

NOMBRE DEL TRABAJO

**MOSCOSO\_ZAMUDIO\_DANY\_TSP\_FINAL.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

**20800 Words**

RECUENTO DE PÁGINAS

**100 Pages**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 15, 2024 6:46 PM GMT-5**

RECUENTO DE CARACTERES

**108665 Characters**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.1MB**

FECHA DEL INFORME

**Apr 15, 2024 6:47 PM GMT-5****● 5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado

**1** UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



---

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ACCESO CON TECNOLOGÍA  
FTTH PARA BRINDAR SERVICIO DE INTERNET DE BANDA ANCHA  
EN EL CONDOMINIO LAS CUMBRES DE LA MOLINA”**

**1** **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

MOSCOSO ZAMUDIO, DANY KEVIN

**ASESOR: MG. OPORTO DÍAZ, EDGARD**

**Villa El Salvador, 2023**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Antenor y Naciocina quienes constantemente me brindan apoyo incondicional en cada uno de mis objetivos.

A mis hermanos, quienes han formado parte de mi desarrollo educativo.

## **1 AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a mi familia por brindarme su apoyo incondicional en cada momento.

A mis docentes, asesor, compañeros de trabajo y amigos que contribuyeron en mi etapa universitaria.

A mi universidad UNTELS por prepararme en esta etapa y darme la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios para lograr ser un gran profesional.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN .....   | x  |
| INTRODUCCIÓN.....   | xi |
| <b>1</b> <b>CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES</b> .....                    | 12 |
| <b>1.1. Contexto</b> .....  | 12 |
| <b>1.1.1. Misión</b> .....  | 12 |
| <b>1.1.2. Visión</b> .....  | 12 |
| <b>1.1.3. Servicios</b> .....   | 12 |
| <b>1.1.4. Información general sobre la empresa</b> .....                | 13 |
| <b>1</b> <b>1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo</b> ..... | 15 |
| <b>1.2.1. Delimitación temporal del trabajo</b> .....                   | 15 |
| <b>1</b> <b>1.2.2. Delimitación espacial del trabajo</b> .....          | 15 |
| <b>1.3. Objetivos</b> .....   | 15 |
| <b>1.3.1. Objetivo General</b> .....                                    | 15 |
| <b>1.3.2. Objetivos Específicos</b> .....                               | 15 |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....                                 | 17 |
| <b>2.1. Antecedentes</b> .....  | 17 |
| <b>2.1.1 Antecedentes Internacionales</b> .....                         | 17 |
| <b>2.1.2 Antecedentes Nacionales</b> .....                              | 18 |
| <b>2.2. Bases teóricas</b> .....  | 20 |
| <b>2.2.1. Redes FTTH GPON</b> .....                                     | 20 |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.2. Aspectos técnicos de las redes FTTH .....              | 22        |
| 2.2.3. Normativas en redes FTTH .....                         | 23        |
| 2.2.5. Arquitectura de redes FTTH .....                       | 25        |
| 2.2.6. Componentes de las redes FTTH.....                     | 28        |
| 2.2.7. Alcances de la red FTTH .....                          | 37        |
| 2.2.8. Ancho de banda en redes FTTH .....                     | 40        |
| 2.2.9. Evaluación de la potencia de la red FTTH.....          | 42        |
| 2.2.10. Pruebas de velocidad en una red FTTH .....            | 45        |
| 2.2.11. Instalación de infraestructura.....                   | 48        |
| <b>2.3. Definición de términos básicos.....</b>               | <b>51</b> |
| <b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL .....</b> | <b>54</b> |
| <b>3.1. Determinación y Análisis del Problema.....</b>        | <b>54</b> |
| <b>3.2. Modelo de solución propuesto .....</b>                | <b>54</b> |
| <b>3.2.1. Diseño .....</b>                                    | <b>54</b> |
| 3.2.2. Elaboración de planos CAD y cuadro de empalmes .....   | 58        |
| 3.2.3. Lista de materiales .....                              | 67        |
| 3.2.4. Aprobación de capex para ejecución del proyecto .....  | 67        |
| 3.2.5. Ejecución del proyecto .....                           | 68        |
| <b>3.3 Resultados .....</b>                                   | <b>77</b> |
| 3.3.1. Validación de la Infraestructura instalada .....       | 77        |
| 3.3.2. Potencia en las cajas nap.....                         | 77        |

|   |     |
|---|-----|
| 3.3.3. Pruebas de velocidad .....   | 80  |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....   | 84  |
| <b>RECOMENDACIONES</b> .....  | 85  |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | 86  |
| <b>ANEXOS</b> .....   | 91  |
| <b>Anexo 1.</b> especificaciones técnicas de la OLT .....                               | 91  |
| <b>Anexo 2.</b> especificaciones técnicas de ODF .....                                  | 92  |
| <b>Anexo 3.</b> Especificaciones técnicas de mufa domo ztt.....                         | 93  |
| <b>Anexo 4.</b> Especificaciones técnicas de splitter 1*8 .....                         | 94  |
| <b>Anexo 5.</b> Código de colores de fibra óptica .....                                 | 95  |
| <b>Anexo 6.</b> Lista de materiales utilizados en el proyecto.....                      | 96  |
| <b>Anexo 7.</b> Especificaciones técnicas de ONT GPON Huawei EG8145V5<br>.....          | 97  |
| <b>Anexo 8.</b> Puertos asignados en el nodo y ruta de mufas .....                      | 98  |
| <b>Anexo 9.</b> Detalle de postes del tendido externo de cable de fibra óptica<br>..... | 99  |
| <b>Anexo 10.</b> Lanzamiento de torre 1 en portal de ventas WIN .....                   | 100 |

## LISTADO DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 <i>Participación de empresas operadoras con internet fijo en lima y callao</i> .            | 14 |
| Figura 2 <i>Tecnología de Red FTTH</i> .....   | 21 |
| Figura 3 <i>Arquitectura P2P de las redes FTTH</i> .....   | 26 |
| Figura 4 <i>Arquitectura P2PM de las redes FTTH</i> .....  | 28 |
| Figura 5 <i>Componentes de las redes FTTH</i> .....  | 30 |
| Figura 6 <i>Ilustración de la fibra multimodo</i> .....  | 32 |
| Figura 7 <i>Caja de empalme óptico tipo domo ztt de 144 hilos</i> .....                              | 33 |
| Figura 8 <i>Caja Nap ploma, blanca y NAP IP55 Dixon</i> .....  | 34 |
| Figura 9 <i>ONT GPON Huawei EG8145V5 de WIN</i> .....  | 35 |
| Figura 10 <i>Alcance de la red FTTH</i> .....  | 39 |
| Figura 11 <i>Despliegue de cable de fibra óptica 24 hilos</i> .....                                  | 55 |
| Figura 12 <i>Tendido de cable de fibra óptica de 12 hilos y proyección de mufas de empalme</i> ..... | 56 |
| Figura 13 <i>Tendido externo de cable de fibra óptica 24 hilos</i> .....                             | 59 |
| Figura 14 <i>Plano de distribución de cajas nap en la torre 1</i> .....                              | 60 |
| Figura 15 <i>Plano de distribución de cajas nap en la torre 2</i> .....                              | 61 |
| Figura 16 <i>Plano de distribución de cajas nap en la torre 3</i> .....                              | 62 |
| Figura 17 <i>Plano de distribución de cajas nap en la torre 4</i> .....                              | 63 |
| Figura 18 <i>Cuadro de empalmes</i> .....  | 64 |
| Figura 19 <i>Plano de acceso subterráneo hacia las torres 1 y 2</i> .....                            | 65 |



|   |    |
|---|----|
| Figura 20 Plano de acceso hacia las torres 3 y 4.....                             | 66 |
| Figura 21 <i>Capex asignado para la habilitación de WIN en el condómino</i> ..... | 68 |
| Figura 22 <i>Despliegue de cable de fibra óptica de 24 hilos</i> .....            | 69 |
| Figura 23 <i>Medición de hilo asignado</i> .....                                  | 70 |
| Figura 24 <i>Empalmes en mufas existentes</i> .....                               | 71 |
| Figura 25 <i>Medición de la caja nap en el piso 7 y piso 8</i> .....              | 75 |
| Figura 26 <i>Medición de la caja nap en el piso 6 y piso 8</i> .....              | 76 |
| Figura 27 <i>Test de velocidad en speedtest</i> .....                             | 81 |
| Figura 28 <i>Test de velocidad en internethealthtest</i> .....                    | 82 |
| Figura 29 <i>Test de velocidad con FAST</i> .....                                 | 83 |

## LISTADO DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Datos de la empresa</i> .....   | 13 |
| Tabla 2 <i>Componentes de una red FTTH</i> .....   | 36 |
| Tabla 3 <i>Proyección de cajas naps en el condominio respecto al número de hogares por torre</i> ..... | 58 |
| Tabla 4 <i>Resumen de materiales y elementos utilizados</i> .....                                      | 67 |
| Tabla 5 <i>Cajas Nap Instaladas en la Torre 1</i> .....  | 72 |
| Tabla 6 <i>Cajas Nap Instaladas en la Torre 2</i> .....  | 72 |
| Tabla 7 <i>Cajas Nap Instaladas en la Torre 3</i> .....  | 73 |
| Tabla 8 <i>Cajas Nap Instaladas en la Torre 4</i> .....  | 74 |
| Tabla 9 <i>Representa las mediciones de potencia en las 8 cajas NAP de la torre 1.</i>                 | 78 |
| Tabla 10 <i>Representa las mediciones de potencia en las 10 cajas NAP de la torre 2.</i><br>.....      | 78 |
| Tabla 11 <i>Representa las mediciones de potencia en las 10 cajas NAP de la torre 3.</i><br>.....      | 79 |
| Tabla 12 <i>Representa las mediciones de potencia en las 10 cajas NAP de la torre 4.</i><br>.....      | 79 |

## RESUMEN

El Condominio Cumbres de la Molina había afrontado dificultades debido a la falta de un servicio de internet de banda ancha permanente que asegurará un acceso ininterrumpido a los servicios de internet, telefonía y televisión. Esta carencia había limitado considerablemente las actividades en línea educativas, laborales y de entretenimiento de los residentes. El servicio de Internet HFC del cual disponían no había satisfecho las necesidades de todos los usuarios debido a su inestabilidad y a las demoras al utilizar internet, lo que había causado insatisfacción general.

La inspección técnica en el condominio se realizó para validar las rutas de acceso y la infraestructura necesaria para implementar una red con tecnología FTTH. Esta inspección técnica incluyó la verificación de las vías de acceso subterráneas, las infraestructuras de comunicación, el recuento de los puntos de distribución necesarios y la medición de las distancias para el tendido de cable de fibra óptica. Con estos datos, se desarrolló un diseño técnico detallado, se crearon archivos KMZ, planos CAD y se estimó el presupuesto para la ejecución del proyecto. La red de acceso FTTH se implementó en las cuatro torres del condominio, conectándose a través de cables de fibra óptica con el nodo Flamengos en Santa Anita.

Las pruebas reflectométricas son para validar la potencia en las cajas NAPs, manteniendo los valores dentro de los estándares de WIN, con lecturas de *power meter* oscilando entre -18.00 dBm a -21.99 dBm. Con ello se proporcionó cobertura a 304 de los 368 hogares, logrando una habilitación del 82.00% de hogares. Estos esfuerzos mejoraron notablemente la calidad de la conexión a internet para los habitantes del Condominio, según las pruebas de velocidad de datos realizados en un abonado, proporcionando así un servicio de calidad para el acceso digital.

## INTRODUCCIÓN

En Perú, la demanda de intercambio de datos en internet para el trabajo, la educación, la vida doméstica y el entretenimiento está en aumento, por lo que las tecnologías de telecomunicaciones están avanzando continuamente. Dado que las transmisiones a través de las redes híbridas de fibra coaxial (HFC) son limitadas e inestables, la simetría en la carga y descarga de datos en internet no se logra satisfactoriamente.

Conforme a la <sup>33</sup> Ley N° 31207, que asegura la velocidad mínima de conexión a internet, el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) ha reformado <sup>29</sup> el Reglamento General de Calidad de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones. Esto se ha realizado para alinearlos con las nuevas normativas que establecen un umbral mínimo garantizado del 70% para la velocidad de los servicios de internet de banda ancha como se menciona en la siguiente norma: *“Si el operador de servicios de internet de banda ancha no cumple con el umbral mínimo garantizado del 70% para la velocidad de los servicios de internet de banda ancha, debe compensar al usuario con una reducción proporcional de la tarifa mensual o con una bonificación de megabytes adicionales, según lo establezca el OSIPTEL.”*. Las redes HFC no alcanzan el umbral mínimo estipulado por OSIPTEL; por esta razón, era esencial optimizar los servicios de internet en el Condominio Cumbres de la Molina. Ante esta necesidad, Wi-Net Telecom SAC implementó una red de acceso FTTH de banda ancha que asegura el 100% de la velocidad contratada, superando así el umbral del 70% fijado por OSIPTEL y cumpliendo con las expectativas de los usuarios. (web Osiptel)

El objetivo de este proyecto es implementar una red de acceso FTTH de alta velocidad dentro del Condominio Cumbres de la Molina. Esto se ejecutará siguiendo las especificaciones técnicas y guías de instalación establecidas por WIN, lo que resultará un acceso a internet con simetría y baja latencia. Así, se espera que los usuarios experimenten un rendimiento mejorado y mayor satisfacción en sus actividades cotidianas, incluyendo el trabajo a distancia, tareas académicas, entretenimiento y navegación web.

## **CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. Contexto**

La empresa WI-NET TELECOM S.A.C ofrece a sus clientes una conexión a internet mediante 100% fibra óptica (FTTH) con velocidades de hasta 1000 Mbps, servicio de telefonía fija y televisión digital, bajo la marca comercial WIN. Con más de una década de trayectoria, WIN ha participado en proyectos innovadores para compañías líderes en sus respectivos sectores. Además, se encarga de la instalación y mantenimiento de la infraestructura de fibra óptica, integrando eficazmente personas, procesos y herramientas de última generación. Como empresa pionera en su rubro, WIN constantemente busca incorporar a su equipo a los profesionales más capacitados y dinámicos, con el objetivo de seguir creciendo y satisfaciendo las necesidades de sus clientes a nivel nacional.

#### **1.1.1. Misión**

La misión de WIN según el portal web 2023 es: “desafiar lo convencional, garantizando la mejor experiencia digital para el bienestar de nuestros clientes, con un crecimiento sostenible y eficiente”.

#### **1.1.2. Visión**

La visión de WIN según el portal web 2023 es: “Triplicar el valor de la compañía al 2027, logrando ser la empresa de telecomunicaciones más valorada por nuestros clientes y nuestra gente, contribuyendo al desarrollo del país”.

#### **1.1.3. Servicios**

La empresa WIN tiene una red 100% de fibra óptica y brinda servicios de calidad para edificios, condominios, residenciales y empresas (clientes corporativos). Las ciudades donde se brindan los servicios son Lima, Callao, Huacho, Piura, Chiclayo, Trujillo, Arequipa, Huancayo y Tacna.

**1.1.3.1 Servicios que ofrece WIN.** – A continuación, se detallan los servicios que brinda la empresa WIN que son los siguientes:

- **Internet en edificios y condominios**, dispone de una <sup>4</sup> infraestructura de red completamente basada en fibra óptica, lo cual asegura un servicio de alta calidad; ofrece una conexión de internet de alta velocidad, simétrica y con óptima latencia para la navegación web.
- **Internet residencial**, cuenta con una red de fibra óptica propia con extensa cobertura en Lima, Callao, Huacho, Piura, Trujillo y Chiclayo.
- **Televisión digital**, ofrece una amplia gama de más de 60 canales en vivo, incluyendo telenovelas, películas y programación infantil. En cuanto a los servicios Cloud, se proporcionan soluciones altamente especializadas en tecnologías de la nube que actúan como impulsores de la transformación digital empresarial.
- **Telefonía corporativa y las comunicaciones unificadas**, facilitan canales de comunicación eficientes y seguros que permiten el contacto con clientes, proveedores y colaboradores, contribuyendo a enfrentar los retos contemporáneos.
- **Centro de datos**, dispone de una red de 5 centros de datos interconectados por fibra óptica, con infraestructura propia y de alta calidad, situados estratégicamente en Lima (principales) y en Arequipa y Tacna (para respaldo).

#### 1.1.4. Información general sobre la empresa

<sup>30</sup> Es una empresa de telecomunicaciones peruana que se dedica a la provisión de redes y servicios de telecomunicaciones, incluyendo los servicios de internet, telefonía fija y televisión.

#### Tabla 1

##### *Datos de la empresa*

---

|                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| Razón Social de la Empresa | WI-NET TELECOM S.A.C |
|----------------------------|----------------------|

---

|                  |     |
|------------------|-----|
| Nombre comercial | WIN |
|------------------|-----|

---

|                     |  |
|---------------------|--|
| RUC                 | 20521233991  |
| Domicilio           | Av. República de Panamá Nro. 3418 Int. 2301 urb.<br>Limatambo, Distrito San Isidro, Provincia Lima,<br>Departamento Lima |
| Actividad económica | Otras actividades telecomunicación   |

*Nota.* Adaptado con la información de la compañía WI-NET TELECOM SAC.

Según la herramienta informática PUNKU, desde el último trimestre del año 2021, en Lima y Callao, el grupo conformado por Wi-net y Optical Technologies desplaza del primer lugar a la empresa operadora Telefónica, el cual se representa en la figura 1. Ya que en junio del 2022 lidera el mercado de internet fijo con fibra óptica con una participación del 44.4 %. Seguido de Telefónica con un 35.0 %, y la operadora Claro con un 6.8 %. También se destaca la presencia de otras empresas como el grupo formado por Fiberlux y Fiberline (4.0 %) (Osiptel, 2022).

**Figura 1**

*Participación de empresas operadoras con internet fijo en lima y callao*



*Nota.* Recuperado de Punku – Osiptel (2022)

## **1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo**

A continuación, se proporcionan detalles sobre el periodo y el lugar en los que se desarrolló el proyecto de implementación.

### **1.2.1. Delimitación temporal del trabajo**

El desarrollo del proyecto se extendió desde noviembre de 2022 hasta julio de 2023. Este período incluyó la recopilación de datos, elaboración de informe fotográfico, consolidado de planos CAD, cuadro de empalmes y planos de obra civil. Tras obtener la aprobación del diseño realizado por el área de planificación, se procedió a gestionar los permisos municipales necesarios. Con estos permisos adquiridos, la ejecución del proyecto tuvo lugar entre junio y julio del 2023.

### **1.2.2. Delimitación espacial del trabajo**

Este proyecto se desarrolló en el Condominio Cumbres de la Molina, ubicado en la Calle Toulon 162, distrito de la Molina. En el proceso de implementación, mi rol fue el de supervisor del proyecto, lo que implicó un seguimiento continuo de las actividades a la contratista Optical Networks Infraestructura, encargada de realizar los trabajos de implementación, donde tuve que brindar validación de trabajos y soporte frente a cualquier imprevisto que pudiera afectar las operaciones en las torres del condominio.

## **1.3. Objetivos**

Los objetivos del trabajo son:

### **1.3.1. Objetivo General**

OG. Implementar una red de acceso con tecnología FTTH para brindar servicio de internet de banda ancha en el condominio las cumbres de la Molina a cargo de la empresa WI-NET TELECOM SAC (WIN).

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

OE1. Realizar el diseño de planta externa y planta interna.



OE2. Implementar el tendido de fibra óptica e instalación de infraestructura en la planta externa y planta interna.

OE3. Caracterizar los enlaces ópticos mediante mediciones con power meter.

OE4. Realizar pruebas de velocidad de datos en un abonado del condominio.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Se procede a señalar los estudios previos en relación con el trabajo de suficiencia profesional.

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Galarza (2023), en México, realizó un estudio titulado: *“Diseño e implementación de una red de acceso FTTH mediante la tecnología GPON servicios triple play”*. El objetivo del estudio del autor fue diseñar e implementar una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) que permita ofrecer servicios de voz, datos y video (triple play) con alta calidad y velocidad. La metodología empleada fue de tipo experimental, utilizando como instrumento un simulador de redes ópticas pasivas (PON) basado en el estándar GPON. La muestra consistió en una red de acceso FTTH con una topología de árbol y una relación de división de 1:32, que cubre una distancia de 20 km y atiende a 32 usuarios. La prueba estadística utilizada fue el análisis de varianza (ANOVA) para comparar el rendimiento de la red en diferentes escenarios. Los resultados más importantes fueron que la red diseñada e implementada cumplió con los requisitos de calidad de servicio y de ancho de banda para los servicios triple play, alcanzando una eficiencia de transmisión de 97,5% y un retardo promedio de 0,8 ms. El autor concluyó que la tecnología GPON es una solución viable y eficiente para el despliegue de redes de acceso FTTH que brinden servicios de triple play con alta calidad y velocidad.

