

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Demostración de Beneficios y Eficiencias logradas al usar una herramienta basada en Python para revisar, filtrar y encontrar errores en los documentos generados por un OTDR para la certificación de fibras (trazas) en proyectos de Fiber to the X (Home).

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Gabriel Fernando Játiva Moreria

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi familia por toda la motivación y apoyo.

Para llegar lejos necesitas de grandes personas a tu alrededor...

Y para la comunidad de innovadores ingenieros de telecomunicaciones....

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al equipo del proyecto especialmente al Ing. Jefferson Robles, Ing. Alejandro García, Ing. Wilson Ortega, Ing. Italo Ocaña...

Que confiaron y apoyaron la visión del equipo de Calidad y de Documentación.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo (Gabriel Fernando Játiva Moreira) acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 29 de Enero del 2025.

Autor

Gabriel Fernando Jativa Moreira

EVALUADORES

Mgtr. Eduardo Chancay
PROFESOR EVALUADOR

Ph.D María Antonieta Alvarez
PROFESOR EVALUADOR

RESUMEN

La calidad de la traza reflecto métrica es un indicador clave en la certificación de redes de fibra óptica, ya que proporciona información precisa sobre la integridad y el rendimiento de la instalación como el estado físico de la red. Pero también es la gestión eficiente de los archivos generados por el OTDR para garantizar el tiempo de entrega de la documentación. Un manejo descuidado puede llevar a problemas, cualquier irregularidad puede derivarse en retrasos, costos adicionales, pérdida de la importante confianza de los clientes, incluso en accidentes.

Se creó y usó una herramienta como primer filtro para demostrar la efectividad al revisar (comparar) los archivos que genera un OTDR (".ioltm", ".sor" y ".pdf") en un paquete de trazas reflecto métricas. La Herramienta en Python separa los archivos de acuerdo a su formato, y después los evalúa. La evaluación de los archivos en la herramienta se configura para tomar puntos o características específicas de los archivos. Emite una alerta de los datos extraídos si hay mucha similitud o si existen duplicados.

El uso de esta herramienta lleva a una reducción considerable en el tiempo de la revisión de un paquete de trazas reflecto métricas de 6-8 horas a 3-4 horas. Ya que filtramos y enfocamos el tiempo de revisión en archivos que presenten alerta. Reflejando una optimización administrativa y operativa de al menos el 50%.

Palabras Clave: Traza reflecto métrica, automatización, OTDR, procesos de aceptación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	9
1. Introducción.....	9
1.1 Descripción del problema.....	9
1.2 Justificación del problema.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo General.....	10
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
1.4 Marco teórico.....	11
CAPÍTULO 2.....	15
2. Metodología.....	15
2.1 Descripción y procesos de proyectos FTTH.....	15
2.2 Evaluación de Parámetros en Redes FTTH.....	16
2.3 Proceso de Toma y Revisión de Trazas OTDR.....	19
2.4 Implementación de la Herramienta Automatizada.....	19
CAPÍTULO 3.....	22
3. Resultados Y ANÁLISIS.....	22
3.1 Análisis del Crecimiento de FTTH en América Latina y Ecuador.....	22
3.2 Resultados de la Herramienta en la Optimización del Proceso.....	25
3.3 Evaluación del Impacto en Costos Operativos.....	26
CAPÍTULO 4.....	28
4. Conclusiones Y Recomendaciones.....	28
Conclusiones.....	28

Recomendaciones	29
BIBLIOGRAFÍA	30

ABREVIATURAS

OTDR	Optical Time-Domain Reflectometer
OPM	Optical Power Meter
GUI	Graphical User Interface
FTTH	Fiber To The Home.
FTTB	Fiber To The Building
FTTC	Fiber To The Curb
ONT	Optical Network Terminal
ODN	Optical Distribution Network
TB/ATB	Terminal Box/Access Terminal Box
FAT	Fiber Access Terminal
SSC	Splitter and Splicing Closure
FDT	Fiber Distribution Terminal
ODF	Optical Distribution Frame
OLT	Optical Line Terminal
FO	Fiber Optics/Fibra Óptica
KPIs	Key Performance Indicators
LED	Light Emitting Diode
ATP	Acceptance Test Protocole
HP	Home Pass

SIMBOLOGÍA

iolm	Intelligent Optical Link Mapper
sor	Standard OTDR Record
pdf	Portable Document Format
xlsx	Microsoft Excel Open XML Spreadsheet

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estructura de una Fibra Óptica y Reflexión Monomodo	11
Figura 1.2. Reflexión Total Interna	12
Figura 1.3. Propagación Monomodo Vs Multimodo.....	12
Figura 2.1. Flujo de proyecto FTTH.....	14
Figura 2.2. Estructura ODN	15
Figura 2.3. Representación didáctica de una Traza OTDR	16
Figura 2.4. Representación didáctica de una prueba OPM	16
Figura 2.5. Gráfico de la Traza OTDR de la representación didáctica	17
Figura 2.6. Archivos de una Traza OTDR	18
Figura 2.7. Dos Trazas reflecto métricas EXFO	20
Figura 3.1. Crecimiento y Tendencia al Crecimiento de la Red en Ecuador	22
Figura 3.2. Crecimineto y Tendencia al Crecimiento de Usuarios en Ecuador.....	23
Figura 3.3. Efecto de Optimización.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Valores referencia de atenuaciones comunes en redes FTTH.....	15
Tabla 3.1. Crecimiento de FTTH en América Latina.....	21
Tabla 3.2. Crecimiento de FTTH en Ecuador	22
Tabla 3.3. Efecto de Optimización.....	24
Tabla 3.4. Análisis de costos para revisión y correcciones en sitio	26

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Red ODN.....	13
PLANO 2	Flujo de toma, envío/recepción y revisión de documentación.....	19
PLANO 3	Uso de herramienta en el flujo.....	19

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La documentación generada por un OTDR es un componente crítico en la validación de trazas reflecto métricas para proyectos FTTH, ya que forma parte esencial del proceso de aceptación y certificación de las redes de fibra óptica.

1.1 Descripción del problema

Este tipo de pruebas permite evaluar la calidad de la instalación, la continuidad de los hilos de fibra, las pérdidas ópticas, las reflexiones excesivas y la longitud de los tramos, etc. Son indispensables para identificar fallas o defectos antes de la entrega al cliente, evitando reparaciones costosas, momentos vergonzosos o problemas en el futuro.

Un desafío importante radica en la gestión de revisar el enorme volumen de archivos generados por estas pruebas. Por ejemplo, una fibra alimentadora típica, que puede tener entre 96 y 144 hilos según la solución implementada, produce dos archivos por hilo: un archivo “.iolm” (con los resultados detallados de la traza) y un archivo “.pdf” (con un reporte visual completo conocido como “La Trazas”). Para alimentadores de 144 hilos, esto implica hasta 288 archivos. En proyectos de gran envergadura, donde se certifican múltiples alimentadores diariamente, esta carga puede escalar rápidamente a miles de archivos, que deben ser revisados y validados en un plazo muy limitado, generalmente de 24 horas, para cumplir con los cronogramas de entrega.

El corto tiempo disponible para la revisión, combinado con el gran volumen de datos, requiere un equipo considerable de personal Técnico. Donde se llegó a emplear entre 10 y 15 revisores para trabajar en tres turnos de 8 horas y garantizar la revisión continua de los archivos. Estos equipos, con salarios promedio entre \$1,000 y \$1,500 USD por revisor, representan una inversión mensual superior a los \$15,000 USD. A pesar de estos esfuerzos, el riesgo de errores humanos sigue siendo elevado. Entre los problemas más comunes están las revisiones incompletas, la duplicación de archivos, la manipulación incorrecta de datos y la omisión de trazas críticas, los cuales pueden llevar a retrasos, costos adicionales y conflictos con los clientes.

1.2 Justificación del problema

- En los proyectos FTTH, la certificación de las trazas reflecto métricas es un proceso esencial para garantizar la calidad de la infraestructura óptica. Sin embargo, en proyectos de gran escala, el volumen masivo de datos y el riesgo de error humano representan desafíos significativos para los equipos de revisión.
- Ante el crecimiento acelerado de las redes FTTH, resulta imprescindible una solución que optimice la gestión de estos archivos, reduzca los tiempos de validación y garantice una certificación precisa. La aplicación de una herramienta automatizada basada en Python ofrece una alternativa eficiente y busca minimizar el tiempo de análisis, mejorar la distribución de recursos y aumentar la precisión en la detección de irregularidades.
- Este estudio destaca la importancia de modernizar los procesos, asegurando una gestión más eficiente, costos operativos optimizados y una mayor fiabilidad en la documentación técnica, factores clave para la evolución de las telecomunicaciones a nivel nacional e internacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementación de una herramienta y procedimientos automatizados que simplifiquen la revisión de trazas reflecto métricas y optimicen los tiempos de revisión, permitiendo redirigir recursos hacia la atención de alertas críticas. Garantizando la calidad en la documentación de las fibras ópticas, reducir los tiempos y costos de revisión en un 50% para los proyectos de FTTH.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Automatizar los procesos de revisión, diseñar e implementar herramientas basadas en algoritmos que permitan identificar y clasificar automáticamente las trazas reflecto métricas, destacando alertas relacionadas con inconsistencias, errores humanos o parámetros fuera de los valores esperados. (Ingeniería en Ciencias Computacionales – Sistemas)
2. Optimizar tiempos de análisis como reducir el tiempo de revisión de paquetes de trazas reflecto métricas en un 50% mediante la implementación de procesos

automatizados que minimicen la carga de trabajo manual. (Ingeniería en Electrónica y Automatización)

3. Reducir costos operativos. Disminuir la inversión destinada al personal de revisión en un 50% al sustituir tareas repetitivas y susceptibles a errores humanos por sistemas automatizados más eficientes. (Administración de Empresas)
4. Mejorar la calidad de la documentación. Garantizar que las trazas revisadas cumplan con los estándares requeridos mediante herramientas que validen el estado físico de la fibra óptica, la correcta captura de trazas y la integridad de los datos generados. (Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones)
5. Generar indicadores clave de rendimiento KPIs para monitorear y mejorar el desempeño de los procesos y personal involucrado. (Auditoría y Control de Gestión)

1.4 Marco teórico

Aunque no se encontraron referencias específicas a proyectos en Ecuador relacionados con la automatización de la revisión de trazas OTDR en redes FTTH, y los desarrollos internacionales no presentan investigaciones directamente enfocadas en el tema expuesto. La mayoría son algoritmos para evaluación del viaje de la luz, que es lo mismo que hace un OTDR.

Para lo que he recopilado información de varias fuentes para la elaboración de este marco teórico. No solo libros y publicaciones referente a telecomunicaciones y la fibra óptica pero también incluyo las experiencias propias y de mi equipo durante el proyecto.

