con las consecuencias que produjo el accidente de tránsito en el enlace óptico.

Tabla 4. 7: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12 (2016) enlace Sta. Rosa-Pasaje

Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-19.3	0.228	0.000
		Tramo de fibra (11.5037 km)	2.605			2.605
2	11.5037	Falla no reflexiva	0.108		0.214	2.712
		Tramo de fibra (10.3443 km)	2.210			4.922
3	21.8480	Falla no reflexiva	0.178		0.189	5.098
		Tramo de fibra (2.4808 km)	0.470			5.568
4	24.3288	Falla no reflexiva	0.114		0.203	5.682
		Tramo de fibra (4.5331 km)	0.919			6.601
5	28.8619	Falla no reflexiva	0.101		0.185	6.702
		Tramo de fibra (3.7334 km)	0.691			7.393
6	32.5953	Falla reflexiva	---	-15.0		7.393

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la tabla 4.5 se puede apreciar que la distancia del punto A al punto B era de 31.89 km y en la tabla 4.7 se muestra qué aumento la distancia a 32.59 km aproximadamente 700 metros debido a un accidente de tránsito donde fue necesario adicionar 700 metros de cable y dos empalmes para continuar con la operatividad del enlace; teniendo una atenuación acumulada de 7.39 dB, cabe indicar que los valores de referencia también cambian ya que se aumentan 2 empalmes más y mayor distancia de fibra óptica.

Como se indicado la traza de atenuación/distancia es el resultado del informe OTDR, éste proporciona registros de todos los eventos, tanto reflexivos (conectores) como de atenuación (curvaturas, empalmes). El informe reflectométrico como el de la table 4.7 proporciona toda la información precisa sobre las incidencias en el cable de fibra óptica y localiza esos eventos.

Al efectuarse la medición de atenuación, se conoce la pérdida de potencia debido a las imperfecciones del tramo analizado, pero ese valor en sí no es un dato fiable para casos de certificación de la fibra en un enlace optico, esta debe cumplir con los estándares. Así el valor relativo de atenuación no indica si una fibra de corta longitud y con muchos conectores es ‘mala’ si se compara con una fibra larga de pocas conexiones que presente igual valor de atenuación. Si bien, ambas fibras tienen igual valor de atenuación y caen por debajo de los límites mínimos, hay que distinguir en que la corta será de calidad inferior a la larga.

La figura 4.8 muestra pérdidas del enlace Pasaje - Santa Rosa para el hilo 12 (29-04-16).

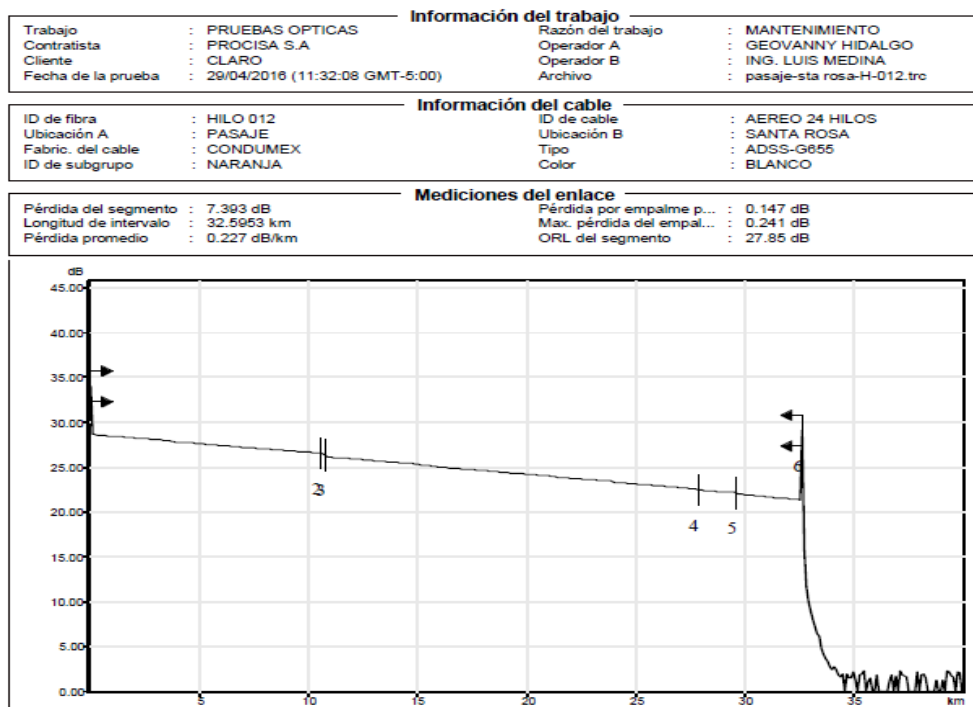


Figura 4. 8: Curva reflectométrica hilo 12 de enlace óptico Pasaje-Santa Rosa (29-04-16)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Se realiza una prueba óptica bidireccional con el fin de determinar el grado de afectación de la red y evaluar posibles situaciones.

Tabla 4. 8: Informe OTDR 1550 nm para hilo 12 (29-04-16) enlace Pasaje- Sta. Rosa

Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	-30.3		0.000
2	10.5841	Tramo de fibra (10.5841 km)	2.134		0.202	2.134
		Falla no reflexiva	0.101			2.236
3	10.7435	Tramo de fibra (0.1594 km)	0.016		0.100	2.251
		Falla no reflexiva	0.241			2.492
4	27.8122	Tramo de fibra (17.0687 km)	3.653		0.214	6.145
		Falla no reflexiva	0.118			6.263
5	29.5481	Tramo de fibra (1.7359 km)	0.307		0.177	6.570
		Falla no reflexiva	0.129			6.698
6	32.5953	Tramo de fibra (3.0472 km)	0.694		0.228	7.393
		Falla reflexiva	---	-24.3		7.393

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la tabla 4.8 se aprecia que se tiene atenuaciones que no son muy altas y no se va a tener inconvenientes con el servicio ya que a pesar de aumentar dicho valor de referencia continua por debajo del 10.45 dB.

4.2. Resumen reflectométrico 2016

En la tabla 4.9 se muestra el resumen de protocolos en valores de pérdidas del enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (30 abril 2016)

Tabla 4. 9: Resumen protocolo reflectométrico (30-04-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje

Datos del Tramo					Datos del Cable					Edidor del Protocolo		
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto:		
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655					RTFO		
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido			Nombre:		
							Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]	PROCISA ECUADOR		
1-24	31,034	17	2	2	1-24	1550	0,25	0,10	0,50	Fecha:		
										30-abr-16		
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas							
Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]
Procisa					Procisa							
Nombre:					Nombre:							
Procisa	24	G655	1550	10,46	Procisa	1-24	G655	1550	10,459	1,468	32,179	275
Fecha:					Fecha:							
30/04/2016					30/04/2016							
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL						
Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR)							
	1550 nm				Medicion				1550 nm			
	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	A1	A2	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	A1	A2	Atenuacion Tramo	Vergleich Debe/Real en
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	a	a	a	[dB]	a	a	a	1550nm [dB]
1												
2												
3									8,255	7,938	8,097	2,362
4									7,903	7,635	7,769	2,690
5												
6												
7									7,431	6,989	7,210	3,249
8												
9									7,884	7,390	7,637	2,822
10												
11									7,718	7,395	7,557	2,902
12									7,393	7,393	7,393	3,066
13									7,479	7,310	7,395	3,064
14									7,655	7,416	7,536	2,923
15									7,686	7,577	7,632	2,827
16									7,672	7,437	7,555	2,904
17									7,413	7,311	7,362	3,097
18									7,507	7,236	7,372	3,087
19									9,681	9,667	9,674	0,785
20									7,553	7,326	7,440	3,019
21												
22												
23									7,930	7,905	7,918	2,541
24												
Promedio									7,811	7,595	7,703	2,756

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Y sucesivamente se realizaron mediciones en los meses siguientes. Se presenta el resumen de protocolos en valores de pérdidas del enlace óptico Santa Rosa a Pasaje (31 julio 2016).

Tabla 4. 10: Resumen protocolo reflectométrico (31-07-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje

Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo						
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO ADSS 24 HILOS G-655					Proyecto: RTFO						
A1	SANTA ROSA															
A2	PASAJE															
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido			Nombre:	Fecha:					
							Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]							
1-24	31,034	17	2	2	1-24	1550	0,25	0,10	0,50	PROCISA ECUADOR	31-jul-16					
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas											
Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]				
Procisa	24	G655	1550	10,46	Procisa	1-24	G655	1550	10,459	1,468	32,179	275				
Nombre:					Nombre:											
Fecha:	31/07/2016				Fecha:	31/07/2016										
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL										
Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR)											
	1550 nm		1550 nm		Medicion		Atenuacion		Comparaci.		Medicion		Atenuacion		Vergleich	
	Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en [dB]	Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en 1550nm [dB]	A1 [dB]	A2 [dB]	Tramo [dB]	a [dB]	Tramo [dB]	en [dB]	A1 [dB]	A2 [dB]	Tramo [dB]	a [dB]	Tramo [dB]	en 1550nm [dB]
1	DWDM1 -B- OSN 6800 -6-FIU-IN ODF SANTA ROSA -PUERTO 01				CON TRAFICO											
2	DWDM1 -B- OSN 6800 -6-FIU-OUT ODF SANTA ROSA -PUERTO 02				CON TRAFICO											
3	Hilo atenuado a 2.480 mts. (0.85 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Terminal Sta. Rosa.				8,005	7,850	7,928	2,531	7,493	7,665	7,579	2,880				
4																
5	Conectado en ODF Pasaje				CON TRAFICO											
6	Conectado en ODF Pasaje				CON TRAFICO											
7					7,112	6,649	6,881	3,578								
8	Hilo cortado a 6.719 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.															
9					7,419	7,312	7,366	3,093								
10	Hilo cortado a 6.720 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.															
11	Hilo cortado a 6.720 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.															
12					7,320	7,325	7,323	3,136								
13					7,235	7,231	7,233	3,226								
14					7,398	7,339	7,369	3,090								
15	Hilo atenuado a 11.524 mts. (0.36 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Balosa.				7,499	7,303	7,401	3,058								
16					7,258	7,276	7,267	3,192								
17					7,202	7,099	7,151	3,308								
18					7,145	7,287	7,216	3,243								
19	Hilo atenuado a 28.884 mts. (2.17 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Redondel de Pasaje.				9,134	9,336	9,235	1,224								
20					7,205	7,257	7,231	3,228								
21	Hilo cortado a 3.075 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo.															
22	Hilo cortado a 3.071 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo.															
23	Hilo atenuado a 4.789 mts. (0.64 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Redondel de Pasaje.				7,398	7,831	7,615	2,844								
24					HILO DE MONITOREO											
Promedio					7,487	7,483	7,485	2,973								

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

El 1 de Agosto se hizo pruebas ópticas en el mismo tramo desde Santa Rosa - Pasaje para el hilo 22.

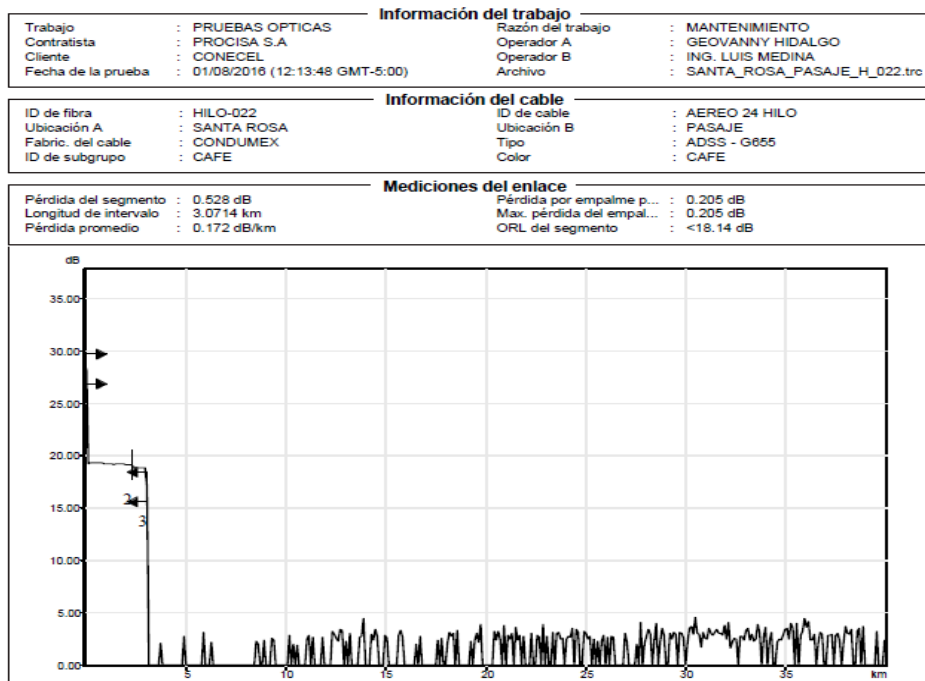


Figura 4. 9: Curva reflectométrica hilo 22 de enlace óptico Santa Rosa- Pasaje (1-08-16)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En el mes de agosto realizando pruebas ópticas de muestreo se aprecia que el hilo 22 tiene un corte aproximadamente a 3 km por lo que es necesario corregir esta situación, por lo que es necesario revisar en campo y plantear el plan de acción, es necesario tener todos los hilos disponibles en caso de ser necesario utilizarlos para nuevos servicios.