García (2023), en España, realizó un estudio titulado: *“Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para una zona urbana de Vilanova, Pontevedra”*. El objetivo del estudio del autor fue diseñar una red FTTH que ofreciera una conexión estable y confiable a la zona rural de la localidad de Vilanova, Pontevedra. Para ello, utilizó una metodología de tipo descriptiva y analítica, basada en el software Planex. Donde emplearon datos geográficos, demográficos y técnicos para definir la arquitectura, los elementos y los parámetros de la red. Realizó una evaluación económica y de calidad de la red propuesta. Los resultados mostraron que la red

FTTH diseñada era viable, rentable y cumplía con los requisitos de velocidad, capacidad y cobertura. El autor concluyó que el sistema FTTH es una solución óptima para brindar servicios de telecomunicación de alta calidad a zonas rurales.

Sani (2022), en Ecuador, realizó un estudio titulado: *“Diseño, evaluación de una red FTTH utilizando Optisystem y estrategia para la obtención de concesión que permita brindar servicios triples play”*. Donde su objetivo de estudio fue determinar el diseño de una red de fibra óptica en el sector urbano de la ciudad de Pelileo y los requerimientos legales para que un proveedor de servicios de internet (ISP) pueda brindar el servicio triple play mediante fibra óptica. Para ello, analizó la situación actual de los servicios de telecomunicaciones y los requerimientos de los mismos mediante encuestas, y diseñó una red basada en el estándar GPON usando la herramienta Optisystem. El tipo de estudio fue experimental, descriptivo y prospectivo. El instrumento que utilizó es el software Optisystem, la muestra fue la población de Pelileo y la prueba estadística utilizada fue el análisis de la tasa de error de bits (BER) y el factor Q. Los resultados más importantes fueron que se logró un diseño de red óptica pasiva con capacidad gigabit (GPON) que en su totalidad es de fibra (FTTH), es decir, desde el ISP hasta el usuario final es de fibra óptica. El autor concluyó que el diseño propuesto es viable y factible para brindar los servicios triples play con alta calidad y velocidad.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Hurtado (2022), en Lima, realizó un estudio titulado: *“Desarrollo de una red FTTH con tecnología GPON para el acceso de telecomunicaciones en hogares de la ciudad de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, departamento Pasco”*. El objetivo del estudio fue proponer una solución para mejorar el acceso a la banda ancha fija en hogares de una zona rural del Perú. La metodología de investigación fue de enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y de diseño no experimental transversal. Utilizó la recolección de datos mediante encuestas, entrevistas y mediciones de campo. Realizó una comparación de características de las tecnologías EPON, GPON y XGPON para elegir la más adecuada. Realizó el diseño de la red FTTH con tecnología GPON y calculó el presupuesto óptico. Los

resultados mostraron que la tecnología GPON era la más conveniente por su <sup>6</sup> velocidad de transmisión, banda ancha, optimización de recursos y tecnología hacia hogares. Determinó que se debía acceder al 100% de hogares usando infraestructura compartida. Obtuvo un valor de atenuación de -26.3 dBm, dentro del rango permitido. El autor concluyó que la red FTTH con tecnología GPON es una solución viable y beneficiosa <sup>6</sup> para el acceso de telecomunicaciones en hogares de la ciudad de Yanahuanca.

Seminario (2021), en Lima, realizó un estudio titulado: “*Diseño de una red piloto FTTH utilizando estándar GPON, en modalidad de conmutación de datos por paquetes para el distrito de Miraflores - Lima*”. Su objetivo del estudio fue <sup>9</sup> diseñar una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) con tecnología GPON que permita brindar servicio de internet de alta capacidad y velocidad. El estudio fue de tipo experimental, descriptivo y prospectivo. Utilizó el software OptiSystem para simular la red FTTH, realizó <sup>9</sup> un estudio de campo para determinar la cantidad de clientes potenciales y seleccionó el equipamiento necesario para el diseño. Aplicó el análisis técnico-económico para evaluar la viabilidad del proyecto. Los resultados mostraron que la red FTTH diseñada cumple con los parámetros de calidad y rendimiento establecidos por el estándar GPON, tales como la potencia óptica, el presupuesto de potencia, el ancho de banda, la tasa de transmisión y la latencia. Se estimó que el costo total del proyecto es de 1 216 000 dólares y <sup>24</sup> el tiempo de retorno de la inversión es de 3 años y 8 meses. El autor concluye que el diseño de una red piloto FTTH utilizando estándar GPON es factible y beneficioso para el distrito de Miraflores - Lima.

Gonzales (2021), en Lima, realizó un estudio titulado: “*Diseño E Implementación De Servicio De IPTV Sobre Una Red De Tecnología FTTH En La Urbanización La Floresta - San Juan De Miraflores-Lima*”. El objetivo del estudio fue <sup>26</sup> brindar una solución a la digitalización de la televisión en el mundo IP, aprovechando los beneficios de la fibra óptica y la interactividad entre el usuario y la televisión. El estudio fue de tipo experimental, descriptivo y prospectivo. Utilizó un instrumento de medición <sup>21</sup> de parámetros de calidad de servicio (QoS) y calidad de experiencia (QoE) para el servicio de IPTV. La muestra fue de 50 usuarios finales de la urbanización La Floresta. Aplicó la prueba estadística análisis de

varianza (ANOVA) de un factor para comparar los resultados obtenidos con el servicio de IPTV y el servicio de televisión por cable tradicional. Los resultados mostraron que el servicio de IPTV presentó mejores valores de QoS y QoE que el servicio de televisión por cable, con una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). El autor concluyó que el servicio de IPTV sobre una red de tecnología FTTH es una alternativa viable y eficiente para brindar una mejor experiencia de televisión a los usuarios finales.

## **2.2. Bases teóricas**

El presente proyecto establece diversas teorías y conceptos relacionados con las redes de comunicación y tecnologías de conectividad. Se destacan los siguientes puntos teóricos:

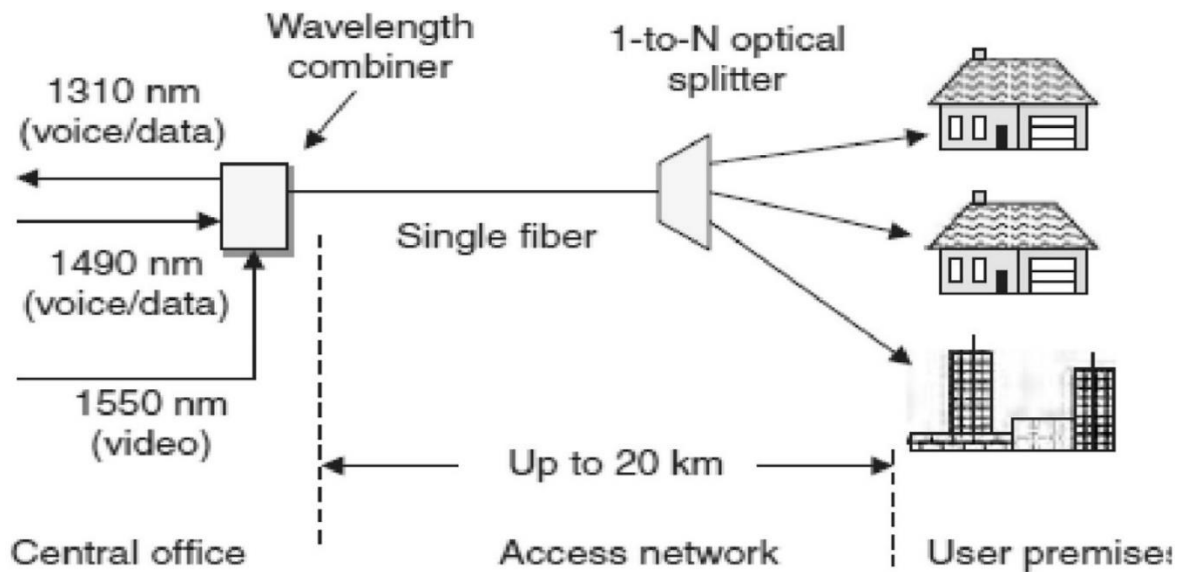
### **2.2.1. Redes FTTH GPON**

Las redes FTTH (*Fiber To The Home*) representan una infraestructura de telecomunicaciones diseñada para proporcionar acceso de banda ancha de alta velocidad directamente a los usuarios finales a través de la fibra óptica. Este enfoque se distingue por llevar la fibra óptica directamente al hogar o al edificio residencial, a diferencia de soluciones alternativas que utilizan cobre o coaxial en la última milla. El núcleo de una red FTTH es su capacidad para transmitir datos a velocidades significativamente mayores que las tecnologías tradicionales, con potencial para soportar Gigabit por segundo y más (Mazzei et al., 2023).

Las tecnologías PON<sup>32</sup> utilizan fibra óptica como medio de transmisión. Una red de distribución óptica (ODN) consta de cajas de distribución de fibra, concentradores ópticos, etc. Dónde la PON transmite la señal a cada terminal de red óptica (ONT) La arquitectura básica de la tecnología PON tiene un alcance de 20km tal como se ilustra en la Figura 2. El principal equipo y elementos de la PON es el terminal de línea óptica (OLT), que generalmente se coloca en el nodo, en el usuario ODN y ONT. En OLT, los servicios de voz y datos se integran y transmiten a través de 1490 nm en sentido descendente, mientras que 1310 nm se conmutan en sentido ascendente (Abdellaoui et al., 2021).

**Figura 2**

*Tecnología de Red FTTH*



Nota. Recuperado de <sup>4</sup> *Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON, Array*. Fuente: Abdellaoui et al., 2021.

Técnicamente, una red FTTH implica varios componentes y tecnologías clave. En el centro de la red se encuentra el OLT (Optical Line Terminal), situado en la central del proveedor de servicios. El OLT es responsable de convertir las señales eléctricas en ópticas y viceversa. Desde el OLT, la fibra óptica se extiende hasta el usuario final, pasando por varios puntos de agregación y distribución. Una consideración técnica crítica en FTTH es la elección entre arquitecturas PON (*Passive Optical Network*) y AON (*Active Optical Network*). Las redes PON, como GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) o XGS-PON, son más comunes por su eficiencia en costos y simplicidad. Utilizan componentes pasivos como *splitters* para dividir la señal óptica entre múltiples usuarios. A diferencia de los AON, que requieren dispositivos activos (como switches) en la red, los PON reducen la necesidad de energía y mantenimiento (March, 2023).

Desde un punto de vista de diseño de red, la planificación de una red FTTH implica considerar la densidad de la población, la demanda esperada, la topología de la red y la distancia máxima soportada por las tecnologías de transmisión óptica.

La atención también debe centrarse en aspectos como la atenuación de señal, la gestión de la capacidad y la escalabilidad a largo plazo para acomodar el aumento de la demanda de banda ancha (Loayza-Valarezo et al., 2020).

### **2.2.2. Aspectos técnicos de las redes FTTH**

Los aspectos matemáticos de las fibras FTTH (*Fiber to the Home*) abarcan una serie de conceptos fundamentales que son esenciales para el diseño y análisis de estas redes de telecomunicaciones. Estos conceptos incluyen, pero no se limitan a la atenuación de la señal, la dispersión, la reflexión y la capacidad de la red, todos ellos gobernados por principios matemáticos y físicos. La atenuación, una medida de la pérdida de señal a medida que la luz viaja a través de la fibra, es quizás el aspecto más crítico (Escallón-Portilla et al., 2020). Se mide en decibelios (dB) y se calcula usando la fórmula:

$$A = 10 \text{ LOG } 10 \left( \frac{P_{int}}{P_{out}} \right) \quad (1)$$

A, representa la atenuación medida en decibelios (dB)

$P_{int}$  es la potencia de la señal de entrada, medida en vatios (w) o una unidad relativa.

$P_{out}$  es la potencia de la señal de salida, medida en vatios (w) o una unidad relativa.

La fórmula (1) se utiliza para calcular la pérdida de señal en la fibra óptica, expresada en decibelios. La atenuación es un factor crítico en el diseño y análisis de sistemas de fibra óptica, ya que afecta directamente la calidad y eficiencia de la transmisión de datos. La fórmula se basa en el logaritmo en base 10 del cociente entre la potencia de entrada y la potencia de salida, lo que refleja la proporción de la señal que se pierde debido a la atenuación en la fibra (George et al., 2023).

La dispersión, otro factor importante, afecta a la calidad de la señal en la fibra óptica. La dispersión modal y cromática puede distorsionar la señal a lo largo de distancias largas. La dispersión cromática, por ejemplo, se puede calcular y compensar mediante ecuaciones específicas que consideran la longitud de onda

de la luz y las características del material de la fibra. En lo que respecta a la reflexión, las ecuaciones de Fresnel son fundamentales para entender cómo la luz se refleja y se refracta en las interfaces de la fibra. Estas ecuaciones describen la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión, crucial para minimizar las pérdidas y evitar retrodispersión (George et al., 2023).

La capacidad de la red en una configuración FTTH se analiza a menudo a través de modelos matemáticos que consideran el ancho de banda, la tasa de error de bits (BER), y la densidad de usuarios. Según George et al. (2023) el BER, por ejemplo, se calcula utilizando la distribución de probabilidad de errores en la transmisión de datos, y es un indicador crucial de la calidad de la red. A menudo se calcula a partir de la función de distribución de probabilidad de errores, que depende del tipo de modulación y del SNR. Para una modulación binaria, una fórmula común es:

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{SNR}) \quad (2)$$

- Donde  $\operatorname{erfc}$  es la función de error complementaria y SNR es la relación señal a ruido.

Para tener en cuenta la densidad de usuarios en un modelo de capacidad de red, normalmente se multiplica la capacidad por usuario por el número de usuarios. Sin embargo, esto puede llevar a una sobreestimación de la capacidad total, ya que no todos los usuarios transmiten datos simultáneamente y las redes suelen ser diseñadas para manejar tráfico promedio más que el tráfico máximo. Otro aspecto matemático importante es la planificación y optimización de la red, que involucra algoritmos y modelos matemáticos para determinar la topología óptima, la ubicación de los *splitters* y la longitud de las rutas de fibra. Estos modelos buscan optimizar la eficiencia, reducir costos y asegurar la escalabilidad de la red (Pineda Fuster, 2023).

### **2.2.3. Normativas en redes FTTH**

Las normativas en redes FTTH (*Fiber To The Home*) son esenciales para garantizar la calidad y seguridad en su implementación. Estas normativas abarcan



desde especificaciones de componentes de fibra óptica hasta protocolos de comunicación, pasando por regulaciones de seguridad y prácticas de instalación (Algar, 2023). Las normativas se centran en protocolos de comunicación como GPON y EPON, que definen aspectos como la asignación de ancho de banda y la gestión de errores. También incluyen regulaciones para la instalación y despliegue de redes FTTH, garantizando la integridad física de la infraestructura (Aguiar et al., 2022).

La seguridad es un aspecto crucial, con regulaciones sobre la manipulación segura de la fibra óptica y medidas para proteger la red contra interferencias y accesos no autorizados. Además, se aborda la interoperabilidad de equipos y sistemas para garantizar la flexibilidad de las redes FTTH (Aguiar et al., 2022). La ITU define estándares para redes ópticas pasivas (PON), como GPON, XG-PON, NG-PON2 y XGS-PON, permitiendo la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes (Aguiar et al., 2022).

- GPON (Gigabit Passive Optical Network) es un estándar que ofrece una velocidad de transmisión de datos de hasta 2.5 Gbps en la dirección descendente (del proveedor de servicios al usuario) y hasta 1.25 Gbps en la dirección ascendente (del usuario al proveedor de servicios).
- XG-PON: XG-PON (*10-Gigabit Passive Optical Network*) es una evolución de GPON que ofrece una mayor velocidad de transmisión de datos. XG-PON proporciona velocidades de hasta 10 Gbps en la dirección descendente y hasta 2.5 Gbps en la dirección ascendente, lo que lo hace adecuado para aplicaciones que requieren un mayor ancho de banda, como servicios de vídeo en alta definición y aplicaciones empresariales.
- NG-PON2 (*Next-Generation Passive Optical Network 2*) es otro avance en la tecnología PON que ofrece velocidades aún más altas. Este estándar puede proporcionar velocidades de hasta 40 Gbps en la dirección descendente y 10 Gbps en la dirección ascendente. NG-PON2 es especialmente adecuado para aplicaciones empresariales y de alta densidad de usuarios.
- XGS-PON: XGS-PON (*10-Gigabit Symmetrical Passive Optical Network*) es otro estándar que ofrece velocidades simétricas de 10 Gbps tanto en

la dirección descendente como en la dirección ascendente. Esto lo hace adecuado para aplicaciones que requieren un alto rendimiento en ambas direcciones, como aplicaciones empresariales y servicios de nube.

El IEEE también establece normas, especialmente para las redes Ethernet PON (EPON), como 802.3ah, 802.3av y 802.3ca, facilitando la integración con redes Ethernet existentes (Aguiar et al., 2022).

- IEEE 802.3ah también conocida como EPON, define las especificaciones técnicas para las redes Ethernet PON. Establece los parámetros técnicos y funcionales necesarios para la transmisión de datos a través de una infraestructura de fibra óptica pasiva. Entre los aspectos cubiertos se incluyen la multiplexación, la sincronización, la administración de tráfico y la asignación de ancho de banda. La norma IEEE 802.3ah es fundamental para la implementación y operación de redes EPON de banda ancha.
- IEEE 802.3av conocida como 10G-EPON, es una extensión de la norma IEEE 802.3ah. Define las características técnicas para redes EPON que son capaces de proporcionar velocidades de transmisión de datos de hasta 10 Gbps. 10G-EPON es una evolución importante que permite un mayor ancho de banda y una mayor capacidad de transmisión para satisfacer las crecientes demandas de ancho de banda en aplicaciones de alta velocidad.
- IEEE 802.3ca conocida como 100G-EPON, es otra extensión de la norma IEEE 802.3ah. Define las especificaciones técnicas para redes EPON que pueden proporcionar velocidades de transmisión de datos de hasta 100 Gbps. 100G-EPON es la evolución más avanzada de la tecnología EPON y está diseñada para aplicaciones de alto rendimiento, como redes empresariales de alta densidad de usuarios y servicios de nube que requieren un ancho de banda excepcionalmente alto.

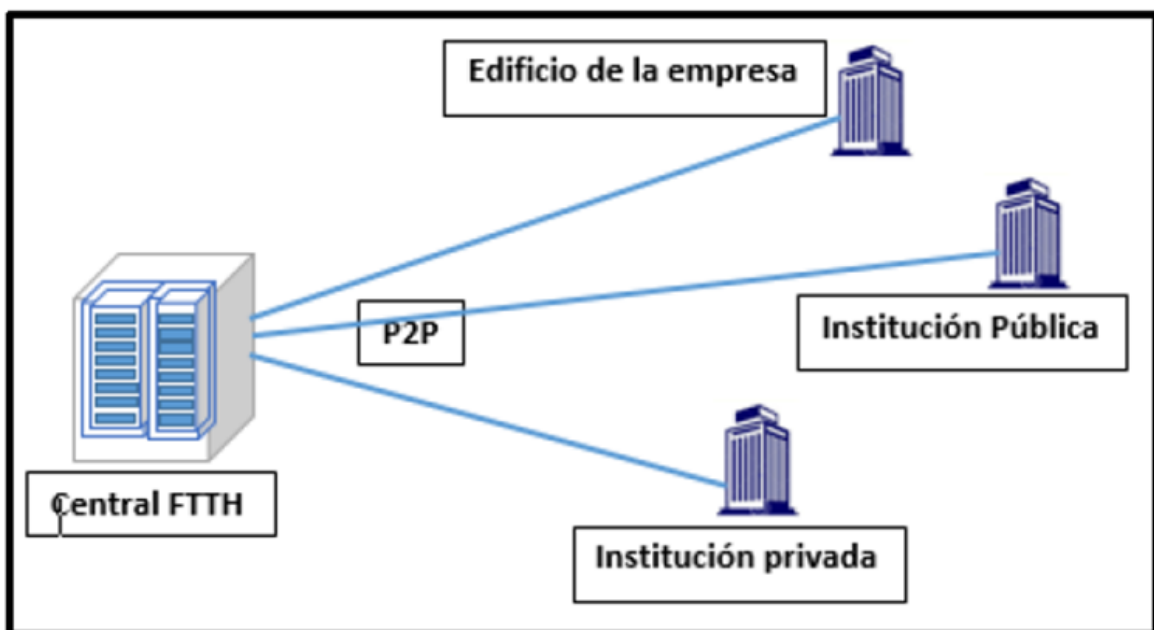
### **2.2.5. Arquitectura de redes FTTH**

La arquitectura de las redes FTTH (Fiber to the Home) se puede clasificar en dos categorías principales: punto a punto (P2P) y punto a multipunto (P2MP), cada una con características y aplicaciones específicas (Abdellaoui et al., 2021).