La propagación de la onda electromagnética de la luz a través de la fibra se basa en principios fundamentales de la óptica, como la reflexión total interna y la óptica ondulatoria. Este fenómeno permite, a través de un proceso la transmisión eficiente de datos, impulsando sistemas de telecomunicaciones, internet de alta velocidad, redes FTTH y diversas aplicaciones industriales. Los conceptos clave que explican el comportamiento de la luz en este medio son:

- La Naturaleza de la Fibra Óptica ya que es un canal de propagación fabricado con vidrio refinado o polímeros de alta calidad. El Núcleo es

la parte central donde viaja la luz, fabricado con materiales de alto índice de refracción. Vidrio de Sílice (SiO_2).

- La capa de revestimiento (cladding) envuelve al núcleo y posee un índice de refracción inferior, facilitando la propagación del núcleo con reflexión total interna. Vidrio de Sílice con Índice Modificado dopado con boro o flúor para reducir el índice de refracción en comparación con el núcleo.
- Capa protectora protege a la fibra de daños mecánicos y ambientales. (PVC o Poliuretano).

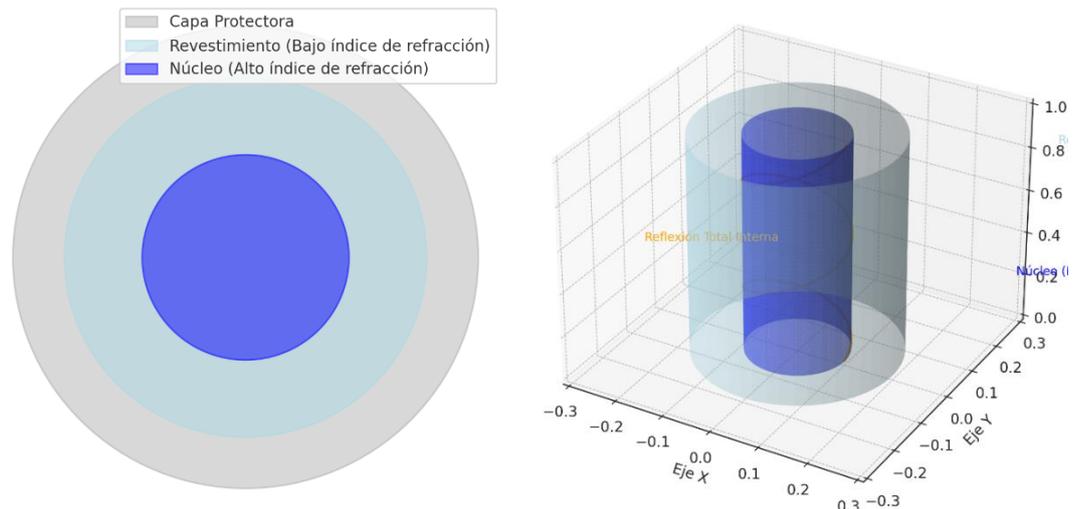


Figura 1.1 Estructura de una Fibra Óptica y Reflexión Monomodo [5]

El fenómeno de reflexión total interna describe el mecanismo por el cual la luz se propaga dentro del núcleo de la fibra óptica, manteniéndose confinada por diferencias en los índices de refracción. Este efecto se produce cuando un rayo de luz alcanza la interfaz entre dos materiales con índices de refracción distintos, como el núcleo y el revestimiento, con un ángulo mayor al crítico, lo que impide su escape, incide. Bajo estas condiciones, la luz es reflejada completamente dentro del núcleo, manteniendo su trayectoria sin escapar al revestimiento.

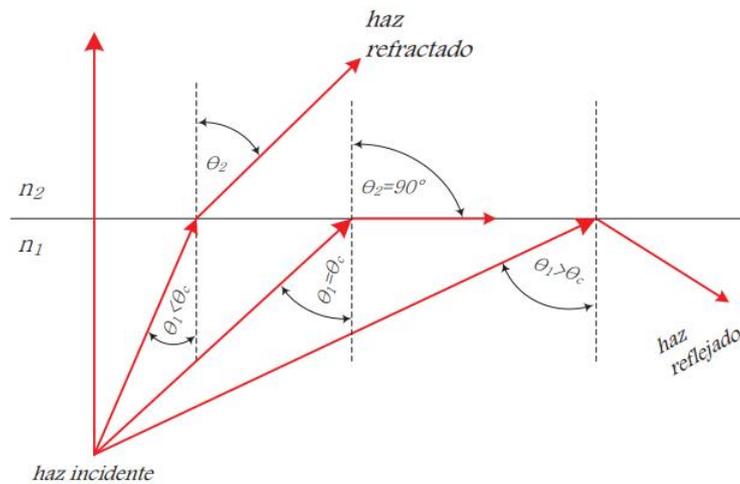


Figura 1.2 Reflexión Total Interna [11]

La propagación de la luz es un acto donde la luz que viaja a través de la fibra se comporta como una onda electromagnética y se transmite en "modos", que son patrones de distribución de energía dentro del núcleo. Existen dos tipos de fibras ópticas, según los modos de propagación:

- Monomodo: Permite la transmisión de un solo modo de luz, adecuado para enlaces de gran distancia y altas tasas de transferencia de datos.
- Multimodo: Permite la transmisión de múltiples modos, adecuado para distancias cortas debido a la dispersión modal.

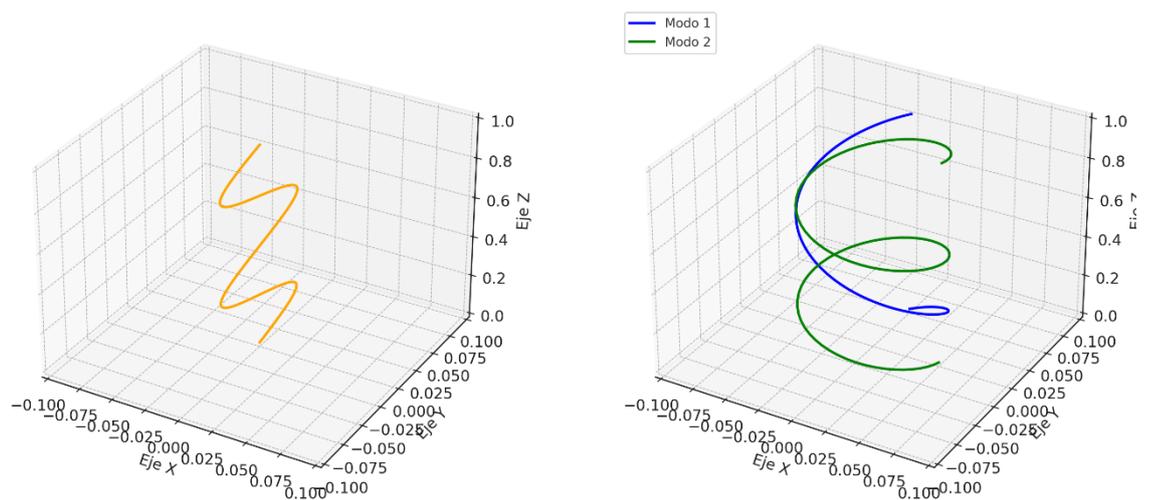
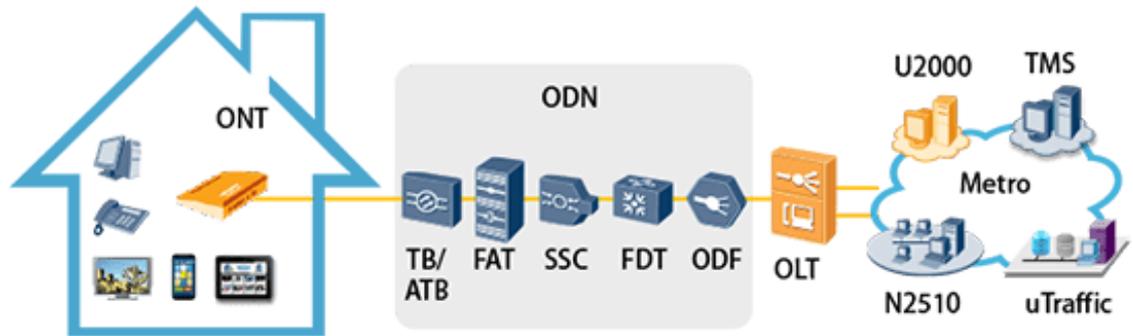


Figura 1. Propagación Monomodo vs Multimodo [13]

Durante su viaje, la luz sufre pérdidas de potencia debido a varios factores. La tecnología de la fibra óptica utiliza pulsos de luz generados por fuentes como láseres o LED, que son modulados para codificar la información.

La OLT es el punto central donde se inicia la señal de fibra óptica hacia los usuarios finales. Su función es enviar y recibir datos de los ONT mediante la red ODN, gestionando el tráfico de información de todos los usuarios.



PLANO 1 Red ODN [12]

En los proyectos de FTTH se diseña una red ODN en donde se planifica la instalación de varios dispositivos. La red de distribución no solo se diseña gráficamente sino también se calcula (considerando todos sus elementos) la pérdida estimada que tendrá en X punto, muy relacionado con el presupuesto óptico que determina si la potencia óptica de un sistema es suficiente para garantizar una transmisión de datos confiable entre el transmisor y el receptor. Para la Certificación de la red, no solo se valida visualmente, también se incluye el uso de un OTDR para visualizar el estado de la red a través de una prueba traza reflecto métrica. El OTDR permite caracterizar todo el segmento de fibra óptica y proporciona una vista interna de la fibra. La prueba que realiza el OTDR mide datos como su longitud, atenuaciones, roturas, pérdidas (por empalme, por conector, pérdida total, retorno total), etc. El ATP, que es la documentación de aceptación, incluye las pruebas de trazas reflecto métricas de cada hilo de fibra. Cuando la documentación ya está generada por cada hilo que sea necesario, la documentación debe ser recolectada, almacenada y reportada.

Aquí es donde se presenta el problema, ya que la documentación puede presentar errores (en la mayoría de casos presenta), y se necesita de muchos recursos para poder mitigar los errores y cumplir con los tiempos de entrega.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción y procesos de proyectos FTTH

Para abordar estos desafíos, se hizo varios análisis para lo cual es importante de formal general mostrar el flujo de los procesos de proyectos FTTH. En donde se usó un estimado de 40 días como el 100% de tiempo para el cierre.

