

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

Ingeniería en Telecomunicaciones

Sistema de generación autónoma de documentos de capacidad para Claro

Trabajo para optar por el título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Autor: Jorge Ivan Leguizamon Sanchez

Tutor: Ing. Crisman Martinez Barrera

Bogotá D.C., Colombia

2026

Agradezco profundamente a mi padre, cuyo apoyo incondicional y guía constante han sido fundamentales en cada etapa de mi formación académica y personal. Su esfuerzo, confianza y dedicación han sido la base que me ha permitido avanzar y superar cada desafío. De igual manera, expreso mi sincero agradecimiento a Keyla Morales, quien fue una compañera invaluable durante este camino. Su compañía, apoyo y motivación hicieron de este proceso una experiencia más llevadera y significativa. A ambos, gracias por estar presentes en este viaje y por acompañarme en la construcción de este logro.

Resumen

El proyecto consiste en el desarrollo, mediante Python, de una herramienta de automatización para el área de Customer Support IP – DATACOM, encargada de brindar soporte técnico al cliente Claro. Como parte de este proceso, el área debe elaborar dos documentos fundamentales que sirven como guía interna para los ingenieros de Huawei y que posteriormente son enviados a Claro para informar las actividades que se ejecutarán en la red.

El primero es la Documentación de Capacidades, donde se registran datos técnicos como equipos, tarjetas, slots, puertos, ubicaciones y evidencias capturadas durante la ventana de mantenimiento. El segundo corresponde a los Minutogramas o MOPs, documentos detallados que describen paso a paso las actividades a realizar, los comandos, los tiempos estimados y los procedimientos de rollback para tareas de upgrade (actualización de versión de software) o update (aplicación de parches).

La herramienta desarrollada automatiza la generación estandarizada de ambos documentos a partir de los parámetros ingresados por el usuario, garantizando precisión, eficiencia y consistencia en la documentación operativa elaborada durante la pasantía.

Palabras clave: DATACOM, Customer Support IP, Huawei, Claro, Documentación de Capacidades.

Abstract

The project focuses on the development, using Python, of an automation tool for the Customer Support IP – DATACOM area, which provides technical support to the client Claro. As part of this process, the team must prepare two essential documents that serve as internal guidelines for Huawei engineers and are later sent to Claro to inform them about the activities that will be carried out in their network.

The first document is the Capacity Documentation, where technical data is recorded, including equipment details, cards, slots, ports, locations, and visual evidence captured during the maintenance window. The second document corresponds to the Minutograms or MOPs, which describe in detail the step-by-step activities, commands, estimated times, and rollback procedures for upgrade (software version updates) or update (patch application) tasks.

The automation tool developed standardizes and generates both documents based on user-provided parameters, ensuring accuracy, efficiency, and consistency in the operational documentation produced during the internship.

Keywords: Python, DATACOM, Customer Support IP, Huawei, Claro.

Índice general

Resumen	2
Abstract	3
Introducción	9
Capítulo 1	10
1. Contexto compañía	10
2. Presentación de la Empresa	10
3. Descripción del área	11
4. Objetivos Huawei	11
5. Misión	11
6. Organigrama	11
7. Descripción del área	12
8. Contexto en la Universidad Santo Tomás e Ingeniería en Tele- comunicaciones	13
9. Linea a de Investigación	13
Capítulo 2	14
10. Título del trabajo	14

11. Definición del programa	14
12. Delimitación del Proyecto	15
13. Alcance del Proyecto	15
14. Objetivo General	16
14.1. Objetivo Especifico	16
15. Justificación de la Pasantía	16
16. Aportes de la pasantía	17
16.1. Aportes metodológicos	17
16.2. Aportes prácticos	17
16.3. Aportes sociales y profesionales	17
17. Viabilidad de la pasantía	17
Capítulo 3	19
18. MARCO TEÓRICO	19
18.1. Redes de Transporte Óptico (OTN)	19
18.2. Multiplexación por División de Longitud de Onda (DWDM)	20
18.3. Protocolos de Verificación y Control (LLDP y ASON)	21
18.4. Funcionamiento del Programa	23
18.5. Aporte de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones	31
18.6. Aporte de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones	32
18.7. Aporte de la pasantía para el estudiante como ingeniero	33

18.8. Herramientas y software utilizados en la pasantía	33
18.9. Estado actual en relación con el trabajo de pasantía . . .	34
19. Planeación de la pasantía (GANTT / hitos)	35
20. Análisis de resultados	37
21. Lecciones aprendidas en la pasantía	38
22. Conclusiones	39

Índice de figuras

1.	Organigrama Huawei.	11
2.	Organigrama Huawei.	12
3.	WDM TRAILS	24
4.	Interfaz 1	25
5.	Interfaz 2	26
6.	CARGUE DE IMÁGENES	26
7.	Documento de capacidades	27
8.	Documento de capacidades	28
9.	Documento de capacidades	29
10.	Librerías	30
11.	Diagrama de Gantt	36
12.	Diagrama de Gantt	36
13.	Diagrama de Gantt	36

Índice de cuadros

1.	Aportes de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones	31
2.	Aportes de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones	32
3.	Aportes de la pasantía para el estudiante	33

Introducción

Como estudiante de último semestre del programa de Ingeniería en Telecomunicaciones, actualmente desarrollo mi pasantía profesional en Huawei Technologies Colombia, dentro del área de Customer Support IP – DATACOM. Este departamento es responsable de brindar soporte técnico especializado al operador Claro, asegurando el correcto funcionamiento de los equipos Huawei presentes en su red y garantizando la ejecución adecuada de actividades de mantenimiento, actualización y mejora continua.

En este contexto, la elaboración de documentación técnica es un proceso crítico. Los Minutogramas o MOPs detallan paso a paso las actividades que se realizarán durante las ventanas de cambio, incluyendo comandos, tiempos, procedimientos y planes de reversión. Por otro lado, la Documentación de Capacidades recopila información esencial como ubicaciones, tarjetas, slots, puertos, creación de capacidades y evidencia visual del estado del equipo. Ambos documentos son indispensables para orientar a los ingenieros de Huawei y para informar oportunamente a Claro sobre las tareas planificadas.

No obstante, este proceso suele ser repetitivo, susceptible a errores humanos y demandante en tiempo, especialmente cuando se gestionan múltiples dispositivos o actividades en una misma ventana. Por ello, la presente monografía describe el desarrollo de una herramienta de automatización programada en Python, diseñada específicamente para optimizar la generación de estos documentos, garantizando ahorro de tiempo, estandarización del contenido y una reducción significativa de errores manuales.

Este proyecto no solo incrementa la eficiencia operativa del área, sino que también fortalece mi formación profesional, permitiéndome aplicar conocimientos técnicos y de programación en un entorno real, contribuyendo tanto al flujo de trabajo de la empresa como al fortalecimiento de mis competencias como futuro ingeniero.

Capítulo 1

1. Contexto compañía

Huawei Technologies Colombia S.A.S. es una empresa líder en soluciones de telecomunicaciones, tecnología e infraestructura digital, con presencia global y una operación consolidada en el país desde hace varios años. Su labor se centra en proveer servicios, equipos y soporte técnico avanzado a operadores de telecomunicaciones como Claro, además de ofrecer soluciones de red, servicios administrados y proyectos de modernización tecnológica. El estudiante desarrolló su pasantía en esta compañía, integrándose a un entorno altamente técnico, dinámico y orientado a la eficiencia operativa.