En la arquitectura P2P, cada usuario final está conectado directamente a la central de operaciones del proveedor de servicios mediante una fibra óptica dedicada. Esta configuración proporciona una conexión directa y privada para cada usuario, lo que resulta en una alta calidad de servicio con un ancho de banda dedicado como se representa en la figura 3. Desde un punto de vista técnico, las redes P2P son relativamente sencillas de implementar y gestionar, ya que cada conexión es independiente de las demás. Sin embargo, el principal desafío de esta arquitectura es el requerimiento de una extensa cantidad de fibra óptica y la infraestructura relacionada, lo que puede resultar en un mayor costo de despliegue, especialmente en áreas de baja densidad poblacional (Abdellaoui et al., 2021).

**Figura 3**

*Arquitectura P2P de las redes FTTH*



*Nota.* Arquitectura P2P en una red FTTH. Fuente: Escallón-Portilla et al., (2020).

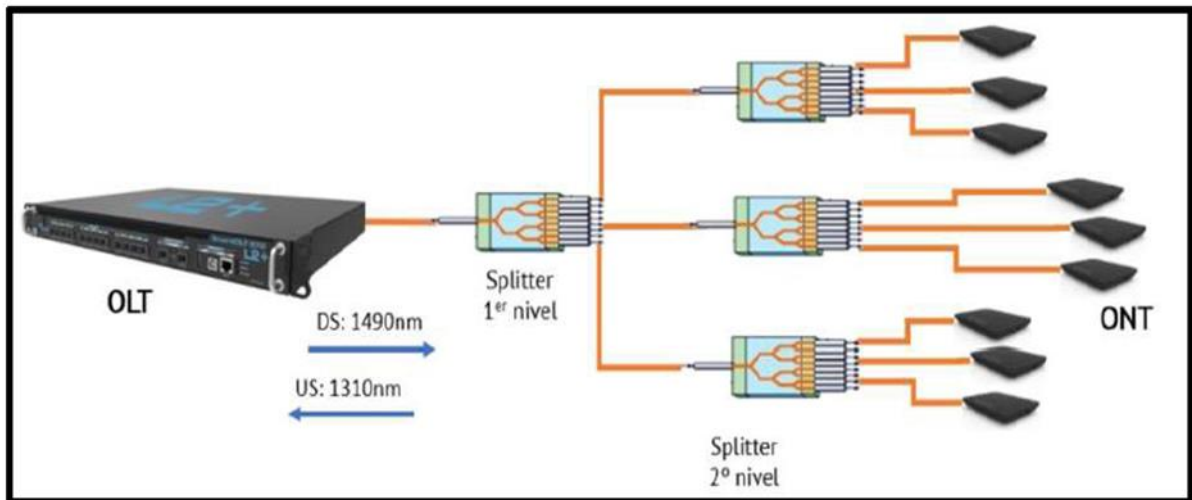
La arquitectura P2MP es más común en implementaciones *FTTH* y utiliza tecnologías de redes ópticas pasivas (PON) como GPON (*Gigabit Passive Optical Network*). En esta configuración, un único hilo de fibra óptica sale de la central del proveedor y se ramifica a múltiples hogares a través de dispositivos pasivos, conocidos como divisores ópticos, el cual se representa en la figura 4. Estos

divisores ópticos dividen la señal óptica en varias partes, permitiendo que una sola fibra sirva a muchos usuarios. La arquitectura P2MP es más eficiente en términos de costos y recursos que la P2P, ya que reduce significativamente la cantidad de fibra necesaria para servir a un número equivalente de usuarios. Además, la tecnología PON facilita la gestión del tráfico y la asignación de ancho de banda, aunque el ancho de banda se comparte entre los usuarios, lo que puede afectar la calidad del servicio durante los períodos de alta demanda (Abdellaoui et al., 2021).

Respecto a la asignación de ancho de banda, La asignación de ancho de banda en redes FTTH varía según el tipo de red óptica pasiva (PON) utilizada y el enfoque de gestión del operador, con métodos comunes como la multiplexación por división de tiempo (TDM) y por división de longitud de onda (WDM). Las redes GPON asignan el ancho de banda mediante asignación dinámica de ancho de banda (DBA), ajustando la OLT el ancho de banda según demanda y configuración, ofreciendo hasta 2,5 Gbps descendente y 1,25 Gbps ascendente, distribuidos entre usuarios de un *splitter* que puede tener una relación de hasta 1:64. Por otro lado, las redes EPON utilizan un control de acceso al medio (MAC) basado en Ethernet, con un mecanismo de solicitud y concesión, proporcionando hasta 1 Gbps simétricos, repartido entre los usuarios de un *splitter* que puede ser de hasta 1:32. En las redes NG-PON2 se emplea la multiplexación WDM para una asignación de ancho de banda que permite hasta 40 Gbps descendente y 10 Gbps ascendente, con split ratio de hasta 1:64, mejorando la capacidad y flexibilidad de la red (Abdellaoui et al., 2021).

**Figura 4**

*Arquitectura P2PM de las redes FTTH*



*Nota.* Arquitectura P2PM de las redes FTTH. Fuente: Escallón-Portilla et al., (2020).

Ambas arquitecturas requieren consideraciones detalladas en términos de diseño de red, gestión de tráfico, y calidad de servicio. La elección entre P2P y P2MP depende de varios factores, como la densidad de la población, el presupuesto disponible, los objetivos de servicio y las expectativas de los usuarios finales. Las redes P2P son ideales para aplicaciones que requieren un alto ancho de banda dedicado y una baja latencia, las redes P2MP son más adecuadas para implementaciones de gran escala donde la eficiencia de costos es una prioridad (Abdellaoui et al., 2021).

**2.2.6. Componentes de las redes FTTH**

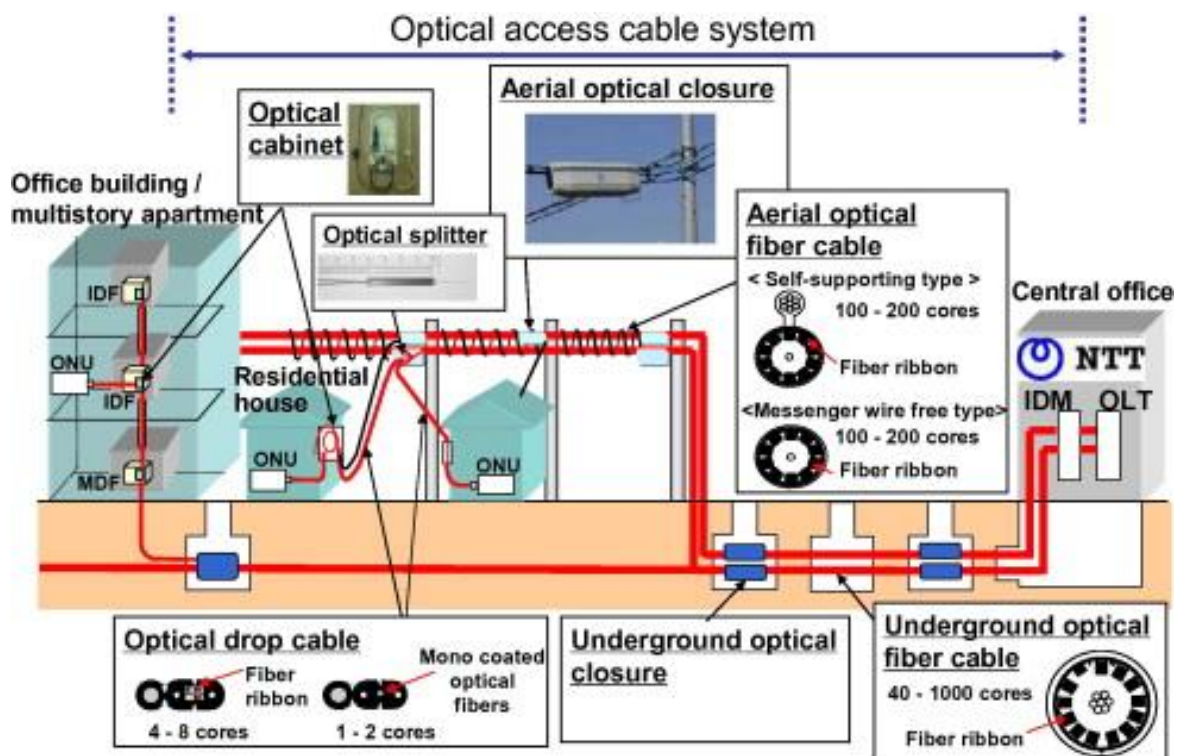
En las redes FTTH (*Fiber to the Home*), varios elementos clave juegan roles esenciales en la transmisión de datos de alta velocidad desde la central del proveedor de servicios hasta el usuario final. Estos elementos incluyen el OLT, el cable de fibra óptica, divisores ópticos, cajas de empalme, distribución y terminación, Cajas Terminales Ópticas (CTO's), cajas NAPs, y el ONT, así como se representa en la figura 5 (Adhi et al., 2021). Estos componentes se puntualizan a continuación:

- **OLT** (Optical Line Terminal) es un equipo <sup>4</sup> que se encuentra en la central de la red de fibra óptica y se encarga de gestionar múltiples conexiones de clientes (ONTs). Suele estar equipada con múltiples puertos de salida para conectar con cables de fibra óptica. Puede soportar diferentes tasas de transmisión, como 1 Gbps o 10 Gbps por puerto. La OLT utiliza técnicas de modulación como GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) o EPON (*Ethernet Passive Optical Network*) para transmitir datos a través de la fibra óptica.
- **Los cables de fibra óptica**, están diseñados para transportar señales de luz en lugar de electricidad. Utilizan núcleos de fibra de vidrio o plástico altamente transparentes rodeados de una cubierta protectora. Las características técnicas incluyen la atenuación, la dispersión y la capacidad de ancho de banda. La atenuación se mide en dB/km y representa la pérdida de señal a medida que viaja por la fibra. La dispersión se refiere a la propagación de las señales en la fibra y puede ser de dos tipos: dispersión cromática y dispersión modal.
- **Los divisores ópticos**, son dispositivos pasivos que dividen la señal óptica en múltiples caminos sin requerir energía externa. Los divisores pueden ser de tipo 1x2, 1x4, 1x8, etc., lo que significa que dividen la señal en 2, 4, 8, etc., caminos. La relación de división se expresa en términos de porcentaje, como 50/50 para un divisor 1x2. Los divisores ópticos tienen pérdidas de inserción que afectan la potencia de la señal transmitida.
- **Las cajas de empalme**, se utilizan para conectar segmentos de cables de fibra óptica. Contienen bandejas de empalme donde se fusionan o conectan las fibras. Estas cajas están diseñadas para proteger las fibras de la humedad y el polvo.
- **Mufa punto cero**, se utilizan para gestionar y distribuir las conexiones de fibra óptica en una ubicación específica.
- **Las cajas de terminación** (roseta óptica) se utilizan para finalizar las conexiones en un punto final, como una oficina o un hogar.

- **Cajas Terminales Ópticas (CTO's)** son dispositivos que permiten la terminación de las conexiones de fibra óptica en el hogar o la empresa del cliente. Proporcionan una interfaz para conectar el cable de fibra óptica con el equipo ONT del cliente.
- **Cajas NAPS** (Network Access Point) son puntos de acceso a la red donde se conectan múltiples cables de fibra óptica desde diferentes direcciones. Permiten la interconexión de redes y la distribución de servicios de fibra óptica a hacia las ONTs.
- **ONT** es el equipo instalado en el hogar o la empresa del cliente que convierte la señal óptica en señal eléctrica utilizada por los dispositivos finales. Las ONTs pueden ofrecer diferentes tasas de datos, como 100 Mbps, 1 Gbps o incluso 10 Gbps, dependiendo del servicio y la red.

**Figura 5**

*Componentes de las redes FTTH*



Nota. Adaptado de <sup>18</sup> Optical fiber cable and wiring techniques for fiber to the home (FTTH). Fuente: Takai & Yamauchi, (2009)

La fibra multimodo en redes FTTH (*Fiber to the Home*) representa una forma avanzada y eficiente de distribuir la conexión de fibra óptica a los hogares o usuarios finales. En este sistema, un solo cable de fibra óptica puede abastecer a varios hogares mediante el uso de divisores ópticos, que dividen la señal en múltiples salidas. Esta arquitectura no solo reduce los costos al disminuir la cantidad de fibra necesaria, sino que también facilita la expansión de la red para incluir más usuarios sin instalar nuevas líneas para cada uno. Es especialmente adaptable a diferentes densidades poblacionales, desde áreas urbanas hacia zonas rurales (Pfeiffer et al., 2022).

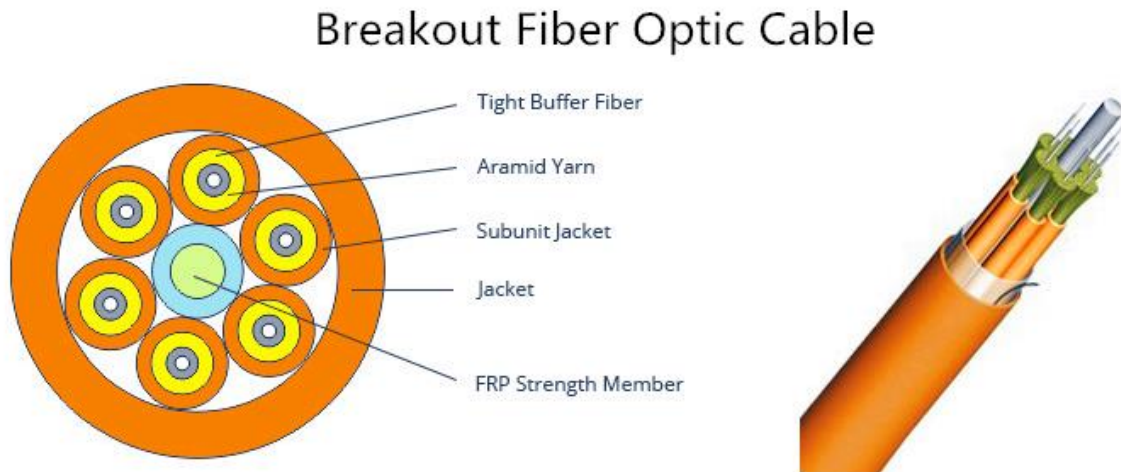
La configuración, además permite a los usuarios disfrutar de velocidades de conexión altas y un rendimiento consistente, dado que las tecnologías actuales soportan un alto ancho de banda incluso cuando la fibra se comparte. La facilidad de mantenimiento y actualización es otra ventaja significativa, ya que los cambios en la red suelen realizarse en los nodos centrales o *splitters*, evitando alteraciones en la infraestructura doméstica del usuario. En resumen, la implementación de redes FTTH es un paso esencial para mejorar la conectividad de banda ancha, ofreciendo una solución eficaz para satisfacer la creciente demanda de servicios de datos de alta velocidad (Ali et al., 2021).

En la figura 6 se ilustra un diagrama esquemático de una fibra óptica multinúcleo utilizada en redes de telecomunicaciones FTTH. La fibra tiene varios núcleos, cada uno representado por una línea de colores diferentes, que corren paralelos entre sí a lo largo de toda la longitud de la fibra, el código de colores se ilustra en el anexo 5. El "Revestimiento" se refiere a la capa externa de la fibra óptica que protege los núcleos y mantiene la luz dentro del núcleo mediante la reflexión interna total. El "Núcleo" es la parte de la fibra por donde viajan efectivamente las señales de luz; en una fibra multinúcleo, hay varios núcleos, permitiendo múltiples caminos de transmisión y, por lo tanto, aumentando la capacidad de transmisión de datos de la fibra (Ali et al., 2021).



## Figura 6

*Ilustración de la fibra multimodo*



*Nota. Cable de fibra multimodo. Fuente: VIAVI Solutions. (2023).*

En la red FTTH un cable de fibra óptica se extiende desde la central del proveedor de servicios hasta un punto de distribución común, donde se encuentra un dispositivo conocido como divisor óptico. Este dispositivo es clave en la arquitectura multimodo, ya que divide la señal de fibra en varias salidas, cada una de las cuales puede dirigirse a un hogar diferente. Técnicamente, los *splitters* pueden ser configurados en diferentes ratios, como 1:4, 1:8, 1:16, o incluso 1:32, lo que significa que una sola línea de fibra puede ser dividida para servir a 8, 16 o 32 hogares, respectivamente. Se eligen en función de la densidad de población y la demanda esperada de ancho de banda en la zona servida. A pesar de esta división de la señal, la tecnología de fibra óptica asegura que cada usuario reciba una conexión de alta velocidad con una mínima pérdida de señal (Sugumaran et al., 2022).

En sistemas FTTH, se emplean técnicas como la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), que permite el transporte de múltiples señales a diferentes longitudes de onda a través de una única fibra. Esto aumenta la capacidad de la red sin necesidad de agregar cables adicionales. La infraestructura puede adaptarse y expandirse fácilmente para incluir más usuarios o para mejorar los servicios. Esto es particularmente útil en áreas en crecimiento o en aquellas que

experimentan cambios en la demanda de servicios de internet (Abdellaoui et al., 2021).

Las cajas de empalme, distribución y terminación son elementos de infraestructura física que facilitan la conexión, distribución y protección de las fibras ópticas. La caja de empalme con capacidad de 144 hilos se representa en la figura 6. Se utiliza para unir segmentos de fibra óptica, mientras que las cajas de distribución y terminación organizan y administran las conexiones de fibra en puntos críticos a lo largo de la red (Abdellaoui et al., 2021). En la Figura 7 se ilustra una caja de empalme óptico.

### **Figura 7**

*Caja de empalme óptico tipo domo ztt de 144 hilos.*

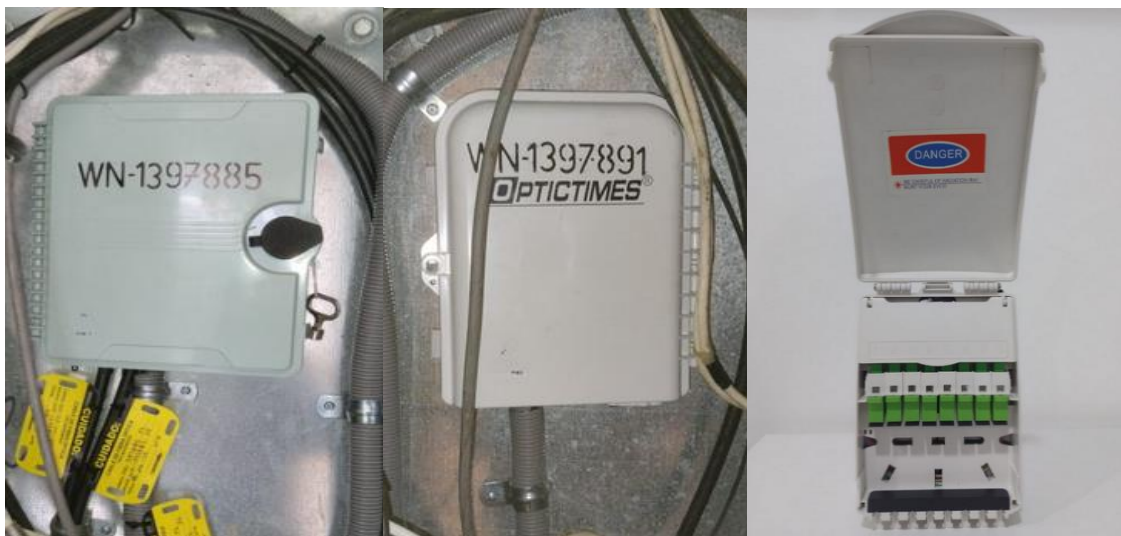


*Nota.* Caja de empalme. Fuente: Furukawa Electric LatAm. (2020).