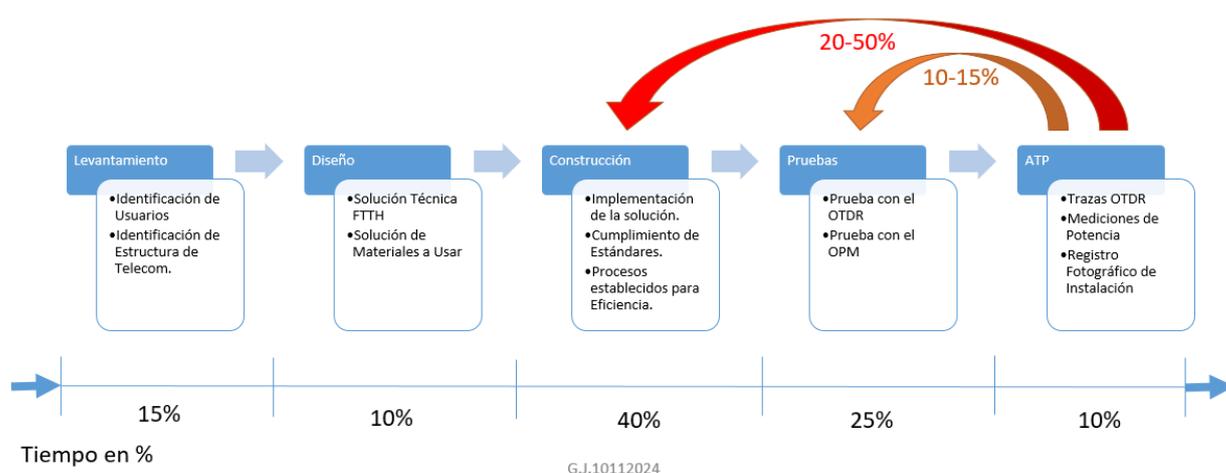


Figura 2.1 Flujo de proyecto FTTH [6]

El proceso, o proyecto de fibra óptica, comienzan desde los levantamientos hasta la aceptación final de la red por parte del cliente. Discriminando el nivel o la posición, este proceso incluye y requiere mucho conocimiento técnico de la fibra óptica, y también conocimiento práctico para la correcta manipulación e instalación de equipos. Cualquier error dentro de este flujo puede representar en más tiempo para las correcciones necesarias o regresar al paso anterior en la cadena.

Las estructuras de cada equipo de trabajo especialmente las personas interfaces entre flujos presenten la mejor efectividad centralizando y distribuyendo las tareas. El buen desempeño de los diferentes departamentos y cadena del flujo causó que más proyectos FTTH sean instalados y terminados, lo que llevo a más trabajo en la parte de documentación. Para que los pasos de recepción/entrega de documentación o involucrados no presenten cuellos de botellas, se detectó que el error humano debido a la naturaleza de la documentación era muy constante. No

solo en las personas que fabricaban el documento sino también en los que revisaban o preparaban el ATP.

2.2 Evaluación de Parámetros en Redes FTTH

Como la red es previamente diseñada, y se tiene ya prestablecido o calculado los valores de pérdidas para el presupuesto óptico de la red a instalar, en teoría, después de la instalación, todos los valores deberían ser relativos al valor ya calculado con un rango de error ≤ 1 . Esos son los valores cruciales. En Fibra óptica ya se ha estandarizado valores referenciales de pérdidas de potencia de acuerdo al elemento o material utilizado:

Tabla 2.1 Valores referencia de atenuaciones comunes en redes FTTH [6]

Valores referencia de atenuaciones comunes en redes FTTH:	
Elemento	Atenuación Estimada
Fibra óptica (G.652D)	0.35 dB/km (@1310 nm) – 0.21 dB/km (@1550 nm)
Empalme de fibra	0.05 dB – 0.10 dB por empalme
Conector óptico SC/APC	0.2 dB – 0.5 dB
Splitter óptico 1x2	3.5 dB – 4.0 dB
Splitter óptico 1x4	7.2 dB – 7.5 dB
Splitter óptico 1x8	10.5 dB – 11.0 dB
Splitter óptico 1x16	13.5 dB – 14.5 dB
Splitter óptico 1x32	16.8 dB – 17.5 dB
Splitter óptico 1x64	20.5 dB – 21.5 dB
Conectorización en terminal ONT	0.2 dB – 0.5 dB

Desde la OLT hasta la ONT, explicamos un modelo de red de distribución óptica.