2. Presentación de la Empresa

Huawei se caracteriza por su enfoque en innovación, transformación digital y provisión de soluciones tecnológicas que soportan redes críticas en todo el mundo. En Colombia participa activamente en el despliegue, mantenimiento y soporte de infraestructuras de telecomunicaciones para operadores de red. La empresa promueve una cultura de trabajo colaborativa, orientada a resultados y al desarrollo de soluciones efectivas para sus clientes y aliados estratégicos.



Figura 1: Organigrama Huawei.

3. Descripción del área

4. Objetivos Huawei

Los Objetivos son: Mantenerse centrado en el cliente, Perseverancia, Inspirar dedicación.

5. Misión

Llevar lo digital a todas las personas, hogares y organizaciones para conseguir un mundo inteligente y totalmente conectado, buscando impulsar la conectividad, el acceso a la tecnología, y construir plataformas digitales que mejoren la eficiencia e impulsen la economía digital a través de la innovación y la sostenibilidad.

6. Organigrama

La empresa presenta una estructura organizacional sólida que inicia con la Asamblea de Accionistas y continúa con órganos de control como el Auditor Independiente, la Junta Directiva y el Consejo de Supervisión. La dirección general está a cargo del CEO o un equipo de CEOs rotativos, quienes coordinan funciones globales como Recursos Humanos, Finanzas, Estrategia, Ingeniería, Auditoría Interna, Calidad, Asuntos Legales y Ciberseguridad. A nivel operativo, la organización se divide en unidades de negocio

Sebastian Santamaria Inter DN		Jorge Leguizamon Inter DN		Yangxinfeng Director Danny Higon CS Leader		Alejandra Tirado QAM									
SPM Danny Higon Telefonica		Ricardo Mayorga WOM		Helman Mahecha CLARO		Nestor Villamizar TIGO		Alvaro Rodriguez ETB		Nestor Villamizar UNIRED					
TD Victor Chaparro		Calli Wu		Jorge Olaya		Juan Arboleda		Cristian Bravo		Calli Wu		Diego Sächica SPMS			
ML Delvis Malagon TX		Diego Correa Datacom		Nixon Piñeros Core		Luis Sanchez Acceso		Andres Rojas IT/OSS		Jhon Vargas WN		Adrian Rodriguez Fredy Beltran			
Support Engineer												Wilmar Carrillo			
Irma Gonsales AN		Irma Gonzalez AN		Claudia Rocha AN		Irma Gonzalez AN		Claudia Rocha AN		Irma Gonzalez AN-IPTV		Andrea Montenegro WN		Samec Torres	
Diana Fernandez CN		Daniel Botello CN		Javier Muñoz CN		Rick James Ochica CN		Sebastian Molina CN		Claudia Rocha CN		Valentina Aldana WN		Alonso Mateus	
Juan Lopez DN		Diego Garzon DN		Juan Quimbayo CN		Diego Sarmiento IT		Juan Pinilla CN		Juan Quimbayo CN		Diana Fernandez CN		Julian Perdigon WN	
Kevin Fernandez IT		Diego Gonsales IT		Natalia Lozano DN		Carlos Colmenares IT		Carlos Colmenares IT		Kevin Fernandez IT		Geraldin Sanabria DN		Anderson Sierra IT	
Ivan Sarmiento DN		Carlos Colmenares IT		Daily Marquez DN		Diana Prieto ON		Miguel Morales ON		Ivan Sarmiento ON		Juan Carzon IP TV		Carlos Colmenares IT	
Jerson Montero SOC/Cross PM		Andres Malena ON		Julian Macdon ON		Juan Camilo Cuevas ON		Carlos Franco ON		Santiago Herrera IT		Ivan Sarmiento ON		Kevin Fernandez IT	
				MW		MW		Juan Carlos DN		Carlos Colmenares IT		Santiago Diaz IT			

7. Descripción del área

Dentro de sus responsabilidades se encuentra el acompañamiento técnico a los operadores durante la operación diaria de la red, la atención de incidentes y requerimientos, y el asesoramiento en configuraciones, diagnósticos y mejores prácticas para la gestión de equipos de transmisión y enrutamiento. Adicionalmente, el área coordina el aprovisionamiento de repuestos, asegurando que los componentes necesarios para la restauración o mejora de los equipos estén disponibles cuando el contrato del cliente lo permita.

12

entorno técnico y operativo proporciona un espacio ideal para el desarrollo de pasantías orientadas a procesos de automatización, documentación técnica y mejora continua de procedimientos.

El acompañamiento y supervisión en la empresa estuvo a cargo del tutor asignado por Huawei, quien guió el proceso, definió los lineamientos técnicos del proyecto y apoyó el desarrollo de la herramienta de automatización. (Victor Chaparro.)

8. Contexto en la Universidad Santo Tomás e Ingeniería en Telecomunicaciones

El programa de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás forma profesionales integrales, con competencias en redes, sistemas de comunicación, tecnologías emergentes, automatización, infraestructura digital y gestión de sistemas de telecomunicaciones. El enfoque del programa combina fundamentos teóricos con experiencia práctica, permitiendo que los estudiantes desarrollen soluciones reales en contextos empresariales. Por ello, las pasantías representan un componente esencial en la aplicación de conocimientos adquiridos durante la carrera.

9. Línea a de Investigación

La presente pasantía se desarrolla dentro de la línea de investigación en Automatización y Sistemas, enfocada en la optimización de procesos técnicos mediante herramientas digitales aplicadas al entorno de telecomunicaciones. En este marco, el trabajo se realiza específicamente en el área de Automatización y Sistemas de Huawei Technologies, donde se busca mejorar la eficiencia operativa a través de soluciones programadas que reduzcan tiempos de ejecución y minimicen errores humanos. Este proceso académico y profesional cuenta con el acompañamiento y supervisión del tutor universitario Crisman Martínez Barrera, docente del Programa de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad Santo Tomás, quien orienta el desarrollo metodológico y conceptual del proyecto, asegurando su coherencia con los objetivos formativos y con las necesidades reales del sector.

Capítulo 2

10. Título del trabajo

Sistema de generación autónoma de documentos de capacidad para Claro.

11. Definición del programa

El proceso de elaboración del documento denominado “Capacidades” se realiza de manera manual posterior a la implementación de capacidades de transmisión en ventanas nocturnas. Este documento es enviado al cliente (Claro) y contiene información técnica detallada como la capacidad entregada en giga-bits, los nodos involucrados (por ejemplo, Bogotá–Medellín), los equipos y tarjetas tributarias y de línea utilizadas, los códigos OCH asignados, así como evidencias gráficas obtenidas del gestor iMaster.

Actualmente, la generación manual de esta documentación requiere entre 20 y 30 minutos por cada capacidad implementada, lo que representa un consumo significativo de tiempo operativo. Adicionalmente, el proceso manual es susceptible a errores humanos, tales como inconsistencias en los datos, omisiones de información técnica o errores en la identificación de equipos y frecuencias, lo cual puede generar reprocesos, retrasos en la entrega al cliente y posibles inconformidades.

Por lo anterior, se identifica la necesidad de optimizar y automatizar la generación del documento de capacidades, reduciendo tiempos de elaboración y minimizando errores humanos, manteniendo la calidad y confiabilidad de la información técnica entregada al cliente.