Las cajas NAPs se representan en la figura 8, son puntos de interconexión en el entorno de usuario, donde las fibras de la red se conectan a las líneas que van a las viviendas o edificios ya que en estas cajas se ubica el último nivel de divisor óptico. Estas cajas son esenciales para la transición de la red troncal a la red de acceso y juegan un papel crucial en la gestión y mantenimiento de la red (Al Romaiti et al., 2020).

### Figura 8

*Caja Nap ploma, blanca y NAP IP55 Dixon*



*Nota. Cajas nap. Elaboración propia*

Finalmente, el ONT (*Optical Network Termination*) es el equipo que se encuentra en el lado del usuario. En la figura 9 se representa la ONT utilizada en los hogares de WIN, este equipo convierte las señales ópticas de la red FTTH en señales eléctricas que pueden ser utilizadas por los dispositivos del usuario, como *routers*, televisores o teléfonos (Al Romaiti et al., 2020). Las características de un ONT son las siguientes:

- La principal función de un ONT es recibir la señal óptica proveniente de la red de fibra óptica y convertirla en señal eléctrica que puede ser utilizada por los dispositivos de usuario, como computadoras, teléfonos y televisores.

- Están disponibles en una variedad de velocidades de datos, que pueden variar en promedio desde 100 Mbps hasta 1 Gbps, dependiendo de las capacidades de la red y los servicios ofrecidos por el proveedor.
- Suelen tener múltiples interfaces, como puertos Ethernet (para dispositivos con cable), puertos de telefonía (para servicios de voz sobre IP) y en algunos casos, interfaces Wi-Fi integradas.
- Son compatibles con varios protocolos de comunicación, como Ethernet, POTS (*Plain Old Telephone Service*), y protocolos de voz y datos específicos de la red de fibra óptica, como GPON o EPON.
- El ONT realiza la conversión de señal óptica a eléctrica utilizando fotodetectores que convierten los pulsos de luz en señales eléctricas digitales.
- La *ONT GPON Huawei EG8145V5* es instalada en los hogares con servicios de WIN, cuya sensibilidad se encuentra entre -8.00 dBm y -27.00 dBm.
- Se diseñan para ser eficientes en términos de consumo de energía, ya que a menudo están encendidos y operativos las 24 horas del día.

### Figura 9

*ONT GPON Huawei EG8145V5 de WIN*



*Nota. ONT WIN. Elaboración propia.*

**Tabla 2***Componentes de una red FTTH*

| <b>Componente</b>                      | <b>Especificaciones técnicas</b>   |
|--|--|
| Fibra óptica multimodo                 | <p><b>Tipos:</b> OM1, OM2, OM3, OM4 y OM5, según el estándar ISO/IEC 11801.</p> <p><b>Modo de transmisión:</b> soporta varios modos de propagación de la luz.</p> <p><b>Cables utilizados:</b> fibra óptica multimodo de 24H, 12H y 04 hilos, con cubierta exterior de PVC y refuerzo de acero corrugado.</p>  |
| OLT (SmartAX MA5800 de Huawei)         | <p><b>Capacidad:</b> El SmartAX MA5800 es un chasis de OLT que puede admitir múltiples tarjetas de línea y puertos, con una capacidad de 17 ranuras de servicio.</p> <p><b>Interfaces:</b> Ofrece interfaces de fibra óptica, como puertos GPON o 10G PON, así como interfaces Ethernet para la conectividad con otros equipos de red.</p> <p><b>Características:</b> Admite 16 puertos GPON, cada ranura proporciona una salida de 200 Gbits/s.</p> |
| ODF                                    | <p><b>Función:</b> Gestionar y distribuir las conexiones de fibra óptica desde la <i>OLT</i> con divisores ópticos de 1:2.</p> <p><b>Capacidad:</b> Dispone de 32 puertos o adaptadores de fibra óptica para facilitar las conexiones hacia el Patch Panel.</p>  |
| Patch panel                            | <p><b>Función:</b> conectar y gestionar los cables de fibra óptica en un centro de datos desde la <i>ODF</i>.</p> <p><b>Capacidad:</b> dispone de 48 conectores y puertos para facilitar la interconexión de cables.</p> <p><b>Tipo de Conector:</b> Puede admitir conectores SC, LC, ST, entre otros.</p>   |
| Patch Cord LC/LC                       | <p><b>Función:</b> conectar dos dispositivos ópticos del nodo, como <i>OLT</i>, <i>ODF</i> y <i>Patch Panel</i> que direccionan potencia hacia la fibra troncal</p>  |
| MUFA o caja de empalme                 | <p><b>Función:</b> están diseñadas para proteger y aislar las fusiones de fibra óptica de factores ambientales como la humedad, la suciedad o cambios climáticos que podrían afectar la calidad de la conexión.</p> <p><b>Capacidad:</b> Los utilizados por WIN son mufa ztt 144 hilos y mufa ztt 96 hilos.</p>  |
| Divisores ópticos (splitter 1x8 SC/AP) | <p><b>Función:</b> dividir o combinar la señal óptica entre varios usuarios en una red PON.</p> <p><b>Tipo:</b> divisor óptico pasivo con 1 entrada y 8 salidas, utilizando conectores SC/APC (Angled Physical Contact) para minimizar la reflexión de la señal.</p> <p><b>Pérdida de Inserción:</b> La pérdida de inserción específica, generalmente es baja para minimizar la atenuación de la señal.</p>  |
| Cajas NAP (Dixon IP55)                 | <p><b>Tipo:</b> punto de acceso de red donde se conectan múltiples cables de fibra óptica desde diferentes direcciones.</p>  |

ONT (HUAWEI  
EG8145V5)

**Grado de Protección:** clasificación IP55 hace adecuada para uso en exteriores.

**Tamaño y Capacidad:** tamaño y la capacidad de la caja pueden variar según el modelo específico de Dixon.

**Funciones:** Ofrece funciones de voz y datos para la conectividad del cliente en una red de fibra óptica.

**Velocidad de Datos:** varían según la red y el plan del proveedor, generalmente en el rango de 100 Mbps a 1 Gbps.

**Interfaces:** puertos Ethernet, puertos de teléfono y, en algunos casos, Wi-Fi integrado para conectar dispositivos inalámbricos.

**Sensibilidad:** La sensibilidad de la ONT WIN se encuentra entre -8.00 dBm y -27.00 dBm.

---

Nota. Tomado de <sup>8</sup> *Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON, Array.*

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590005621000060>

### 2.2.7. Alcances de la red FTTH

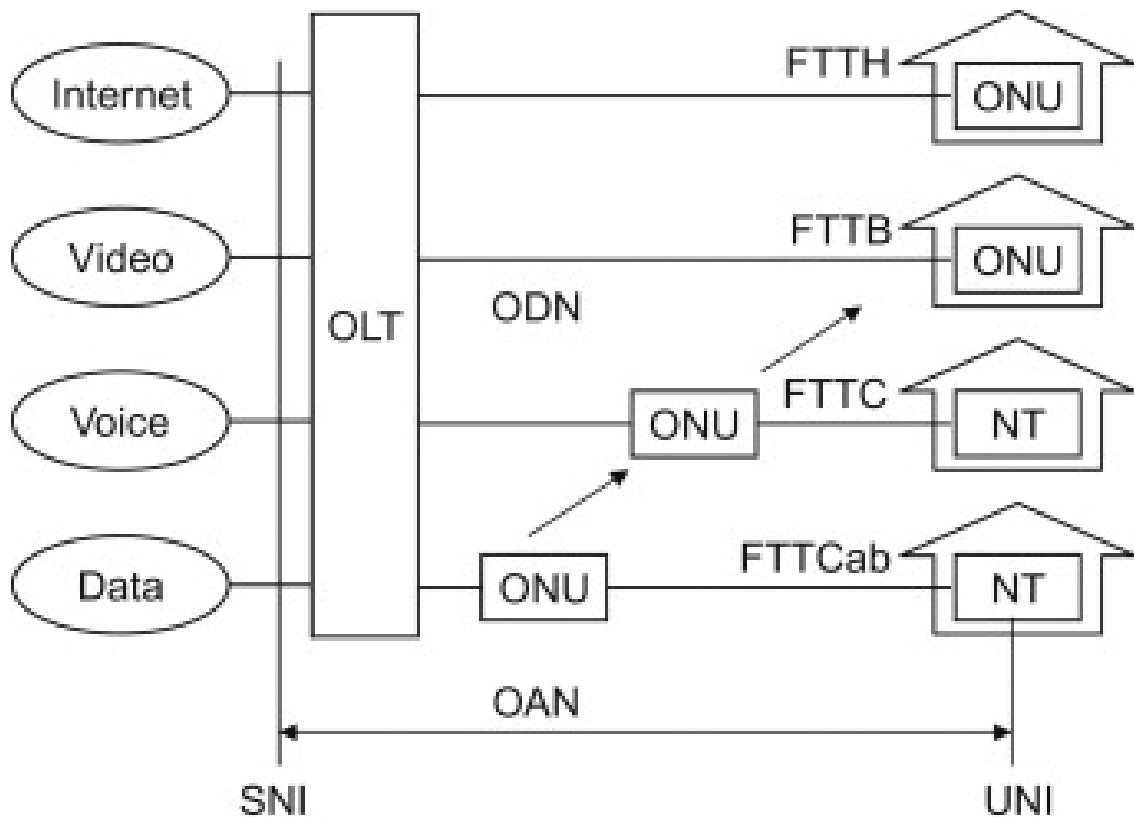
Las redes FTTH (*Fiber to the Home*) tienen alcances tanto lógicos como físicos que definen su capacidad y eficiencia en la entrega de servicios de telecomunicaciones. El alcance físico se refiere a la extensión geográfica y la infraestructura tangible de la red, mientras que el alcance lógico abarca la gestión de datos, protocolos y servicios proporcionados (Sugumaran et al., 2022).

Desde el punto de vista físico, el alcance de una red FTTH se define por la distancia máxima entre el <sup>6</sup> OLT (*Optical Line Termination*) en la central del proveedor de servicios y el ONT (*Optical Network Termination*) en el hogar del usuario. Esta distancia es crítica porque determina la atenuación de la señal y, por lo tanto, la calidad de la conexión. En las redes FTTH, las distancias pueden variar significativamente, llegando hasta 20 km o más, lo que permite cubrir amplias áreas geográficas, desde zonas urbanas densamente pobladas hasta comunidades rurales más dispersas. La elección de los componentes de la red, como el tipo de fibra óptica y los divisores ópticos, son fundamentales para optimizar este alcance físico, asegurando una transmisión eficiente y una mínima pérdida de señal (Sugumaran et al., 2022).

En la figura 10, se representa la estructura de una red de fibra óptica hasta el hogar (FTTH), mostrando cómo la fibra óptica se extiende para entregar directamente servicios de Internet, video, voz y datos a hogares y empresas. En el centro de esta red se encuentra el OLT (Optical Line Terminal), el componente central que gestiona la comunicación de señales hacia y desde los usuarios finales. Desde el OLT, la señal viaja a través de la ODN (*Optical Distribution Network*), que incluye todos los elementos pasivos necesarios como fibras, conectores y *splitters* para llevar la señal a los usuarios. La conexión entre la ODN y los dispositivos del usuario se hace a través de la OAN (Optical Access Network), que facilita el acceso a los servicios de telecomunicaciones. Al final de la red, los dispositivos ONU (Optical Network Unit) son los encargados de convertir las señales ópticas en eléctricas que pueden ser utilizadas por los dispositivos del usuario, marcando el punto de terminación de la red (*NT, Network Termination*) y conectándose con la red interna del usuario. Dependiendo de cómo se realiza la última conexión, la red puede adoptar diferentes configuraciones: FTTH lleva la fibra directamente a la vivienda, FTTB a un edificio para luego distribuirse, FTTC a un punto cercano como la acera y desde ahí se conecta por otro medio, y FTTCab a un gabinete o armario cercano. En el esquema también se presentan las interfaces SNI (Standard Network Interface) y UNI (User Network Interface), que demarcan la separación entre la infraestructura de servicio y la del usuario. En conjunto, la figura destaca la capacidad de la red FTTH para proveer conectividad directa y de alta calidad, adaptándose a las diferentes necesidades de conexión de los usuarios finales (Sugumaran et al., 2022).

**Figura 10**

*Alcance de la red FTTH*



*Nota.* Se ilustra un diagrama de red FTTH (Fiber to the Home) que representa los distintos componentes y configuraciones de una red de fibra óptica. En la parte superior, el "OLT" (Optical Line Terminal) es el equipo que proporciona la interfaz entre la red de fibra óptica y la red de servicios como Internet, Video, Voz y Datos. Desde el OLT, la fibra se extiende hacia el "ODN" (Optical Distribution Network), que distribuye la señal a diferentes tipos de redes de acceso, como FTTH, FTTB (Fiber to the Building), FTTC (Fiber to the Curb) y FTTCab (Fiber to the Cabinet). Fuente: Sugumaran et al., 2022

El alcance lógico de las redes FTTH, se refiere a la capacidad de la red para manejar y distribuir datos, integrar diferentes servicios y gestionar el tráfico de forma eficiente. Esto incluye la capacidad de la red para soportar altas velocidades de datos, típicamente en el rango de gigabits por segundo, lo que es esencial para aplicaciones de alto ancho de banda como *streaming* de video en alta definición, juegos en línea y teletrabajo. Además, el alcance lógico abarca la flexibilidad de la



red para incorporar nuevos servicios y tecnologías, como la convergencia de servicios de voz, datos y video (triple play), y la capacidad para adaptarse a futuros avances tecnológicos (Sugumaran et al., 2022).

### **2.2.8. Ancho de banda en redes FTTH**

El ancho de banda en las redes de fibra óptica hasta el hogar (FTTH, por sus siglas en inglés) se refiere a la capacidad de transmisión de datos que estas redes pueden manejar. Este ancho de banda es significativamente mayor en comparación con las tecnologías de banda ancha tradicionales como ADSL o cable, debido a las propiedades inherentes de la fibra óptica. La fibra óptica utiliza pulsos de luz para transmitir datos, lo que permite velocidades de transmisión muy altas y distancias de transmisión más largas sin degradación de la señal. Estas características son fundamentales para proporcionar servicios de Internet de alta velocidad, televisión y telefonía a través de una única conexión (Ab-Rahman et al., 2022).

En el contexto de FTTH, el ancho de banda disponible puede ser de varios gigabits por segundo (Gbps). Esto se debe a dos factores principales: la capacidad de la fibra óptica para transportar múltiples señales a la vez a través de diferentes longitudes de onda (multiplexación por división de longitud de onda o WDM) y la capacidad para transmitir señales a altas velocidades (por ejemplo, utilizando modulaciones avanzadas). El diseño de redes FTTH también influye en el ancho de banda disponible para cada usuario. Por ejemplo, las arquitecturas punto a punto (P2P) ofrecen una conexión de fibra dedicada para cada usuario, maximizando el ancho de banda disponible. Por otro lado, las arquitecturas punto a multipunto (P2MP), como las redes GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit), comparten una única fibra entre varios usuarios, lo que puede limitar el ancho de banda por usuario, pero reduce costos y complejidad de la red (Bakarman et al., 2021).

Además, el ancho de banda en las redes FTTH está influenciado por el equipo terminal de red óptica (ONT) instalado en el hogar del usuario y el equipo en la central (OLT). La capacidad de estos equipos, así como la configuración de la red (como la relación de división en redes P2MP), determinan el ancho de banda

máximo que puede ofrecerse a los usuarios finales. Finalmente, es importante destacar que el ancho de banda en redes FTTH no solo se refiere a la capacidad máxima de transmisión, sino también a la calidad y estabilidad de la conexión. La baja latencia y el bajo jitter (variabilidad en el tiempo de transmisión) son características clave en estas redes, lo que las hace ideales para aplicaciones sensibles al tiempo, como juegos en línea, videoconferencias y servicios de transmisión de video en alta definición o ultra alta definición (Alkhajeh, 2022).

En la práctica, el ancho de banda disponible para cada usuario de una red FTTH puede variar desde unos pocos megabits por segundo hasta varios gigabits por segundo, dependiendo de los factores mencionados y de las políticas de suscripción del proveedor de servicios de Internet. Las redes FTTH modernas están diseñadas para satisfacer las crecientes demandas de aplicaciones con alto consumo de ancho de banda, como video en alta definición, juegos en línea y teletrabajo, asegurando que los usuarios finales puedan disfrutar de una experiencia en línea rápida y fiable (Ab-Rahman et al., 2022).

La fórmula general para calcular el ancho de banda se expresa de la siguiente manera (Ab-Rahman et al., 2022):

$$\text{Ancho de Banda (bps)} = \frac{\text{Cantidad de Datos Transmitidos (en bits)}}{\text{Tiempo (en segundos)}}$$

Ancho de Banda (en bits por segundo, bps) = Cantidad de Datos Transmitidos (en bits) / Tiempo (en segundos). En una red FTTH, la velocidad de transmisión del enlace es proporcionada por el proveedor de servicios de Internet (ISP) y es la velocidad máxima teórica que la conexión puede alcanzar. Los valores típicos de velocidad de transmisión en una red FTTH varían según el plan de servicio contratado y las capacidades de la red, pero pueden incluir (Ab-Rahman et al., 2022):

- 100 Mbps: Planes de entrada o básicos en algunas áreas.
- 300 Mbps: Planes intermedios.
- 1 Gbps (1000 Mbps): Planes de alta velocidad comunes en redes FTTH.

- 10 Gbps: En algunas áreas avanzadas o para servicios empresariales.

Estos valores pueden variar según la región y el proveedor de servicios específico. Algunos proveedores de FTTH ofrecen planes de mayor velocidad, como 2 Gbps o incluso 10 Gbps, para empresas o usuarios con necesidades especiales. En cuanto a los estándares relacionados con las redes FTTH, algunos de los protocolos comunes utilizados incluyen (Ab-Rahman et al., 2022):

- GPON (Gigabit Passive Optical Network): Un estándar ampliamente utilizado para redes FTTH que proporciona velocidades de transmisión de datos de hasta 2.5 Gbps en la dirección descendente (del ISP al cliente) y hasta 1.25 Gbps en la dirección ascendente (del cliente al ISP).
- EPON (Ethernet Passive Optical Network): Otro estándar que utiliza tecnología Ethernet para ofrecer servicios de banda ancha en redes FTTH. Puede ofrecer velocidades de hasta 1 Gbps.
- XG-PON (10-Gigabit Passive Optical Network): Un estándar que permite velocidades de hasta 10 Gbps en la dirección descendente y 2.5 Gbps en la dirección ascendente.
- NG-PON2 (Next-Generation Passive Optical Network 2): Un estándar que ofrece velocidades aún más altas, de hasta 40 Gbps en la dirección descendente y 10 Gbps en la dirección ascendente.

### **2.2.9. Evaluación de la potencia de la red FTTH**

En el contexto de las redes FTTH (Fiber to the Home), el uso de herramientas de medición como el Power Meter (medidor de potencia) y el OTDR (Reflectómetro Óptico en el Dominio del Tiempo) es fundamental para la evaluación y el mantenimiento de la infraestructura de fibra óptica. Estos instrumentos son esenciales para garantizar que la red funcione a su máxima eficiencia y cumpla con las normativas y estándares técnicos relevantes (Alkhajeh, 2022).

El Power Meter es un dispositivo que mide la potencia de la señal de luz que se transmite a través de la fibra óptica. En una red FTTH, es crucial que la señal

óptica mantenga un nivel de potencia óptimo en cada punto de terminación para garantizar una transmisión de datos eficiente y confiable. El medidor de potencia se utiliza tanto en la fase de instalación como en el mantenimiento de la red para verificar que los niveles de potencia se encuentren dentro de los parámetros especificados. La medición de la potencia óptica permite identificar pérdidas en la red, que pueden ser causadas por empalmes defectuosos, conectores sucios o dañados, o curvaturas excesivas en la fibra (Alkhajeh, 2022).