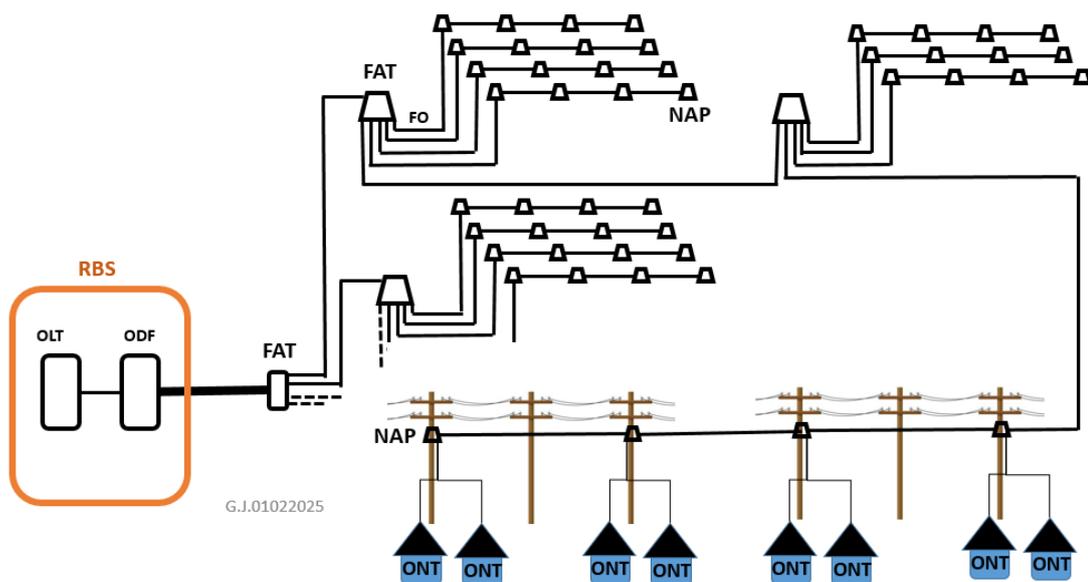


Figura 2.2 Estructura ODN

Donde la traza OTDR nos dará la información del viaje de la luz con sus eventos

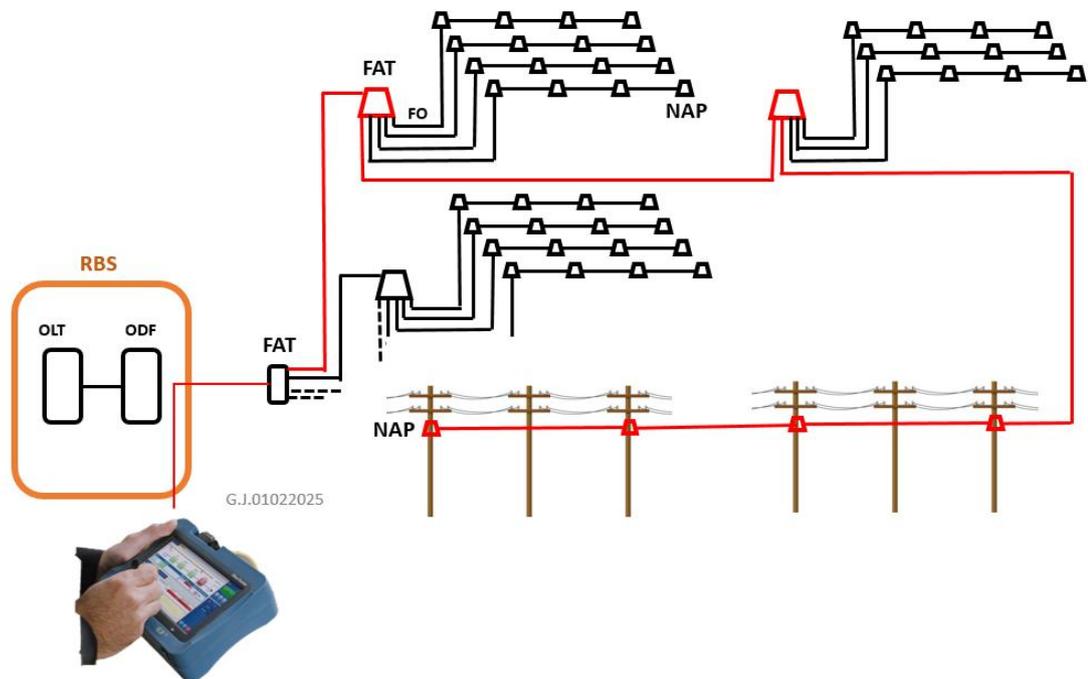


Figura 2.3 Representación didáctica de una Traza OTDR

Y la prueba OPM nos dará la información de la potencia que llega a la NAP

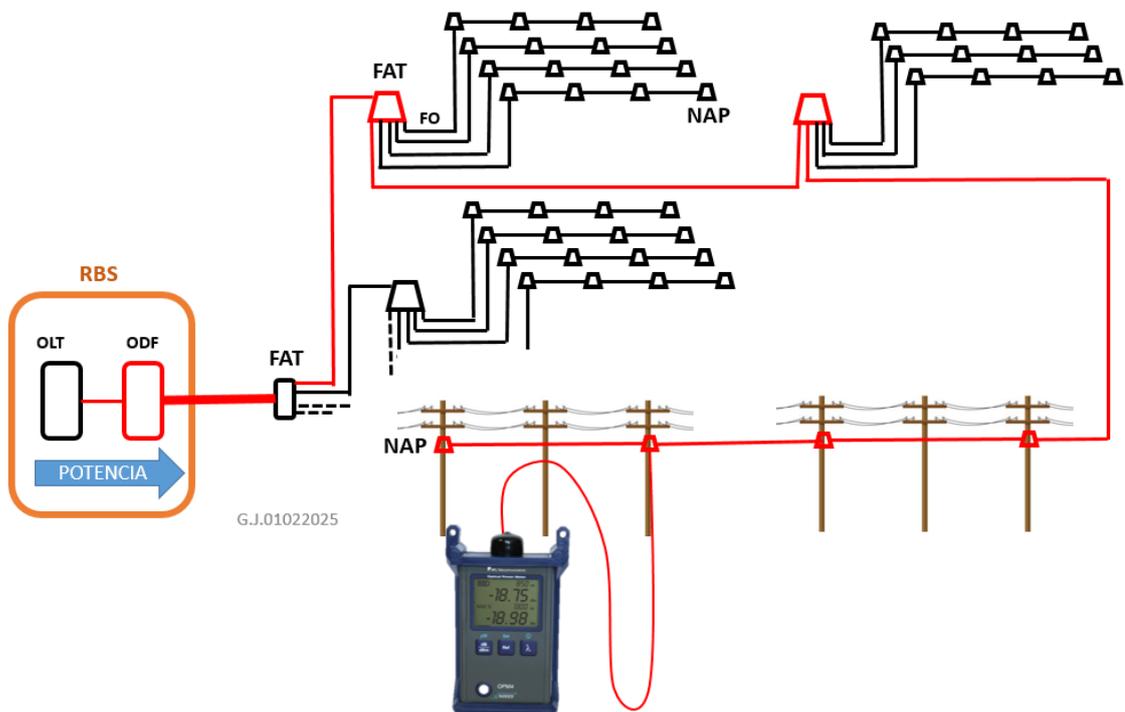


Figura 2.4 Representación didáctica de una prueba OPM

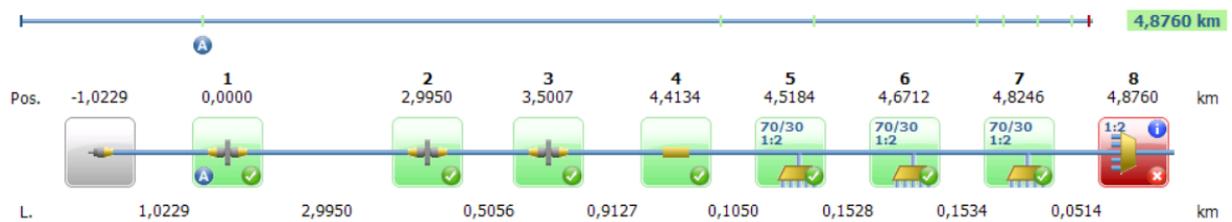


Gráfico OTDR

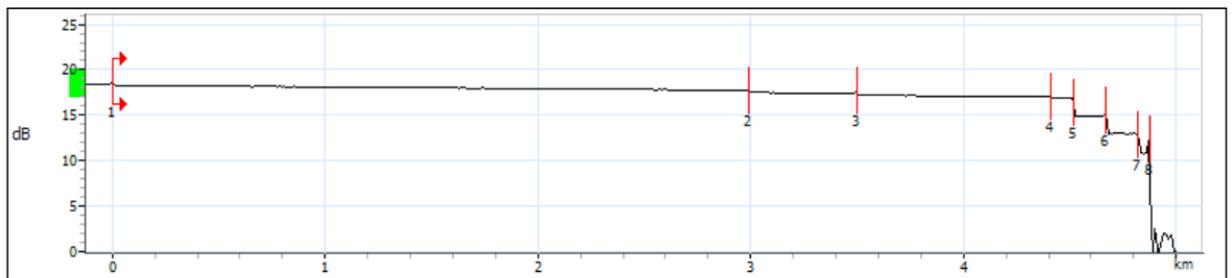


Tabla de elementos

Tipo	N.º	Pos./L. (km)	Pérdida (dB)	Ref. (dB)	At. (dB/km)	Pérdida acumulada (dB)
			1550 nm	1550 nm	1550 nm	1550 nm
Conector		-1,0229	0,328	-50,4		---
Sección		1,0229	0,188		0,184	---
Conector	1	0,0000	0,141	-70,8		0,141
Sección		2,9950	0,546		0,182	0,687
Conector	2	2,9950	0,229	-80,9		0,917
Sección		0,5056	0,104		0,206	1,021
Conector	3	3,5007	0,198	-72,1		1,219
Sección		0,9127	0,188		0,206	1,408
Empalme	4	4,4134	0,061	---		1,468
Sección		0,1050	0,052		---	1,520
Divisor desequilibrado 70/30 1:2	5	4,5184	2,032	-74,1		3,552
Sección		0,1528	0,014		---	3,566
Divisor desequilibrado 70/30 1:2	6	4,6712	1,865	-67,6		5,432
Sección		0,1534	0,030		---	5,462
Divisor desequilibrado 70/30 1:2	7	4,8246	2,130	-71,3		7,592
Sección		0,0514	---		---	7,592
Divisor 1:2	8	4,8760	>11,898	-61,9		19,490

• Compruebe que la relación de separación sea correcta. Compruebe que el separador esté empalmado correctamente. Compruebe que el conector o el acoplador esté en buen estado, limpio y bien conectado. Revíselo y límpielo si es necesario. El exceso de pérdida puede deberse a elementos ocultos tras el separador. • La pérdida del elemento no se puede medir con precisión porque la fibra que sigue al elemento es demasiado corta. Puede deberse a una rotura en la fibra. Asegúrese de haber seleccionado la configuración de prueba correcta. • La pérdida del elemento es superior al valor indicado.

Figura 2.5 Gráfico de la Traza OTDR de la representación didáctica

En donde la Figura 2.2 nos muestra el diseño de la estructura ODN a ser implementada. Usando los estándares mostrados en la Tabla 2.1, usando un documento Excel calcularemos la pérdida estimada. Esta información es la que debe ser casi igual a la que muestra la traza en la tabla de elementos de la Figura 2.5. Para que el cálculo del presupuesto óptico sea bastante cercano al valor mostrado en la prueba OTDR, debemos entender todos los factores que pueden afectar a esta

prueba OTDR y todos los elementos involucrados. Ya que durante el viaje, la luz sufre pérdidas de potencia principalmente debido a la reducción gradual de la intensidad de la señal luminosa, causada por absorción, dispersión, reflexión, pérdidas, etc.

2.3 Proceso de Toma y Revisión de Trazas OTDR

La precisión de las mediciones depende en gran medida de la configuración adecuada del equipo, que incluye ajustes como el rango dinámico, el ancho del pulso, el índice de refracción y la longitud de onda utilizada. Es fundamental garantizar que el OTDR esté correctamente calibrado según las especificaciones del fabricante, ya que cualquier desviación puede generar resultados inconsistentes.

Posterior a esto es muy importante mencionar que los archivos a generar deben ser nombrados de acuerdo a lo solicitado, normalmente siguen un código relacionado con las características del proyecto a instalar, de la OLT que alimenta, etc. Esto también es muy importante para la correcta identificación de los archivos al momento de recopilarlos, se recomienda que vayan en una carpeta juntos, tanto el archivo exclusivo para lectura del OTDR y el pdf.



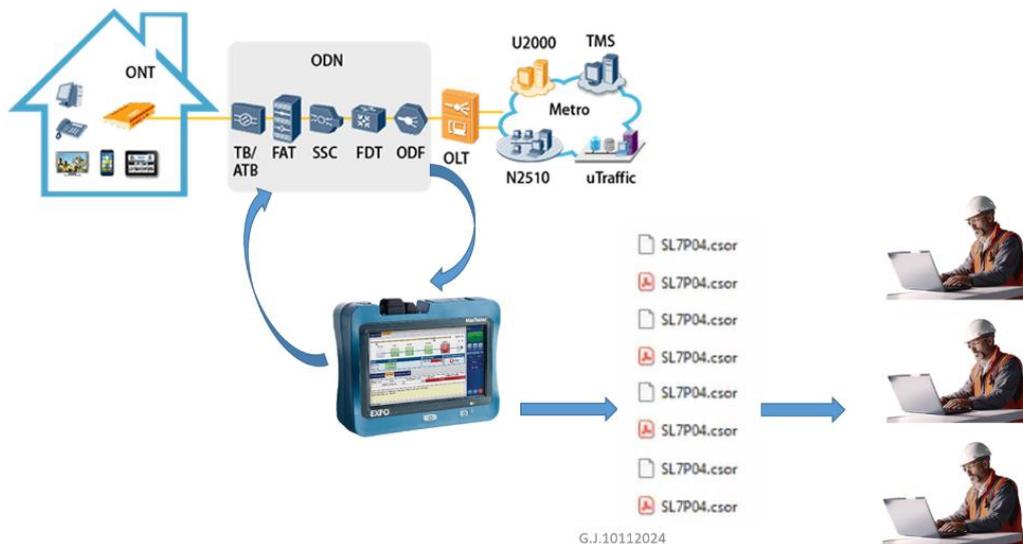
Figura 2.6 Archivos de una Traza OTDR

Una vez creado los archivos de la traza OTDR se recolectan las trazas de todos los hilos a certificar en una carpeta. Esta carpeta es posteriormente enviada al personal de revisión. Aquí es donde la cantidad de documentos es elevada y puede presentar muchos errores humanos. A continuación presentamos el proceso de toma y recepción de trazas OTDR para revisión y preparación de ATP.

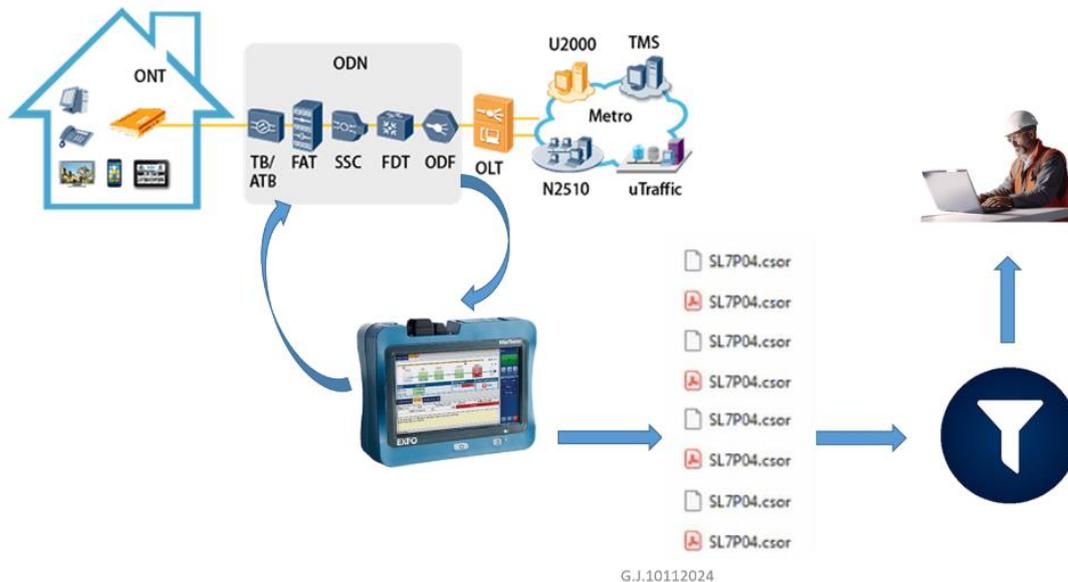
2.4 Implementación de la Herramienta Automatizada

En el PLANO 2 presentamos un flujo de toma, envío/recepción y revisión de trazas OTDR. En donde intervienen todos los factores previamente mencionados para la correcta toma de traza reflecto métrica. En el PLANO 3 encontraremos que la herramienta es utilizada como parte del primer filtro, dando beneficios al flujo.

Este flujo es elaborado a partir de la experiencia trabajando en el proyecto FTTH y también se utilizó el escenario presentado en APENDICE E.



PLANO 2 Flujo de toma, envío/recepción y revisión de documentación [13]



PLANO 3 Uso de herramienta en el flujo [13]

La Herramienta es basada en un algoritmo de lenguaje de programación Python (con una GUI). La cual inicialmente separa los archivos de acuerdo a su formato ya que manejábamos OTDR marca EXFO y VIAVI, y era crucial diferenciarlos.