Tabla 4. 11: Informe OTDR 1550 nm para hilo 22 (1-08-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-22.8		0.000
		Tramo de fibra (2.3227 km)	0.232		0.100	0.232
2	2.3227	Falla no reflexiva	0.205			0.437
		Tramo de fibra (0.7487 km)	0.091		0.121	0.528
3	3.0714	Falla reflexiva	---	-87.2		0.528

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.ue.	: 45 s
Nombre de archivo	: SANTA_ROSA_PASAJE_H_022.trc	Duración de pulso	: 275 ns
Hardware	: AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 627334	Umbral de pérdida del e...	: 0.100 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.468000		
RBS	: -81.87		

Nota: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

El Informe OTDR para el hilo 12 de la tabla 4.11 determina que el daño esta a 3.07 km desde la radio base Santa Rosa hacia Pasaje. Prueba óptica del enlace desde Pasaje a Santa Rosa para el hilo 8 (1 agosto 2016).

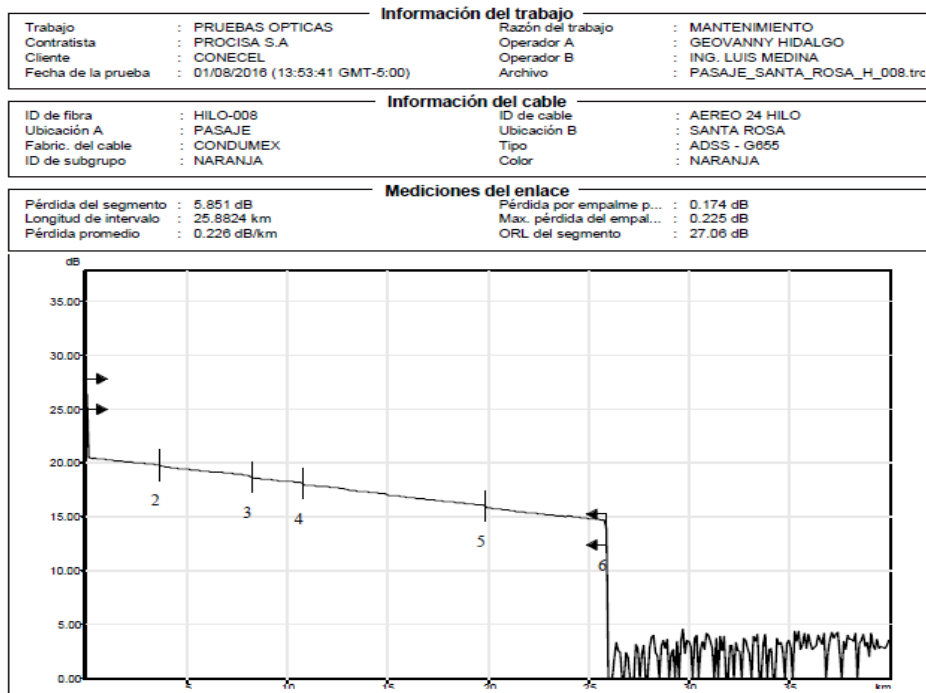


Figura 4. 10: Curva reflectométrica hilo 8 de enlace óptico Pasaje- Sta. Rosa (1-08-16)
Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Se debe indicar que desde agosto del 2016 se realizó pruebas ópticas debido a que desde la construcción del enlace óptico (2012) a la fecha se ha tenido muchas incidencias en la red físicamente como el cambio de postes, accidentes de tránsito, ampliación de tramos de carretera etc. Así se producen atenuaciones como el de la figura 4.10 que muestra que el hilo 8 tiene una traza con 6 atenuaciones.

Tabla 4. 12: Informe OTDR 1550 nm para hilo 8 (1-08-16) enlace Pasaje- Sta. Rosa

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	-28.6		0.000
		Tramo de fibra (3.6288 km)	0.689		0.190	0.689
2	3.6288	Falla no reflexiva	0.124			0.813
		Tramo de fibra (4.5905 km)	0.874		0.190	1.688
3	8.2193	Falla no reflexiva	0.202			1.890
		Tramo de fibra (2.5191 km)	0.441		0.175	2.330
4	10.7384	Falla no reflexiva	0.146			2.476
		Tramo de fibra (9.0994 km)	2.003		0.220	4.479
5	19.8378	Falla no reflexiva	0.225			4.704
		Tramo de fibra (6.0446 km)	1.147		0.190	5.851
6	25.8824	Falla reflexiva	---	-57.1		5.851

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.:	: 45 s
Nombre de archivo	: PASAJE_SANTA_ROSA_H_008.trc	Duración de pulso	: 275 ns
Hardware	: AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 627334	Umbral de pérdida del e...	: 0.100 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.469000		
RBS	: -81.87		

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Prueba óptica del enlace óptico desde Pasaje a Santa Rosa para el hilo 23 (1 agosto 2016).

Información del trabajo			
Trabajo	: PRUEBAS OPTICAS	Razón del trabajo	: MANTENIMIENTO
Contratista	: PROCISA S.A	Operador A	: GEOVANNY HIDALGO
Cliente	: CONECEL	Operador B	: ING. LUIS MEDINA
Fecha de la prueba	: 01/08/2016 (14:21:18 GMT-5:00)	Archivo	: PASAJE_SANTA_ROSA_H_023.tr

Información del cable			
ID de fibra	: HILO-023	ID de cable	: AEREO 24 HILO
Ubicación A	: PASAJE	Ubicación B	: SANTA ROSA
Fabric. del cable	: CONDUMEX	Tipo	: ADSS - G655
ID de subgrupo	: CAFE	Color	: GRIS

Mediciones del enlace			
Pérdida del segmento	: 7.831 dB	Pérdida por empalme p...	: 0.147 dB
Longitud de intervalo	: 32.6093 km	Max. pérdida del empal...	: 0.401 dB
Pérdida promedio	: 0.240 dB/km	ORL del segmento	: <20.05 dB

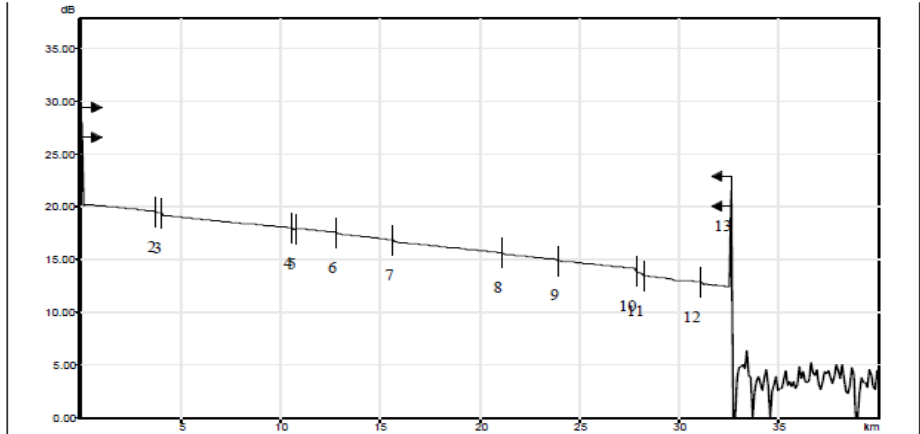


Figura 4. 11: Curva reflectométrica hilo 23 de enlace óptico Pasaje- Sta. Rosa (1-08-16)
Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Como se mencionó anteriormente los factores externos que afectaron el enlace óptico, generaron considerables cantidades de atenuaciones es por ello que la figura 4.11 muestra que el hilo 23 tiene su traza con 12 atenuaciones.

Tabla 4. 13: Informe OTDR 1550 nm para hilo 23 (1-08-16) enlace Pasaje-Sta. Rosa

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	- - -	>-20.6		0.000
2	3.7053	Tramo de fibra (3.7053 km)	0.651		0.176	0.651
		Falla no reflexiva	0.114			0.766
		Tramo de fibra (0.3610 km)	0.056		0.155	0.822
3	4.0663	Falla no reflexiva	0.242			1.063
		Tramo de fibra (6.5012 km)	1.184		0.182	2.248
4	10.5675	Falla no reflexiva	0.119			2.367
		Tramo de fibra (0.1798 km)	0.046		0.257	2.413
5	10.7473	Falla positiva	-0.138			2.275
		Tramo de fibra (2.0791 km)	0.400		0.192	2.675
6	12.8264	Falla no reflexiva	0.127			2.801
		Tramo de fibra (2.8239 km)	0.608		0.215	3.409
7	15.6503	Falla no reflexiva	0.179			3.588
		Tramo de fibra (5.4451 km)	1.026		0.188	4.614
8	21.0954	Falla no reflexiva	0.123			4.737
		Tramo de fibra (2.7972 km)	0.534		0.191	5.271
9	23.8926	Falla no reflexiva	0.104			5.376
		Tramo de fibra (3.9280 km)	0.743		0.189	6.119
10	27.8186	Falla no reflexiva	0.401			6.519
		Tramo de fibra (0.3648 km)	0.072		0.197	6.591
11	28.1833	Falla no reflexiva	0.203			6.794
		Tramo de fibra (2.9107 km)	0.639		0.220	7.433
12	31.0940	Falla no reflexiva	0.145			7.579
		Tramo de fibra (1.5153 km)	0.252		0.167	7.831
13	32.6093	Falla reflexiva	- - -	-16.6		7.831

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.úc.	: 45 s
Nombre de archivo	: PASAJE_SANTA_ROSA_H_023.trc	Duración de pulso	: 275 ns
Hardware	: AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 627334	Umbral de pérdida del e...	: 0.100 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.469000		
RBS	: -81.87		

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la tabla 4.13 se aprecia que las atenuaciones oscilan entre 0.17 dB hasta 0.22 dB a la fecha en distancia óptica se tiene 32,609 km y la atenuación acumulada 7.83;

es decir en el trayecto de 4 años aumentó aproximadamente 2 dB, sin embargo, aún esta por debajo del valor teórico inicial de 10.45 dB. La figura 4.12 muestra las pruebas ópticas del enlace óptico desde Pasaje a Santa Rosa para el hilo 8 (29 agosto 2016).

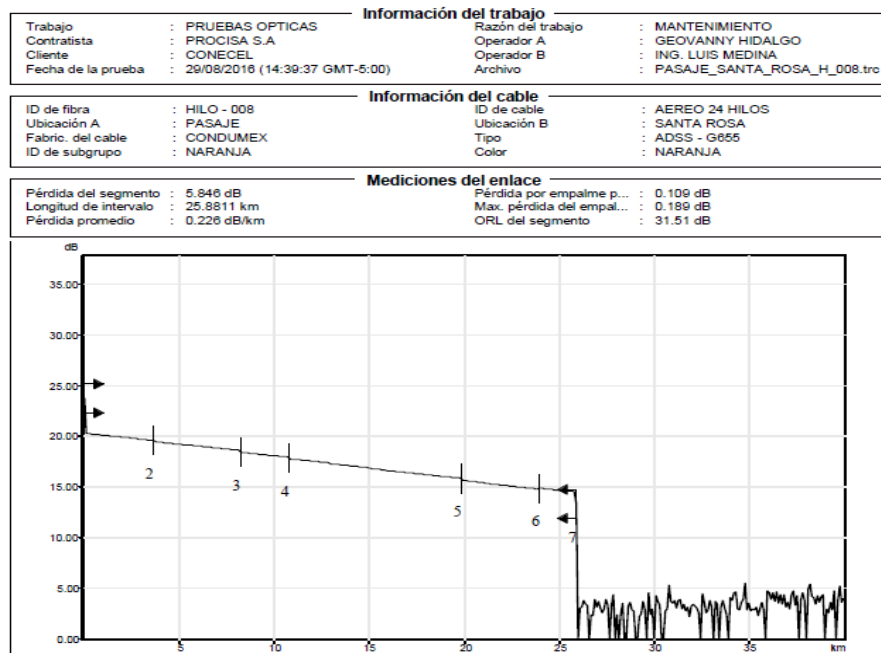


Figura 4. 12: Curva reflectométrica hilo 8 de enlace óptico Pasaje- Sta. Rosa (29-08-16)
Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la figura 4.12 se observa una caída de la traza reflectométrica aproximadamente a 26 km del tramo analiado, es necesario revisar la tabla 4.12 para determinar con exactitud la ubicación del daño. Es importante recordar que una vez construido un enlace óptico para minimizer dificultades por atenuación, se debe determinar, en función de la configuración de ese enlace, el valor máximo OLB (Optical Link Budged). El OLB es la suma de las atenuaciones permitidas por conectores, uniones (splice) y longitud de la fibra óptica (Pérez, 2005).

Las normas dan esos valores para los conectores, las uniones y la atenuación por km, de modo que, sumando las atenuaciones producidas por cada conector o unión y la atenuación para la longitud del enlace, se podrá conocer la máxima atenuación permitida para dicho enlace.

Tabla 4. 14: Informe OTDR 1550 nm para hilo 8 (29-08-16) enlace Pasaje-Sta. Rosa

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	- - -	-39.0		0.000
2	3.6926	Tramo de fibra (3.6926 km)	0.702		0.190	0.702
		Falla no reflexiva	0.118			0.820
3	8.2206	Tramo de fibra (4.5280 km)	0.874		0.193	1.694
		Falla no reflexiva	0.189			1.883
4	10.7626	Tramo de fibra (2.5421 km)	0.476		0.187	2.359
		Falla no reflexiva	0.160			2.519
5	19.8327	Tramo de fibra (9.0700 km)	1.988		0.219	4.507
		Falla no reflexiva	0.181			4.688
6	23.8939	Tramo de fibra (4.0612 km)	0.895		0.220	5.583
		Falla positiva	-0.104			5.479
7	25.8811	Tramo de fibra (1.9872 km)	0.366		0.184	5.846
		Falla reflexiva	- - -	-58.9		5.846

Información de marcadores				
A	:	S/O	:	S/O
a	:	S/O	:	S/O
Distancia de A a B	:	S/O	:	ORL de A a B
Reflectancia 3-p.	:	S/O	:	Aten. LSA A a B
Pérdida p/emp. 4-p.	:	S/O	:	

Configuración de prueba y cable					
Longitud de onda	:	1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adquis.	:	30 s
Nombre de archivo	:	PASAJE_SANTA_ROSA_H_008.trc	Duración de pulso	:	275 ns
Hardware	:	AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL	Factor helio.	:	0.00 %
Número de serie	:	027334	Umbral de pérdida del e...	:	0.100 dB
Software	:	S/O	Umbral de reflectancia	:	-72.0 dB
Rango	:	40.0000 km	Umbral de final de fibra	:	5.000 dB
IOR	:	1.469000			
RBS	:	-81.87			

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la tabla 4.14 se tiene una caída total del hilo 8 a 26,88 km por lo que es necesario dirigirse a campo a revisar que produjo este daño. La figura 4.13 muestra la prueba óptica del enlace desde Pasaje a Santa Rosa para el hilo 23 (29 agosto 2016).