12. Delimitación del Proyecto

Este proyecto se centra exclusivamente en:

- Automatización de funcionalidades de la Documentación de capacidades.
- Capacidades de transmisión implementadas en redes ópticas gestionadas mediante la plataforma Huawei iMaster.
- Información técnica relacionada con enlaces ópticos, fibras, frecuencias (lambdas), equipos, tarjetas y códigos OCH.
- Generación del documento final en formato digital para entrega al cliente Claro.
- La automatización del proceso de generación del documento de capacidades.

No incluye:

- La implementación física de la red o instalación de equipos.
- Cambios en la infraestructura de red existente.
- Modificaciones a los sistemas Core del gestor iMaster.

13. Alcance del Proyecto

El proyecto contempla:

- Reducción del tiempo de elaboración del documento de 20–30 minutos a aproximadamente 10–15 minutos por capacidad.
- Disminución de errores asociados al ingreso manual de información.
- Generación de documentación estandarizada con evidencias técnicas.
- Diseño y desarrollo de un programa de automatización para la generación del documento.
- Integración de información proveniente del gestor iMaster.

14. Objetivo General

Desarrollar un programa de automatización que permita optimizar la generación del documento de capacidades, reduciendo los tiempos de elaboración y minimizando errores humanos en la documentación técnica entregada al cliente.

14.1. Objetivo Especifico

- Analizar el flujo actual de generación del documento de capacidades.
- Identificar los puntos críticos donde se presentan mayores tiempos y errores manuales.
- Evaluar la reducción de tiempos y errores tras la implementación del programa.
- Garantizar que la documentación cumpla con los requerimientos técnicos del cliente.

15. Justificación de la Pasantía

La pasantía se justifica debido a la necesidad real de optimización de procesos operativos dentro del área de implementación de transmisión de Huawei. La automatización de la documentación de capacidades permite mejorar la eficiencia operativa, reducir reprocesos y fortalecer la calidad del servicio entregado al cliente.

Desde el punto de vista académico, la pasantía permite aplicar conocimientos de telecomunicaciones ópticas, gestión de redes, automatización y programación, integrando la teoría con una problemática real del sector.

Para Huawei, la implementación de esta automatización representa:

- Reducción de tiempos operativos.
- Disminución de errores humanos en documentación técnica.
- Mejora en la estandarización de entregables al cliente.

- Optimización del recurso humano.
- Incremento en la confiabilidad y eficiencia del proceso de implementación.

Esto impacta positivamente la relación con el cliente y fortalece la imagen de la empresa como proveedor tecnológico eficiente e innovador.

16. Aportes de la pasantía

16.1. Aportes metodológicos

- Estandarización del proceso de documentación.
- Definición de un flujo automatizado replicable para futuras implementaciones.

16.2. Aportes prácticos

- Desarrollo de una herramienta funcional de automatización.
- Reducción comprobable de tiempos de elaboración.
- Disminución de errores humanos en la documentación.

16.3. Aportes sociales y profesionales

- Fortalecimiento de competencias en automatización y telecomunicaciones.
- Mejora del trabajo colaborativo entre áreas técnicas.
- Contribución al desarrollo profesional del estudiante.

17. Viabilidad de la pasantía

La pasantía es viable debido a que:

- Se cuenta con acceso al entorno operativo (iMaster) y a la documentación requerida.
- El proyecto no requiere inversión adicional en infraestructura física.
- El desarrollo se realiza dentro del tiempo establecido para la pasantía.
- La automatización ya ha demostrado resultados positivos al reducir los tiempos de elaboración del documento.

Capítulo 3

18. MARCO TEÓRICO

El crecimiento exponencial del tráfico de datos en las redes de telecomunicaciones modernas ha impulsado el desarrollo de tecnologías de transporte capaces de manejar grandes volúmenes de información con altos niveles de eficiencia, confiabilidad y escalabilidad. Las redes ópticas han emergido como una de las soluciones más importantes para satisfacer estas demandas debido a su capacidad para transmitir datos a muy altas velocidades utilizando señales luminosas a través de fibra óptica. Estas redes permiten soportar servicios críticos como transmisión de datos, voz, video y servicios en la nube, proporcionando altas tasas de transmisión y baja latencia [10].

Dentro de este contexto, tecnologías como las Redes de Transporte Óptico (OTN), la Multiplexación por División de Longitud de Onda (DWDM) y protocolos de control y descubrimiento de red como LLDP y ASON desempeñan un papel fundamental en la arquitectura de las redes de telecomunicaciones modernas. Estas tecnologías permiten mejorar la gestión del tráfico, optimizar el uso del ancho de banda disponible y garantizar altos niveles de resiliencia ante fallos en la red [8].

18.1. Redes de Transporte Óptico (OTN)

Las redes de transporte óptico, conocidas como Optical Transport Network (OTN), constituyen una arquitectura estandarizada diseñada para transportar grandes cantidades de datos a través de infraestructuras de fibra óptica. Este modelo fue definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T) con el objetivo de proporcionar un marco estructurado para la multiplexación, supervisión y gestión del tráfico dentro de redes óp-

ticas de alta capacidad [1].

La arquitectura OTN permite encapsular diferentes tipos de tráfico digital dentro de unidades de datos estructuradas que facilitan su transmisión a través de la red. Esto incluye tráfico proveniente de tecnologías como Ethernet, IP, SONET o SDH. Gracias a esta estructura jerárquica, las redes OTN permiten mejorar la eficiencia del transporte de información y simplificar la gestión de los recursos de red [11].

Dentro de la arquitectura OTN se definen diferentes capas funcionales que permiten organizar el flujo de información dentro del sistema de transporte. Estas capas incluyen la capa de canal óptico (Optical Channel Layer - OCH), la cual es responsable de la transmisión de señales ópticas individuales a través de la fibra. Esta capa gestiona parámetros críticos como la potencia de la señal, la calidad de transmisión y la supervisión de los enlaces ópticos [3].

Otro componente fundamental dentro de las redes OTN son las Unidades de Datos del Canal Óptico (Optical Data Unit – ODU). Las ODU actúan como contenedores de información que permiten encapsular datos de usuario junto con información de control necesaria para garantizar la correcta transmisión de la información. Estas unidades facilitan la multiplexación de múltiples flujos de datos dentro de un mismo canal óptico, permitiendo optimizar el uso del ancho de banda disponible [11].

La utilización de estas estructuras permite mejorar significativamente la confiabilidad de las redes de transporte óptico, ya que incorporan mecanismos de supervisión, detección de errores y gestión de alarmas que permiten a los operadores identificar fallos dentro de la red y tomar acciones correctivas de manera oportuna.

18.2. Multiplexación por División de Longitud de Onda (DWDM)

La multiplexación por división de longitud de onda densa (Dense Wavelength Division Multiplexing – DWDM) es una tecnología clave en las redes ópticas modernas, ya que permite transmitir múltiples señales de datos a través de una única fibra óptica utilizando diferentes longitudes de onda de luz. Cada longitud de onda funciona como un canal independiente de transmisión, comúnmente denominado lambda [2].

El uso de DWDM permite aumentar significativamente la capacidad de transmisión de la infraestructura óptica sin necesidad de desplegar nuevas fibras. Esto resulta especial-

mente importante en redes de transporte de larga distancia y redes troncales utilizadas por operadores de telecomunicaciones, donde la expansión de la infraestructura física puede resultar costosa y compleja [11].