APENDICE B. Se importó una librería “PyMuPDF” que permite abrir, leer y visualizar documentos PDF. Puedes extraer todo el texto de un documento o de una página específica. Se pueden obtener datos como el título, el autor, la fecha de creación, las pérdidas registradas, valores, etc. Estas características del archivo son los puntos de comparación para que la herramienta nos indique la cantidad de similitud entre varios archivos importando una librería “SequenceMatcher” que compara dos

secuencias y devuelve un valor numérico conocido como "ratio" (índice de similitud), que indica cuán similares son las secuencias. Este valor varía entre 0 (completamente diferentes) y 1 (completamente idénticas). SequenceMatcher puede identificar la subsecuencia más larga que es común entre dos secuencias, lo que es útil para detectar coincidencias o diferencias significativas. APENDICE A. La evaluación de los archivos en la herramienta se configura para tomar puntos o características específicas de los archivos como peso del archivo, fecha/hora, formato del archivo, valor de atenuaciones, ganancias y distancias de eventos.

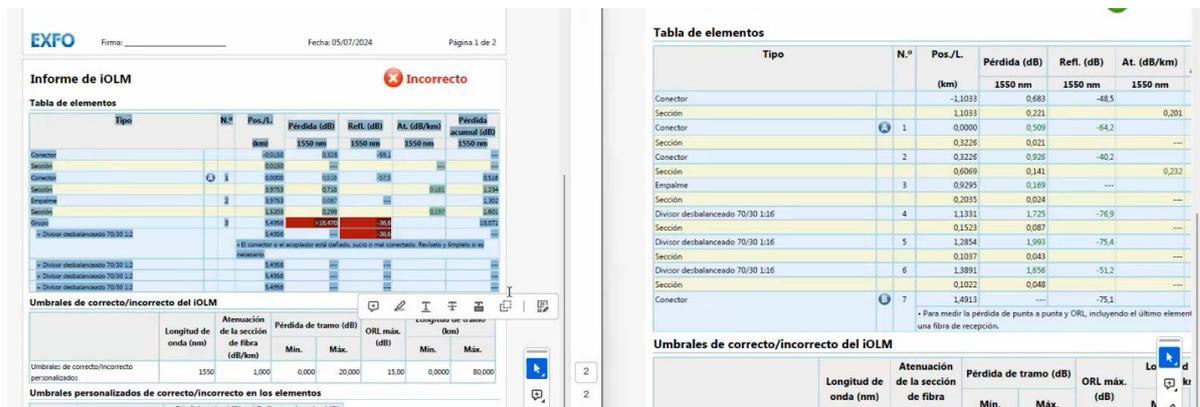


Figura 2.7 Dos Trazas reflecto métricas EXFO

Si las trazas son correctas no debería existir una similitud mayor al 0.98%. Esto se hizo el análisis después de varias pruebas. Donde comenzamos con valores de similitud alto (98%) bajando progresivamente (95%) donde se va mostrando los archivos con mayor similitud. Esos son los archivos que comenzamos a revisar, los que muestran estas alertas desde el inicio de la revisión.

Se utilizó Python debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, su compatibilidad con múltiples formatos de archivo (PDF, IOLM, SOR) y su facilidad de integración con algoritmos de análisis de texto e imágenes.

Se está optimizando el aplicar procesamiento digital de imágenes para también hacer una comparación de las gráficas de las trazas que el OTDR entregada, sin embargo el procesamiento digital de imágenes hace más complejo el procesamiento y el algoritmo. Lo que implica tiempo y más detalle en el código.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis del Crecimiento de FTTH en América Latina y Ecuador

De acuerdo a los registros del ministerio de telecomunicaciones del Ecuador [24]. Entre 2016 y finales de 2021, el acceso a FTTH en América Latina experimentó un crecimiento de cuatro veces su tamaño inicial, logrando una penetración estimada del 27%, equivalente a 46 millones de hogares. Las proyecciones indican que para 2030 esta cifra podría alcanzar el 60%, con una cobertura estimada del 81%.

Tabla 3.1 Crecimiento de FTTH en América Latina [24]

FTTH en América Latina		
Año	Hogares Conectados	Penetración (%)
2016	11,500,000	6.76
2017	15,000,000	8.82
2018	20,000,000	11.76
2019	25,000,000	14.71
2020	32,000,000	18.82
2021	46,000,000	27.06
2022	50,000,000	29.41
2023	55,000,000	32.35
2024	60,000,000	35.29
2025	65,000,000	38.24
2026	70,000,000	41.18
2027	75,000,000	44.12
2028	80,000,000	47.06
2029	85,000,000	50.00
2030	90,000,000	52.94

El despliegue de fibra óptica en Ecuador ha mostrado un crecimiento significativo. En 2006, los registros indicaban 3,500 km de infraestructura instalada. Para 2023, esta cifra aumentó a 59,861 km, reflejando un notable avance en el desarrollo de la red de telecomunicaciones del país.

Tabla 3.2 Crecimiento de FTTH en Ecuador [24]

FTTH en Ecuador		
Año	Km. de Fibra Óptica	Hogares Conectados
2006	3.500	146.161
2007	6.960	290.878
2008	10.420	435.595
2009	13.880	580.312
2010	17.340	725.029
2011	20.800	869.746
2012	24.260	1.014.463
2013	27.720	1.159.180
2014	31.180	1.303.897
2015	34.640	1.448.614
2016	38.100	1.593.331
2017	41.560	1.738.048
2018	45.020	1.882.765
2019	48.480	2.027.482
2020	51.940	2.172.199
2021	55.400	2.316.916
2022	58.860	2.461.633
2023	59.861	2.500.000

Usando un modelo de crecimiento lineal, la data del crecimiento y la tendencia al crecimiento en Ecuador nos indica que los proyectos de FTTH abren muchas consideraciones en la industria de telecomunicaciones.

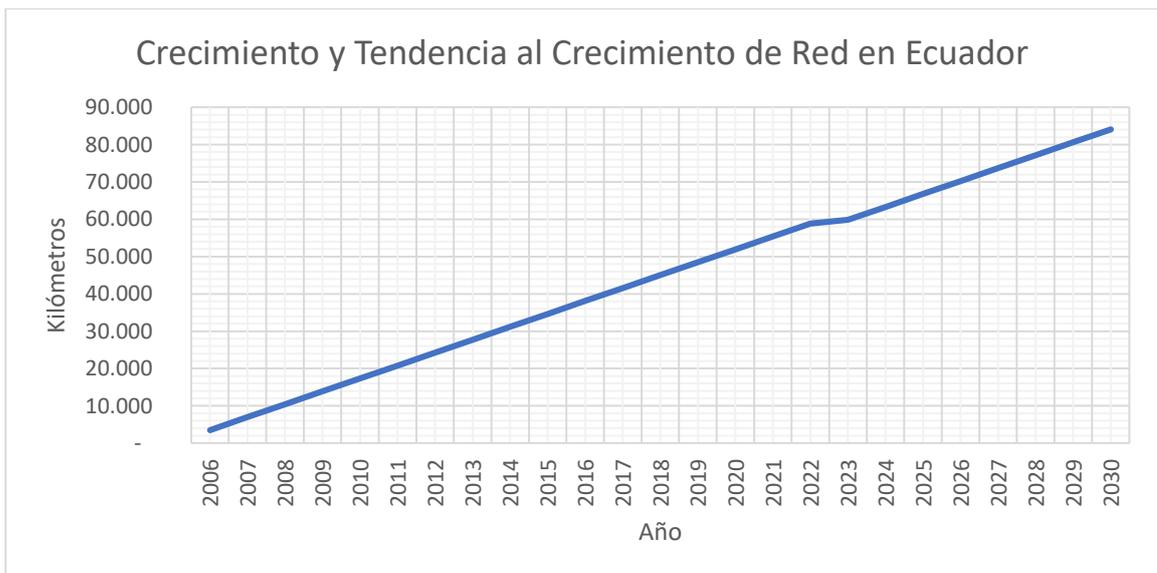


Figura 3.1 Crecimiento y Tendencia al Crecimiento de la Red en Ecuador [24]

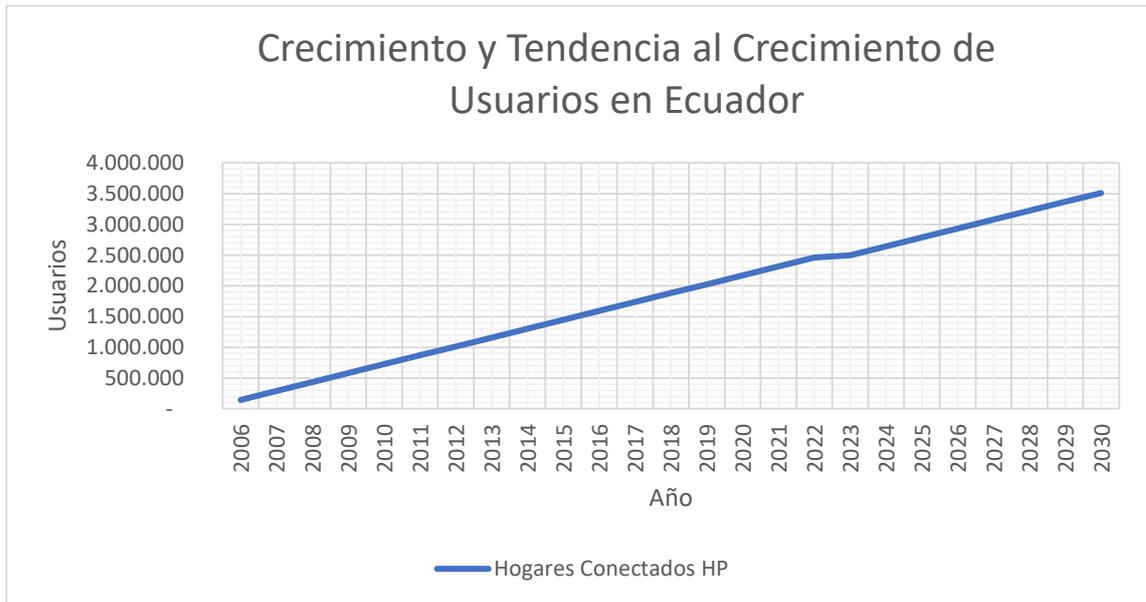


Figura 3.2 Crecimiento y Tendencia al Crecimiento de Usuarios en Ecuador [24]

En la Figura 3.1 se evidencia que usando la data desde el 2006 hasta el 2023 el crecimiento es progresivo y constante. Siguiendo el crecimiento lineal se llega a un valor estimado de 90.000 km de fibra a nivel nacional. Dando un crecimiento del 30% de la red FTTH que ya se encuentra instalada actualmente.