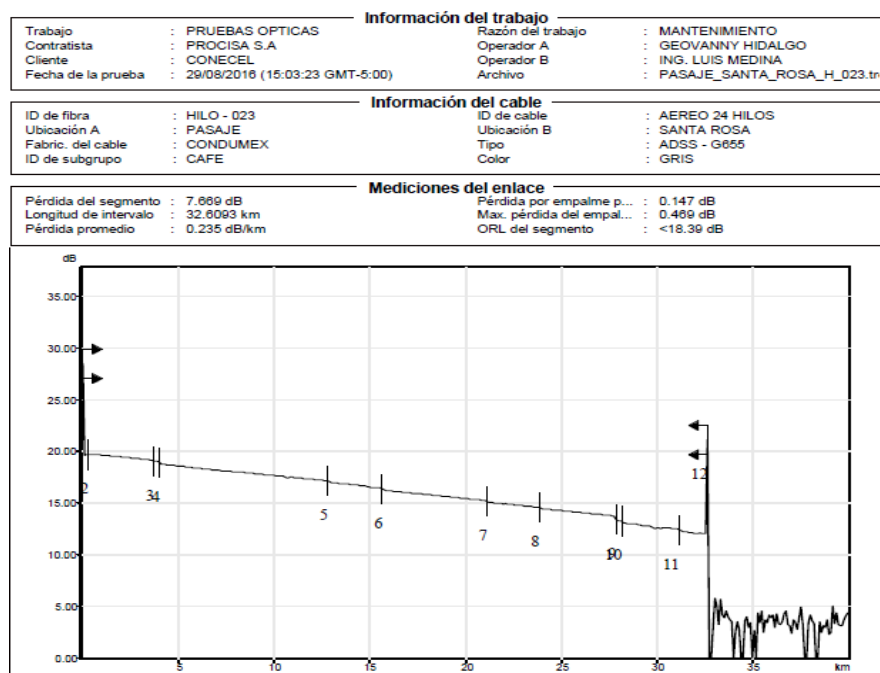


Figura 4. 13: Curva reflectométrica hilo 23 de enlace óptico Pasaje-Sta. Rosa (29-08-16)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

La figura 4.13 muestra que el hilo 23 tiene su traza con 12 atenuaciones para el tramo de enlace óptico desde Pasaje a Sta. Rosa

Tabla 4. 15: Informe OTDR 1550 nm para hilo 23 (29-08-16) enlace Pasaje-Sta. Rosa

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-18.9		0.000
2	0.3010	Tramo de fibra (0.3010 km)	0.030		0.100	0.030
		Falla positiva	-0.188			-0.138
3	3.7091	Tramo de fibra (3.4081 km)	0.613		0.180	0.475
		Falla no reflexiva	0.104			0.579
4	4.0683	Tramo de fibra (0.3571 km)	0.078		0.213	0.655
		Falla no reflexiva	0.229			0.885
5	12.8328	Tramo de fibra (8.7665 km)	1.601		0.183	2.485
		Falla no reflexiva	0.111			2.597
6	15.6809	Tramo de fibra (2.8482 km)	0.619		0.217	3.215
		Falla no reflexiva	0.165			3.380
7	21.0890	Tramo de fibra (5.4081 km)	1.018		0.188	4.398
		Falla no reflexiva	0.134			4.532
8	23.8518	Tramo de fibra (2.7627 km)	0.518		0.187	5.048
		Falla no reflexiva	0.111			5.159
9	27.7943	Tramo de fibra (3.9426 km)	0.723		0.183	5.882
		Falla no reflexiva	0.469			6.352
10	28.1234	Tramo de fibra (0.3291 km)	0.033		0.100	6.385
		Falla no reflexiva	0.170			6.554
11	31.1348	Tramo de fibra (3.0114 km)	0.657		0.218	7.211
		Falla no reflexiva	0.146			7.357
12	32.6093	Tramo de fibra (1.4745 km)	0.312		0.211	7.669
		Falla reflexiva	---	-16.4		7.669

Información de marcadores					
A	:	S/O	B	:	S/O
a	:	S/O	b	:	S/O
Distancia de A a B	:	S/O	ORL de A a B	:	S/O
Reflectancia 3-p.	:	S/O	Aten. LSA A a B	:	S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	:	S/O			

Configuración de prueba y cable					
Longitud de onda	:	1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adqic.	:	30 s
Nombre de archivo	:	PASAJE_SANTA_ROSA_H_023.trc	Duración de pulso	:	275 ns
Hardware	:	AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL	Factor helic.	:	0.00 %
Número de serie	:	627334	Umbral de pérdida del e...	:	0.100 dB
Software	:	S/O	Umbral de reflectancia	:	-72.0 dB
Rango	:	40.0000 km	Umbral de final de fibra	:	5.000 dB
IOR	:	1.469000			
RBS	:	-81.87			

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

El informe de la tabla 4.15 indica que las atenuaciones oscilan entre 0.1 dB hasta 0.21 dB aún debajo del valor teórico inicial de 10.45 dB. Se muestra en la figura 4.14 la traza OTDR del 30 Agosto en el mismo tramo desde Santa Rosa - Pasaje para el hilo 22.

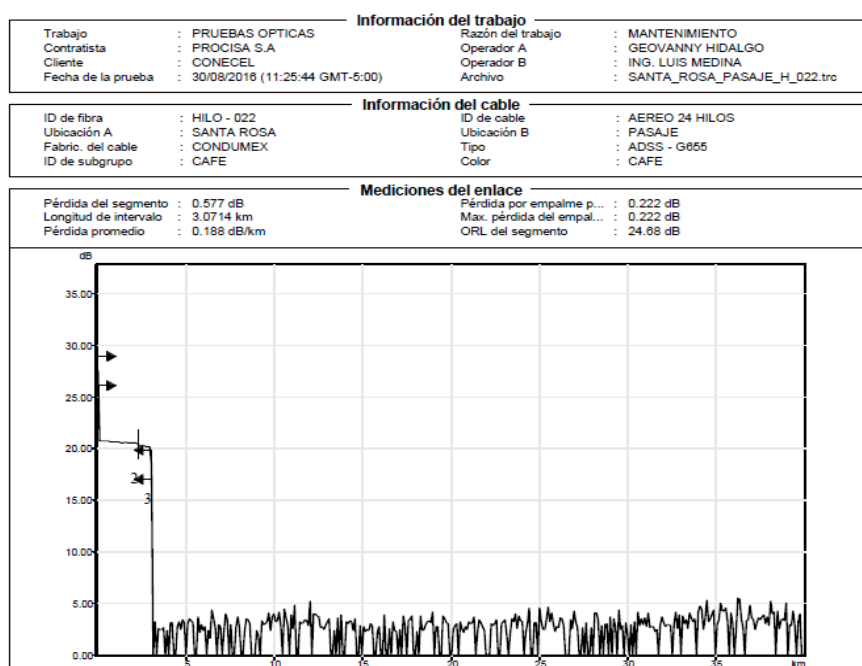


Figura 4. 14: Curva reflectométrica hilo 22 de enlace óptico Sta. Rosa-Pasaje (30-08-16)

Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

La figura 4.14 muestra la traza con interrupción por corte (aprox a 3 km) para el hilo 22 por lo que es necesario ejecutar el plan de acción correspondiente. En la tabla 4.16 se aprecia que el daño esta a 3.07 km desde la radio base Santa Rosa hacia Pasaje. Cabe indicar que dicha reflexión se da en ambos sentidos del enlace óptico, por consiguiente, se obtendrá un nivel de señal devuelta continuo en cada punto.

Tabla 4. 16: Informe OTDR 1550 nm para hilo 22 (30-08-16) enlace Sta. Rosa- Pasaje

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	-24.8		0.000
		Tramo de fibra (2.3227 km)	0.270		0.116	0.270
2	2.3227	Falla no reflexiva	0.222			0.492
		Tramo de fibra (0.7487 km)	0.085		0.114	0.577
3	3.0714	Falla reflexiva	---	-85.6		0.577

Información de marcadores					
A	:	S/O	B	:	S/O
a	:	S/O	b	:	S/O
Distancia de A a B	:	S/O	ORL de A a B	:	S/O
Reflectancia 3-p.	:	S/O	Aten. LSA A a B	:	S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	:	S/O			

Configuración de prueba y cable					
Longitud de onda	:	1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.:	:	30 s
Nombre de archivo	:	SANTA_ROSA_PASAJE_H_022.trc	Duración de pulso	:	275 ns
Hardware	:	AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL	Factor helic.	:	0.00 %
Número de serie	:	827334	Umbral de pérdida del e...	:	0.100 dB
Software	:	S/O	Umbral de reflectancia	:	-72.0 dB
Rango	:	40.0000 km	Umbral de final de fibra	:	5.000 dB
IOR	:	1.469000			
RBS	:	-81.87			

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En la detección aparece como una contribución lineal descendente (en escala logarítmica), debido a la atenuación paulatinamente mayor que sufren los puntos más alejados. La pendiente negativa de esta recta es directamente la atenuación por unidad de longitud (dB/km) de esa FO a la longitud de onda del diodo láser. De tal manera, el informe dado por el OTDR debe medir un rango dinámico de reflexión. De debe informar sobre los límites de medida de eventos reflexivos (Manual LCOP-UPM, 2008). Además de un rango dinámico de scattering, registro de eventos de todo tipo, reflexivos (no saturantes) y no reflexivos.

A continuación, en la tabla 4.17, el resumen de pérdida de potencia en la fibra óptica desde Santa Rosa a Pasaje (31-07-16)

Tabla 4. 17: Resumen protocolo reflectométrico (31-07-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje

MEMORIA DE PRUEBAS Y GRAFICAS P-9 (PRESUPUESTO DE PERDIDAS)												
Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo		
Lugar:	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto: RTFO		
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655							
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido			Nombre:	Fecha:	
							Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]			
1-24	31,034	17	2	2	1-24	1550	0,25	0,10	0,50	PROCISA ECUADOR	31-jul-16	
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas							
Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]
Procisa	24	G655	1550	10,46	Procisa	1-24	G655	1550	10,459	1,468	32,179	275
Nombre:					Nombre:							
Fecha:	31/07/2016				Fecha:	31/07/2016						
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-E-PM2X-VFL						
Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR)							
			1550 nm						1550 nm			
	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1 A2		Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1 A2		Atenuacion Tramo	Vergleich Debe/Real en
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	a	a	[dB]	[dB]	a	a	a	1550nm [dB]
1	DWDm1 -B- OSN 6800 -6-FIU-IN ODF SANTA ROSA-PUERTO 01								CON TRAFICO			
2	DWDm1 -B- OSN 6800 -6-FIU-OUT ODF SANTA ROSA-PUERTO 02								CON TRAFICO			
3	Hilo atenuado a 2.480 mts. (0.85 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Terminal Sta. Rosa.								8,005	7,850	7,928	2,531
4									7,493	7,665	7,579	2,880
5	Conectado en ODF Pasaje								CON TRAFICO			
6	Conectado en ODF Pasaje								CON TRAFICO			
7									7,112	6,649	6,881	3,578
8	Hilo cortado a 6.719 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.											
9									7,419	7,312	7,366	3,093
10	Hilo cortado a 6.720 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.											
11	Hilo cortado a 6.720 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.											
12									7,320	7,325	7,323	3,136
13									7,235	7,231	7,233	3,226
14									7,398	7,339	7,369	3,090
15	Hilo atenuado a 11.524 mts. (0,36 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Balosa.								7,499	7,303	7,401	3,058
16									7,258	7,276	7,267	3,192
17									7,202	7,099	7,151	3,308
18									7,145	7,287	7,216	3,243
19	Hilo atenuado a 28.884 mts. (2.17 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Redondel de Pasaje.								9,134	9,336	9,235	1,224
20									7,205	7,257	7,231	3,228
21	Hilo cortado a 3.075 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo.											
22	Hilo cortado a 3.071 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo.											
23	Hilo atenuado a 4.789 mts. (0.64 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Redondel de Pasaje.								7,398	7,831	7,615	2,844
24									HILO DE MONITOREO			
Promedio									7,487	7,483	7,485	2,973

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

A continuación, en la tabla 4.18, el resumen de pérdidas en la fibra óptica desde Santa Rosa a Pasaje (31-12-16)

Tabla 4. 18: Resumen protocolo reflectométrico (31-12-16) enlace Sta. Rosa-Pasaje

Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo		
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto:		
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655					RTFO		
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido			Nombre:		
							Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]	PROCISA ECUADOR		
1-24	31,034	17	2	2	1-24	1550	0,25	0,10	0,50	Fecha: 31-dic-16		
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas							
Compania: Procisa	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania: Procisa	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]
Nombre: Procisa	24	G655	1550	10,46	Nombre: Procisa	1-24	G655	1550	10,459	1,468	32,179	275
Fecha: 31/12/2016					Fecha: 31/12/2016							
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL						
Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR)							
	1550 nm				1550 nm							
	Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en [dB]	Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en 1550nm [dB]	Medicion A1 A2 [dB]		Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en [dB]	Medicion A1 A2 [dB]		Atenuacion Tramo [dB]	Vergleich Debe/Real en 1550nm [dB]
1									7,086	7,426	7,256	3,203
2									7,429	7,586	7,508	2,951
3									8,054	8,183	8,119	2,340
4									7,559	7,440	7,500	2,959
5									7,703	8,023	7,863	2,596
6									7,538	7,764	7,651	2,808
7												
8												
9									7,699	7,331	7,515	2,944
10												
11									9,728	9,837	9,783	0,676
12									7,752	7,755	7,754	2,705
13									CON TRAFICO			
14									CON TRAFICO			
15									CON TRAFICO			
16									CON TRAFICO			
17									7,098	7,056	7,077	3,382
18									6,953	7,012	6,983	3,476
19									7,196	7,405	7,301	3,158
20									7,307	7,215	7,261	3,198
21												
22												
23												
24									HILO DE MONITOREO			
Promedio									7,623	7,695	7,659	2,799

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

4.3. Resumen reflectométrico en 2017

A continuación, en la tabla 4.19, el resumen de pérdidas en la fibra óptica desde Santa Rosa a Pasaje (31-12-17). Se puede apreciar que los valores iniciales han cambiado debido a múltiples situaciones en campo por lo que han aumentado tanto los empalmes como también la distancia de fibra óptica entre las localidades de Pasaje y Santa Rosa, realizando la tabla de protocolos se aprecia que la atenuación permitida teóricamente tiene que estar en los 10.87 dB sin embargo la mayoría de hilos se

mantienen entre 7 y 8 dB bidireccionalmente incluso se tiene detectado en donde se tiene mayor atenuación para dar solución lo más pronto posible.