En sistemas DWDM modernos es posible transmitir decenas o incluso cientos de lambdas dentro de una misma fibra óptica. Cada una de estas lambdas puede transportar señales de alta velocidad, lo que permite alcanzar capacidades de transmisión extremadamente elevadas. Esta capacidad ha sido fundamental para soportar el crecimiento del tráfico de internet, los servicios de streaming y las aplicaciones en la nube [5].

Sin embargo, el comportamiento de la fibra óptica también introduce ciertos desafíos que deben ser considerados durante el diseño de redes DWDM. Entre estos factores se encuentran la atenuación de la señal, la dispersión cromática y los efectos no lineales que pueden afectar la calidad de la transmisión óptica. Para mitigar estos efectos, los sistemas DWDM incorporan tecnologías como amplificadores ópticos, módulos de compensación de dispersión y mecanismos avanzados de monitoreo de la señal [9].

Además, la gestión de lambdas dentro de una red DWDM requiere herramientas avanzadas de planificación y control que permitan asignar longitudes de onda de manera eficiente y evitar interferencias entre canales. Sistemas de gestión de red como los desarrollados por fabricantes de infraestructura óptica permiten realizar estas tareas de manera automatizada, optimizando el uso de los recursos de la red [6].

18.3. Protocolos de Verificación y Control (LLDP y ASON)

En las redes de telecomunicaciones modernas es fundamental contar con mecanismos que permitan supervisar el estado de los dispositivos, identificar la topología de la red y garantizar la disponibilidad de los servicios. Para ello se utilizan diferentes protocolos de verificación y control que facilitan la gestión y administración de la infraestructura de red.

Uno de los protocolos más utilizados para el descubrimiento de dispositivos dentro de una red es el Link Layer Discovery Protocol (LLDP). Este protocolo, definido por el estándar IEEE 802.1AB, permite que los dispositivos de red intercambien información sobre su identidad, capacidades y estado operativo. Gracias a este intercambio de información, los administradores de red pueden construir mapas de topología que permiten visualizar la interconexión entre los distintos dispositivos presentes en la red [4].

El uso de LLDP facilita significativamente las tareas de diagnóstico y mantenimiento de la infraestructura de red, ya que permite identificar rápidamente la ubicación de los dispositivos y verificar el estado de los enlaces físicos entre ellos. Esta capacidad resulta especialmente importante en redes complejas donde existen múltiples nodos interconectados [10].

Por otra parte, el concepto de Automatically Switched Optical Network (ASON) introduce mecanismos avanzados de control dentro de las redes ópticas. ASON permite establecer conexiones ópticas de manera dinámica mediante sistemas de señalización y control que gestionan el establecimiento, mantenimiento y liberación de rutas dentro de la red óptica [3].

Una de las principales ventajas de las redes basadas en ASON es su capacidad para mejorar la resiliencia del sistema. En caso de fallos en la infraestructura, la red puede redirigir automáticamente el tráfico a través de rutas alternativas, reduciendo significativamente el tiempo de recuperación y garantizando la continuidad del servicio [11].

En conjunto, la integración de tecnologías como OTN, DWDM y protocolos de control como LLDP y ASON permite construir infraestructuras de telecomunicaciones altamente eficientes, escalables y resilientes. Estas tecnologías constituyen la base de las redes de transporte modernas y permiten soportar las crecientes demandas de conectividad generadas por el crecimiento del ecosistema digital [8]. La documentación técnica en redes de telecomunicaciones constituye un elemento fundamental para garantizar la correcta operación, mantenimiento y trazabilidad de los servicios entregados a los clientes. En redes ópticas de transporte, como las implementadas por Huawei para el operador Claro, la documentación de capacidades permite registrar de forma detallada la información asociada a los enlaces creados, incluyendo nodos de origen y destino, tarjetas utilizadas, puertos, protocolos activos y evidencias del estado del servicio.

En este contexto, las redes ópticas DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) permiten transmitir múltiples señales ópticas sobre una misma fibra mediante el uso de diferentes longitudes de onda (λ). Cada λ transporta un canal óptico u OCH (Optical Channel), el cual es establecido a través de tarjetas de línea y tarjetas tributarias dentro de los equipos de transmisión.

Las tarjetas de línea son responsables de la generación y transporte del canal óptico (OCH), mientras que las tarjetas tributarias permiten la entrega del servicio al cliente final, encapsulando el tráfico en estructuras como ODU (Optical Data Unit), cuya capacidad

puede variar entre 10G, 100G o 200G, dependiendo del servicio implementado.

Adicionalmente, en la documentación se valida el estado del protocolo LLDP (Link Layer Discovery Protocol), el cual permite el intercambio de información entre dispositivos conectados a nivel de enlace, facilitando la verificación de conectividad, identificación de equipos y validación de puertos utilizados.

Otro concepto clave abordado en el proyecto es la arquitectura ASON (Automatically Switched Optical Network). A diferencia de los enlaces tradicionales, donde las rutas ópticas son estáticas y configuradas manualmente, ASON permite el establecimiento dinámico de caminos ópticos, mejorando la resiliencia, la eficiencia en el uso de recursos y la capacidad de recuperación ante fallas. En la documentación de capacidades es indispensable identificar si el enlace entregado corresponde a una arquitectura tradicional o ASON, dado que esto impacta directamente la operación y el soporte del servicio.

La automatización de procesos de documentación, apoyada en herramientas de programación como Python, permite integrar estos conceptos técnicos en un flujo estandarizado, reduciendo errores humanos y optimizando los tiempos de entrega, lo cual es fundamental en entornos de soporte técnico de alta demanda.

La pregunta a la cual responde la pasantía es ¿De qué manera la automatización del proceso de documentación de capacidades puede reducir los tiempos de elaboración y minimizar los errores humanos en la generación de documentos técnicos entregados al cliente Claro en redes ópticas de Huawei?.

18.4. Funcionamiento del Programa

El programa de documentación de capacidades desarrollado durante la pasantía se fundamenta en la información extraída directamente del gestor de red NCE iMaster, el cual actúa como la fuente principal y confiable de datos técnicos de la red óptica. Toda la información utilizada por el sistema proviene de este gestor, garantizando la consistencia y veracidad de los datos documentados.

El primer paso para la correcta operación del programa consiste en la carga del archivo script descargado desde el gestor NCE iMaster, el cual funciona como la base de datos del sistema. Este archivo contiene la información actualizada de los equipos, en-

laces, tarjetas y capacidades configuradas en la red. Debido a la naturaleza dinámica de la infraestructura de telecomunicaciones —donde se crean nuevas capacidades, se incorporan equipos y la red crece constantemente, este archivo debe ser actualizado periódicamente, con una frecuencia aproximada de cada tres a cinco días, dependiendo del número de ventanas de mantenimiento ejecutadas durante la semana.