El OTDR, por su parte, es una herramienta más sofisticada que proporciona un perfil de la fibra óptica a lo largo de su longitud. Funciona emitiendo pulsos de luz en la fibra y analizando el patrón de luz reflejada o dispersada hacia atrás. El OTDR es invaluable para localizar fallas, identificar empalmes y conectores, y medir la atenuación a lo largo de la fibra. Este dispositivo es particularmente útil para diagnosticar problemas en la red, ya que puede determinar la ubicación exacta de las irregularidades o fallas, lo que facilita las reparaciones dirigidas y reduce el tiempo de inactividad de la red (Alkhajeh, 2022).

28 La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo internacional que establece las recomendaciones técnicas para las redes ópticas pasivas (PON), un componente esencial en las implementaciones de redes FTTH. La UIT ha definido una serie de estándares para las diferentes generaciones de PON, incluyendo la G.984 para GPON, la G.987 para XG-PON, la G.989 para NG-PON2 y la G.9807 para XGS-PON. Estos estándares abarcan los aspectos físicos, ópticos y de protocolo de las redes, así como los requisitos de calidad de servicio, seguridad y gestión. Además, se establecen métodos de prueba y criterios de aceptación para componentes y sistemas ópticos, destacando el uso del OTDR y el Power Meter como herramientas de medición claves, como se observa en normativas como la G.650, la G.671 y series más específicas como la G.983.3, la G.984.2, la G.987.2, la G.989.2 y la G.9807.2, todas detallando parámetros como potencia óptica, sensibilidad, sobrecarga, diafonía y rango dinámico (Sugumaran et al., 2022).

Paralelamente, el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) ha establecido normas para redes FTTH que emplean Ethernet PON (EPON),

utilizando el protocolo Ethernet en la transmisión de datos. Entre estas normas se encuentran las 802.3ah para EPON, las 802.3av para 10G-EPON y las 802.3ca para 100G-EPON, que especifican las características técnicas y funcionales, así como los mecanismos de control de acceso y sincronización necesarios para el rendimiento óptimo de las redes. Estas normas también proponen métodos de prueba y criterios de aceptación para los componentes y sistemas ópticos, reafirmando la importancia de instrumentos como el OTDR y el Power Meter en la medición y evaluación de las redes, tal como se detalla en normativas como la 802.3-2018, la 802.3av-2009 y la 802.3ca-2020, que cubren los mismos parámetros esenciales mencionados en las normativas de la UIT (Sugumaran et al., 2022).

Los parámetros de un Power Meter varían según el modelo y la aplicación, pero típicamente, estos instrumentos pueden medir un rango que va desde -70 dBm para señales muy débiles, hasta +10 dBm para señales muy fuertes. La longitud de onda de medición sobre la que el Power Meter puede operar también varía, pero comúnmente cubre las bandas de uso en telecomunicaciones que rondan los 850 nm para multimodo, y 1310 nm, 1490 nm, y 1550 nm para monomodo, que son las longitudes de onda estándar utilizadas en las redes de fibra óptica. El dispositivo permite a los técnicos verificar y asegurarse de que la potencia de la señal óptica esté dentro de los niveles adecuados para un funcionamiento óptimo de la red, identificando posibles problemas como atenuaciones excesivas o fallas en las conexiones (Alkhajeh, 2022).

Los rangos de medición de un OTDR pueden variar ampliamente, pero generalmente son capaces de medir longitudes de fibra desde unos pocos metros hasta más de 150 kilómetros, dependiendo del modelo y de las condiciones de la prueba. Los OTDRs operan emitiendo pulsos de luz en longitudes de onda específicas, comúnmente en los rangos de 1310 nm, 1550 nm y, en algunos casos, 1625 nm o 1650 nm para redes de fibra óptica monomodo, y alrededor de 850 nm para redes multimodo. La unidad registra el tiempo y la intensidad de la luz reflejada o dispersada hacia atrás, lo que permite calcular y localizar la atenuación y las reflexiones a lo largo de la fibra, así como identificar y mapear empalmes, conectores, curvaturas y rupturas, proporcionando así una imagen detallada de la integridad de la fibra óptica (Alkhajeh, 2022).

La elección del equipo adecuado depende de las características específicas de la red FTTH, incluyendo la longitud de la fibra, el número y tipo de empalmes y conectores, y el nivel de detalle requerido para las mediciones (Sugumaran et al., 2022).

### **2.2.10. Pruebas de velocidad en una red FTTH**

Las pruebas de velocidad en redes FTTH (Fiber to the Home) son esenciales para evaluar la eficiencia y el rendimiento de la red, proporcionando una medida cuantitativa de la rapidez con la que los datos se transmiten y se reciben a través de la infraestructura de fibra óptica. Estas pruebas son fundamentales tanto para los proveedores de servicios como para los usuarios finales, ya que garantizan que la red esté funcionando según las expectativas y cumpla con las especificaciones contractuales y los estándares de la industria (Al Romaiti et al., 2020).

Una prueba de velocidad típica en una red FTTH mide varios parámetros: la velocidad de descarga (cómo de rápido se reciben los datos del Internet al usuario), la velocidad de carga (cómo de rápido se envían los datos desde el usuario al Internet), y la latencia (el tiempo que tarda un paquete de datos en viajar desde el origen hasta el destino y viceversa). Estos parámetros son indicativos del rendimiento de la red y son críticos para aplicaciones que requieren alta banda ancha y baja latencia, como videoconferencias, streaming de video en alta definición y juegos en línea, en estos últimos es aceptable una latencia de 10ms (Al Romaiti et al., 2020).

Para realizar una prueba de velocidad, se utiliza software especializado que envía y recibe paquetes de datos entre el dispositivo del usuario y un servidor. Estos paquetes son monitoreados para calcular la velocidad de transferencia y la latencia. Es importante que estas pruebas se realicen bajo condiciones controladas para evitar interferencias que puedan afectar los resultados, como el uso simultáneo de la red por otros dispositivos o aplicaciones en ejecución en el dispositivo que realiza la prueba (Al Romaiti et al., 2020).

Desde el punto de vista normativo y técnico, las pruebas de velocidad en las redes FTTH deben adherirse a ciertos estándares y prácticas recomendadas para

garantizar su precisión y fiabilidad. Organismos como <sup>5</sup> la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) proporcionan directrices sobre cómo realizar estas pruebas. Además, los proveedores de servicios suelen establecer sus propios estándares y procedimientos para garantizar que las pruebas reflejen el rendimiento real de la red bajo las condiciones típicas de uso (Alkhajeh, 2022).

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha establecido normativas como la ITU-T G.114, que se enfoca en los objetivos de calidad de transmisión para conexiones internacionales, poniendo énfasis en el tiempo de transmisión unidireccional y recomendando que no exceda los 150 milisegundos para no afectar la calidad de la comunicación. Además, la ITU-T G.1028 ofrece orientación para evaluar la calidad de transmisión de señales vocales que no se ajustan al modelo E, proponiendo métodos alternativos para valorar la calidad en casos como señales de síntesis o codificadas a baja tasa, mediante pruebas subjetivas y métricas objetivas (Alkhajeh, 2022). Estos estándares son los siguientes:

- G.987: También conocido como XG-PON (10-Gigabit Passive Optical Network), este estándar de la ITU se refiere a redes de fibra óptica de próxima generación que ofrecen velocidades de hasta 10 Gbps en la dirección descendente (del proveedor al cliente).
- G.988: Define el estándar para la interfaz de administración OMCI (ONT Management and Control Interface) en redes GPON (Gigabit Passive Optical Network).
- G.989: Se refiere a redes NG-PON2 (Next-Generation Passive Optical Network 2), que pueden proporcionar velocidades de hasta 40 Gbps en la dirección descendente.
- Estos estándares de la ITU especifican las características y las capacidades de las redes FTTH, incluyendo las velocidades máximas de transmisión.

Por otro lado, la IEEE se concentra en la definición de estándares para redes tanto cableadas como inalámbricas con su serie 802.3 y 802.11 respectivamente.

El estándar IEEE 802.3 detalla las especificaciones para redes Ethernet de diversas velocidades, incluyendo pruebas para asegurar la conformidad con los estándares de rendimiento y compatibilidad. En paralelo, el IEEE 802.11 estandariza las redes WLAN (Wi-Fi), cubriendo las múltiples evoluciones de esta tecnología y estableciendo también pruebas de rendimiento y compatibilidad para dispositivos Wi-Fi, asegurando así la interoperabilidad y la eficiencia en la comunicación de datos inalámbrica (Alkhajeh, 2022). Estos estándares son los siguientes:

- IEEE 802.3ah: También conocido como Ethernet en el Primer Kilómetro (EPON), es un estándar que define el acceso Ethernet a través de redes de fibra óptica. Proporciona especificaciones para medir y gestionar la velocidad y el rendimiento de las redes FTTH basadas en Ethernet.
- IEEE 802.3av: Este estándar, conocido como Ethernet Passive Optical Network (EPON) OAM, se centra en las capacidades de administración y supervisión de las redes EPON, lo que incluye mediciones de rendimiento y calidad de servicio.

Las pruebas de velocidad no solo reflejan la capacidad de la red FTTH, sino también la influencia de otros factores como el equipo terminal del usuario (como routers y módems), la configuración de la red doméstica, y la capacidad y configuración de los servidores remotos utilizados en la prueba. Por lo tanto, una evaluación completa del rendimiento de una red FTTH a menudo requiere una combinación de pruebas de velocidad, junto con otras herramientas y técnicas de diagnóstico, para identificar con precisión los cuellos de botella y los problemas de rendimiento (Alkhajeh, 2022).

Respecto a la velocidad rango, para las redes GPON (Gigabit Passive Optical Network), que son comunes en las implementaciones de FTTH, las velocidades estándar suelen ser de hasta 2.5 Gbps (gigabits por segundo) en sentido descendente (downstream) y 1.25 Gbps en sentido ascendente (upstream), compartidos entre todos los usuarios conectados al mismo segmento de fibra. Con la introducción de tecnologías más avanzadas como XG-PON (10 Gbps downstream, 2.5 Gbps upstream), XGS-PON (simétricos 10 Gbps) y NG-PON2



(capaz de ofrecer hasta 40 Gbps downstream y 10 Gbps upstream), el rango de velocidades aumenta considerablemente. La velocidad a la que un usuario individual puede acceder también dependerá de la política de asignación de ancho de banda del proveedor, que puede variar en función de la demanda de la red y los servicios contratados por el usuario (Alkhajeh, 2022).

### **2.2.11. Instalación de infraestructura**

La instalación de infraestructura de una red FTTH (*Fiber to the Home*) implica una serie de procesos técnicos tanto en planta externa como interna, cada uno con sus especificaciones y normativas. En la planta externa, el proceso comienza con el diseño de la red, que incluye la planificación de la ruta de la fibra, la ubicación de los puntos de distribución y las terminaciones. La selección de la ruta de la fibra es crítica y debe tener en cuenta factores como la topología del terreno, la accesibilidad y la existencia de infraestructuras previas. Una vez planificada la ruta, se procede a la instalación de la fibra óptica, que puede ser subterránea o aérea.

La instalación de FTTH comienza con el diseño de la red en planta externa, donde se mapea y planifica la ruta de la fibra óptica, seguido del tendido del cable, ya sea aéreo o subterráneo, y los necesarios empalmes de fibra realizados con equipos especializados para asegurar conexiones sin defectos, todo ello verificado mediante pruebas con herramientas como el OTDR. Posteriormente, en planta interna, se define el punto de entrada de la fibra al edificio, se ejecuta el cableado hasta las unidades respectivas, se instalan las terminaciones ópticas adecuadas, y se concluye con la configuración del ONT y las pruebas finales de velocidad y calidad de servicio, asegurando el cumplimiento de los estándares técnicos y la satisfacción del usuario final.

La instalación subterránea requiere la excavación de zanjas y la colocación de conductos, mientras que la instalación aérea utiliza postes existentes o nuevos para soportar la fibra. Durante la instalación, se deben seguir las normativas locales y nacionales relativas a la construcción y la seguridad, así como las mejores prácticas de la industria para asegurar la protección y la durabilidad de la fibra. (Al Romaiti et al., 2020) El Decreto Supremo N° 005-2021-MTC de una normativa

nacional establece directrices clave para la seguridad en la instalación y operación de redes FTTH. Exige que los operadores de telecomunicaciones desarrollen y mantengan planes de seguridad y salud ocupacional, además de planes de contingencia y emergencia, para mitigar los riesgos asociados con su infraestructura. Además, deben adherirse a normativas técnicas nacionales e internacionales, incluyendo las ambientales y urbanísticas, y respetar las servidumbres, derechos de propiedad y de posesión. La normativa también enfatiza la importancia de la coordinación con autoridades y otros propietarios para el uso compartido de infraestructuras, y obliga a los operadores a señalar adecuadamente sus instalaciones y a informar a las autoridades y al público sobre la ubicación y características de su infraestructura de telecomunicaciones (*Decreto Supremo N° 005-2021-MTC*).

Una vez que la fibra llega a las proximidades de los edificios o residencias de los usuarios, comienza el trabajo en la planta interna. Aquí, la fibra se extiende desde un punto de terminación externo, como una caja de empalmes en cámara o un poste cercano, hasta el interior del edificio. En edificios de varios pisos, esto implica a menudo llevar la fibra hasta una sala de telecomunicaciones central desde donde se distribuirá a las unidades individuales. La instalación interna debe ser cuidadosamente planificada para minimizar la interrupción y el impacto visual, utilizando canaletas o tuberías y asegurando que la fibra no sufra curvaturas excesivas que puedan dañarla o disminuir su eficiencia (Alkhajeh, 2022).

En ambos casos, planta externa e interna, la instalación debe realizarse de acuerdo con los estándares de la industria, como los establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Estos estándares cubren aspectos como la calidad del cable de fibra óptica, las prácticas de empalme, la gestión de la fibra y las pruebas de rendimiento. En cuanto a los estándares de la industria de telecomunicaciones, organizaciones como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) establecen estándares técnicos cruciales. Por ejemplo, las Recomendaciones de la serie G de la ITU-T proporcionan directrices detalladas para las redes de fibra óptica, incluyendo especificaciones para cables, empalmes, terminaciones y pruebas de rendimiento.

Los estándares del IEEE, por su parte, abordan aspectos como la interoperabilidad de equipos y la eficiencia en la transmisión de datos (Alkhajeh, 2022).

Los mecanismos de seguridad en la instalación de redes FTTH están regulados por normativas de la IEEE y la ITU, como el IEEE 802.3 y el ITU-T G.984. El estándar IEEE 802.3, aplicable a redes Ethernet, establece especificaciones técnicas y de seguridad para la transmisión de datos, incluyendo la definición de niveles de potencia óptica seguros, mecanismos de autenticación y cifrado, y procedimientos de gestión y supervisión de la red, utilizando protocolos como IEEE 802.1X, 802.1AE y 802.1AR para garantizar la seguridad de los datos. Por otro lado, la Recomendación ITU-T G.984, dirigida a redes GPON, abarca aspectos técnicos y de seguridad para redes de acceso óptico pasivo, estableciendo límites de potencia óptica y mecanismos de seguridad como autenticación, cifrado y control de acceso a través de protocolos como AES, OMCI y GEM, además de definir procedimientos para la gestión y supervisión de la red mediante protocolos como OMCI, OAM y PLOAM, asegurando así el correcto funcionamiento y la protección de la red y sus usuarios (Alkhajeh, 2022).

Las normativas de calidad de servicio son también importantes, estableciendo los niveles mínimos de calidad que los proveedores de servicios FTTH deben cumplir. Estos incluyen parámetros como velocidades mínimas de internet, fiabilidad de la conexión y tiempos de respuesta para el mantenimiento y la reparación de fallas. Aspectos ambientales también entran en juego, especialmente en regiones donde el impacto ambiental de la instalación de redes de telecomunicaciones es una preocupación. Esto puede abarcar la protección de áreas sensibles, minimización de la perturbación del suelo y gestión de residuos durante la construcción (Alkhajeh, 2022).

Los niveles mínimos de calidad en la instalación de una red FTTH están definidos por normativas de la IEEE y la ITU, como el IEEE 802.3 y el ITU-T G.984, que aseguran el correcto funcionamiento y la satisfacción del usuario. El IEEE 802.3 establece especificaciones para redes Ethernet, incluyendo parámetros técnicos como longitud de onda, potencia óptica, y calidad de los componentes pasivos de la red, además de definir los parámetros de calidad de servicio como

ancho de banda y tasa de error de bit. Por su parte, la ITU-T G.984, centrada en redes GPON, establece criterios similares para garantizar la calidad de la señal óptica y la transmisión eficiente, abarcando desde los rangos de potencia óptica y sensibilidad hasta la uniformidad y directividad de componentes pasivos, así como parámetros de calidad de servicio para los dispositivos y enlaces GPON, asegurando así la integridad y eficiencia en la transmisión de datos y la satisfacción global de los usuarios de la red (Alkhajeh, 2022).

### 2.3. Definición de términos básicos

**MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones):** Entidad gubernamental encargada de la regulación y supervisión del transporte y las comunicaciones en un país específico (González, 2019).

**GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network):** Red óptica pasiva con capacidad de gigabit que permite la transmisión de datos a altas velocidades utilizando fibra óptica y componentes que no requieren energía eléctrica para operar (De Graef, 2020).

**ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones - Telecommunication Standardization Sector):** Organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular y estandarizar las tecnologías de información y comunicación a nivel internacional (De Graef, 2020).

**OLT (Optical Line Termination):** Dispositivo ubicado en el proveedor de servicios, específicamente en el nodo que es el lugar donde inicia una red óptica y se conecta al ODN (Optical Distribution Network) (De Graef, 2020).

**ONU (Optical Network Unit):** Dispositivo utilizado en redes ópticas pasivas que convierte las señales ópticas de la red en señales eléctricas para ser utilizadas por los dispositivos finales del usuario (De Graef, 2020).

**ONT (Optical Network Termination):** Unidad de terminación de red óptica que se encuentra en las instalaciones del cliente y realiza funciones similares a la ONU (De Graef, 2020).

**OSIPTEL** (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones): Entidad reguladora que supervisa y regula el mercado de las telecomunicaciones en determinados países para garantizar un servicio adecuado y justo (Quiroz, 2023).

**Mufa:** Es la denominación para la caja de empalme, que es un dispositivo utilizado para conectar segmentos de fibra óptica mediante fusiones de hilos de fibra óptica (De Graef, 2020).

**Caja Nap (Network Access Point):** Dispositivos para distribuir la señal en redes, permitiendo la transición entre la red óptica de alimentación y la red de bajada del usuario. Incluyen funciones como multiplexación y demultiplexación de señales y alojamiento de splitters (De Graef, 2020).

**13 Latencia:** La latencia es el tiempo que tarda en transmitirse un paquete de datos dentro de la red. Es decir, el tiempo desde que se realiza una solicitud hasta que se recibe la respuesta del servidor (De Graef, 2020).

**Splitter:** En las redes FTTH (Fiber To The Home), también conocido como divisor óptico, es un componente clave que se utiliza para dividir una señal óptica en múltiples señales más débiles, permitiendo que una única fibra óptica sirva a varios usuarios finales. Este dispositivo es fundamental en la arquitectura de una red óptica pasiva (PON), ya que permite compartir una conexión de fibra entre varios hogares o edificios, reduciendo así el costo y la complejidad de la red (De Graef, 2020).

**Atenuación de la señal:** Se refiere a la pérdida gradual de intensidad de la señal a medida que se propaga a través de la fibra óptica. La atenuación puede ser causada por la absorción del material, la dispersión de Rayleigh, las imperfecciones en la fibra y las curvaturas o empalmes. Se mide en decibelios (dB) y afecta directamente la distancia sobre la cual la señal puede ser transmitida sin necesidad de regeneración o amplificación (De Graef, 2020).

**Dispersión:** Es la propagación de la señal de luz en componentes de diferentes frecuencias o longitudes de onda a lo largo de la fibra óptica, lo que puede causar que partes de la señal lleguen en diferentes momentos al receptor. Esto puede

distorsionar la señal recibida, especialmente en transmisiones de alta velocidad o a larga distancia. Hay varios tipos de dispersión, incluyendo la dispersión modal, la dispersión cromática y la dispersión por guía de onda (De Graef, 2020).

**Dispersión cromática:** La dispersión cromática en redes FTTH (Fiber To The Home) se refiere a un tipo de dispersión que ocurre cuando las diferentes longitudes de onda de la luz que compone una señal óptica se propagan a velocidades ligeramente distintas a través de la fibra óptica. Esto sucede porque el índice de refracción del material de la fibra varía con la frecuencia de la luz; un fenómeno conocido como dispersión material (De Graef, 2020).