Tabla 4. 19: Resumen de protocolo reflectométrico (31-12-17) enlace Sta. Rosa-Pasaje

Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo		
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto: RTFO		
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655							
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido			Nombre:		
1-24	32,263	18	2	2	1-24	1550	Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]	PROCISA ECUADOR		
							0,25	0,10	0,50	Fecha: 31-dic-17		
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas							
Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]
Nombre:					Nombre:							
Procia:	24	G655	1550	10,87	Procia:	1-24	G655	1550	10,866	1,468	32,651	275
Fecha:					Fecha:							
31/12/2017					31/12/2017							
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL						

Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR)								
	1550 nm				1550 nm								
	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1 A2		Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1 A2		Atenuacion Tramo	Vergleich Debe/Real en	
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	a	a	a	a	a	a	a	1550nm [dB]	
1										7,102	7,603	7,353	3,513
2										7,392	7,794	7,593	3,273
3										8,213	8,181	8,197	2,669
4										7,869	7,822	7,846	3,020
5										7,509	7,961	7,735	3,131
6										7,507	7,525	7,516	3,350
7										7,700	7,045	7,373	3,493
8										7,175	7,344	7,260	3,606
9										7,476	7,191	7,334	3,532
10										7,731	7,197	7,464	3,402
11										7,285	7,401	7,343	3,523
12										8,554	8,498	8,526	2,340
13										CON TRAFICO			
14										CON TRAFICO			
15										CON TRAFICO			
16										CON TRAFICO			
17										7,038	7,284	7,161	3,705
18										7,507	7,566	7,537	3,329
19										7,187	7,136	7,162	3,704
20										7,557	7,078	7,318	3,548
21													
22													
23										7,782	7,767	7,775	3,091
24										HILO DE MONITOREO			
Promedio										7,564	7,553	7,558	3,308

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

Se señala que la norma para cable 1550 nm indica que la atenuación máxima es 4 dB por distancia (dB/km) y la atenuación/conector óptico máxima es 7 dB. Se muestra en la figura 4.15 trazas OTDR del 25 enero del 2018 para hilo 21 del enlace Santa Rosa- Pasaje. El hilo 21 tal como muestra la traza de la figura 4.15 se aprecia que tiene una caída esto es debido que en la construcción del terminal terrestre de la

ciudad de Santa Rosa en cambio de postes por parte de la empresa eléctrica se tensó mucho el cable de fibra óptica dañando algunos hilos de la misma. Estos eventos se detectan como un brusco aumento de la potencia recibida, seguido de una caída (porque la potencia transmitida a partir de ese punto es menor).

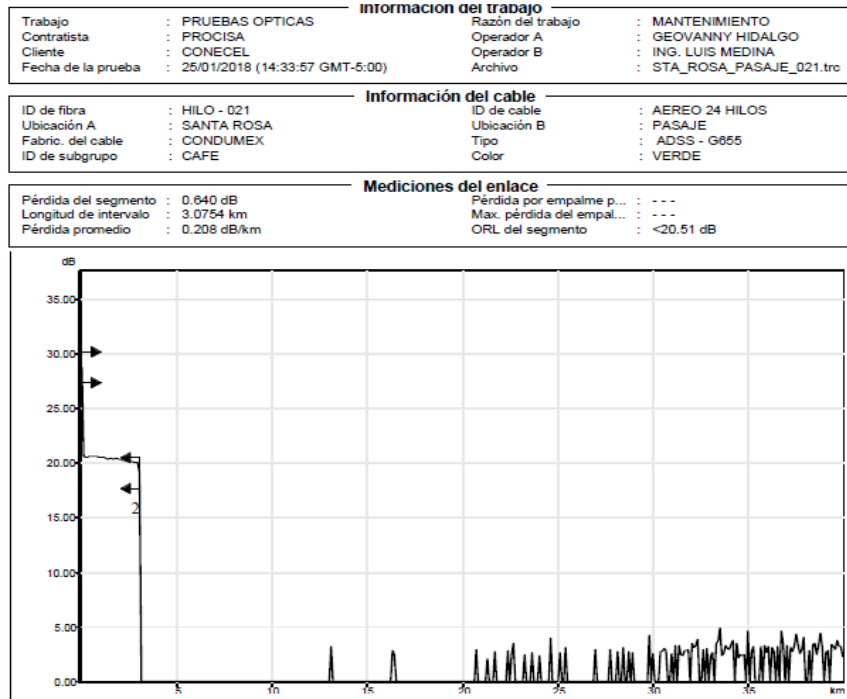


Figura 4. 15: Curva reflectométrica hilo 21 de enlace óptico Sta. Rosa-Pasaje (25-01-18)
Fuente: OTDR/Operador Ing. Luis Medina

El informe OTDR de la tabla 4.20 indica información sobre el hilo 21 del enlace óptico desde Sta. Rosa a Pasaje, por los valores obtenidos se determina que está caído a 3.07 km en el sector del terminal terrestre y no se puede intervenir aún debido que continúan trabajos, siendo necesario cambiar un tramo de fibra para dar solución definitiva.

Tabla 4. 20: Informe OTDR 1550 nm para hilo 21 (25-01-18) enlace Sta. Rosa- Pasaje

Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-20.9		0.000
		Tramo de fibra (3.0754 km)	0.640		0.208	0.640
2	3.0754	Falla reflexiva	---	-64.3		0.640

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adq.lic.	: 30 s
Nombre de archivo	: STA_ROSA_PASAJE_021.trc	Duración de pulso	: 275 ns
Hardware	: AXS-100-023B-EI-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 478117	Umbral de pérdida del e...	: 0.200 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.468325		
RBS	: -81.87		

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

4.4. Resumen reflectométrico en 2018

A continuación, en la tabla 4.21, el resumen de pérdidas en la fibra óptica desde Santa Rosa a Pasaje (31-01-18)

Tabla 4. 21: Resumen protocolo reflectométrico (31-01-18) enlace Sta. Rosa-Pasaje

Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo		
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto: RTFO		
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655							
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido			Nombre:	Fecha:	
							Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]			
1-24	32,263	18	2	2	1-24	1550	0,25	0,10	0,50	PROCISA ECUADOR	31-ene-18	
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas							
Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]
Procisa	24	G655	1550	10,87	Procisa	1-24	G655	1550	10,866	1,468	32,651	275
Nombre:					Nombre:							
Fecha:	31/01/2018				Fecha:	31/01/2018						
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-EH-PM2X-VFL						

Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR)							
	1550 nm		1550 nm		1550 nm		1550 nm		1550 nm		1550 nm	
	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1	Atenuacion Tramo a	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1	Atenuacion Tramo a	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1	Atenuacion Tramo a
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
1					7,120	7,488	7,304	3,562				
2					7,524	7,965	7,745	3,121				
3	Hilo atenuado a 2.482 mts. (1.09 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Terminal Santa Rosa.				8,185	8,174	8,180	2,686				
4	Hilo atenuado a 2.289 mts. (0.57 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Terminal Santa Rosa.				7,920	7,722	7,821	3,045				
5	Hilo atenuado a 2.515 mts. (0.63 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Terminal Santa Rosa.				7,445	7,975	7,710	3,156				
6					7,429	7,963	7,696	3,170				
7					7,564	7,315	7,440	3,426				
8					7,089	7,660	7,375	3,491				
9					7,405	7,301	7,353	3,513				
10					7,872	7,457	7,665	3,201				
11					7,155	7,418	7,287	3,579				
12	Hilo atenuado a 2.323 mts. (1.47 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Terminal Santa Rosa.				8,410	8,514	8,462	2,404				
13	DWD M1 -B- OSN 6800 -6-FIU-IN ODF SANTA ROSA -PUERTO 01				CON TRAFICO							
14	DWD M1 -B- OSN 6800 -6-FIU-OUT ODF SANTA ROSA -PUERTO 02				CON TRAFICO							
15	Conectado en ODF Pasaje				CON TRAFICO							
16	Conectado en ODF Pasaje				CON TRAFICO							
17					7,264	7,065	7,165	3,701				
18	Hilo atenuado a 6.730 mts. (0.56 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo				7,453	7,613	7,533	3,333				
19					7,018	7,191	7,105	3,761				
20					7,484	7,346	7,415	3,451				
21	Hilo cortado a 3.075 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo											
22	Hilo cortado a 3.076 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo											
23	Hilo atenuado a 4.773 mts. (0.71 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector La Victoria				7,714	7,865	7,790	3,076				
24					HILO DE MONITOREO							
Promedio					7,532	7,649	7,591	3,275				

Fuente: Informe OTDR/Operador Ing. Luis Medina

En anexo 1 se muestran más trazas del equipo OTDR y resúmenes de pérdidas del enlace óptico Santa Rosa-Pasaje

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones.

- ✓ Se ha caracterizado la operación de la fibra óptica monomodo basado en estandar ITU-T G-655. La norma para enlaces ópticos con este tipo de fibra indica que la atenuación máxima es 4 dB por distancia (dB/km) y la atenuación/conector óptico máxima es 7 dB. Los sistemas ópticos coherentes son sistema en el cual el receptor conoce cierta información de la señal que recibe, como por ejemplo la frecuencia portadora y la modulación utilizada en la etapa de transmisión.
- ✓ Se ha explicado, parámetros de prueba en equipos de medición OTDR. Este equipo envía a través del hilo de fibra óptica en uno de sus extremos, una haz de luz pulsado, el cual recorrerá hacia el final. Así el OTDR guarda y analiza trazas reflectométricas que han sido retornadas. El OTDR localiza rotura de la fibra, identifica de conexiones defectuosas y mide longitudes de onda de la fibra, entre otros aspectos más. La traza de atenuación/distancia es el resultado del informe OTDR, proporciona registros de todos los eventos, tanto reflexivos como de atenuación.
- ✓ Se ha verificado los niveles ópticos (registro reflectométrico) para el enlace Pasaje – Santa Rosa, esto suministra información exacta del estado de la fibra, así se localizan eventos tanto reflexivos como los de atenuación. En un enlace óptico, para solucionar problemas de rotura de fibra se debe medir y corroborar la atenuación y pérdidas de retorno, es decir determinar el balance de pérdidas, o pérdidas admisibles este aspecto pertenece a las exigencias del proyecto.
- ✓ Se ha analizado niveles reflectométricos de la fibra óptica monomodo con dispersión desplazada no nula (ADSS G.655) de los últimos 3 años y están por debajo del nivel teórico 10 dB.

5.2. Recomendaciones.

- ✓ Se debe contar con el equipamiento adecuado y cumplir con capacitaciones sobre la construcción, implementación y mantenimiento del enlace óptico implementado.
- ✓ Participar en la charla de seguridad en el sitio, especificando la evaluación de riesgos, antes de iniciar el trabajo de medición reflectométricas o similares procesos con la fibra óptica.

- ✓ Los cables que se instalan cerca de las líneas de potencia de alta tensión se deben llevar a tierra, incluyendo los cables todo-dieléctrico (ADSS).
- ✓ Realizar mediciones con equipo OTDR de forma permanente para asegurar la disponibilidad del servicio y de futuros servicios de Telecomunicaciones por vía fibra óptica.