ID ^	Level ^	Direction ^	Service Status ^	Alarm Status ^	Name ^
0	OCh	Bidirectional	Active	Critical	TRK IP RAN 28-512_BAR_ALKARAWI - 28-334_CES_AGUACHICA - L195.30 - HWHP004967
0	ODU4	Bidirectional	Active	Minor	28-512_BAR_ALKARAWI-28-334_CES_AGUACHICA_1-ODU4-1002635
0	Client	Bidirectional	Active	Critical	28-512_BAR_ALKARAWI-28-334_CES_AGUACHICA Client-06761

Figura 3: WDM TRAILS

Una vez cargado el archivo base, el usuario ingresa en la interfaz del programa el nodo de origen y/o el nodo de destino, junto con su respectivo código de cliente. El sistema ha sido diseñado de forma flexible, permitiendo que el usuario ingrese únicamente el nodo de origen o únicamente el nodo de destino, sin afectar el correcto funcionamiento del programa ni la generación del documento final.

CDG | Capability documentat... — □ ×

Cargar WDM Trail Ningun archivo seleccionado

NODO Origen:

NE ID Origen:

NODO Destino:

NE ID Destino:

Cliente*:

Tipo de servicio*:

Capacidad (GE)*:

Tipo de lambda*:

ODU*:

☐ Cargar/Capturar

Figura 4: Interfaz 1

Posteriormente, se seleccionan los parámetros del servicio, incluyendo el tipo de servicio (por ejemplo, 10G o 100G), la capacidad asociada, su correspondiente ODU, y el tipo de lambda utilizada, indicando si el enlace implementado corresponde a una arquitectura tradicional o a una arquitectura ASON (Automatically Switched Optical Network). Esta

diferenciación es fundamental, ya que impacta directamente la forma en que el enlace es gestionado y protegido dentro de la red óptica.

CDG | Capability documentation generator

Cargar WDM Trail

Archivo seleccionado:
Manage_WDM_Trail_2025-10-30_17-02-02.xls

NODO Origen: Aguachica

NE ID Origen: 28-334

NODO Destino: Alkarawi

NE ID Destino: 28-512

Cliente*: 06761

Name Client
28-512_BAR_ALKARAWI-28-334_CES_AGUACHICA-Client-0

Name OCh
TRK IPRAI 28-512_BAR_ALKARAWI - 28-334_CES_AGUACHICA - L195.30 - HWHP004967

OCh HWHP004967 | 28-512_BAR_ALKARAWI -> 28-334_CES_AGUACHICA - L195.30

Tipo de servicio*:
Capacidad (GE)*:
Tipo de lambda*:
ODU*:

Cargar/Capturar + Evidencia LLDP

Generar

Figura 5: Interfaz 2

Como siguiente paso, el programa permite capturar o cargar las evidencias gráficas necesarias para la documentación, tales como capturas del path view, información de tarjetas, potencia óptica y estado de alarmas, las cuales pueden ser tomadas directamente del gestor o cargadas desde archivos previamente descargados.

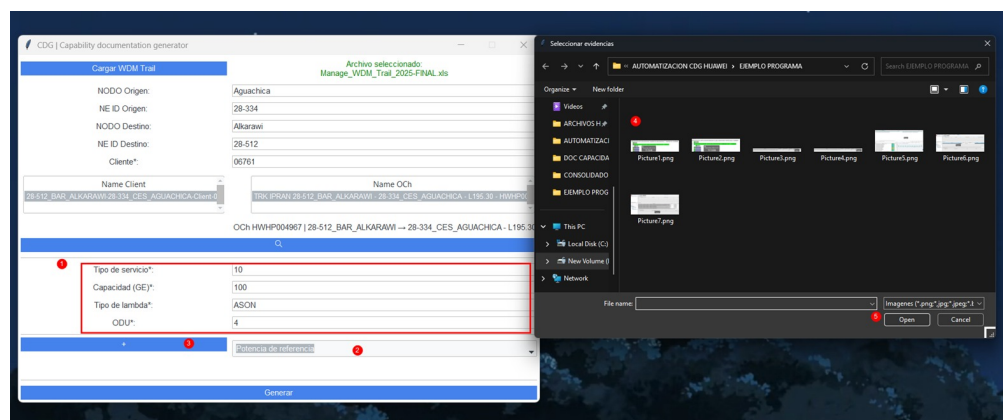
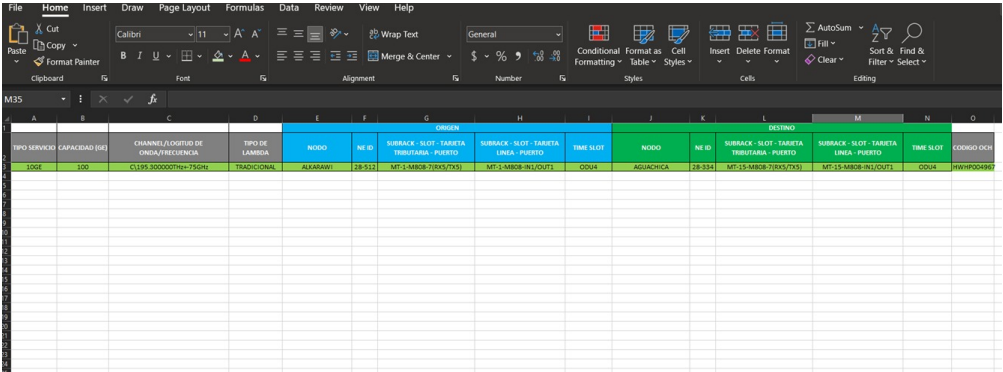


Figura 6: CARGUE DE IMÁGENES

Finalmente, una vez completada toda la información requerida y cargadas las evidencias correspondientes, el usuario selecciona la opción “Generar”, mediante la cual el sistema crea automáticamente el archivo Excel de documentación de capacidades, estructurado y estandarizado según los requerimientos del cliente. Este archivo consolida toda la información técnica y visual del enlace implementado, reduciendo significativamente el tiempo de elaboración manual y minimizando la probabilidad de errores humanos.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with a network topology table. The table has columns for 'TIPO SERVIDOR', 'CAPACIDAD (MB)', 'CHANNEL/LOGITUD DE ONDA/FRECUENCIA', 'TIPO DE LAMBOA', 'NODOS', 'NE ID', 'SURRACK - SLOT - TARJETA', 'SURRACK - SLOT - TARJETA', 'TIMI SLOT', 'NODO', 'NE ID', 'SURRACK - SLOT - TARJETA', 'SURRACK - SLOT - TARJETA', 'TIMI SLOT', and 'CONEXO OCH'. The first row of data shows a '1000' server with a capacity of '100', channel 'CUTP 3000000Hz=7500Hz', and a 'TRADICIONAL' type. The nodes are 'ALMADAN', '28-531', 'MTI-SANDE-SPOC/101', 'MTI-SANDE-SPOC/101', '0004', 'Aguadonca', '28-531', 'MTI-SANDE-SPOC/101', 'MTI-SANDE-SPOC/101', '0004', and 'CONEXO OCH'.