**Reflexión:** En el contexto de la fibra óptica, la reflexión se refiere al fenómeno por el cual la luz incidente en la interfaz entre dos medios (como el núcleo y el revestimiento de la fibra) es devuelta al medio original. La reflexión total interna es un principio clave que permite que la luz se propague a lo largo de grandes distancias en la fibra óptica, manteniendo la señal confinada dentro del núcleo de la fibra (De Graef, 2020).

**Capacidad de la red:** Se refiere a la cantidad máxima de datos que pueden ser transmitidos a través de la red en un período de tiempo dado. En una red FTTH, la capacidad está influenciada por factores como el ancho de banda de la fibra óptica, la eficiencia de los equipos de transmisión y recepción, y las técnicas de multiplexación empleadas. Con la tecnología actual, las redes FTTH pueden ofrecer velocidades de gigabits por segundo, lo que las hace adecuadas para aplicaciones de alta demanda de ancho de banda como video en *streaming*, juegos en línea y teletrabajo (De Graef, 2020).

**Capex:** Es la abreviatura de “*capital expenditure*” significa gasto de capital y se refiere a los gastos que están relacionados con la adquisición de materiales, así como activos de capital (Bracken y Sterling, 2021).

**Opex:** es la abreviatura de “*operational expenditure*” significa gasto operativo y se refiere a los gastos que surgen en la operación y ejecución del proyecto de la red de acceso, así como mano de obra del personal (Bracken y Sterling, 2021).

## **1** CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

### **3.1. Determinación y Análisis del Problema**

El condominio Cumbres de la Molina se enfrentó a un problema crítico en la conectividad, específicamente a navegación en internet, la velocidad promedio de descarga está por debajo del promedio establecido por OSIPTEL. Previamente se disponía de una red HFC coaxial. Por estas razones, la demanda por obtener una red de acceso de banda ancha va en aumento, se decidió desplegar estructuras de red FTTH que sigan el estándar GPON, ya que es una tecnología de despliegue de red pasiva que nos permite reducir la inversión en CAPEX, brinda simetría en carga y descarga, así como mayor eficiencia en la conectividad en la web. Por lo tanto, de esta manera se trata de brindar servicios de internet, tv digital y telefonía fija de mayor calidad.

### **3.2. Modelo de solución propuesto**

Para el modelo de solución se implementó una red de acceso FTTH con estándar GPON para brindar servicio de internet banda ancha al condominio, ya que este tipo de redes ofrece un alto beneficio en la conectividad y simetría en la navegación en internet.

#### **3.2.1. Diseño**

El diseño de esta nueva red de acceso a internet consistió en validar la ruta externa desde el punto de subtruncal WIN, verificación de rutas internas en el condominio y calcular la distribución de cajas nap según la cantidad de hogares en cada torre.

##### **3.2.1.1 Diseño de planta externa**

En la planta externa se realizó la validación de infraestructura para el tendido externo de cable óptico, donde se encontraron postes de concesionaria eléctrica LUZ DEL SUR, de los cuales se tomaron 19 postes de concreto que se encuentran en buen estado, posterior a ello se define la ruta proyectada del recorrido del cable óptico, el cual se representa la figura 11.

Para realizar la distribución de hilos hacia cada torre se instalan 3 mufas de empalme, así tener una distribución ordenada de cables ópticos hacia las torres, por lo que se proyectó 1 mufa externa en el poste 18 y 2 mufas internas, la primera en el sótano de la torre 1, la segunda en el sótano de la torre 3. Así como se representa en la figura 12.

En la figura 11 se ilustra la ruta externa del tendido de cable óptico de 24 hilos en postes de concesionaria eléctrica, utilizando el software Google Earth.

**Figura 11**

*Despliegue de cable de fibra óptica 24 hilos*



*Nota. Elaboración propia*



En la figura 12 se ilustra la ruta externa proyectada del tendido de cable óptico 12 hilos en postes de concesionaria eléctrica, así como las rutas de acceso de manera subterránea hacia el condominio y la proyección de 2 mufas punto cero en el sótano de la torre 1 y torre 3 utilizando el software Google Earth.

**Figura 12**

*Tendido de cable de fibra óptica de 12 hilos y proyección de mufas de empalme*



*Nota. Elaboración propia 2023*

### 3.3.1.2 Diseño de planta interna

En la planta interna (PINT) se realizó una validación visual con el objetivo de examinar el acceso de cables ópticos hacia el predio, verificando el recorrido por los ductos, buzones y/o bandejas existentes que comunican con los montantes de comunicaciones. También se validó los pisos y montantes donde se instalarán las cajas de terminación óptica (NAP) en cada torre para tener una mejor accesibilidad hacia los abonados.

La información recopilada de la cantidad de hogares en el condominio fue de 368 que están distribuidas en 4 torres con 1 montante de telecomunicaciones cada una, donde se proyecta una habilitación del 80% en cada torre.

**Porcentaje de penetración de hogares** (análisis por línea montante de comunicación).

El porcentaje establecido de penetración a hogares por WIN es al 80% si en un edificio se encuentra menos de 100 HP (hogares pasados) y del 60% si en el edificio se encuentra mayor a 100 HP. Según esas especificaciones la proyección de puertos activos en el condominio calculamos con la fórmula 3 y 4, con ello la distribución final de cajas NAPs quedó como se detalla en la tabla 3.

En la torre 1 se validó 80 hogares y los puertos proyectados para activarse al 80% son de 64, dicha cantidad será cubierta por 8 cajas naps. En la torre 2 se validó 96 hogares y los puertos proyectados para activarse al 80% son de 76.8, dicha cantidad será cubierta por 9.6 cajas naps el cual se redondea al múltiplo superior que sería de 10 cajas naps y así sucesivamente para las torres 3 y 4, en la tabla 3 se describe el número de puertos proyectados para activación de las 4 torres.

$$80 \text{ HP} \times 80\% = 64 \text{ HP} \quad (3)$$

$$\frac{64}{8} = 8 \text{ NAPS} \quad (4)$$

**Tabla 3**

*Proyección de cajas naps en el condominio respecto a la cantidad de hogares por torre*

|         | HOGARES | PUERTOS |      |                   |
|---------|---------|---------|------|-------------------|
|         |         | AL 80 % | NAPS | MULTIPLO SUPERIOR |
| TORRE 1 | 80      | 64      | 8    | 8                 |
| TORRE 2 | 96      | 76.8    | 9.6  | 10                |
| TORRE 3 | 96      | 76.8    | 9.6  | 10                |
| TORRE 4 | 96      | 76.8    | 9.6  | 10                |

*Nota. Elaboración propia*

En el momento de la validación, se contó con la colaboración del administrador del condominio para la cantidad de hogares por torre y con el personal técnico de mantenimiento para la validación de bandejas de comunicaciones, montantes y cajas de paso del condominio, donde se verificaron la disponibilidad de espacio para la instalación de los equipos de WIN.

### **3.2.2. Elaboración de planos CAD y cuadro de empalmes**

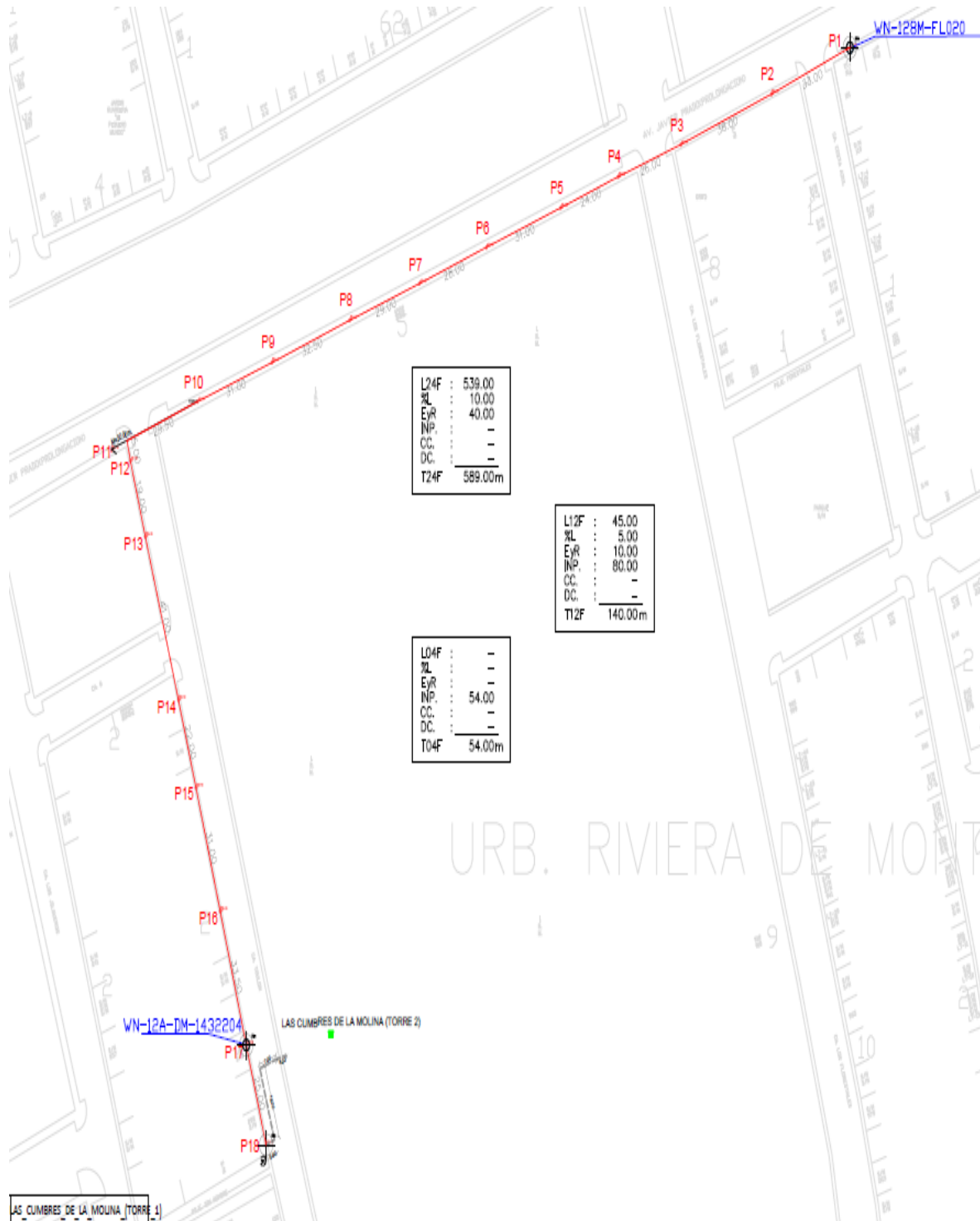
En esta etapa se realizaron los planos de las rutas proyectadas para el tendido externo, tendido interno, obras civiles, ubicación de cajas naps en cada torre y el cuadro de empalme para la fusión de hilos de fibra óptica desde el nodo Flamengos que se encuentra en el distrito de Santa Anita hasta el condominio Cumbres de la Molina.

#### **3.2.2.1 Plano de planta externa**

En la figura 13 se ilustra el plano del tendido externo proyectado con cable de fibra óptica de 24 hilos por postes de concesionaria eléctrica LUZ DEL SUR, en la ruta se validó postes de 9 metros en la avenida Javier Prado y postes de 7 metros en la calle Toulon, el despliegue de acometida de 24 hilos inicia desde la mufa existente con rótulo WN-128H-FL020 hasta el poste 18 donde se proyecta una mufa de distribución externa WN-12A-DM-1432204.

**Figura 13**

*Tendido externo de cable de fibra óptica 24 hilos*



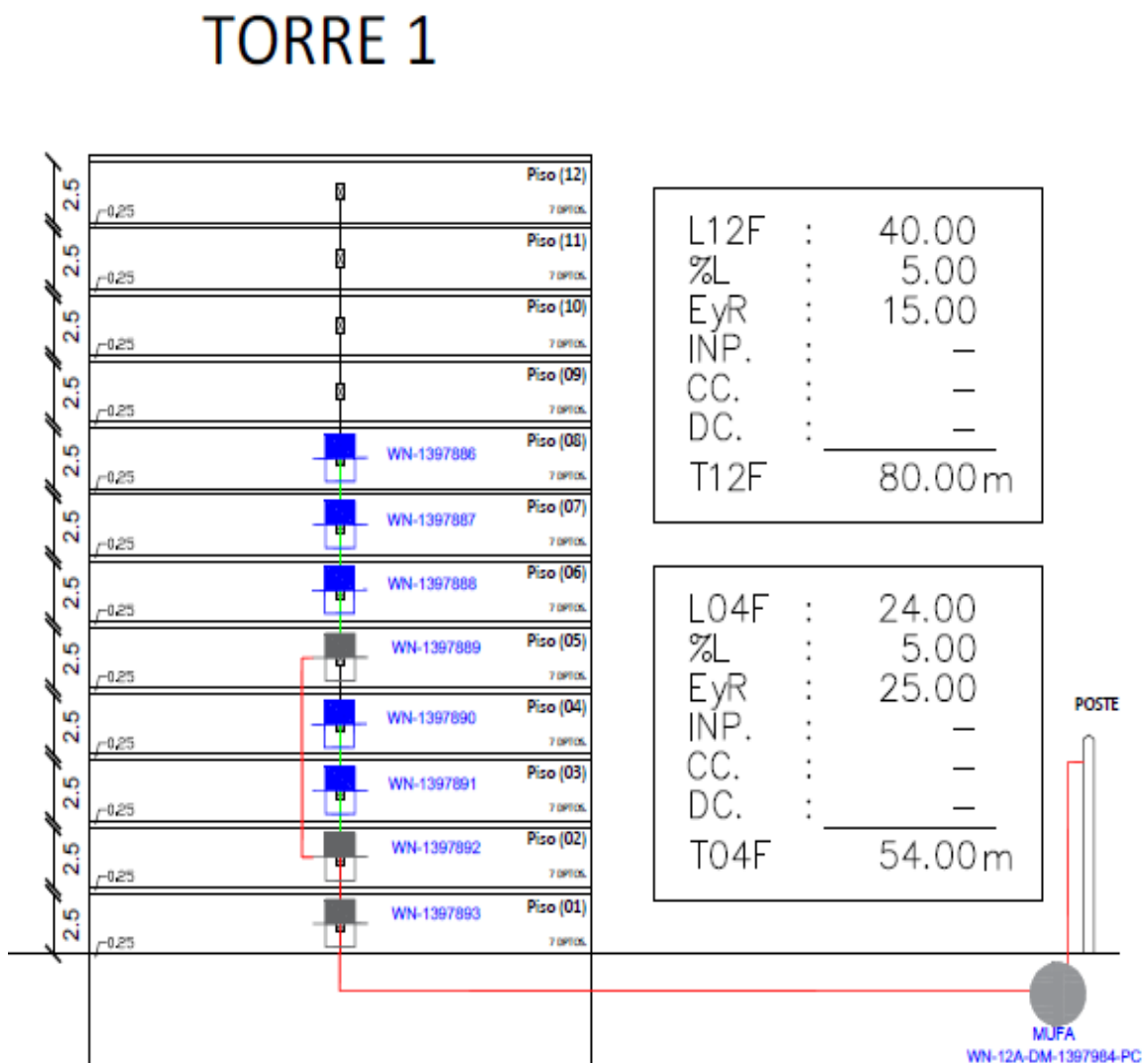
*Nota. Recuperado de Winet Telecom*

### 3.2.2.2 Plano de planta interna

En la figura 14 se representa el plano de la distribución de cajas nap, tendido interno de cable de fibra óptica de 12 hilos (80 metros), cable drop de 04 hilos (54 metros) entre las cajas Nap de la torre 1. También se representan las 8 cajas NAPs que se proyectaron, en las cajas grises de los pisos 1, 2 y 5 se proyectan las cajas nap ploma y en las azules de los pisos 3, 4, 6, 7 y 8 se proyectan cajas nap blancas.

**Figura 14**

*Plano de distribución de cajas nap en la torre 1*

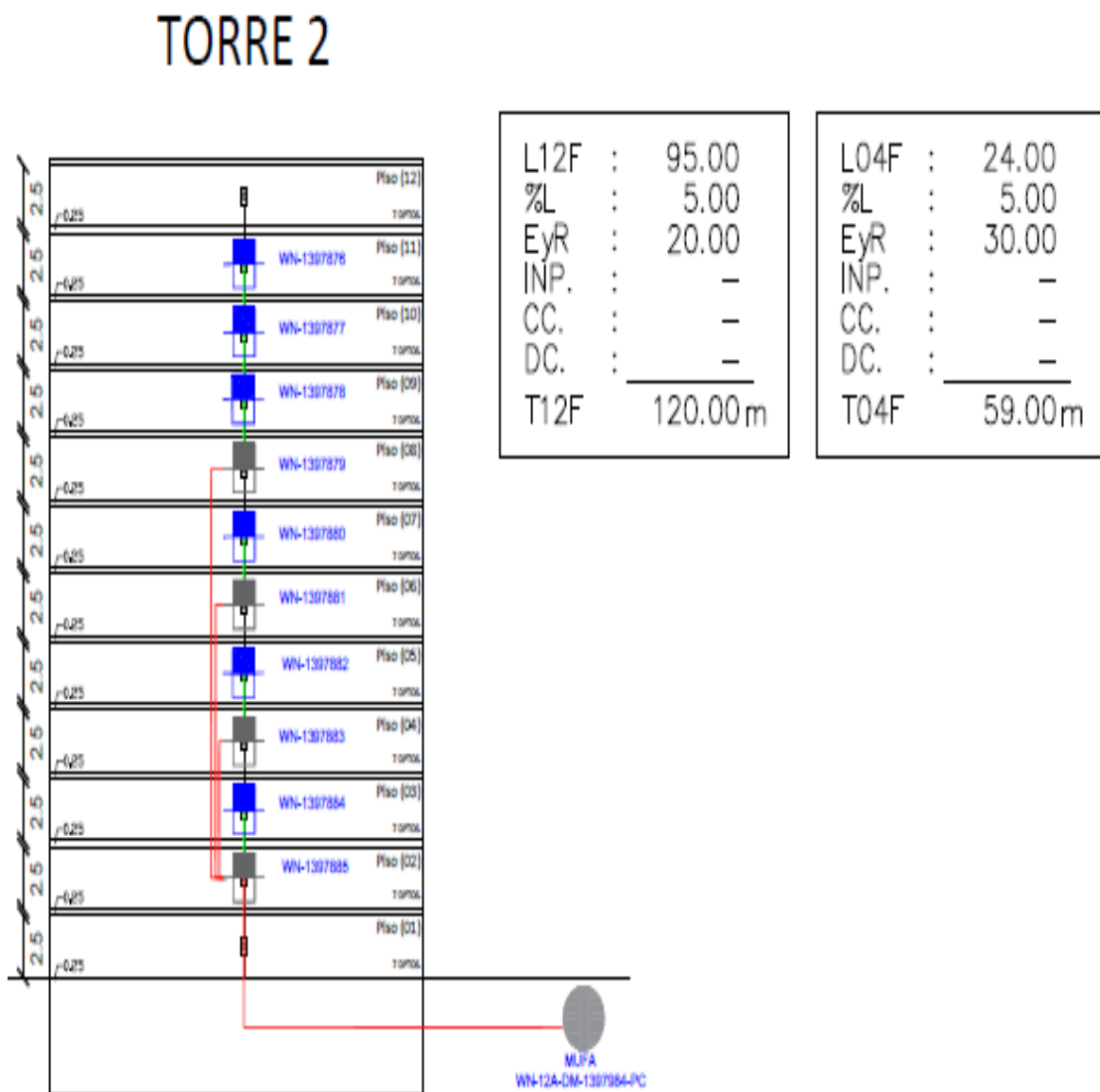


*Nota. Recuperado de Winet Telecom*

En la figura 15 se representa el plano de la distribución de cajas nap, tendido interno de cable de fibra óptica 12 hilos (120 metros) y cable drop de 04 hilos (59 metros) entre las cajas nap de la torre 2. También se representa las 12 cajas NAPs que se proyectaron, en las cajas grises de los pisos 2, 4, 6 y 8 se proyectan las cajas nap ploma y en las azules de los pisos 3, 5, 7, 9, 10 y 11 se proyectan cajas nap blancas.