Referencias

- C3 Comunicaciones. (2012). *OTDR y OLTS, Dos herramientas distintas para necesidades específicas*. Retrieved from <http://www.c3comunicaciones.es/Documentacion/OTDR%20Y%20OLTS.pdf>
- Cai, Davidson, & Lucero. (2012). *20 Tbit/s Transmission Over 6860 km With Sub-Nyquist Channel Spacing*, ". *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 30, 651-657.
- Chen, Li, & Zhao. (2012). "Experimental Demonstration of ROADM Functionality on an Optical SCFDM Superchannel,". *Photonics Technology Letters, IEEE* , vol. 24, no. 3, 215-217.
- Cliatec. (2016). *Green Data Center*. Retrieved from <http://www.cliatec.com/blog/verde-que-te-quiero-verde-green-data-center>
- Conectrónica. (2009). *Medidas en fibra óptica: ¿Reflectometría o potencia?* Retrieved from <https://www.conectronica.com/fibra-optica/instrumentos-para-fibra-optica/medidas-en-fibra-optica-ireflectometria-o-potencia>
- Cvijetic, & Huang. (2012). "Terabit Optical Access Networks Based on WDM-OFDMA-PON,". *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 30, 493-503.
- EXFO. (2011). *Plataforma compacta FTB-200 v2*. Retrieved from <https://www.exfo.com/umbraco/surface/file/download/?ni=11195&cn=es-ES>
- GCO. (2006). *Tutorial de Comunicaciones Ópticas*. Retrieved from La fibra óptica: http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema2/tema2_1_1.htm
- Huawei. (2009). *Instructivo de instalación de cable de fibra óptica aéreo de Huawei*.
- ITA. (2014). *Instituto tecnológico de Aguascaliente: Transmisores y receptores ópticos*. Retrieved from Telecomunicaciones TICS- Portal Webnode.:

[https://telecomunicaciones2.webnode.mx/unidad-6/a6-5-transmisores-y-receptores-opticos-/](https://telecomunicaciones2.webnode.mx/unidad-6/a6-5-transmisores-y-receptores-opticos/)

ITU. (2014). *An overview of the USN*. Retrieved from https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/tut/T-TUT-NGN-2014-PDF-E.pdf

Manual LCOP-UPM. (2008). *Práctica E2: Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo (OTDR)*. Retrieved from Laboratorio de Comunicaciones Ópticas – Dpto. Tecnología Fotónica: http://www.tfo.upm.es/docencia/2007-08/LIBRO_LCOP/Desarrollo_PE2.pdf

Morales, R., & Posligua, N. (2010). *Tendido Aéreo de Fibra Óptica*. Retrieved from Manual de Carso

Nazareno, G. (2012). *P17F: Certificación en fibra Nivel 2 (Eventos reflexivos y OTDR)*. Retrieved from <http://www.gonzalonazareno.org/certired/p17f/p17f.html>

Peréz, P. (2005). *Especificaciones de parámetros de la fibra óptica*. Retrieved from http://www1.frm.utn.edu.ar/medidase2/varios/parametros_redes2.pdf

Pignataro, N., & Acuña, J. (2017). *Introducción a Redes de Acceso.IIE*. Retrieved from Cálculo de enlace de Fibra óptica: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/174356/mod_resource/content/1/Introduccion%20a%20redes%20de%20acceso_2017.pdf

Saila, H. (2010). *TENDIDO DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA PARA LA RED DE TELECOMUNICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE INTERIOR*. Retrieved from ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA INSTALACIÓN DE CABLE DE FIBRA ÓPTICA: http://www.contratacion.euskadi.eus/w32-1084/es/contenidos/anuncio_contratacion/expjaso945/es_doc/adjuntos/pliego_bases_tecnicas3.pdf

- Saltos, A. (2011). *Diseño de una red troncal de fibra óptica que enlace los poblados que se encuentran a lo largo de la carretera Ibarra - San Lorenzo, teniendo como nodo central a la población de Iita, para brindar servicios IP y tv por suscripción.* Retrieved from Repositorio digital UPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4019/1/CD-3789.pdf>
- Sapiensman. (2010). *Cálculo en fibra óptica.* Retrieved from http://www.sapiensman.com/tecnoficio/optica/fibra_optica_conceptos_1.php
- Textos científicos. (2009). *Fibra óptica.* Retrieved from <https://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>
- Tomkos, Palkopoulou, & Angelou. (2012). “*A survey of recent developments on flexible/elastic optical networking,*”.
- Torrego, Cigliuti, & Bosco. (2010). “*Transoceanic PM-QPSK Terabit superchannel transmission experiments at Baud-rate subcarrier spacing,*” Retrieved from Optical Communication (ECOC)
- UIT-T. (2011). *Categorías de calidad de servicio para los usuarios de extremo de servicios multimedios.* Retrieved from Recomendación UIT-T G.1010 .
- Valarezo, J. (2013). *Despliegue de las técnicas VDSL2. Evaluación preliminar.* Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/515/1/T-UCSG-POS-MTEL-11.pdf>
- Wei, Wang, & Yu. (2012). “*Cognitive optical networks: key drivers, enabling techniques, and adaptive bandwidth services,*” . *Communications Magazine, IEEE, vol. 50, no.1, 106-113.*
- Yokogawa. (2008). *La importancia de la hoja de especificaciones de un OTDR.* Retrieved from Medidas en F.O.: https://www.redeweb.com/_txt/646/98.pdf

Glosario

All- Cable totalmente autoportante dieléctrico (Dielectric Self-Supporting)

BER Tasa de errores en los bits (bit error ratio)

DWDM Multiplexación por división en longitud de onda densa (Dense wavelength division multiplexing)

LED Diodo fotoemisor (light-emitting diode)

MLM Modo multilongitudinal (multi-longitudinal mode)

NRZ No retorno a cero (non-return to zero)

ORL Pérdida de retorno óptica (optical return loss)

OSNR Ratio de relación señal y ruido óptico (optical signal to noise ratio)

RMS Valor cuadrático medio (root-mean-square)

SDH Jerarquía digital síncrona (synchronous digital hierarchy)

SLM Modo monolongitudinal (single-longitudinal mode)

STM Módulo de transporte síncrono (synchronous transport module)

WDM Multiplexación por división en longitud de onda (wavelength-division multiplexing)

ANEXOS

A1.2 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2013)

Datos del Tramo					Datos del Cable				Editor del Protocolo			
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO				Proyecto: RTFO			
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655				RTFO			
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido			Nombre:		
1-24	28,566	4	2	2	1-24	1550	Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]	PROCISA ECUADOR		
							0,25	0,10	0,50	Fecha: 28-feb-13		
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas							
Compania: Procisa	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania: Procisa	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]
Nombre: Procisa	24	G655	1550	8,54	Nombre: Procisa	1-24	G655	1550	8,542	1,468	4,001	30
Fecha: Procisa					Fecha: Procisa							
Equipo: Procisa					Equipo: Procisa							
					Equipo: EXFO - STB-200							

Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR)						
	1550 nm				1550 nm						
	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en 1550nm	Medicion A1 A2		Atenuacion Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medicion A1 A2		Vergleich Debe/Real en 1550nm
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	a	a	a	[dB]	[dB]	a	a
1					hilos con trafico					0,000	8,542
2					hilos con trafico					0,000	8,542
3									5,995	2,998	5,544
4									6,679	3,340	5,202
5										0,000	8,542
6										0,000	8,542
7									6,763	3,382	5,160
8									5,867	2,934	5,608
9										0,000	8,542
10										0,000	8,542
11										0,000	8,542
12										0,000	8,542
13									6,818	3,409	5,133
14									6,891	3,446	5,096
15										0,000	8,542
16										0,000	8,542
17										0,000	8,542
18										0,000	8,542
19									6,625	3,313	5,229
20									6,912	3,456	5,086
21										0,000	8,542
22										0,000	8,542
23										0,000	8,542
24										0,000	8,542
Promedio										1,095	7,447

Sistema:												RTFO
Enlace:												SANTA ROSA
Fecha de prueba:												28/02/2013
Punto de medida A:												SANTA ROSA
Punto de medida B:												PASAJE
Instrumento de medida utilizado:												OTDR EXFO - STB 200
Capacidad del cable:												24 F.O.
Referencia del cable:												ADSS - AEREO - G655
indice de refracción												1,4684
Longitud de onda:												1550 nm
Ancho de pulso:												30 nm
Longitud del cable:												28,566 Km.
LdB/Km= Atenuación Max. Promedio dada por el fabricante												0,25 dB
LdB/ = Perdida de Inserción por Unión < ó =												0,50 dB
Atenuación Teórica Promedio por empalme para calidad:												0,10 dB
Numero de empalmes (sin incluir empalmes de ODF,s)												4,00
Atenuación teórica total del enlace												8,54 dB
Aten. Max.=(Long.cable X LdB/Km)+(LdB/ unión X N uniones)+(N empalmes X 0,10 dB /empalme)												8,54 dB
Atenuación Total Medida (dB) (1550)												8,54 dB

A 1.3 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2016)

Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo		
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto:		
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655					RTFO		
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuacion max. Permitido [dB/km] [dB] [dB]			Nombre:		
1-24	31,034	17	2	2	1-24	1550	0,25	0,10	0,50	PROCISA ECUADOR		
										Fecha:		
										30-abr-16		
Medicion de Potencia Absoluto					Pruebas							
Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Compania:	Fibra Nr.	Tipo de Fibra	Longitud de Onda [nm]	Valor esperado [dB]	Indice de refraccion	Longitud Optico [km]	Ancho de Onda [ns]
Procisa Nombre:	24	G655	1550	10,46	Procisa Nombre:	1-24	G655	1550	10,459	1,468	32,179	275
Fecha:					Fecha:							
30/04/2016					30/04/2016							
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL						

Nr. de Fibra	Medicion de Potencia absoluto 1550 nm				Medicion de Potencia Retrodifusa (Medicion-OTDR) 1550 nm							
	Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en [dB]	Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en 1550nm [dB]	Medicion A1 A2 [dB]		Atenuacion Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en [dB]	Medicion A1 A2 [dB]		Atenuacion Tramo [dB]	Vergleich Debe/Real en 1550nm [dB]
	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	a	a	[dB]	[dB]	a	a	[dB]	[dB]
1	DWDMI -B- OSN 6800 -6- FIU-IN ODF SANTA ROSA -PUERTO 01											
2	DWDMI -B- OSN 6800 -6- FIU-OUT ODF SANTA ROSA -PUERTO 02											
3	Hilo atenuado a 2.511 mts. (0.79 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Terminal Sta. Rosa.											
4									8,255	7,938	8,097	2,362
									7,903	7,635	7,769	2,690
5	Conectado en ODF Pasaje											
6	Conectado en ODF Pasaje											
7									7,431	6,989	7,210	3,249
8	Hilo cortado a 6.729 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.											
9									7,884	7,390	7,637	2,822
10	Hilo cortado a 6.714 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Las Camaroneras.											
11									7,718	7,395	7,557	2,902
12									7,393	7,393	7,393	3,066
13									7,479	7,310	7,395	3,064
14									7,655	7,416	7,536	2,923
15	Hilo atenuado a 11.519 mts. (0.39 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Balosa.											
16									7,686	7,577	7,632	2,827
17									7,672	7,437	7,555	2,904
18									7,413	7,311	7,362	3,097
19	Hilo atenuado a 28.893 mts. (2.41 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Redondel de Pasaje.											
20									7,507	7,236	7,372	3,087
21	Hilo cortado a 3.068 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo.											
22	Hilo cortado a 3.063 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo.											
23	Hilo atenuado a 4.797 mts. (0.69 db) desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Redondel de Pasaje.											
24	HILO DE MONITOREO											
Promedio									7,811	7,595	7,703	2,756

Información del cable			
ID de fibra	: HILO-012	ID de cable	: AEREO 24 HILO
Ubicación A	: SANTA ROSA	Ubicación B	: PASAJE
Fabric. del cable	: CONDUMEX	Tipo	: ADSS - G655
ID de subgrupo	: NARANJA	Color	: BLANCO

Mediciones del enlace			
Pérdida del segmento	: 7.320 dB	Pérdida por empalme p...	: 0.131 dB
Longitud de intervalo	: 32.5966 km	Max. pérdida del empal...	: 0.190 dB
Pérdida promedio	: 0.225 dB/km	ORL del segmento	: 0.00 dB

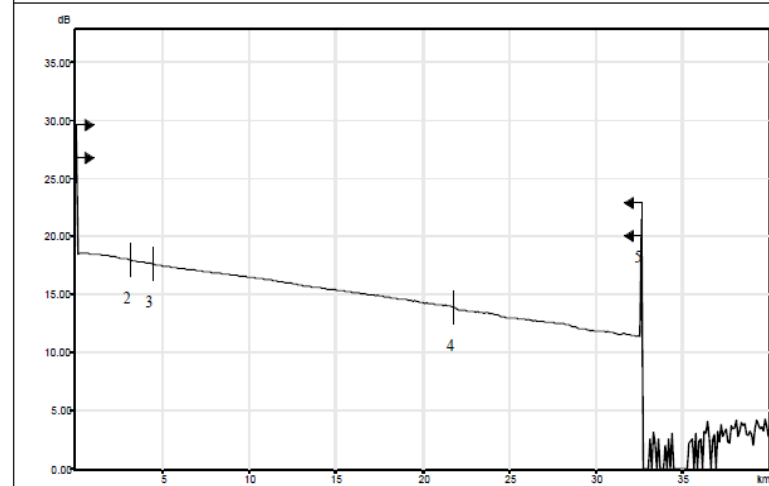


Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>=22.8	0.187	0.000
		Tramo de fibra (3.1709 km)	0.594			0.594
2	3.1709	Falla no reflexiva	0.101			0.695
		Tramo de fibra (1.2589 km)	0.233		0.185	0.928
3	4.4298	Falla no reflexiva	0.101			1.029
		Tramo de fibra (17.3927 km)	3.675		0.211	4.705
4	21.8225	Falla no reflexiva	0.190			4.894
		Tramo de fibra (10.7741 km)	2.426		0.225	7.320
5	32.5966	Falla reflexiva	---	-15.2		7.320

Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflexancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida promp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tempo Adquis.	: 45 s
Nombre de archivo	: SANTA_ROSA_PASAJE_H_012.trc	Duración de pulso	: 275 ns
Hardware	: AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 627334	Umbral de pérdida del e.	: 0.100 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.469000		
RBS	: -81.67		

A.1.4 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2017)

Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo		
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto: RTFO		
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655					RTFO		
A2	PASAJE											
Fibra Nr.	Longitud Cable [km]	Cantidad Empalme	Cantidad Pigtail en el Tramo	Cantidad Pigtail en ODF's	Fibra Nr.	Longitud de Onda [nm]	Atenuación max. Permitido		Nombre:			
1-24	32,263	18	2	2	1-24	1550	Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]	PROCISA ECUADOR		
										Fecha: 31-dic-17		