TIPO SERVIDOR	CAPACIDAD (MB)	CHANNEL/LOGITUD DE ONDA/FRECUENCIA	TIPO DE LAMBOA	NODOS	NE ID	SURRACK - SLOT - TARJETA	SURRACK - SLOT - TARJETA	TIMI SLOT	NODO	NE ID	SURRACK - SLOT - TARJETA	SURRACK - SLOT - TARJETA	TIMI SLOT	CONEXO OCH
1000	100	CUTP 3000000Hz=7500Hz	TRADICIONAL	ALMADAN	28-531	MTI-SANDE-SPOC/101	MTI-SANDE-SPOC/101	0004	Aguadonca	28-531	MTI-SANDE-SPOC/101	MTI-SANDE-SPOC/101	0004	CONEXO OCH

Figura 7: Documento de capacidades

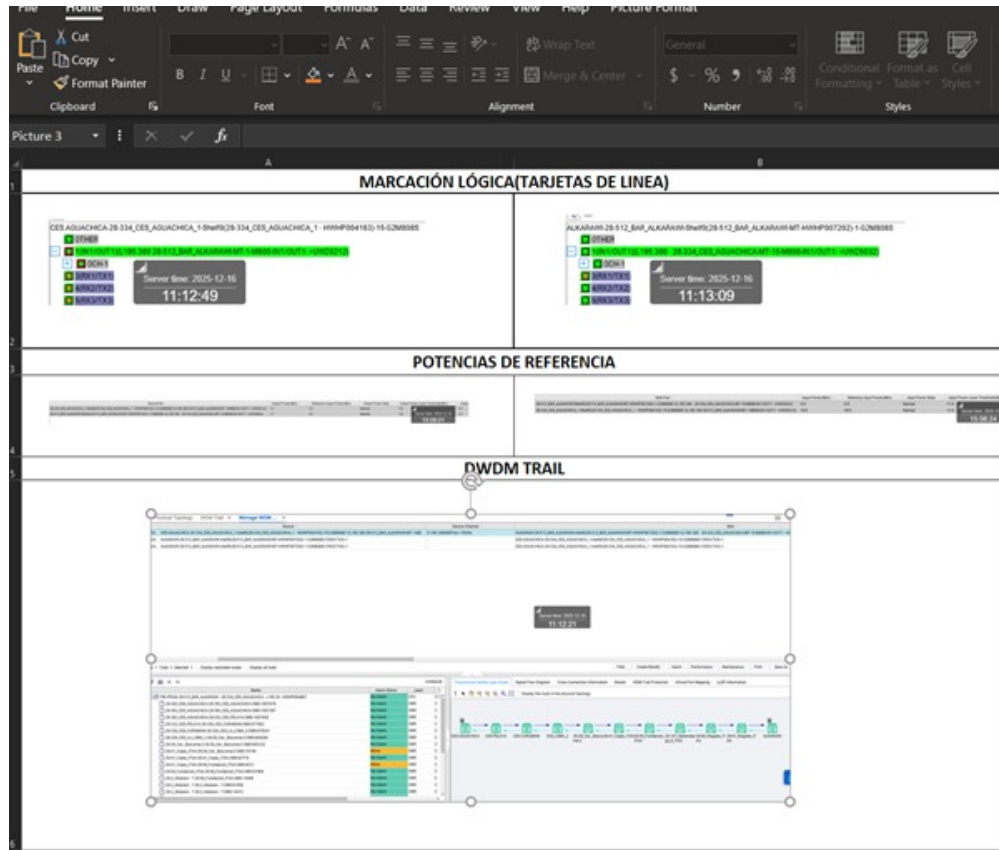


Figura 9: Documento de capacidades

Para el desarrollo del programa de automatización de la documentación de capacidades se utilizaron diversas librerías del lenguaje de programación Python, las cuales permitieron integrar funcionalidades de procesamiento de datos, diseño de interfaz gráfica, manejo de imágenes y generación de archivos Excel. A continuación, se describen las principales librerías empleadas y su función dentro del sistema.

```

CDG > CDG.py > _init_
import os, json, re, time, ctypes
import pandas as pd
import tkinter as tk
#import tkinter as ttk
import tkinter.ttk as ttk
import ttkbootstrap as ttkb
import tkinter.font as tkFont
from PIL import ImageGrab, Image, ImageTk
from openpyxl import Workbook
from ttkbootstrap.constants import *
#from openpyxl.drawing.image import Image
from tkinter import filedialog, messagebox
from openpyxl.styles import Font, Alignment, PatternFill, Border, Side

```

Figura 10: Librerías

- **time** se empleó para el control de tiempos de ejecución, pausas y gestión temporal de algunos procesos internos del programa, asegurando una correcta secuencia en la ejecución de tareas.
- **ctypes** fue utilizada para interactuar con funciones de bajo nivel del sistema operativo, permitiendo mejorar la integración de la aplicación con el entorno Windows y optimizar ciertos comportamientos de la interfaz gráfica.
- **pandas** fue fundamental para el procesamiento y análisis de datos tabulares. Se utilizó para leer, manipular y estructurar la información contenida en los archivos Excel exportados desde el gestor NCE iMaster, funcionando como la base de datos del programa.
- **tkinter** es la librería estándar de Python para el desarrollo de interfaces gráficas. Fue utilizada para crear la ventana principal del programa, los campos de entrada de datos, botones y mensajes interactivos que facilitan el uso del sistema por parte del usuario.
- **tkinter.ttk** se empleó para aplicar estilos visuales avanzados a la interfaz gráfica, logrando un diseño más intuitivo, limpio y profesional, lo cual facilita la interacción del usuario con el programa.
- **Pillow (PIL)** Las librerías ImageGrab, Image e ImageTk, pertenecientes a Pillow (PIL), se utilizaron para la gestión de imágenes. Estas permiten capturar, cargar, visualizar y procesar las evidencias gráficas que posteriormente son incluidas en el documento de capacidades.

- **openpyxl** fue utilizada para la creación, edición y formateo de archivos Excel. A través de esta librería se generó automáticamente el documento final de capacidades, estructurado en varias hojas, con estilos personalizados, inserción de imágenes y organización adecuada de la información técnica.
- **openpyxl.drawing.image** Esta extensión de openpyxl permitió insertar imágenes directamente dentro de las hojas de Excel, lo cual es esencial para adjuntar evidencias visuales como topologías, potencias ópticas, path view y estados de alarmas.
- **openpyxl.styles** Las clases Font, Alignment, PatternFill, Border y Side fueron utilizadas para aplicar estilos al documento Excel generado, asegurando una presentación clara, ordenada y alineada con los estándares de documentación técnica exigidos por el cliente.

18.5. Aporte de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones

Aspecto académico	Aporte generado
Aplicación práctica	Integración de conocimientos teóricos en redes ópticas, DWDM y OTN en un entorno real de telecomunicaciones.
Automatización	Uso de programación como herramienta de optimización en procesos de ingeniería.
Formación integral	Fortalecimiento del perfil del ingeniero como solucionador de problemas reales.
Vinculación universidad–empresa	Evidencia de la pertinencia del programa académico frente a las necesidades del sector productivo.
Investigación aplicada	Desarrollo de un proyecto alineado con la línea de Automatización y Sistemas.

Cuadro 1: Aportes de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones

18.6. Aporte de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones

Aspecto académico	Aporte generado
Aplicación práctica	Integración de conocimientos teóricos en redes ópticas, DWDM y OTN en un entorno real de telecomunicaciones.
Automatización	Uso de programación como herramienta de optimización en procesos de ingeniería.
Formación integral	Fortalecimiento del perfil del ingeniero como solucionador de problemas reales.
Vinculación universidad–empresa	Evidencia de la pertinencia del programa académico frente a las necesidades del sector productivo.
Investigación aplicada	Desarrollo de un proyecto alineado con la línea de Automatización y Sistemas.