**Figura 15**

*Plano de distribución de cajas nap en la torre 2*

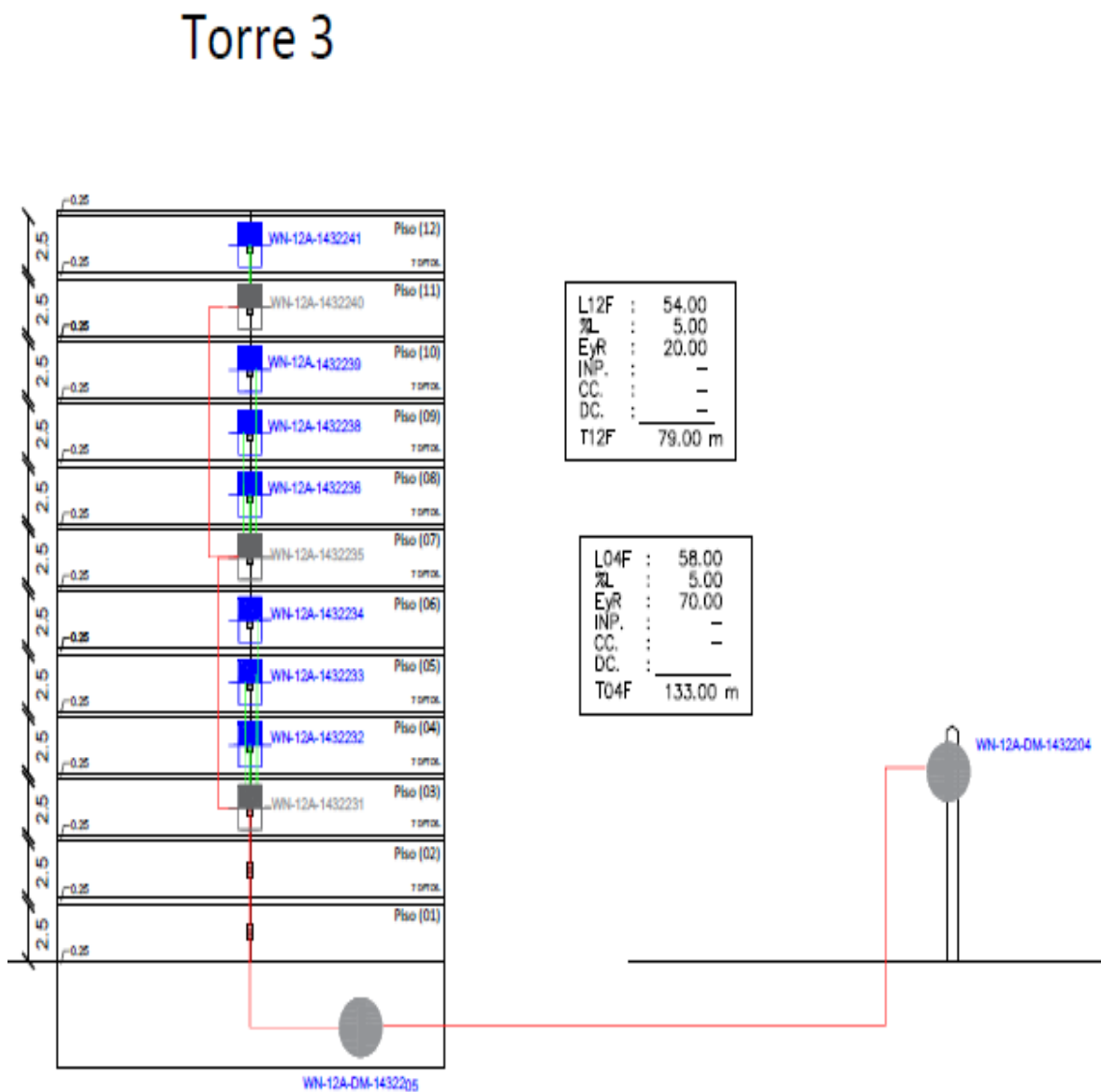


*Nota. Recuperado de Winet Telecom*

En la figura 16 se representa el plano de la distribución de cajas nap, tendido interno de cable de fibra óptica 12 hilos (133 metros) y cable drop de 04 hilos (79 metros) entre las cajas nap de la torre 3. También se representa las 12 cajas NAPs que se proyectaron, en las cajas grises de los pisos 3, 7 y 11 se proyectan las cajas nap ploma y en las azules de los pisos 3, 7 y 11 se proyectan las cajas nap ploma y en las azules de los pisos 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12 se proyectan cajas nap Dixon ya que la torre tiene saturación con cables antiguos.

**Figura 16**

*Plano de distribución de cajas nap en la torre 3*

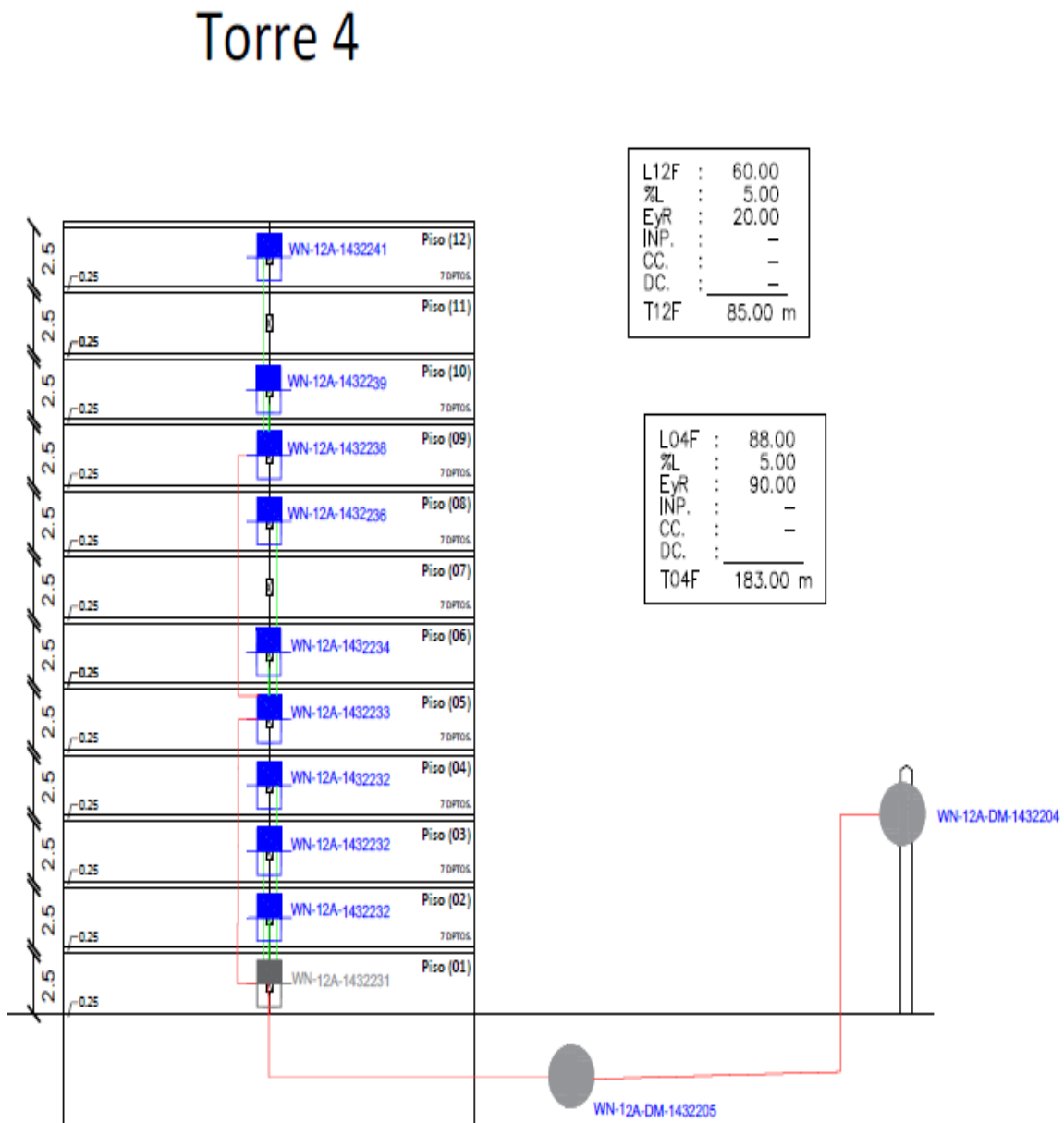


*Nota. Recuperado de Winet Telecom*

En la figura 17 se representa el plano de la distribución de cajas nap, tendido interno de cable de fibra óptica 12 hilos (85 metros) y cable drop de 04 hilos (183 metros) entre las cajas nap de la torre 3. También se representa las 12 cajas NAPs que se proyectaron, en la caja grises del piso 1 se proyectan las cajas nap ploma y en las azules de los pisos 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12 se proyectan cajas nap Dixon.

**Figura 17**

*Plano de distribución de cajas nap en la torre 4.*



*Nota. Recuperado de Winet Telecom*



### 3.2.2.3 Cuadro de empalmes

En la Figura 18 se representa los puertos asignados (90 al 94) del ODF en el nodo Flamengos y la ruta de mufas hacia el condominio hasta la mufa externa proyectada que es el punto de distribución hacia cada mufa en el sótano, revisar anexo 10.

**Figura 18**

*Representación del cuadro de empalmes*

|                           |      |       |         |     |                            |     |     |           |
|---------------------------|------|-------|---------|-----|----------------------------|-----|-----|-----------|
| WN-128M-FL006             |      |       |         | 48H | WN-128M-FL013              |     |     |           |
| -12.06235, -76.95109      |      |       |         |     | -12.06542, -76.94992       |     |     |           |
| NODO FLAMENOS             | FO A | 48H   | PASIVO  |     | CONDOMINIO                 | 48H | 48H | SPLITER   |
| ODF COD 15024             | 90   | 42    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 42  | 42  |           |
| ODF COD 15024             | 91   | 43    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 43  | 43  |           |
| ODF COD 15024             | 92   | 44    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 44  | 44  |           |
| ODF COD 15024             | 93   | 45    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 45  | 45  |           |
| ODF COD 15024             | 94   | 46    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 46  | 46  |           |
| WN-128M-FL014             |      |       |         | 48H | WN-128M-FL022              |     |     |           |
| -12.06764, -76.94882      |      |       |         |     | -12.06863749, -76.94733366 |     |     |           |
| CONDOMINIO                | 48H  | 48H   | SPLITER |     | CONDOMINIO                 | 48H | 48H | SPLITER   |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 42   | 20    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 20  | 25  |           |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 43   | 21    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 21  | 26  |           |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 44   | 22    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 22  | 27  |           |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 45   | 23    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 23  | 28  |           |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 46   | 24    |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 24  | 29  |           |
| WN-128M-FL020             |      |       |         | 24H | WN-12A-DM-1432204          |     |     |           |
| -12.0697112, -76.95066297 |      |       |         |     | MUFA PROJ. EXTERNA         |     |     |           |
| -12.0697112, -76.95066297 |      |       |         |     | -12.071706, -76.952555     |     |     |           |
| CONDOMINIO                | 48H  | 24H   | SPLITER |     | CONDOMINIO                 | 24H | 12H | SPLITER   |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 25   | 1     |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 1   | -   | SP 1X8    |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 26   | 2     |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 2   | 1   | 12H-T1-T2 |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 27   | 3     |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 3   | 2   | 12H-T3-T4 |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 28   | 4     |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 4   | 1   | 12H-T3-T4 |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 29   | 5     |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 5   | 2   | 12H-T3-T4 |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 29   | 5     |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 5   | 2   | 12H-T3-T4 |
| CUMBRES DE LA MOLINA      | 29   | 5     |         |     | CUMBRES DE LA MOLINA       | 5   | 2   | 12H-T3-T4 |
| SPLITTER 1                |      | 12H   | #####   | 12H | TENDIDO                    |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 1 | 3       | 3   | 12H - T1-T2                |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 2 | 4       | 4   | 12H - T1-T2                |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 3 | 3       | 3   | 12H - T3-T4                |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 4 | 4       | 4   | 12H - T3-T4                |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 5 | 5       | 5   | LIBRE                      |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 6 | 6       | 6   | LIBRE                      |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 7 | 7       | 7   | LIBRE                      |     |     |           |
| SPLITTER 1                |      | OUT 8 | 8       | 8   | LIBRE                      |     |     |           |

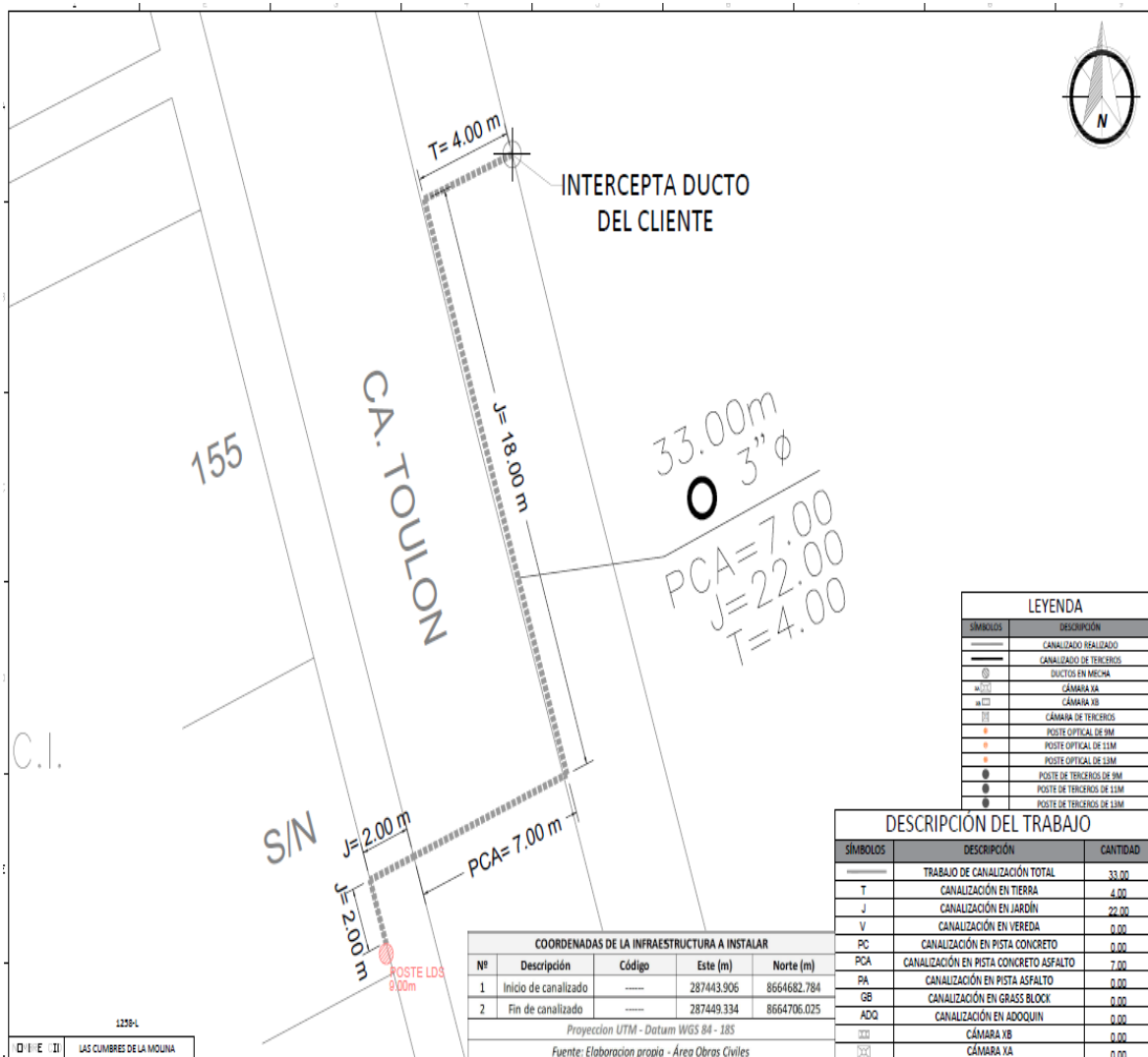
Nota. Adaptado de Winet Telecom

### 3.2.2.4 Plano de obras civiles

El condominio se dispone de ductos subterráneos de acceso para las torres 1 y 2, donde se proyectó un canalizado desde poste de luz del sur hasta interceptar mecha del edificio que se encuentra en el jardín. En la figura 19 se detalla el tipo de superficie a trabajar. El canalizado se proyecta 22 metros en jardín, 4 metros en tierra y 7 metros en pista concreto asfalto sumando un total de 33 metros de canalizado para las torres 1 y 2.

**Figura 19**

Plano de acceso subterráneo hacia las torres 1 y 2

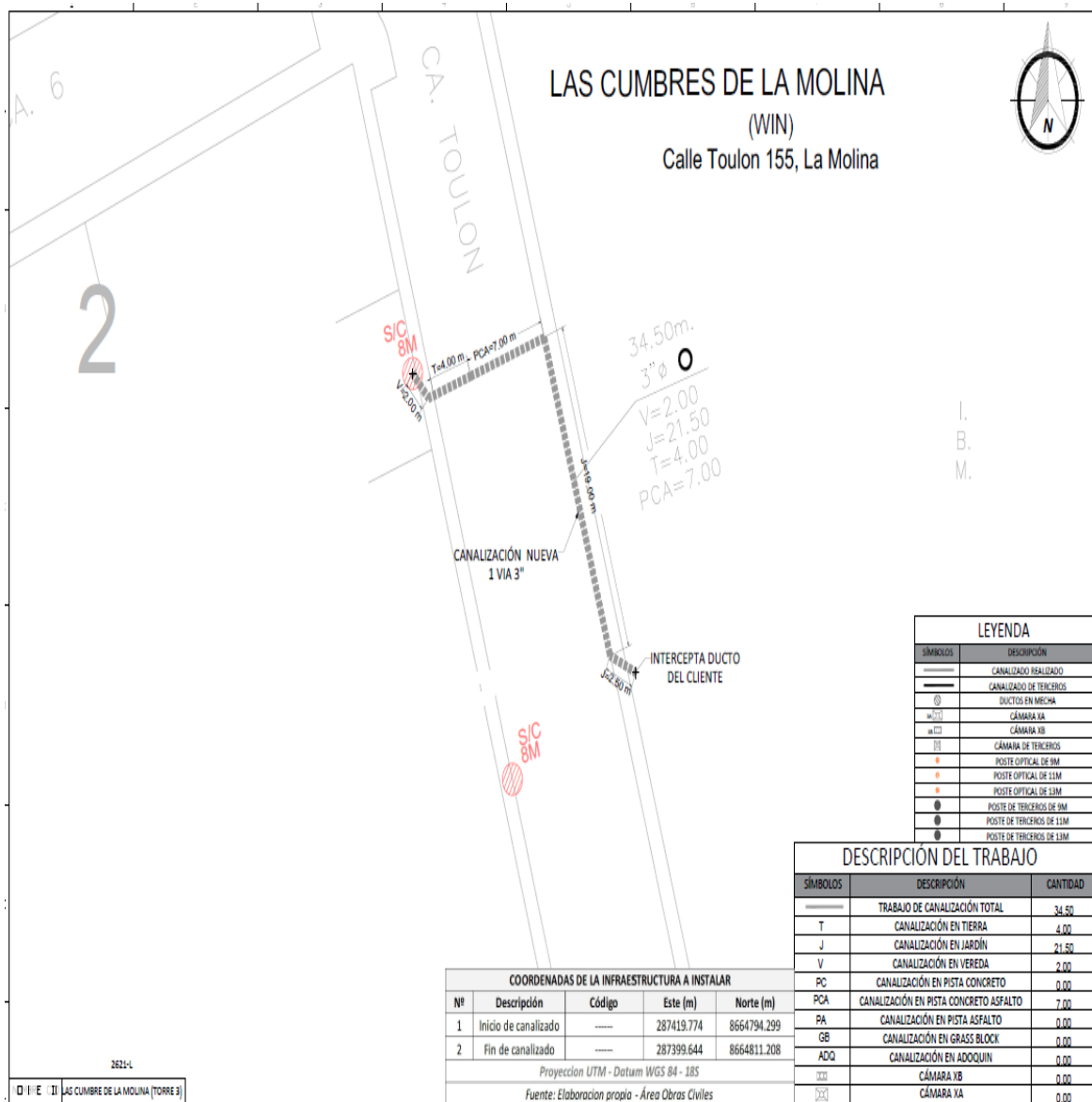


Nota. Recuperado de Wi-net Telecom

El condominio se dispone de ductos subterráneos de acceso para las torres 1 y 2, donde se proyectó un canalizado desde poste de luz del sur hasta interceptar mecha del edificio que se encuentra en el jardín. En la figura 20 se detalla el tipo de superficie a trabajar. El canalizado se proyecta 21.50 metros en jardín, 4 metros en tierra, 2 metros en vereda y 7 metros en pista concreto asfalto sumando un total de 34.50 metros de canalizado para las torres 3 y 4.