En la Figura 3.2 se evidencia lo mismo pero con métricas diferentes, aquí usamos los usuarios como referencia, en donde se estima llegar a casi los 4 millones de usuarios a nivel Nacional. Un aumento del 40% de acuerdo al número actual.

En FTTH, el ATP se utiliza para validar el cumplimiento con los estándares antes de ser aceptado por el cliente. Un Acceptance Test Protocol o ATP generalmente contiene:

- Especificaciones del sistema o red,
- Criterios de aceptación,
- Procedimientos de prueba,
- Firma y aprobación, Certificación de cumplimiento por parte del proveedor y el cliente, etc

Donde para fibra óptica y telecomunicaciones, el ATP suele incluir:

- Pruebas con OTDR.
- Mediciones de atenuación o Toma de Potencia.

- Pruebas de conectividad.
- Certificación de estándares (como ITU-T G.652, IEEE 802.3, ISO/IEC 11801).

3.2 Resultados de la Herramienta en la Optimización del Proceso

Las Pruebas con OTDR son el foco de nuestro análisis de eficiencia con el uso de la herramienta propuesta. Adicionando la tendencia de crecimiento presentada. Se vuelve crucial la correcta preparación para mitigar el flujo y procesamiento de información para la entrega de redes FTTH.

Dentro de las primeras pruebas, la capacidad necesaria de revisión era de un estimado de 1500 archivos en 24 horas, donde intervenían 15 personas en 3 turnos de 8 horas, y se mantenía un ciclo constante de 24 horas de revisión.

Posterior al uso de la herramienta se logró mitigar las 24 horas seguidas de personal activo para revisión pasando a solo 16 horas, dos turnos.

Terminando con un turno de 8 horas, con ciertas horas adicionales necesarias para cuando hay factores externos o repentinos. La metodología tuvo un enfoque aplicado, dado que se desarrolló en un entorno real de trabajo con datos obtenidos directamente de la operación de FTTH.

Para garantizar la seguridad de la información manejada, el código fue diseñado para que se elimine automáticamente cualquier data después de cada revisión. El manejo de la información siempre fue bajo servidor privado, email empresarial y VPNs.

El uso de la herramienta permitió una gestión más eficiente de los recursos, al enfocar el tiempo y los esfuerzos del personal en la solución de alertas críticas y la toma de decisiones estratégicas. Lo que permitió disminuir el requerimiento de recursos y los tiempos para la revisión en un 50%.

El margen de error en encontrar exitosamente errores en la trazas disminuyo significativamente de un rechazo de 60% a un 10%.

Tabla 3.3 Efecto de Optimización

Efecto de la optimización			
x/y	(sin la herramienta)	(Con la herramienta)	
	ANTES	DESPUÉS (Pruebas iniciales)	DESPUÉS (Pruebas Finales)
Personas	15	10	5
Horas diarias	24	16	8
Turnos	3	2	1
% de Errores	60	30	10

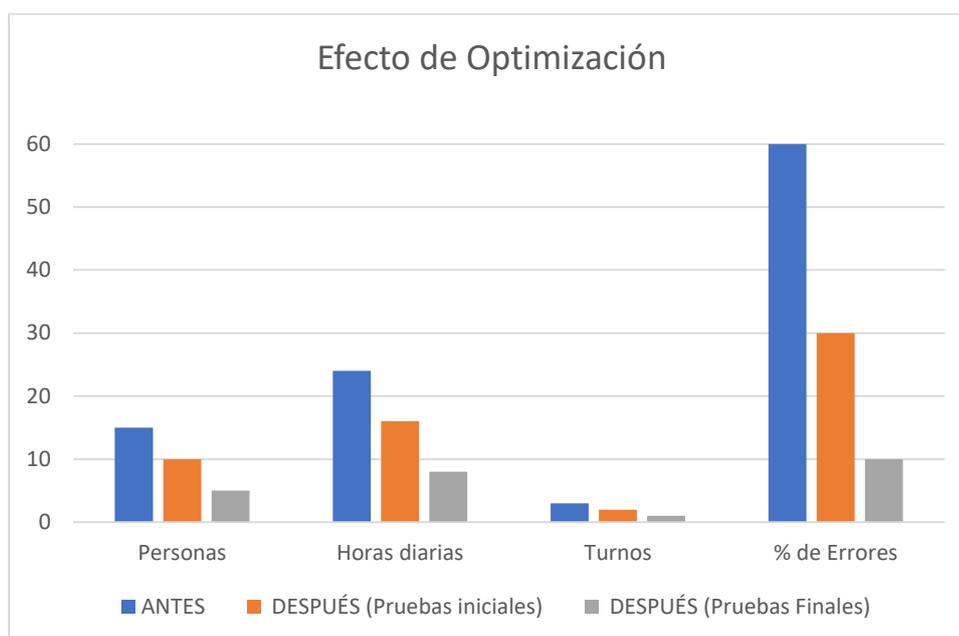


Figura 3.3 Efecto de Optimización

3.3 Evaluación del Impacto en Costos Operativos

Podemos visualizar que la reducción en las cuatro métricas presenta una reducción muy factible, además, la disminución de errores humanos y la mejora en la calidad de la documentación reducen costos asociados con correcciones en campo, penalizaciones por incumplimientos y retrasos en los proyectos. Los errores en las pruebas OTDR, pueden representar a que exista el requerimiento de enviar a una cuadrilla y equipos de respuesta inmediata para la validación y correcciones. Por lo que este tiempo de espera podía terminar en afectación directa con varios días para su solución. Esto significa gran pérdida en el negocio.

Para asegurar una revisión continua de los archivos, se requirió la participación de un equipo conformado por entre 10 y 15 revisores, organizados en tres turnos de 8 horas. Considerando un salario promedio de entre \$1,000 y \$1,500 USD por revisor, la inversión mensual estimada superaba los \$15,000 USD.

Datos encontrados [26] [27] [28] indican que los salarios en el sector de telecomunicaciones en Ecuador van entre \$256 y \$995 mensuales para técnicos de instalación, dependiendo del puesto, modalidad y la experiencia.

En el proyecto trabajado se estableció que una cuadrilla tenga 5 personas, lo que corresponde a \$1280 y \$4975 mensuales, dando un cálculo estimado de \$106-\$165 dólares diarios para actividades con la cuadrilla.

Tabla 3.4 Análisis de costos para revisión y correcciones en sitio [26] [27] [28]

Análisis de Costos para Revisión y Correcciones en Sitio				
Concepto	Cantidad de Personas	Salario Mensual (USD)	Costo Total Mensual (USD)	Costo Diario (USD)
Revisión de Archivos	10-15	1,000 - 1,500	10,000 -15,000+	333,33-500+
Técnicos de Telecomunicaciones	1	256 - 995+	256 - 995+	8,53-33,16+
Cuadrilla de 5 Técnicos	5	1,280 - 4,975+	1,280 - 4,975+	106 - 165+
TOTAL				447,86-698,16+

El análisis de eficiencia no solo se manifiesta en los tiempos de revisión sino en la preparación sólida como proyecto para mitigar grandes requerimientos sin ocasionar fatiga excesiva durante los picos de trabajo. Lo que es proporcional a confianza y buen ambiente laboral.

Se logró un record de empresa al certificar en un mes lo que se había logrado certificar en los 12 meses del año anterior sumados. Disminuyendo considerablemente los tiempos de revisión de 6-8 horas a 3-4 horas por paquete de trazas reflecto métricas, representando una disminución del 50% en costos y eficiencia. La creación de data también permite la generación de indicadores clave de rendimiento KPIs que facilitan el monitoreo y la evaluación del desempeño del equipo y del proceso, promoviendo una mejora continua. Este estudio siguió un enfoque cuantitativo-experimental, ya que se evaluó el impacto de la automatización en la revisión de trazas reflecto métricas a través de mediciones de tiempo y errores detectados. Se utilizaron métricas de eficiencia y productividad antes y después de la implementación de la herramienta basada en Python. Que permitieron mostrar data a los directores. Esto también reduce la carga administrativa asociada a la gestión de personal y mejora la planificación operativa al garantizar la entrega oportuna de resultados de revisión. Lo cual crea confianza ante el cliente.

Esta herramienta y la optimización del flujo no solo reducen el tiempo de procesamiento y el costo asociado al personal, sino que también disminuyen drásticamente la probabilidad de errores humanos, mejorando la precisión y la confiabilidad en la certificación de las redes de fibra óptica. A medida que los proyectos FTTH continúan creciendo en escala y complejidad, estas innovaciones son clave para mantener la competitividad y cumplir con los estándares de calidad en la industria.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El uso de fibras ópticas para la transmisión de datos se ha popularizado debido a su ancho de banda, baja atenuación, ideal para largas distancias, inmunidad a interferencias electromagnéticas o por señales externas, seguridad ya que la transmisión óptica es difícil de interceptar, ofreciendo mayor privacidad. También permite alcanzar velocidades superiores a las de otros medios, como el cobre, y ha revolucionado áreas como internet, telefonía, televisión por cable y redes empresariales.
- La tecnología iOLM y el formato “.iolm” desarrollados por EXFO han ganado una popularidad significativa en la industria debido a su capacidad para simplificar, automatizar y mejorar la precisión del análisis de las fibras ópticas.
- La implementación de la herramienta en la revisión de trazas reflecto métricas ha demostrado ser altamente efectiva, reduciendo tiempos de revisión y costos operativos en un 50%.
- La automatización ha mejorado la precisión en la validación de datos, minimizando los errores humanos y garantizando la calidad de la documentación, lo cual es fundamental para el éxito del proyecto.
- Los procesos optimizados permiten una reacción más rápida y efectiva ante problemas detectados en campo, reduciendo tiempos muertos y mejorando la eficiencia operativa general.
- La generación de KPIs ha facilitado el monitoreo del desempeño del personal y los procesos, contribuyendo a una toma de decisiones más fundamentada.
- Se concluye que es más fácil identificar la razón de una atenuación en una construcción de fibra tradicional ya que es fusionada. Comparándola con la fibra pre conectorizada donde se tiene que revisar varios puertos o elementos más sensibles.

Recomendaciones

- Innovar el aplicar procesamiento digital de imágenes para también hacer una comparación de las gráficas de las trazas que el OTDR entregada, sin hacer más complejo el procesamiento y el algoritmo.
- El personal encargado de operar el equipo OTDR debe estar debidamente capacitado para evitar errores humanos, como la selección incorrecta de parámetros, mala conexión o la interpretación errónea de las trazas reflecto métricas.
- Continuar invirtiendo en herramientas y tecnologías que permitan la automatización y optimización de procesos, especialmente en proyectos de alta escala como redes FTTH.
- Capacitar al personal técnico y administrativo en el uso de herramientas automatizadas y en la interpretación de los indicadores clave de rendimiento (KPIs), para maximizar su impacto en la operación.
- Implementar un plan de mantenimiento y actualización de las herramientas automatizadas para asegurar su eficiencia y adaptabilidad a nuevas necesidades y tecnologías.
- Fomentar la integración de análisis financieros y operativos periódicos para medir el impacto de las mejoras en términos de ahorro de costos, reducción de tiempos y calidad de los resultados.
- Priorizar el desarrollo de soluciones que permitan la integración completa de las herramientas automatizadas con otros sistemas operativos, como las plataformas de monitoreo de redes, para maximizar la interoperabilidad y la eficiencia.
- Para correr la herramienta y abrir todos los aplicativos necesarios se recomienda el uso de una computadora con capacidades respectivas, ya que se tendrán varios programas abiertos de alto consumo de procesamiento como el CAD, la Herramienta, Acceso al internet, VPN, etc.
- Un dicho personal, si quieres optimizar, deja que el agua fluya y de ahí parte tu proceso.