Cuadro 2: Aportes de la pasantía para el programa de Ingeniería en Telecomunicaciones

18.7. Aporte de la pasantía para el estudiante como ingeniero

Competencia	Desarrollo alcanzado
Competencias técnicas	Profundización en redes ópticas, OCH, ODU, LLDP y arquitectura ASON.
Programación	Desarrollo de habilidades en Python aplicadas a automatización de procesos reales.
Análisis de procesos	Capacidad para identificar ineficiencias y proponer soluciones tecnológicas.
Pensamiento ingenieril	Enfoque en eficiencia, calidad y estandarización.
Experiencia profesional	Adaptación a estándares empresariales y trabajo en entornos productivos reales.

Cuadro 3: Aportes de la pasantía para el estudiante

18.8. Herramientas y software utilizados en la pasantía

- Python
- Microsoft Excel
- Huawei iMaster
- Sistema operativo Windows
- Librerías de Python para manejo de datos y archivos.

Durante el desarrollo del programa de automatización para la documentación de capacidades se aplicaron estándares y buenas prácticas propias del desarrollo de software, la gestión de información técnica y la documentación estructurada, con el fin de garantizar un sistema funcional, manteniendo y alineado con los requerimientos operativos de la empresa.

En primer lugar, se adoptaron los lineamientos de la ISO/IEC 12207, estándar que define los procesos del ciclo de vida del software. Este estándar sirvió como referencia para es-

estructurar las fases de análisis, diseño, desarrollo, pruebas y mantenimiento del programa, permitiendo un desarrollo ordenado y controlado.

Así mismo, se consideraron los principios de la ISO/IEC 25010, la cual establece un modelo de calidad de producto de software. En el desarrollo del programa se tuvieron en cuenta características como funcionalidad, usabilidad, confiabilidad y eficiencia, especialmente en el diseño de la interfaz gráfica y en la generación automática del documento final.

Para la gestión de la información y el procesamiento de datos se aplicaron buenas prácticas de la IEEE Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), que orienta el desarrollo de software mediante el uso de modularidad, validación de datos, manejo de errores y pruebas funcionales, aspectos clave en la automatización del proceso.

Adicionalmente, se siguieron las recomendaciones de la PEP 8 – Python Enhancement Proposal, estándar de estilo para el lenguaje Python. Este estándar permitió mantener un código legible, organizado y fácil de mantener, facilitando futuras mejoras o ajustes al programa.

En cuanto a la documentación generada, se aplicaron principios de la ISO 9001 relacionados con la gestión de la calidad, especialmente en lo referente a la estandarización de procesos y la consistencia de los entregables. Esto garantizó que el documento de capacidades generado mantuviera una estructura clara y repetible para el cliente.

18.9. Estado actual en relación con el trabajo de pasantía

Antes del desarrollo del programa de documentación de capacidades, el proceso se realizaba de manera completamente manual. El ingeniero debía extraer la información desde el gestor de red (iMaster), identificar las tarjetas de línea y tributarias, validar el estado del LLDP, verificar alarmas, recopilar evidencias gráficas y consolidar toda esta información en un archivo Excel estructurado según los requerimientos del cliente.

Este procedimiento tomaba entre 20 y 30 minutos por capacidad, dependiendo de la complejidad del enlace y del número de nodos involucrados. Además, el proceso estaba expuesto a errores como omisión de datos, inconsistencias en nombres, confusión de puertos o tarjetas, y fallas en la organización de evidencias.

Con la implementación del programa de automatización desarrollado durante la pasantía, el estado del proceso cambió significativamente, permitiendo la generación del documento de capacidades de forma más rápida, estandarizada y confiable.

19. Planeación de la pasantía (GANTT / hitos)

La planeación del desarrollo del programa de documentación de capacidades se concibió como una herramienta de control para asegurar el cumplimiento de los objetivos técnicos del proyecto dentro del tiempo establecido. Para ello, se definió un esquema de trabajo basado en un cronograma de actividades que permitió organizar de manera secuencial las tareas relacionadas con la implementación, integración y validación del sistema.

El plan de ejecución se estableció para un periodo aproximado de dos meses, durante los cuales se priorizó la construcción progresiva del programa, iniciando por la estructuración del manejo de la información proveniente del gestor NCE iMaster y avanzando hacia la automatización completa de la generación del documento de capacidades. Cada actividad fue definida de forma independiente, permitiendo verificar su correcto funcionamiento antes de continuar con la siguiente etapa.

La planeación incluyó fases orientadas al desarrollo del núcleo lógico del sistema, la incorporación de los parámetros del servicio, la gestión de evidencias gráficas y la generación automática del archivo final en formato Excel. De igual manera, se reservaron espacios específicos para la ejecución de pruebas técnicas y ajustes operativos, utilizando información real de la red, con el fin de garantizar que la herramienta respondiera de manera adecuada a las necesidades del área.

Este enfoque de planeación permitió mantener un seguimiento continuo del avance del proyecto, facilitar la identificación temprana de errores y asegurar que el programa desarrollado se integrara de forma efectiva al flujo de trabajo existente, aportando mejoras medibles en eficiencia y calidad de la documentación técnica.