Nr. de Fibra	Medición de Potencia Absoluta				Medición de Potencia Retrodifusa (Medición-OTDR)											
	1550 nm		1550 nm		1550 nm				1550 nm							
	Atenuación Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en [dB]	Atenuación Tramo [dB]	Comparaci. Debe/Real en [dB]	Medición A1 A2 [dB]		Atenuación Tramo a [dB]		Comparaci. Debe/Real en [dB]		Medición A1 A2 a [dB]		Vergleich Debe/Real en 1550nm [dB]			
1													7,102	7,603	7,353	3,513
2													7,392	7,794	7,593	3,273
3													8,213	8,181	8,197	2,669
4													7,869	7,822	7,846	3,020
5													7,509	7,961	7,735	3,131
6													7,507	7,525	7,516	3,350
7													7,700	7,045	7,373	3,493
8													7,175	7,344	7,260	3,606
9													7,476	7,191	7,334	3,532
10													7,731	7,197	7,464	3,402
11													7,285	7,401	7,343	3,523
12													8,554	8,498	8,526	2,340
13													CON TRAFICO			
14													CON TRAFICO			
15													CON TRAFICO			
16													CON TRAFICO			
17													7,038	7,284	7,161	3,705
18													7,507	7,566	7,537	3,329
19													7,187	7,136	7,162	3,704
20													7,557	7,078	7,318	3,548
21													Hilo cortado a 3.074 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo			
22													Hilo cortado a 3.071 mts. desde Santa Rosa hacia Pasaje - Sector Mundi Hielo			
23													7,782	7,767	7,775	3,091
24													HILO DE MONITOREO			
Promedio													7,564	7,553	7,558	3,308

Información del trabajo			
Trabajo	: PRUEBAS OPTICAS	Razón del trabajo	: MANTENIMIENTO
Contralista	: PROCISA	Operador A	: GEOVANNY HIDALGO
Cliente	: CONECEL	Operador B	: ING. LUIS MEDINA
Fecha de la prueba	: 19/12/2017 (15:50:27 GMT-5:00)	Archivo	: STA_ROSA_PASAJE_023.trc

Información del cable			
ID de fibra	: HILO - 023	ID de cable	: AEREO 24 HILOS
Ubicación A	: SANTA ROSA	Ubicación B	: PASAJE
Fabric. del cable	: CONDUMEX	Tipo	: ADSS - G655
ID de subgrupo	: CAFE	Color	: GRIS

Mediciones del enlace			
Pérdida del segmento	: 7.782 dB	Pérdida por empalme p...	: 0.503 dB
Longitud de intervalo	: 32.8103 km	Max. pérdida del empal...	: 0.715 dB
Pérdida promedio	: 0.239 dB/km	ORL del segmento	: 21.49 dB

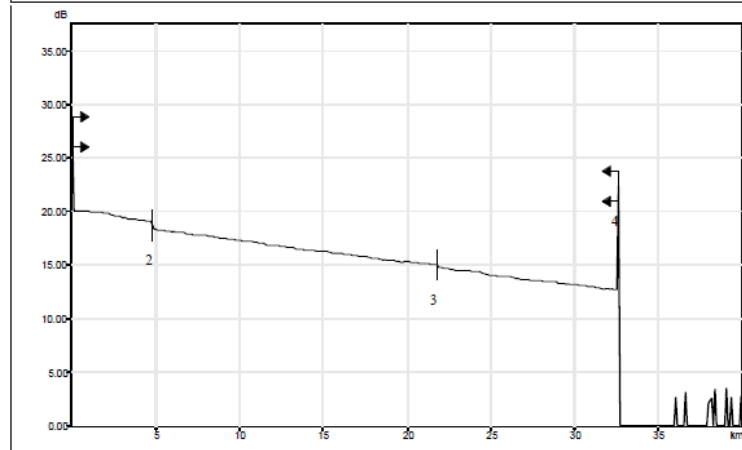


Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	-22.5		0.000
2	4.8032	Tramo de fibra (4.8032 km)	1.212		0.252	1.212
		Falla no reflexiva	0.715			1.927
		Tramo de fibra (17.0319 km)	3.440	0.202		5.367
3	21.8350	Falla no reflexiva	0.291			5.658
		Tramo de fibra (10.7752 km)	2.124	0.197		7.782
4	32.8103	Falla reflexiva	---	-15.0		7.782

Información de marcadores			
A	: S/O	b	: S/O
a	: S/O	B	: S/O
	: S/O	ORL de A a B	: S/O
	: S/O	Aten. LSA a B	: S/O
	: S/O		
	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9um)	Tiempo adquis.	: 30 s
Nombre de archivo	: STA_ROGA_PASAJE_023.trc	Duración de pulso	: 275 ns
Hardware	: AXS-100-023B-EI-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 478117	Umbral de pérdida del e...	: 0.200 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.468325		
RBS	: -81.87		

A.1.5 Pérdidas en enlace óptico Santa Rosa-Pasaje (2018)

Datos del Tramo					Datos del Cable					Editor del Protocolo				
Lugar	SANTA ROSA				Tipo de cable: AEREO					Proyecto:				
A1	SANTA ROSA				ADSS 24 HILOS G-655					RTFO				
A2	PASAJE													
Fibra	Longitud	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Fibra	Longitud	Atenuación max. Permitido			Nombre:	Fecha:			
Nr.	Cable [km]	Empalme	Pigtail en el Tramo	Pigtail en ODF's	Nr.	de Onda [nm]	Cable [dB/km]	Empalme [dB]	Pigtail [dB]					
1-24	32.263	18	2	2	1-24	1550	0,25	0,10	0,50	PROCISA ECUADOR	31-ene-18			
Medición de Potencia Absoluta					Pruebas									
Compañía:	Fibra	Tipo	Longitud	Valor	Compañía:	Fibra	Tipo	Longitud	Valor	Índice de refracción	Longitud	Ancho		
Procisa	Nr.	de Fibra	de Onda [nm]	esperado [dB]	Procisa	Nr.	de Fibra	de Onda [nm]	esperado [dB]	Óptico [km]	[ns]			
Nombre:	Procisa	24	G655	1550	10,87	Nombre:	Procisa	1-24	G655	1550	10,866	1,468	32,651	275
Fecha:	31/01/2018				Fecha:	31/01/2018								
Equipo:					Equipo:	EXFO - AXS-100-023B-EI-PM2X-VFL								

Nr. de Fibra	Medición de Potencia absoluta				Medición de Potencia Retrodifusa (Medición-OTDR)								
	1550 nm		1550 nm		1550 nm		1550 nm		1550 nm		1550 nm		
	Atenuación Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Atenuación Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medición A1	Atenuación Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medición A1	Atenuación Tramo	Comparaci. Debe/Real en	Medición A2	Atenuación Tramo	Comparaci. Debe/Real en
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
Promedio													

Información del trabajo			
Trabajo	: PRUEBAS OPTICAS	Razón del trabajo	: MANTENIMIENTO
Contratista	: PROCISA	Operador A	: GEOVANNY HIDALGO
Cliente	: CONECEL	Operador B	: ING. LUIS MEDINA
Fecha de la prueba	: 25/01/2018 (14:27:31 GMT-5:00)	Archivo	: STA_ROSA_PASAJE_012.trc

Información del cable			
ID de fibra	: HILO - 012	ID de cable	: AEREO 24 HILOS
Ubicación A	: SANTA ROSA	Ubicación B	: PASAJE
Fabric. del cable	: CONDUMEX	Tipo	: ADSS - G655
ID de subgrupo	: NARANJA	Color	: BLANCO

Mediciones del enlace			
Pérdida del segmento	: 8.410 dB	Pérdida por empalme p...	: 1.474 dB
Longitud de intervalo	: 32.6001 km	Max. pérdida del empal...	: 1.474 dB
Pérdida promedio	: 0.258 dB/km	ORL del segmento	: <20.45 dB

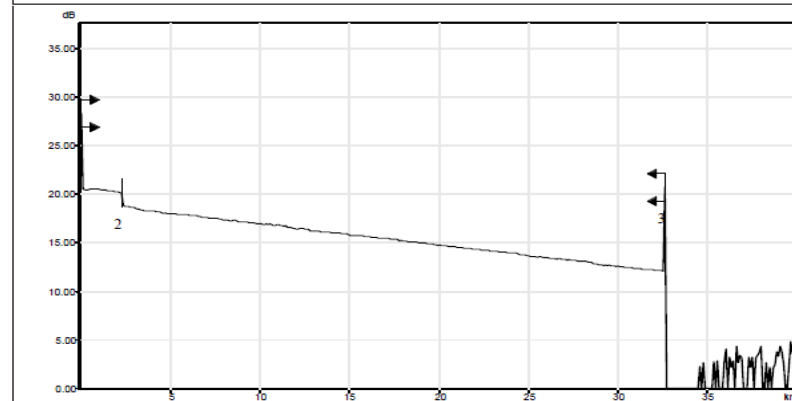
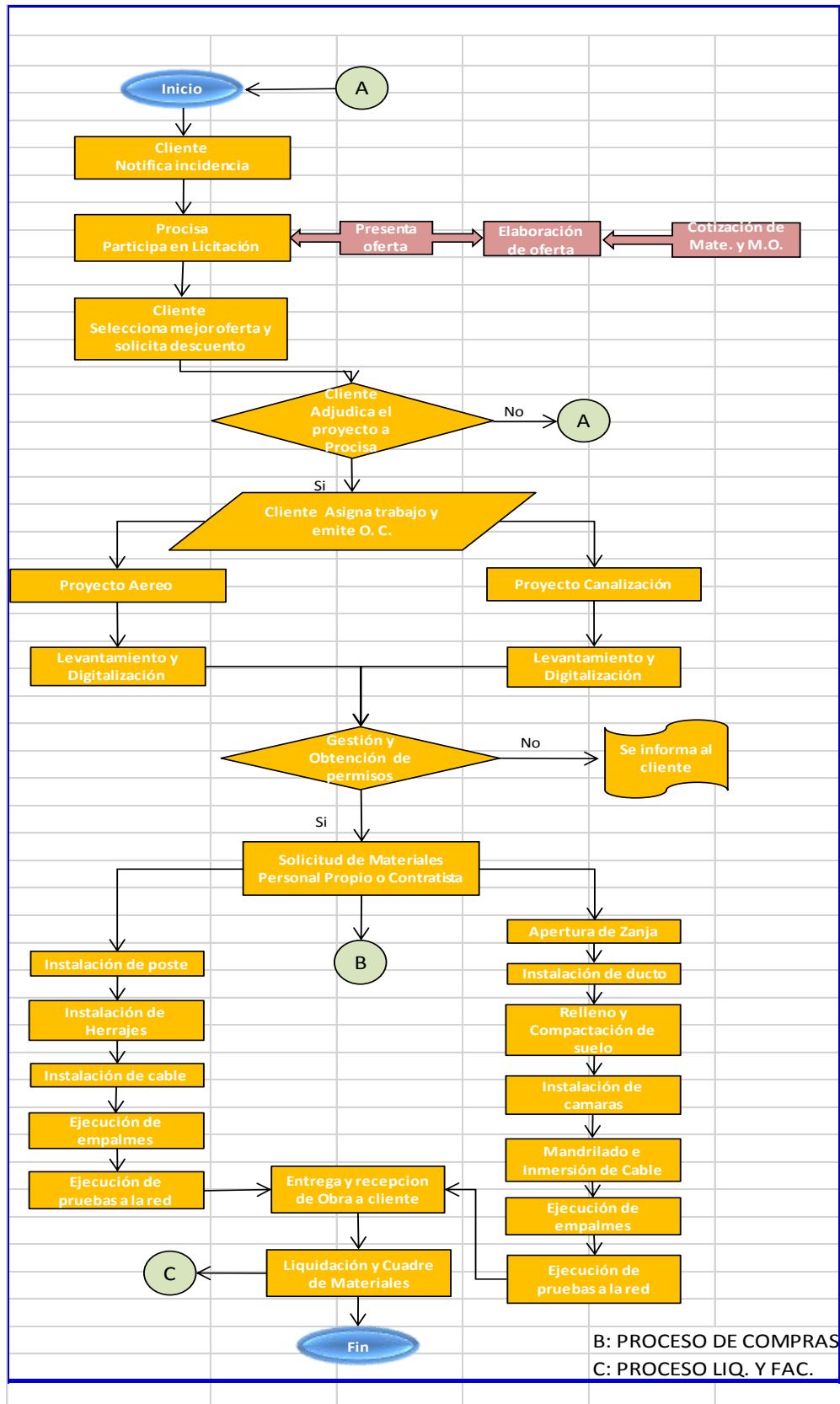


Tabla de eventos						
Nº	Ubicación (km)	Tipo de evento	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	Atenuación (dB/km)	Cumulativo (dB)
1	0.0000	Nivel de inyección	---	>-21.1		0.000
2	2.3237	Tramo de fibra (2.3237 km)	0.344		0.148	0.344
		Falla no reflexiva	1.474			1.818
3	32.6001	Tramo de fibra (30.2783 km)	6.583		0.218	8.410
		Falla reflexiva	---	-14.4		8.410