BIBLIOGRAFÍA

Libros y Textos:

[1] B. Chomycz, Fiber optic testing: A beginner's guide. New York: McGraw-Hill, 1999.

[2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital image processing, 4th ed. Boston, MA: Pearson, 2017.

[3] A. D. Moore, Python GUI programming with Tkinter. Birmingham, U.K.: Packt Publishing, 2018.

[4] K. H. Rose, Project quality management: Why, what and how, 2nd ed. Fort Lauderdale, FL: J. Ross Publishing, 2005.

[5] G. Keiser, Optical fiber communications, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2010.

[6] G. P. Agrawal, Fiber-optic communication systems, 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012.

[7] J. Crisp and B. Elliott, Introduction to fiber optics, 3rd ed. Oxford, U.K.: Newnes, 2005.

[8] A. W. Snyder and J. D. Love, Optical waveguide theory. Berlin, Germany: Springer, 1983.

[9] K. Murata and T. Okoshi, Handbook of optical fibers and cables. Boca Raton, FL: CRC Press, 1987.

[10] G. P. Agrawal, Fiber-optic communication systems, 5th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2019.

[11] E. Hecht, Optics, 5th ed. Boston, MA: Pearson, 2017.

[12] G. Keiser, Optical fiber communications, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2021.

[13] B. E. A. Saleh and M. C. Teich, Fundamentals of photonics, 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2019.

Artículos de Conferencias

[14] International Telecommunication Union (ITU-T), "G.652: Characteristics of a single-mode optical fiber and cable," presented at the ITU-T Conference, Geneva, Switzerland, 2022.

Manuales en línea

[15] EXFO, iOLM user guide. Available: <https://www.exfo.com>. [Accessed: Nov. 30, 2024].

[16] VIAVI Solutions Inc., OTDR user manual. Available: <https://www.viavisolutions.com>. [Accessed: Nov. 30, 2024].

[17] Anritsu Corporation, MT9083 OTDR user guide. Available: <https://www.anritsu.com>. [Accessed: Nov. 30, 2024].

[18] AFL, FlexTester OTDR user manual. Available: <https://www.aflglobal.com>. [Accessed: Nov. 30, 2024].

[19] Yokogawa Electric Corporation, AQ1200 OTDR user manual. Available: <https://www.yokogawa.com>. [Accessed: Nov. 30, 2024].

Publicaciones en línea

[21] Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Los desafíos del crecimiento de la fibra en América Latina y el Caribe. Accedido el 22 de enero, 2025, desde <https://publications.iadb.org/es/los-desafios-del-crecimiento-de-la-fibra-en-america-latina-y-el-caribe>.

[22] Brecha Cero. La fibra óptica será clave en América Latina y el Caribe para el avance de nuevas tecnologías inalámbricas. Accedido el 22 de enero, 2025, desde <https://brechacero.com/la-fibra-optica-sera-clave-en-america-latina-y-el-caribe-para-el-avance-de-nuevas-tecnologias-inalambricas>.

[23] DPL News. Cobertura de fibra óptica en América Latina creció 48% en 2020. Accedido el 31 de enero, 2025, desde <https://dplnews.com/cobertura-de-fibra-optica-en-america-latina-crecio-48-en-2020>.

[24] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información del Ecuador. Seguimos creciendo en el despliegue de las telecomunicaciones: Ecuador ya cuenta con 59,861 km de fibra óptica. Accedido el 22 de enero, 2025, desde

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/seguimos-creciendo-en-el-despliegue-de-las-telecomunicaciones-ecuador-ya-cuenta-con-59-861-km-de-fibra-optica>.

[25] The Fiber Optic Association. (s. f.). Gestión de Proyectos FTTH. Recuperado de <https://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTH-ESP/Gestion%20de%20Proyectos%20FTTH.html>

[26] Ministerio de Trabajo del Ecuador. (2024). Salarios mínimos sectoriales 2024. Accedido el 1 de febrero de 2025, de <https://www.trabajo.gob.ec>

[27] Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). (2024). Tabla de salarios sectoriales 2024. Recuperado el 1 de febrero de 2025, de <https://www.iess.gob.ec>

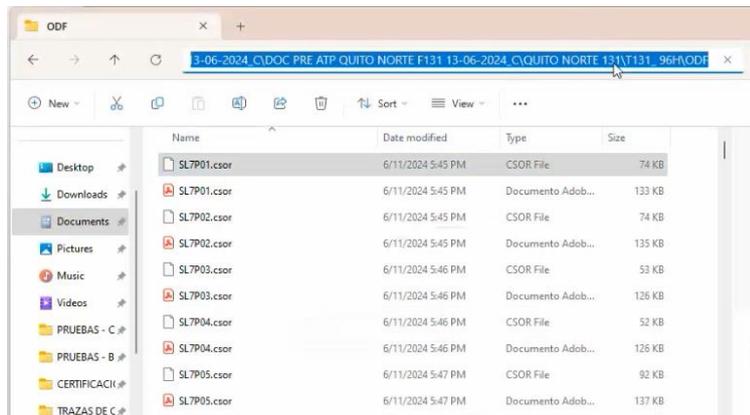
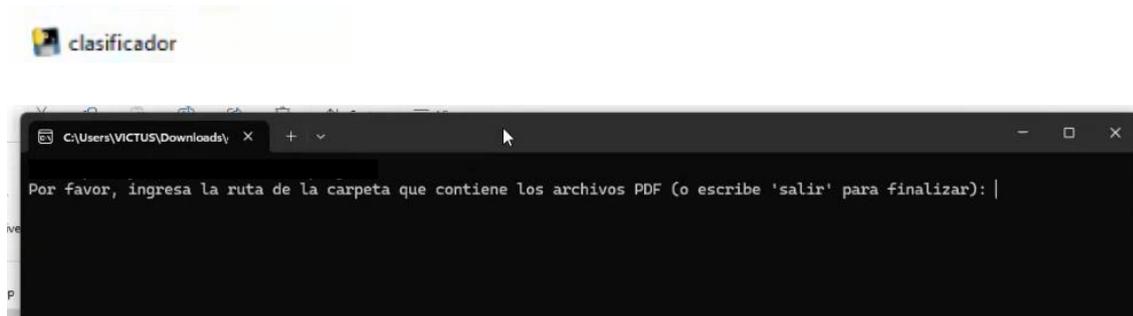
[28] Paylab. (2024). Salarios en el sector de telecomunicaciones en Ecuador. Accedido el 1 de febrero de 2025, de <https://www.paylab.com>

APÉNDICES

APÉNDICE A

```
import fitz # Importa el módulo fitz de PyMuPDF para trabajar con archivos PDF
from difflib import SequenceMatcher # Importa SequenceMatcher para comparar la similitud entre secuencias
```

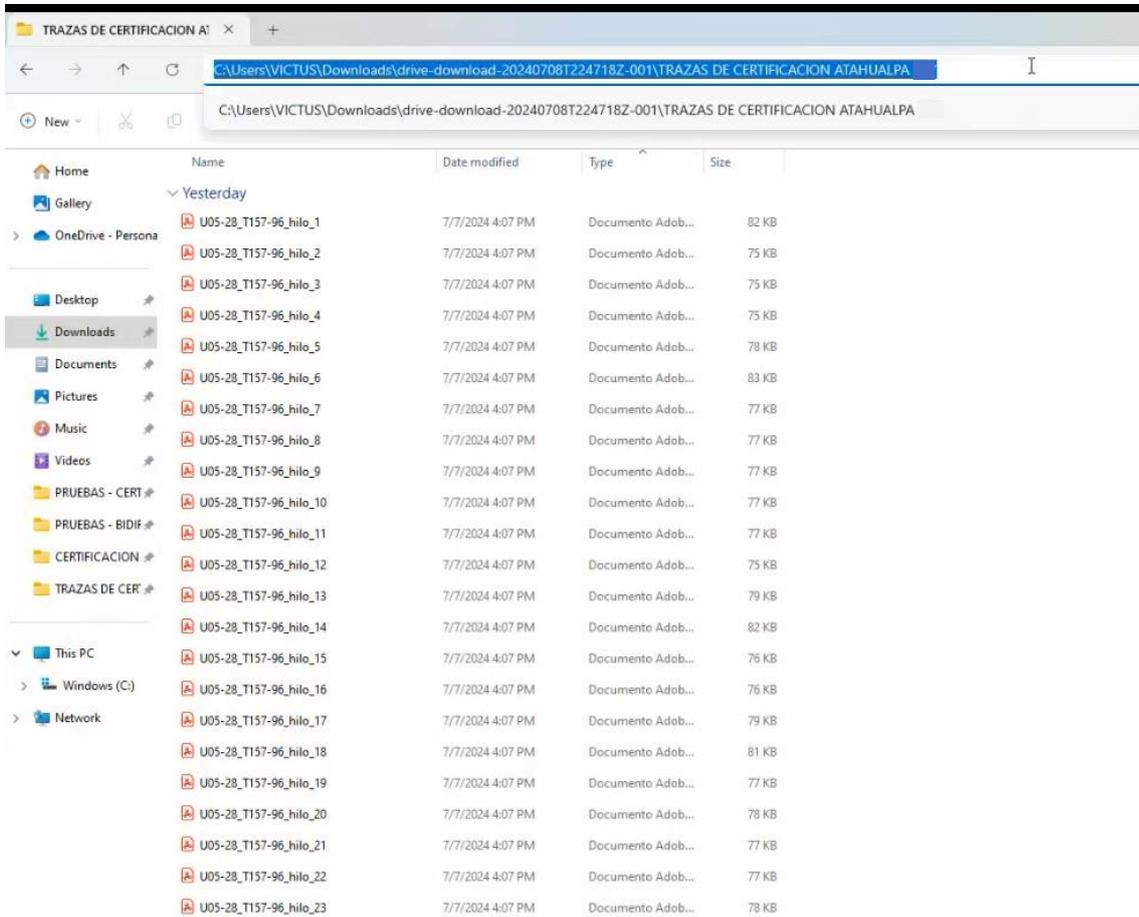
APÉNDICE B



```
C:\Users\VICTUS\Downloads >
Por favor, ingresa la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF (o escribe 'salir' para finalizar): C:\Users\VICTUS\Documents\QUITO NORTE T131\PRE ATP\DOC PRE ATP QUITO NORTE F131 13-06-2024_C\DOC PRE ATP QUITO NORTE F131 13-06-2024_C\QUITO NORTE 131\T131_96H\ODF
OTDR VIAVI: 96
- SL10P01.csor.pdf
- SL10P02.csor.pdf
- SL10P03.csor.pdf
- SL10P04.csor.pdf
- SL10P05.csor.pdf
- SL10P06.csor.pdf
- SL10P07.csor.pdf
- SL10P08.csor.pdf
- SL10P09.csor.pdf
- SL10P10.csor.pdf
- SL10P11.csor.pdf
- SL10P12.csor.pdf
- SL10P13.csor.pdf
- SL10P14.csor.pdf
- SL10P15.csor.pdf
- SL10P16.csor.pdf
- SL10P17.csor.pdf
- SL10P18.csor.pdf
- SL10P19.csor.pdf
- SL10P20.csor.pdf
- SL10P21.csor.pdf
- SL10P22.csor.pdf
- SL10P23.csor.pdf
- SL10P24.csor.pdf
```

```
C:\Users\VICTUS\Downloads >
- SL8P22.csor.pdf
- SL8P23.csor.pdf
- SL8P24.csor.pdf
- SL9P01.csor.pdf
- SL9P02.csor.pdf
- SL9P03.csor.pdf
- SL9P04.csor.pdf
- SL9P05.csor.pdf
- SL9P06.csor.pdf
- SL9P07.csor.pdf
- SL9P08.csor.pdf
- SL9P09.csor.pdf
- SL9P10.csor.pdf
- SL9P11.csor.pdf
- SL9P12.csor.pdf
- SL9P13.csor.pdf
- SL9P14.csor.pdf
- SL9P15.csor.pdf
- SL9P16.csor.pdf
- SL9P17.csor.pdf
- SL9P18.csor.pdf
- SL9P19.csor.pdf
- SL9P20.csor.pdf
- SL9P21.csor.pdf
- SL9P22.csor.pdf
- SL9P23.csor.pdf
- SL9P24.csor.pdf
OTDR EXFO: 0
Por favor, ingresa la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF (o escribe 'salir' para finalizar):
```