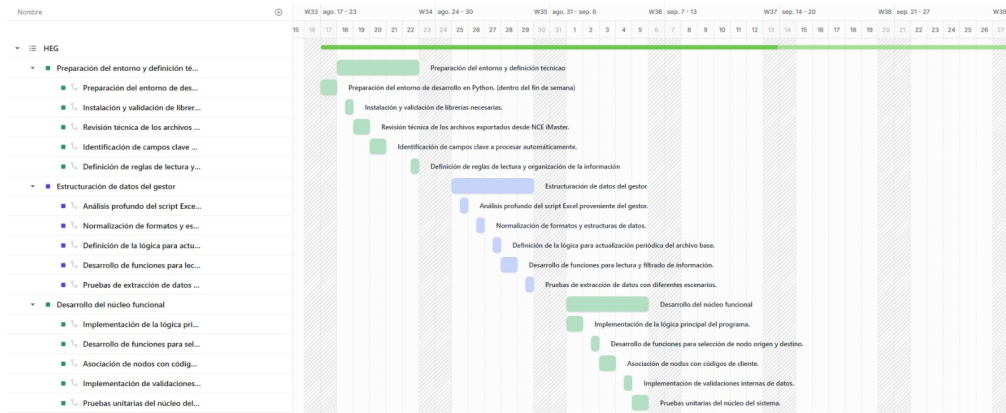


Figura 11: Diagrama de Gantt

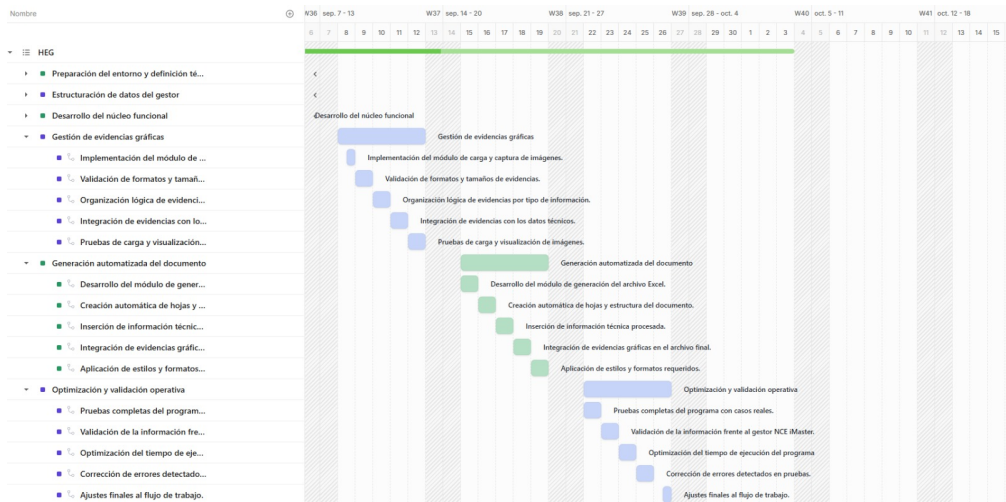


Figura 12: Diagrama de Gantt

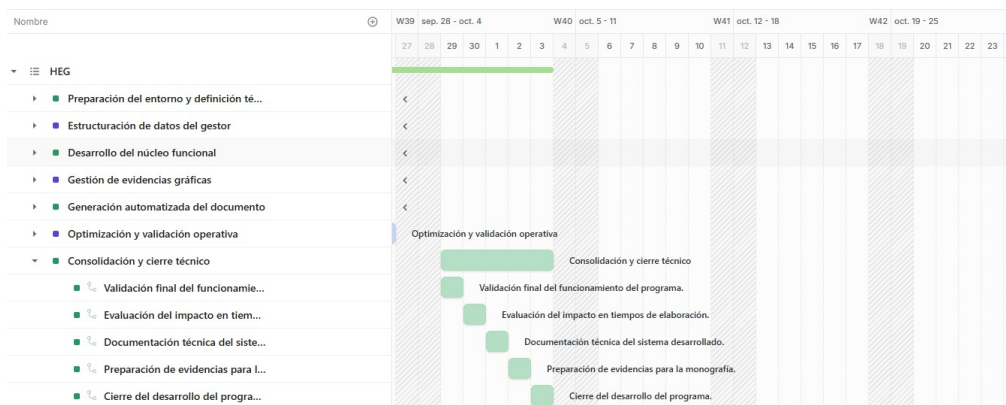


Figura 13: Diagrama de Gantt

20. Análisis de resultados

La implementación del programa de automatización para la generación del documento de capacidades permitió evidenciar mejoras significativas en el proceso operativo del área de Customer Support IP – DATACOM de Huawei Technologies. Antes del desarrollo de la herramienta, la elaboración del documento se realizaba de manera completamente manual, lo que implicaba una alta inversión de tiempo y una mayor probabilidad de errores en la consignación de información técnica.

Con la automatización del proceso, se logró una reducción sustancial en los tiempos de elaboración del documento, pasando de un rango promedio de 20 a 30 minutos por capacidad a aproximadamente 10 a 15 minutos, dependiendo de la complejidad del enlace y del número de evidencias asociadas. Esta disminución se debe principalmente a la centralización de la información proveniente del gestor NCE iMaster, la eliminación de tareas repetitivas y la generación automática del archivo final en formato Excel.

Otro resultado relevante fue la mejora en la calidad y consistencia de la documentación generada. El programa permitió estandarizar la estructura del documento, asegurando que todos los campos requeridos por el cliente fueran diligenciados de manera uniforme. Asimismo, se redujeron errores relacionados con la identificación de nodos, tarjetas, puertos, capacidades ODU y códigos de cliente, los cuales eran frecuentes en el proceso manual.

Adicionalmente, la herramienta facilitó la correcta inclusión de evidencias gráficas, tales como capturas del path view, información de potencia óptica y estado de alarmas. Al centralizar estas evidencias dentro del flujo del programa, se minimizó el riesgo de omisiones y se mejoró la trazabilidad del servicio documentado.

El programa demostró ser flexible y adaptable a diferentes escenarios de red, permitiendo documentar enlaces tradicionales y enlaces bajo arquitectura ASON, sin afectar su funcionamiento. Esta característica resulta fundamental en un entorno de red en constante crecimiento y evolución, donde se incorporan nuevos equipos y tecnologías de manera frecuente.

En términos generales, los resultados obtenidos evidencian que la automatización del proceso de documentación de capacidades no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también fortalece la confiabilidad de la información entregada al cliente, aportando

valor tanto al área técnica como a la relación comercial entre Huawei y Claro.

21. Lecciones aprendidas en la pasantía

- La automatización mejora significativamente la eficiencia operativa.
- La documentación técnica es tan crítica como la implementación física.
- Un diseño intuitivo facilita la adopción de nuevas herramientas.
- La validación constante reduce errores en producción.

22. Conclusiones

La solución implementada optimizó un proceso crítico dentro del área de Customer Support IP – DATACOM, reduciendo significativamente los tiempos de elaboración de la documentación y minimizando los errores humanos asociados al manejo manual de información técnica. Esta mejora se tradujo en un aumento de la productividad del equipo y en una mayor calidad de los documentos entregados al cliente Claro.

Desde el punto de vista académico, la pasantía permitió integrar conocimientos teóricos de redes ópticas, protocolos de comunicación y automatización con una aplicación práctica en un entorno real de trabajo, fortaleciendo el perfil profesional del estudiante como ingeniero en telecomunicaciones.

Finalmente, este proyecto evidencia la importancia de la automatización como una herramienta estratégica en la gestión de redes modernas, y sienta las bases para futuras mejoras del sistema, tales como la integración directa con el gestor de red o la ampliación de funcionalidades, contribuyendo tanto al desarrollo profesional del estudiante como a la optimización continua de los procesos empresariales.

Bibliografía

- [1] ITU-T, *Optical Transport Network (OTN) – General Framework (G.709)*. International Telecommunication Union, 2016.
- [2] ITU-T, *DWDM Frequency Grid (G.694.1)*. International Telecommunication Union, 2018.
- [3] ITU-T, *Architecture of Optical Transport Networks (G.872)*. International Telecommunication Union, 2017.
- [4] IEEE Standards Association, *IEEE 802.1AB: Link Layer Discovery Protocol (LLDP)*. IEEE, 2016.
- [5] Cisco Systems, *Optical Transport Networking Fundamentals*. Cisco Press, 2019.
- [6] Huawei Technologies, *Optical Network Planning and Design Guide*. Huawei Internal Documentation, 2023.
- [7] Huawei Technologies, *iMaster NCE Optical Network Management System User Guide*. Huawei, 2024.
- [8] W. Stallings, *Data and Computer Communications*, 10th ed. Pearson Education, 2013.
- [9] B. A. Forouzan, *Data Communications and Networking*, 5th ed. McGraw-Hill, 2010.
- [10] A. S. Tanenbaum and D. J. Wetherall, *Computer Networks*, 5th ed. Pearson, 2011.
- [11] R. Ramaswami, K. N. Sivarajan and G. H. Sasaki, *Optical Networks: A Practical Perspective*, 3rd ed. Morgan Kaufmann, 2010.
- [12] ISO/IEC, *ISO 9001: Quality Management Systems – Requirements*. International Organization for Standardization, 2015.

- [13] ISO/IEC, *ISO/IEC 25010: Systems and Software Quality Models*. International Organization for Standardization, 2018.
- [14] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Pearson Education, 2016.
- [15] Python Software Foundation, *Python Documentation*. Available: <https://docs.python.org>, 2024.