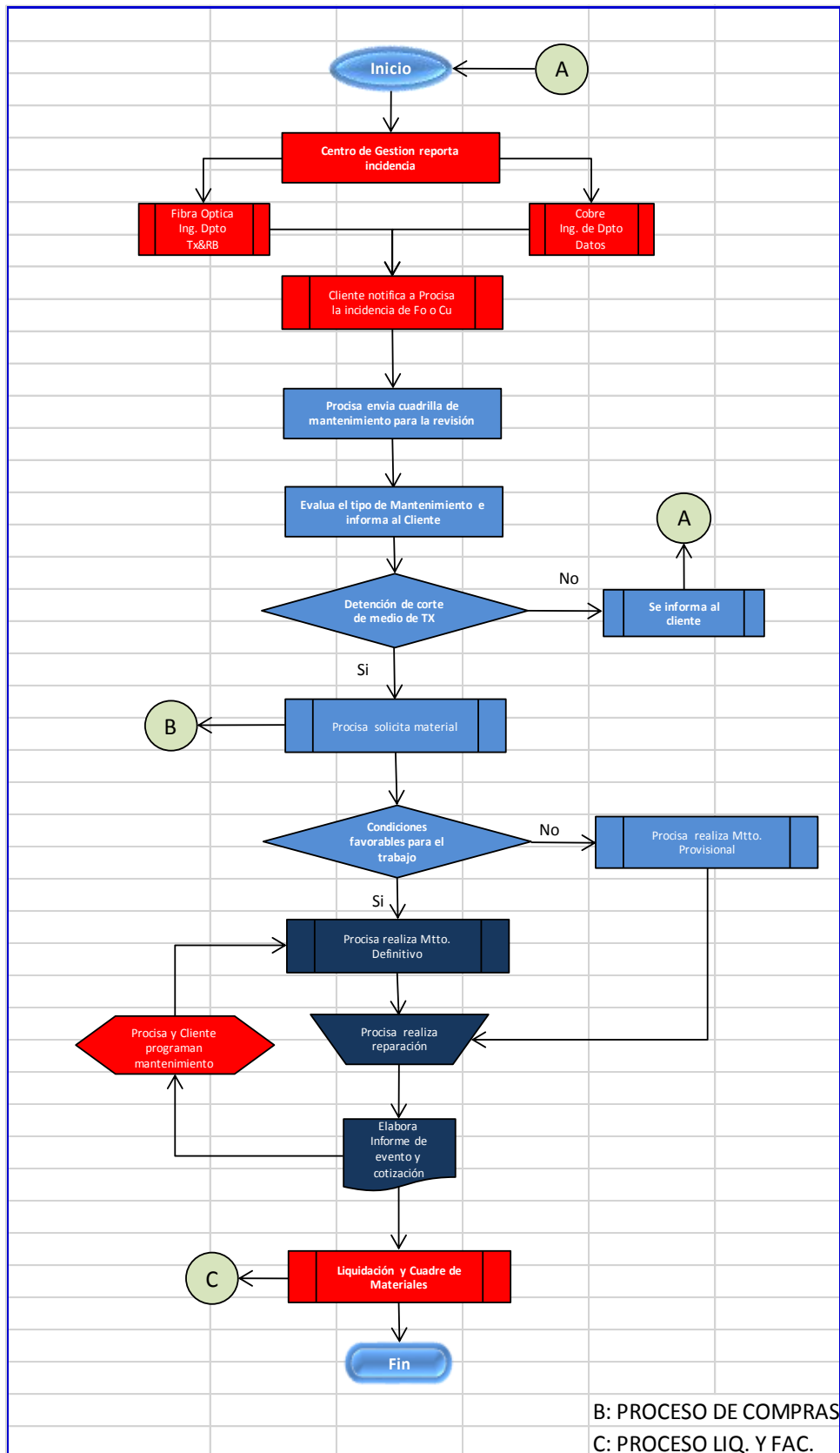
Información de marcadores			
A	: S/O	B	: S/O
a	: S/O	b	: S/O
Distancia de A a B	: S/O	ORL de A a B	: S/O
Reflectancia 3-p.	: S/O	Aten. LSA A a B	: S/O
Pérdida p/emp. 4-p.	: S/O		

Configuración de prueba y cable			
Longitud de onda	: 1550 nm (SM-9µm)	Tiempo adqic.	: 30 s
Nombre de archivo	: STA_ROSA_PASAJE_012.trc	Duración de pulso	: 275 ns
Hardware	: AXS-100-023B-EI-VFL	Factor helic.	: 0.00 %
Número de serie	: 478117	Umbral de pérdida del e...	: 0.200 dB
Software	: S/O	Umbral de reflectancia	: -72.0 dB
Rango	: 40.0000 km	Umbral de final de fibra	: 5.000 dB
IOR	: 1.468325		
RBS	: -81.87		

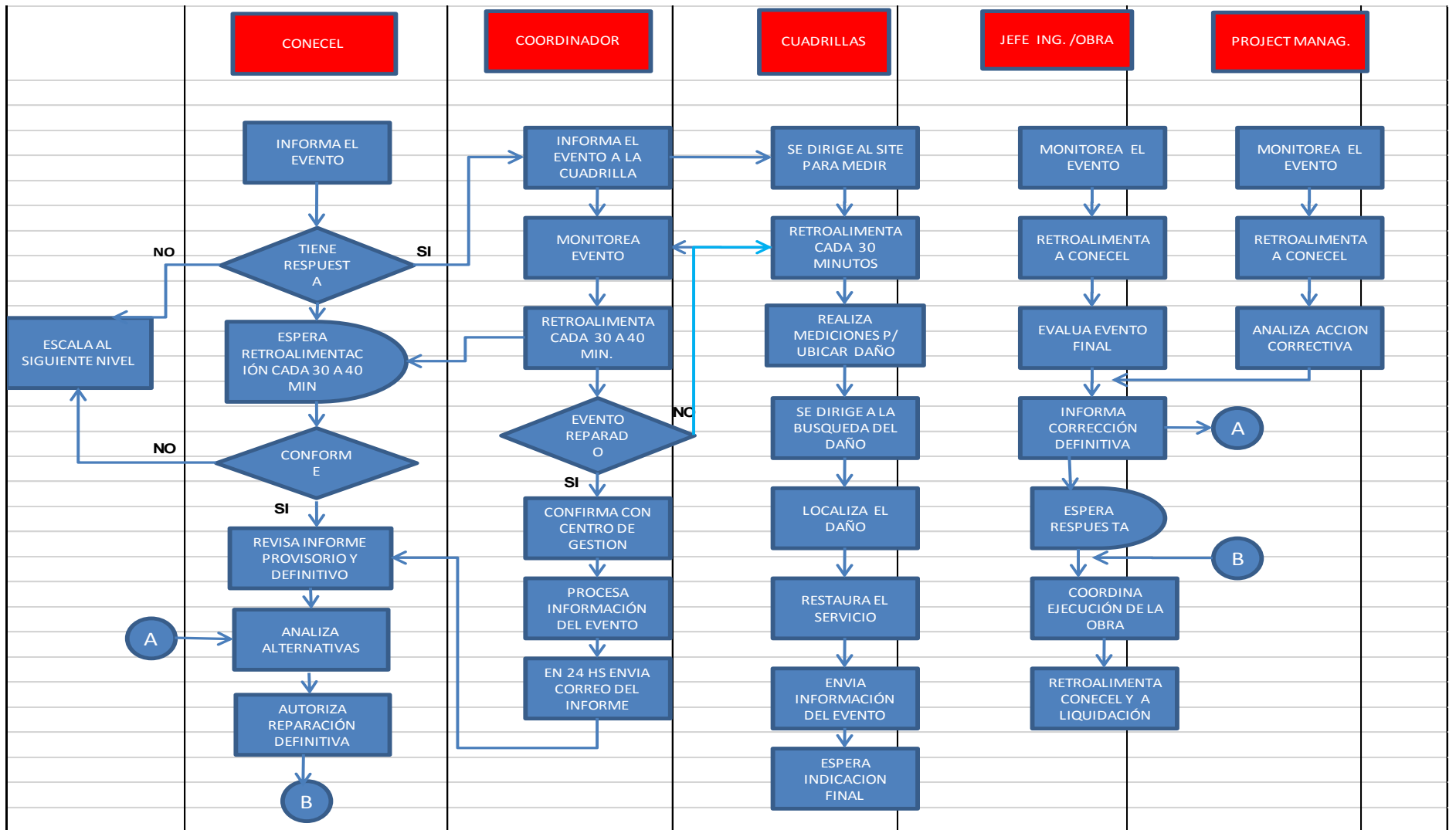
Anexo 2: Proceso de Construcción red Fibra Óptica. Aéreas y Canalizadas



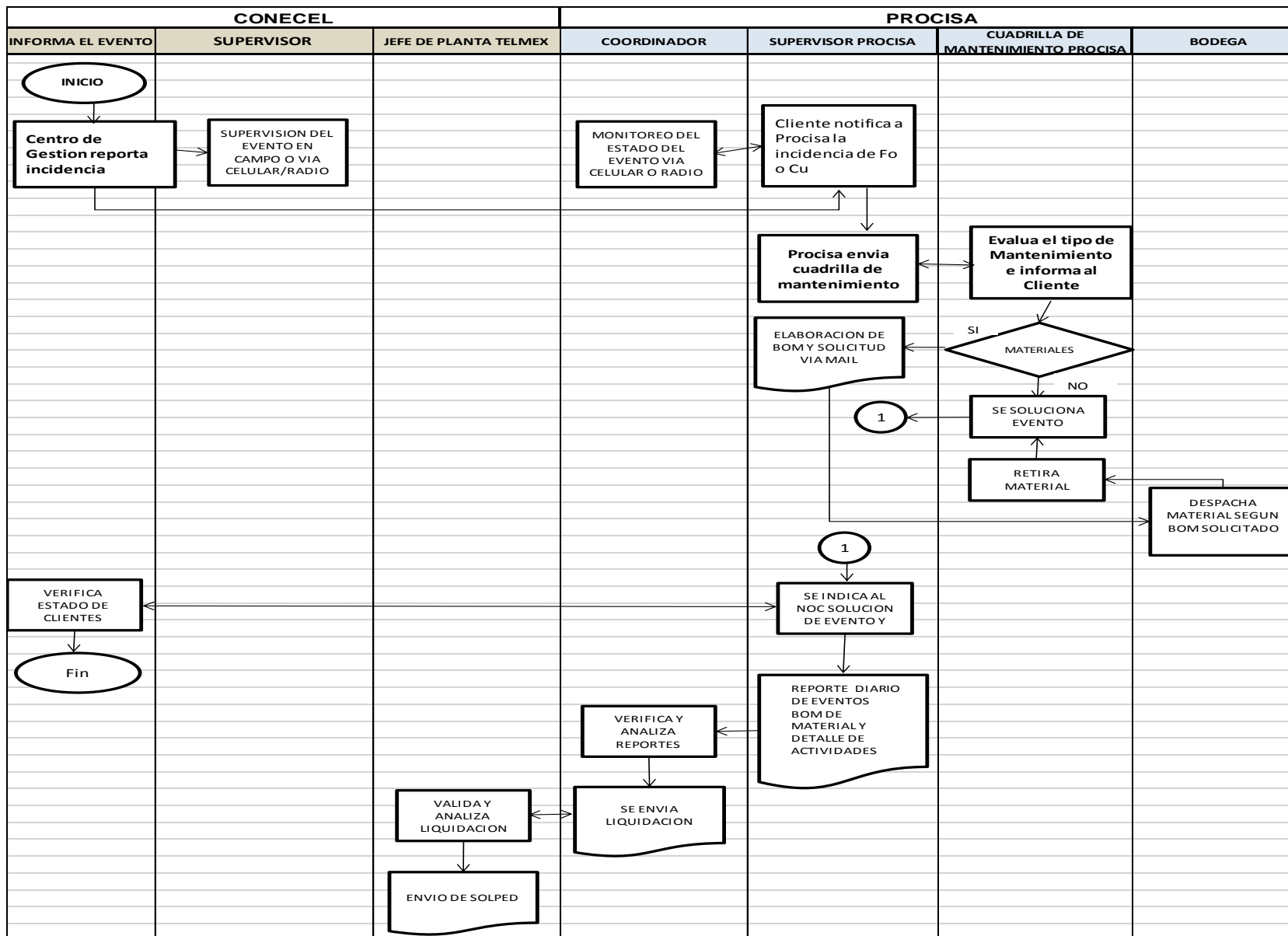
A 2.1 Proceso de mantenimiento



Anexo 3: Diagrama del Proceso de Mantenimiento para enlace de Fibra Optica



A 3.1 Proceso entre Conecel y contratista de mantenimiento del enlace



Anexo 4. Instalación de Open Rack y ODF, empalme en ODF

Se detallan procedimientos de acuerdo con el Instructivo Huawei HW-IRODF-VER.02 para Instalaciones y empalmes del ODF realizado por los ingenieros; (López, Hernández, García Escobar y Martínez, 2010)

4.1 Instalación de Open Rack 19”

- Marcar la ubicación del Rack de acuerdo al survey realizado.
- Identificar los puntos de referencia de instalación y marcarlos.
- Usar un taladro para hacer los hoyos en los puntos de referencia, limpiar el polvo dentro y alrededor de los hoyos realizados.
- Martillar los tubos de expansión de pernos hasta que los tubos ingresen completamente en los hoyos.
- Armar el Rack de acuerdo al manual.
- Ubicar las 2 regletas o baquetas de aislamiento sobre los hoyos.
- Colocar el rack armado sobre las baquetas.
- Instalar la arandela aislante, arandela plana, arandela de presión y el perno en cada tubo de expansión para ajustar la base del rack al suelo.
- Usar las arandelas de nivelación para nivelar el rack.
- Ajustar los pernos para asegurarse una correcta fijación del rack.
- Conectar el rack a la barra de tierra usando el cable y terminales adecuados.

Nota 1: En el caso que el cable de fibra óptica ingrese por la parte superior del rack, este debe tener una escalerilla vertical para sujetar la fibra como también para mejorar la fijación del rack.

Nota 2: En el caso que el cable de fibra óptica ingrese por la parte inferior del rack, se debe instalar brazos hacia la pared para mejorar la fijación del rack.