APÉNDICE C



TRAZAS DE CERTIFICACION A

C:\Users\VICTUS\Downloads\drive-download-20240708T224718Z-001\TRAZAS DE CERTIFICACION ATAHUALPA

Name	Date modified	Type	Size
U05-28_T157-96_hilo_1	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	82 KB
U05-28_T157-96_hilo_2	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	75 KB
U05-28_T157-96_hilo_3	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	75 KB
U05-28_T157-96_hilo_4	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	75 KB
U05-28_T157-96_hilo_5	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	78 KB
U05-28_T157-96_hilo_6	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	83 KB
U05-28_T157-96_hilo_7	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_8	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_9	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_10	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_11	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_12	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	75 KB
U05-28_T157-96_hilo_13	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	79 KB
U05-28_T157-96_hilo_14	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	82 KB
U05-28_T157-96_hilo_15	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	76 KB
U05-28_T157-96_hilo_16	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	76 KB
U05-28_T157-96_hilo_17	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	79 KB
U05-28_T157-96_hilo_18	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	81 KB
U05-28_T157-96_hilo_19	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_20	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	78 KB
U05-28_T157-96_hilo_21	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_22	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	77 KB
U05-28_T157-96_hilo_23	7/7/2024 4:07 PM	Documento Adob...	78 KB

```
C:\Users\VICTUS\Downloads\>
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir: e
Ingrese la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF de OTDR EXFO: C:\Users\VICTUS\Downloads\drive-download-20240708T224718Z-001\TRAZAS DE CERTIFICACION ATAHUALPA
```

```
C:\Users\VICTUS\Downloads\>
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir: e
Ingrese la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF de OTDR EXFO: C:\Users\VICTUS\Downloads\drive-download-20240708T224718Z-001\TRAZAS DE CERTIFICACION ATAHUALPA
Ingrese el umbral mínimo de similitud (entre 0 y 1): 0.98
```

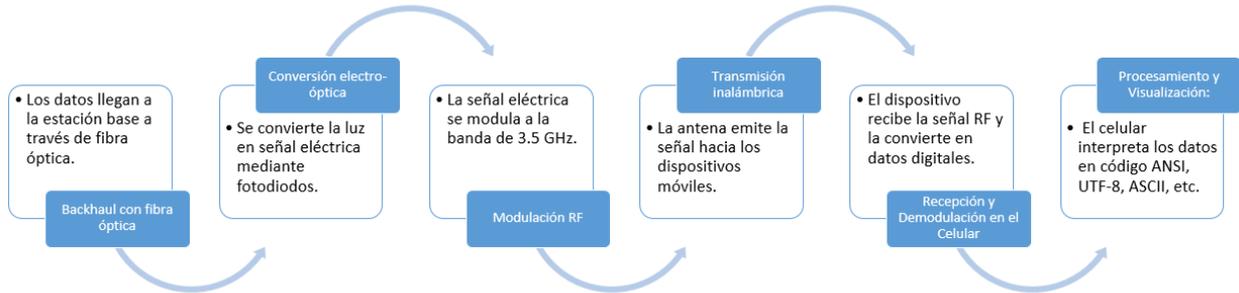
```
C:\Users\VICTUS\Downloads\>
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir: e
Ingrese la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF de OTDR EXFO: C:\Users\VICTUS\Downloads\drive-download-20240708T224718Z-001\TRAZAS DE CERTIFICACION ATAHUALPA
Ingrese el umbral mínimo de similitud (entre 0 y 1): 0.98
No se encontraron archivos que superen los 120 KB.
```

```
C:\Users\VICTUS\Downloads\ x + v
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir: e
Ingrese la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF de OTDR EXFO: C:\Users\VICTUS\Downloads\drive-download-20
708T224718Z-001\TRAZAS DE CERTIFICACION ATAHUALPA
Ingrese el umbral mínimo de similitud (entre 0 y 1): 0.98
No se encontraron archivos que superen los 120 KB.
Porcentaje de PDFs que superan el umbral desde 'Tabla de elementos': 0.00%
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir:
```

```
C:\Users\VICTUS\Downloads\ x + v
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir: e
Ingrese la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF de OTDR EXFO: C:\Users\VICTUS\Downloads\drive-download-20
708T224718Z-001\TRAZAS DE CERTIFICACION ATAHUALPA
Ingrese el umbral mínimo de similitud (entre 0 y 1): 0.98
No se encontraron archivos que superen los 120 KB.
Porcentaje de PDFs que superan el umbral desde 'Tabla de elementos': 0.00%
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir: e
Ingrese la ruta de la carpeta que contiene los archivos PDF de OTDR EXFO: C:\Users\VICTUS\Downloads\drive-download-20
708T224718Z-001\TRAZAS DE CERTIFICACION ATAHUALPA
Ingrese el umbral mínimo de similitud (entre 0 y 1): 0.95
No se encontraron archivos que superen los 120 KB.
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_57.pdf y U05-28_T157-96_hilo_60.pdf desde 'Tabla de elementos': 95.80%
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_59.pdf y U05-28_T157-96_hilo_86.pdf desde 'Tabla de elementos': 95.70%
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_59.pdf y U05-28_T157-96_hilo_92.pdf desde 'Tabla de elementos': 95.47%
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_69.pdf y U05-28_T157-96_hilo_80.pdf desde 'Tabla de elementos': 96.50%
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_69.pdf y U05-28_T157-96_hilo_86.pdf desde 'Tabla de elementos': 95.35%
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_88.pdf y U05-28_T157-96_hilo_89.pdf desde 'Tabla de elementos': 95.66%
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_88.pdf y U05-28_T157-96_hilo_92.pdf desde 'Tabla de elementos': 95.20%
Similitud entre U05-28_T157-96_hilo_89.pdf y U05-28_T157-96_hilo_92.pdf desde 'Tabla de elementos': 95.39%
Porcentaje de PDFs que superan el umbral desde 'Tabla de elementos': 9.38%
Digite 'e' para OTDR EXFO o 'v' para OTDR VIAVI, o 's' para salir: |
```

APÉNDICE D

Proceso de Conversión: Datos Ópticos a Radiofrecuencia para Redes Móviles



Transiciones para la transmisión de datos en una red:	Backhaul con fibra óptica: Los datos llegan a la estación base a través de fibra óptica.
	Conversión electro-óptica: Se convierte la luz en señal eléctrica mediante fotodiodos.
	Modulación RF: La señal eléctrica se modula a la banda de 3.5 GHz.
	Transmisión inalámbrica: La antena emite la señal hacia los dispositivos móviles.

Proceso de Conversión de Fibra Óptica a Radiofrecuencia		
Sigue los siguientes pasos:	El proceso ocurre en estaciones base, repetidores ópticos, nodos de acceso inalámbricos y enlaces satelitales.	
1. Recepción de la señal óptica (Fibra Óptica)	Conversión electro-óptica:	La información viaja en forma de pulsos de luz a través de la fibra óptica.
		La fibra óptica usa láseres o LEDs como fuente de luz para transmitir datos.
		Se usa un fotodetector o fotodiodo (como un PIN o APD) para convertir la luz en una señal eléctrica.
		La luz que transporta la señal en la fibra óptica impacta en el fotodiodo, generando una corriente eléctrica proporcional a la intensidad de la señal óptica recibida.
2. Procesamiento y Modulación de la Señal	Conversión de señal óptica a RF:	La señal eléctrica obtenida en el fotodiodo se amplifica y se convierte en una señal de radiofrecuencia (RF) adecuada para su transmisión inalámbrica.
		Se usa modulación digital (como QAM, OFDM) para ajustar la señal al estándar de transmisión requerido.
	Ejemplo de modulación:	5G usa modulación OFDM para mejorar la eficiencia espectral.
		Wi-Fi usa QAM para optimizar la capacidad de transmisión.
3. Emisión de la señal RF a través de una antena	Transmisión inalámbrica:	La señal modulada se envía a un amplificador de potencia RF (PA) que aumenta su intensidad para poder ser transmitida eficientemente.
		Luego, la señal se transmite a través de una antena en la banda de frecuencia adecuada (Ej: 2.4 GHz para Wi-Fi, 3.5 GHz para 5G).
4. Recepción en el dispositivo final	Proceso inverso:	El dispositivo receptor (Ej: teléfono móvil, router, satélite) capta la señal RF mediante su antena.
		La señal de radiofrecuencia se demodula y se convierte nuevamente en datos eléctricos.
		Luego, si es necesario, los datos pueden volver a transformarse en señales ópticas para su retransmisión.

APÉNDICE E