Nota 3: La trayectoria del corrugado en el rack debe ser lo más recto posible y siempre presentando una misma dirección en los laterales del rack.

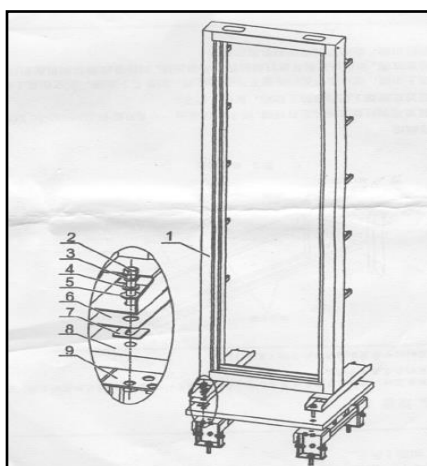


Figura 4.1: Open Rack 19”

1. Open Rack 19”	5. Arandela Aislante
2. Perno	6. Regleta Aislante
3. Arandela de Presión	7. Arandelas de Nivelación
4. Arandela Plana	8. Suelo

Nota 4: La fijación del corrugado en las escalerillas debe estar presentado recto o totalmente perpendicular y fijado con una amarra larga donde se pueda dar dos vueltas de sujeción hacia la escalerilla, similar a la siguiente fotografía.

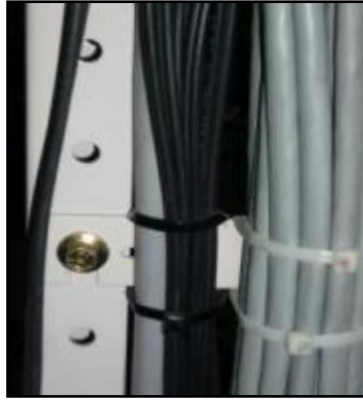


Figura 4.2: Amarra plástica en escalerilla

Nota 5: En el caso de que exista piso falso, el open rack debe estar fijado sobre el piso de la loza.

Nota 6: En el caso que el piso es loza y el techo es falso, el rack debe ir fijado hacia las paredes adyacentes con varillas del mismo material de las escalerillas o prefabricar varillas de anclaje.

4.2 Montaje del ODF.

- El ODF debe ubicarse en la parte superior del rack.
- De haber más unidades se ubicarán en orden descendente con el equipamiento en el rack.
- El ODF se fija al rack con dos tornillos a cada lado los cuales se ajustan de forma adecuada. (Referencia 1: Manual técnico del fabricante).
- Verificar el aterramiento del rack.



Figura 4.3: Ubicación de ODF en el rack

4.3 Preparación del Cable.

- El cable debe ingresar al interior del rack pasando por el acceso desde el piso falso subiendo por el bastidor hasta el ODF o pasando por la escalerilla vertical que está fijada en la parte superior del rack.
- Luego se marca el punto de corte de la chaqueta del cable.
- Se mide el cable desde la marca hasta el punto de corte en una longitud de 3 metros determinando la cantidad de cable a desnudar (ver figura 4.2)



Figura 4.4: Medición del cable para corte de chaqueta

- Sobre la marca de inicio realizar un corte a la chaqueta del cable con un corta-tubo. (ver figura 4.3)
- En el extremo del cable cortar la chaqueta y retirar 15 cm de la misma. (ver figura 4.4)
- Acceder a los hilos de corte longitudinal del cable y proceder a rasgar la chaqueta y retirarla.
- Retirar la aramida y el recubrimiento plástico del cable (ver figuras 4.5 y 4.6)



Figura 4.5: Corte de chaqueta



Figura 4.6: Retiro de Chaqueta

- Lavar con líquido de limpieza de cables el petrolato (vaselina) del cable.
- Cortar 50 cm. de coraza espiralada y envolver los buffers. (ver figura 4.7)



Figura 4.7: Remoción de la aramida



Figura 4.8: Remoción de recubrimiento plástico

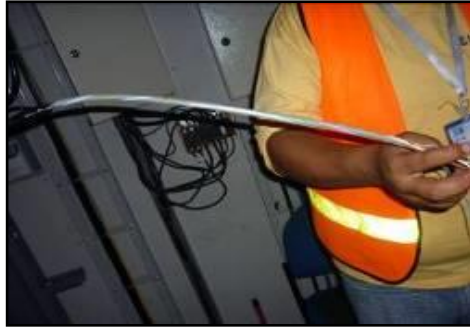


Figura 4.9: Colocación de la coraza espiralada

- Tome el tubo de transporte transparente que viene con el kit del ODF y córtelo en seis tramos de 95 cm. cada uno. (El número de tubos de transporte depende del número de buffers del cable)
- Coloque un tubo de transporte en cada buffer hasta protegerlo totalmente. (ver figuras 4.8 y 4.9).



Figura 4.10: Colocación del tubo de transporte



Figura 4.11: Buffers con tubo de transporte

- En el corte final de la chaqueta colocar 10cm de cinta de aluminio 3M (Esta se debe aplicar sobre la cubierta del cable y sobrepasar los buffers)



Figura 4.12: Cinta de Aluminio 3M



Figura 4.13: Colocación de cinta en cable (a)



Figura 4. 14: Colocación de cinta en cable (b)

- Colocar sobre la cinta de aluminio 10cm de Termofundente, que viene en el kit del ODF.



Figura 4.15: Termofundente



Figura 4.16: Colocación de termofundente en cable

- Sellar el termofundente usando la siguiente instrumentación:



Figura 4.17: Pistola de calor (a)



Figura 4.18: Pistola de calor (b)

- Fijar el alma de la fibra con un conector talón eléctrico atornillado al ODF, similar a la siguiente fotografía.



Figura 4.20: Fijación de cable con un conector talón eléctrico

- Luego se debe pasar los buffers preparados y protegidos, por la ventana lateral del ODF dejando el corte final de la chaqueta del cable a la entrada de la ventana y asegurarlo con dos amarras plásticas.



Figura 4.21: Colocación de amarras (a)



Figura 4.22: Colocación de amarras (b)

- En caso de que ingresen dos cables de fibra óptica al ODF, se deberá fijar cada uno por separado con su respectivo terminal de talón, como se muestra en la siguiente figura.



Figura 4.23: Ingreso de 2 cables a ODF (a)



Figura 4.24: Ingreso de 2 cables a ODF (b)

- Una vez que el cable está en el interior del ODF se debe colocar dos terminales simples, para lo cual se realizarán 2 agujeros en la parte inferior y posterior del ODF, y los terminales serán sujetos con remache; esto ayudará a organizar los buffers de tal manera que se pueden mover las bandejas porta-empalme sin lesionar las fibras ópticas.



Figura 4.25: Terminal



Figura 4.26: Instalación de terminal



Figura 4.27: Fijación de buffers en el terminal



Figura 4.28: Instalación final

- Para asegurar la coraza espiralada y los tubos de transporte usar amarras plásticas y velcro.

4.3.1 Preparación de la Bandeja Porta Empalmes.

- Preparar la bandeja porta-empalme colocando las transiciones en los alojamientos dispuestos para estos elementos.
- Luego se deben acomodar los pig-tails de un metro en la bandeja porta-empalmes saliendo del conector hacia la parte posterior pasando por el organizador hasta llegar a los peines de empalme. (Ver fig. 4.29)



Figura 4.29: Colocación de transiciones

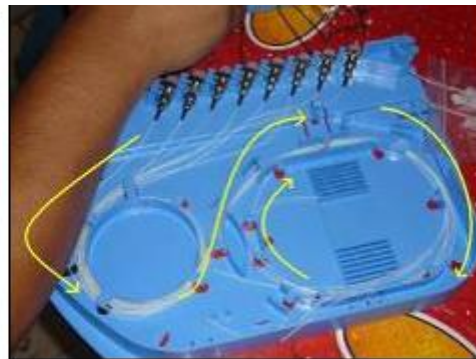


Figura 4.30: Organización de pigtails

- Coloque el extremo de cada buffer protegido con el tubo de transporte en la bandeja porta-empalme asegurándolo con dos amarres plásticos de 10 cm en primer punto de fijación y un amarre plástico en el segundo (Ver fig.4.31)



Figura 4.31: Colocación de Buffer en bandeja

- Cada bandeja porta-empalme debe estar organizada adecuadamente y ordenada según el código de colores del cable de fibra óptica a empalmar. Se debe instalar un buffer por cada bandeja porta-empalme,

- Bandeja 1 con buffer azul,
- Bandeja 2 con buffer naranja,
- Bandeja 3 con buffer verde,
- Bandeja 4 con buffer café,
- Bandeja 5 con buffer gris,
- Bandeja 6 con buffer blanco.



Figura 4.32: Organización de fibras en bandeja

- Las bandejas porta-empalmes deben quedar alojadas en el gabinete del ODF organizadas y ordenadas según corresponda.
- Los orificios que se encuentren descubiertos deberán quedar protegidos con la placa que se muestran en la figura 4.33.



Figura 4.33: Placa vista frontal

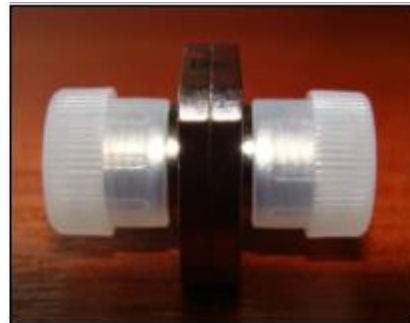


Figura 4.34: Placa vista lateral

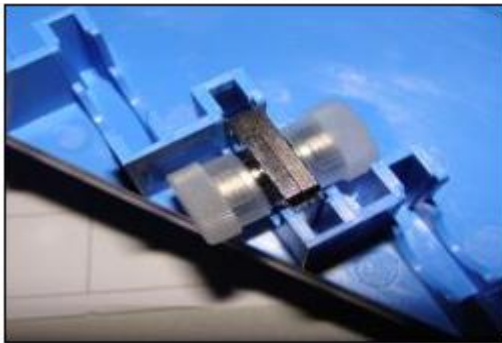


Figura 4.35: Placa en ODF vista superior



Figura 4.36: Placa en ODF vista frontal



Figura 4.37: ODF con las bandejas porta-empalmes organizado

4.3.2 Colocación de etiqueta de identificación en ODF

Luego que se ha finalizado de instalar correctamente el ODF y cable de fibra óptica se procede a colocar una etiqueta de identificación en el ODF como se muestra en la siguiente fotografía



Figura 4.38: Etiquetas de identificación en dos ODF



Figura 4.39: Etiqueta de identificación en un ODF


 ESTACIÓN: ROCAFUERTE	
DIRECCIÓN: PORTOVIEJO (BANDEJAS "A" "B")	
LONGITUD ÓPTICA: 21000 mts.	ATENUACIÓN: 2.12 dB
DIRECCIÓN: SAN ELOY (BANDEJAS "C" "D")	
LONGITUD ÓPTICA: 7000 mts.	ATENUACIÓN: 2.18 dB
CAPACIDAD: 48 F. O.	G- 655

Figura 4.40: Etiqueta de identificación

4.4 INSPECCIÓN VISUAL

Con el objeto de verificar la correcta instalación del poste, el responsable de la instalación deberá utilizar la lista de verificación para cada instalador.

4.5 COPIA CONTROLADA

Líder de Proyecto	1 Copia
Supervisor General de Planta Externa	1 Copia
Líder de Planta Externa	1 Copia
Fiscalización	1 Copia
Subcontratista	1 Copia

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Luis Alfonso Medina Sarango** con C.C: 010293832-1, autor del Trabajo de Titulación: “**Análisis Reflectométrico de la degradación de los niveles ópticos en la red aérea monomodo tipo ADSS G.655 del enlace Pasaje – Santa Rosa**”, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 20 Julio de 2018

Luis Alfonso Medina Sarango

C.C: 010293832-1

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	“Análisis Reflectométrico de la degradación de los niveles ópticos en la red aérea monomodo tipo ADSS G.655 del enlace Pasaje – Santa Rosa”		
AUTOR(ES)	Luis Alfonso Medina Sarango		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Manuel Romero Paz		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Magíster en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	20 Julio de 2018	No. DE PÁGINAS:	115
ÁREAS TEMÁTICAS:	ENLACES, FIBRA, COMUNICACIONES, ATENUACIÓN, OTDR, ADSS G655		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Enlace óptico, Atenuación, fibras ópticas.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo de Titulación en Maestría de Telecomunicaciones realiza el análisis reflectométrico del enlace entre los cantones Pasaje – Santa Rosa en la provincia de El Oro, se emplea una metodología basado en método descriptivo por cuanto se caracteriza parámetros de la fibra óptica, es exploratorio por cuanto se debe calcular valores de atenuación de un enlace de fibra óptica, para la longitud de aproximadamente 32 kilómetros, a través del uso de coeficientes de atenuación para la fibra óptica monomodo tipo ADSS G655 y se emplea además el método empírico por el uso de equipo y herramientas para verificación de parámetros de atenuación y pérdidas de retorno para determinar el balance de pérdidas, o pérdidas admisibles previstas en estos tipos de proyectos con enlace de fibra óptica. El resultado esperado servirá como guía técnica para el área de mantenimiento de fibra óptica, ya que podrán contrastar patrones a través del tiempo; así como nuevas atenuaciones (pérdida de potencia en la luz) o verificar daños en tramos del cable de fibra óptica por casos como regeneraciones urbanas, cambio de postería, accidentes de tránsito, adición de mangas de empalme, etc. Con ello se mejoraría el servicio a la operadora (proveedor); en caso de requerir más hilos de fibra óptica por escabilidad de su red para la implementación de nuevos servicios.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 959737572	E-mail: luisinmedi@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Manuel Romero Paz		
	Teléfono: +593-994606932		
	E-mail: mromeropaz@yahoo.com		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			