**Figura 20**

Plano de acceso hacia las torres 3 y 4.



Nota. Recuperado de Winet Telecom

### 3.2.3. Lista de materiales

Se detalla los materiales indispensables para la implementación del proyecto.

En la tabla 4 se realiza el listado de materiales a usar en la implementación y ejecución del proyecto, en el anexo 6 se detalla instalación específica de cada una.

**Tabla 4**

*Resumen de materiales y elementos utilizados.*

| <b>CUADRO RESUMEN MATERIALES Y ELEMENTOS</b> |               |                 |
|--|---------------|-----------------|
| <b>ACCESORIOS</b>                            | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> |
| Canaleta metálica                            | Unidad        | 2               |
| Reductor de 3 pulgadas                       | Unidad        | 2               |
| Tubo corrugado                               | Metros        | 54              |
| <b>INTERIOR/EXTERIOR</b>                     | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> |
| Mufa ZTT 144H                                | Unidad        | 1               |
| Mufa Domo 96H                                | Unidad        | 2               |
| Caja NAP Ploma                               | Unidad        | 11              |
| Caja NAP Blanca                              | Unidad        | 13              |
| Caja NAP Dixon                               | Unidad        | 14              |
| <b>FIBRA ÓPTICA</b>                          | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> |
| Fibra Óptica de 24H                          | Metros        | 589             |
| Fibra Óptica de 12H                          | Metros        | 424             |
| Fibra Óptica de 4H                           | Metros        | 429             |

Nota. Elaboración propia

### 3.2.4. Aprobación de capex para ejecución del proyecto

El presupuesto proyectado para la implementación y habilitación de la red FTTH en el condominio las cumbres de la Molina fueron asignadas de manera individual por torre y dividida entre mano de obra y materiales como se representa en la figura 21, el capex total aprobado por el área de planificación fue de 35 106 nuevos soles.

**Figura 21**

*Capex asignado para la habilitación de WIN en el condómino*

| PROYECTO                           | SUPERVISOR DE CAMPO | TOTAL MANO DE OBRA | TOTAL MATERIALES | TOTAL CAPEX  | STATUS   |
|------------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|--------------|----------|
| LAS CUMBRES DE LA MOLINA (TORRE 1) | DANNY MOSCOSO       | S/.8,522.60        | S/.3,809.23      | S/.12,331.83 | VALIDADO |
| LAS CUMBRES DE LA MOLINA (TORRE 2) | DANNY MOSCOSO       | S/.3,968.74        | S/.1,025.17      | S/.4,993.91  | VALIDADO |
| LAS CUMBRES DE LA MOLINA (TORRE 3) | DANNY MOSCOSO       | S/.8,777.01        | S/.1,206.08      | S/.9,983.09  | VALIDADO |
| LAS CUMBRES DE LA MOLINA (TORRE 4) | DANNY MOSCOSO       | S/.5,410.69        | S/.2,387.23      | S/.7,797.92  | VALIDADO |

*Nota. Recuperado de Winet Telecom*

### **3.2.5. Ejecución del proyecto**

Para la ejecución del proyecto de implementación de la red de acceso FTTH se asignó a la contratista Optical Networks Infraestructura SAC para la ejecución de obras civiles, planta externa y planta interna.

#### **3.2.5.1 Planta externa**

En la planta externa se realiza el despliegue de cables de fibra óptica de 24 hilos mediante postes de concesionaria que fueron asignados en el diseño y archivo kmz. En la figura 22 se ilustra la fotografía georreferenciada de la punta inicial del cable de fibra óptica de 24 hilos y al personal de contratista realizando inicio de tendido externo. La cantidad de fibra desplegada fue de 589 metros.

## Figura 22

### Despliegue de cable de fibra óptica de 24 hilos

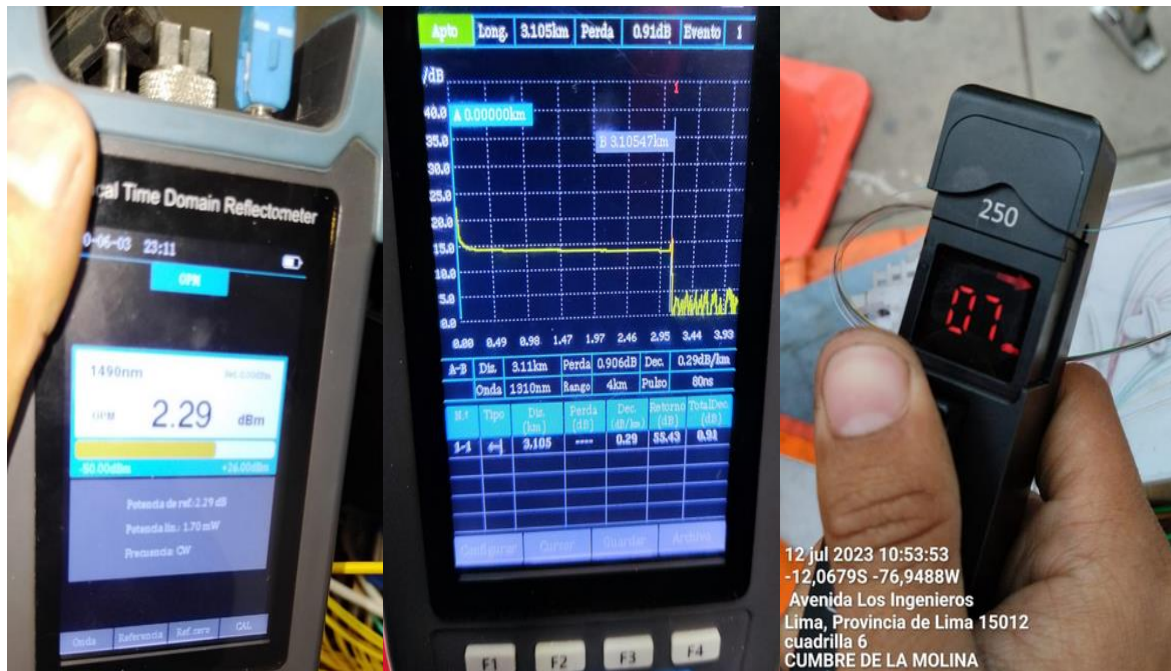


*Nota. Recuperado de Winet Telecom*

En la figura 23 se ilustra la medición del puerto asignado para el hilo 90 hacia la ruta de troncal WIN, donde muestra una potencia de 2.29 dBm, luego se realiza la medición de hilo 90 asignado en el *patch panel* hacia las mufas existentes el cual tiene caída a 3.11km sin atenuación en la ruta de la troncal existente. También se ilustra al personal de contratista validando la potencia con pinza de tráfico donde indica 0.7 dBm, quiere decir que se realizarán los primeros empalmes de hilos.

**Figura 23**

Medición de hilo asignado



Nota. Recuperado de Winet Telecom

En la figura 24 se ilustra la mufa existente con rótulo FL14 que contiene fibra de 96 hilos desde el nodo Flamengos de Santa Anita, en el cual se toma el hilo asignado para la fusión correspondiente, también se ilustra la preparación y acondicionado de hilos fusionados en la bandeja de la mufa.

**Figura 24**

*Empalmes en mufas existentes*



*Nota. Recuperado de winet telecom*

### **3.2.5.2 Planta interna**

En la planta interna se realizó el despliegue de cables de fibra óptica de 12 hilos mediante bandejas de comunicaciones existentes, hasta los montantes de paso de cada torre donde se proyectaron reservas de cable para las cajas nap según la distribución asignada en el diseño.

La instalación de mufas punto cero se dieron lugar entre las torres 1 y 2, para distribuir de manera ordenada los hilos hacia cada caja nap y la segunda mufa punto cero para las torres 3 y 4, para la distribución ordenada de hilos hacia las cajas nap ubicadas en los montantes de las torres.



### 3.2.5.3 Instalación de cajas Nap

En la tabla 5 se detalla la instalación de 8 cajas nap en la torre 1, donde se colocaron 3 cajas nap ploma y 5 cajas blancas con su respectivo rótulo cada uno. También se especifica la ubicación donde fueron instalados para una distribución óptima en los hogares, que son en los pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

**Tabla 5**

*Cajas Nap Instaladas en la Torre 1*

| N° | DESCRIPCIÓN     | RÓTULOS    | TORRE | PISO |
|----|-----------------|------------|-------|------|
| 1  | CAJA NAP PLOMA  | WN-1397893 | 1     | 1    |
| 2  | CAJA NAP PLOMA  | WN-1397892 | 1     | 2    |
| 3  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397891 | 1     | 3    |
| 4  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397890 | 1     | 4    |
| 5  | CAJA NAP PLOMA  | WN-1397889 | 1     | 5    |
| 6  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397888 | 1     | 6    |
| 7  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397887 | 1     | 7    |
| 8  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397886 | 1     | 8    |

*Nota. Elaboración propia*

En la tabla 6 se detalla la instalación de 10 cajas nap en la torre 2, donde se colocaron 4 cajas nap ploma y 6 cajas blancas con su respectivo rótulo cada uno. También se especifica la ubicación donde fueron instalados para una distribución óptima en los hogares, que son en los pisos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11.

**Tabla 6**

*Cajas Nap Instaladas en la Torre 2*

| N° | DESCRIPCIÓN     | RÓTULOS    | TORRE | PISO |
|----|-----------------|------------|-------|------|
| 1  | CAJA NAP PLOMA  | WN-1397885 | 2     | 2    |
| 2  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397884 | 2     | 3    |
| 3  | CAJA NAP PLOMA  | WN-1397883 | 2     | 4    |
| 4  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397882 | 2     | 5    |

|    |                 |            |   |    |
|----|-----------------|------------|---|----|
| 5  | CAJA NAP PLOMA  | WN-1397881 | 2 | 6  |
| 6  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397880 | 2 | 7  |
| 7  | CAJA NAP PLOMA  | WN-1397879 | 2 | 8  |
| 8  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397878 | 2 | 9  |
| 9  | CAJA NAP BLANCA | WN-1397877 | 2 | 10 |
| 10 | CAJA NAP BLANCA | WN-1397876 | 2 | 11 |

*Nota. Elaboración Propia*

En la tabla 7 se detalla la instalación de 10 cajas nap en la torre 3, donde se colocaron 3 cajas nap ploma y 7 cajas nap Dixon con su respectivo rótulo cada uno. También se especifica la ubicación donde fueron instalados para una distribución óptima en los hogares, que son en los pisos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

**Tabla 7**

*Cajas Nap Instaladas en la Torre 3*

| N° | DESCRIPCIÓN    | RÓTULOS        | TORRE | PISO |
|----|----------------|----------------|-------|------|
| 1  | CAJA NAP PLOMA | WN-12A-1432231 | 3     | 3    |
| 2  | CAJA NAP DIXON | WN-12A-1432232 | 3     | 4    |
| 3  | CAJA NAP DIXON | WN-12A-1432233 | 3     | 5    |
| 4  | CAJA NAP DIXON | WN-12A-1432234 | 3     | 6    |
| 5  | CAJA NAP PLOMA | WN-12A-1432235 | 3     | 7    |
| 6  | CAJA NAP DIXON | WN-12A-1432236 | 3     | 8    |
| 7  | CAJA NAP DIXON | WN-12A-1432238 | 3     | 9    |
| 8  | CAJA NAP DIXON | WN-12A-1432239 | 3     | 10   |
| 9  | CAJA NAP PLOMA | WN-12A-1432240 | 3     | 11   |
| 10 | CAJA NAP DIXON | WN-12A-1432241 | 3     | 12   |

*Nota. Elaboración propia*

En la tabla 8 se detalla la instalación de 10 cajas nap en la torre 4, donde se colocaron 1 cajas nap ploma, 2 cajas nap blancas y 7 cajas nap Dixon con su respectivo rótulo cada uno. También se especifica la ubicación donde fueron instalados para una distribución óptima en los hogares, que son en los pisos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 12.

**Tabla 8**

*Cajas Nap Instaladas en la Torre 4*

| N° | DESCRIPCIÓN     | RÓTULOS        | TORRE | PISO |
|----|-----------------|----------------|-------|------|
| 1  | CAJA NAP PLOMA  | WN-12A-1432242 | 4     | 1    |
| 2  | CAJA NAP DIXON  | WN-12A-1432243 | 4     | 2    |
| 3  | CAJA NAP DIXON  | WN-12A-1432244 | 4     | 3    |
| 4  | CAJA NAP DIXON  | WN-12A-1432245 | 4     | 4    |
| 5  | CAJA NAP BLANCA | WN-12A-1432246 | 4     | 5    |
| 6  | CAJA NAP DIXON  | WN-12A-1432247 | 4     | 6    |
| 7  | CAJA NAP DIXON  | WN-12A-1432248 | 4     | 8    |
| 8  | CAJA NAP BLANCA | WN-12A-1432249 | 4     | 9    |
| 9  | CAJA NAP DIXON  | WN-14A-1432250 | 4     | 10   |
| 10 | CAJA NAP DIXON  | WN-12A-1432251 | 4     | 12   |

*Nota. Elaboración Propia*

### 3.2.5.5 Medición de cajas nap

En la figura 25 se realiza mediciones de las cajas nap en la torre 1 en los pisos 7 y 8. Donde se obtienen potencias de -18.56dBm y -18.25dBm.

**Figura 25**

*Medición de la caja nap en el piso 7 y piso 8*



*Nota. Recuperado de Winet Telecom*

En la figura 26 se realiza medición de cajas nap en la torre 2, en los pisos 6 y 8 donde se obtiene la potencia de -18.47dBm y-19.21dBm.

**Figura 26**

*Medición de la caja nap en el piso 6 y piso 8*



Nota. Recuperado de Winet Telecom

### **3.3 Resultados**

La implementación de la red FTTH se realizó con éxito ya que el diseño fue aprobado por el área de planificación de la empresa WINET TELECOM SAC y el proyecto fue ejecutado por la contratista Optical Network Infraestructura SAC bajo mi supervisión durante el desarrollo de todo del proyecto.

#### ***3.3.1. Validación de la Infraestructura instalada***

El tendido externo se desplegó con cable de fibra óptica de 24 hilos por postes de concesionaria eléctrica y se instaló una mufa de distribución en el poste 18 fuera del condominio para repartir el cable de fibra óptica por el ingreso subterráneo hacia las torres 1 y 2, así como a las torres 3 y 4.

El tendido interno se desplegó con cables de fibra óptica de 12 hilos y 04 hilos en las cajas de paso de las 4 torres, también se instaló 2 mufas punto cero en el sótano las torres, la primera mufa punto cero fue para la distribución hacia las torres 1 y 2, mientras la segunda mufa punto cero hacia las torres 3 y 4; además se verifica que se instalaron 8 cajas nap en la torre 1, 10 cajas nap en la torres 2, 10 cajas nap en la torre 3 y 10 cajas nap en las torre 4 siendo un total de 38 cajas NAP en todo el condominio.

#### ***3.3.2. Potencia en las cajas nap***

En los equipos instalados en el condominio se procedió con las mediciones de potencia, se detallará las mediciones de las 4 torres.

En la torre 1 se validó que las potencias son óptimas ya que se encuentran dentro del rango permitido por WIN de mínimo -21.99 dBm y se detalla la medición de cada una de las cajas nap en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Representa las mediciones de potencia en las 8 cajas NAP de la torre 1.*

| PISOS | RÓTULOS    | POTENCIA |     |
|-------|------------|----------|-----|
| 1     | WN-1397893 | -20.02   | dBm |
| 2     | WN-1397892 | -20.35   | dBm |
| 3     | WN-1397891 | -20.71   | dBm |
| 4     | WN-1397890 | -20.73   | dBm |
| 5     | WN-1397889 | -18.21   | dBm |
| 6     | WN-1397888 | -18.97   | dBm |
| 7     | WN-1397887 | -18.59   | dBm |
| 8     | WN-1397886 | -18.25   | dBm |

*Nota: elaboración propia.*

En la torre 2 se valida que las potencias son óptimas ya que se encuentran dentro del rango permitido por WIN de mínimo -21.99 dBm y se detalla la medición de cada una de las cajas nap en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Representa las mediciones de potencia en las 10 cajas NAP de la torre 2.*

| PISOS | RÓTULOS    | POTENCIA |     |
|-------|------------|----------|-----|
| 2     | WN-1397885 | -18.66   | dBm |
| 3     | WN-1397884 | -19.19   | dBm |
| 4     | WN-1397883 | -19.91   | dBm |
| 5     | WN-1397882 | -20.61   | dBm |
| 6     | WN-1397881 | -18.47   | dBm |
| 7     | WN-1397880 | -18.91   | dBm |
| 8     | WN-1397879 | -19.21   | dBm |
| 9     | WN-1397878 | -19.13   | dBm |
| 10    | WN-1397877 | -19.91   | dBm |
| 11    | WN-1397876 | -18.62   | dBm |

*Nota: elaboración propia.*

En la torre 3 se valida que las potencias son óptimas ya que se encuentran dentro del rango permitido por WIN de mínimo -21.99 dBm y se detalla la medición de cada una de las cajas nap en la tabla 11.

**Tabla 11**

Representa las mediciones de potencia en las 10 cajas NAP de la torre 3.

| PISOS | RÓTULOS        | POTENCIA |     |
|-------|----------------|----------|-----|
| 3     | WN-12A-1432231 | -20.69   | dBm |
| 4     | WN-12A-1432232 | -21.03   | dBm |
| 5     | WN-12A-1432233 | -20.92   | dBm |
| 6     | WN-12A-1432234 | -20.90   | dBm |
| 7     | WN-12A-1432235 | -21.04   | dBm |
| 8     | WN-12A-1432236 | -21.05   | dBm |
| 9     | WN-12A-1432238 | -19.15   | dBm |
| 10    | WN-12A-1432239 | -19.57   | dBm |
| 11    | WN-12A-1432240 | -21.51   | dBm |
| 12    | WN-12A-1432241 | -20.63   | dBm |

*Nota: elaboración propia*

En la torre 4 se valida que las potencias son óptimas ya que se encuentran dentro del rango permitido por WIN de máximo -21.99 dBm y se detalla la medición de cada una de las cajas nap en la tabla 12.

**Tabla 12**

Representa las mediciones de potencia en las 10 cajas NAP de la torre 4.

| PISOS | RÓTULOS        | POTENCIA |     |
|-------|----------------|----------|-----|
| 1     | WN-12A-1432242 | -20.79   | dBm |
| 2     | WN-12A-1432243 | -20.50   | dBm |
| 3     | WN-12A-1432244 | -21.92   | dBm |
| 4     | WN-12A-1432245 | -21.53   | dBm |
| 5     | WN-12A-1432246 | -21.75   | dBm |
| 6     | WN-12A-1432247 | -20.16   | dBm |
| 8     | WN-12A-1432248 | -20.62   | dBm |
| 9     | WN-12A-1432249 | -21.88   | dBm |
| 10    | WN-12A-1432250 | -21.87   | dBm |
| 12    | WN-12A-1432251 | -20.17   | dBm |

*Nota: elaboración propia*



### **3.3.3. Pruebas de velocidad**

Las pruebas de velocidad se realizaron en una ONT GPON Huawei EG8145V5 cuya sensibilidad de puerto GPON según las especificaciones técnicas mostradas en el anexo 7, es de -27 dBm y de -8dBm.

Las *ONT GPON Huawei EG8145V5* son instaladas por WIN en los hogares, podemos validar que en las cajas NAPs se encuentran dentro del rango de potencia requerido por el puerto *GPON* de la *ONT*. Las potencias obtenidas en las cajas NAPs se encuentran en el rango de -18.21 dBm a -21.92 dBm lo que garantiza que las potencias en las cajas NAPs son óptimas y se encuentran dentro de lo requerido por WIN -22.00 dBm.

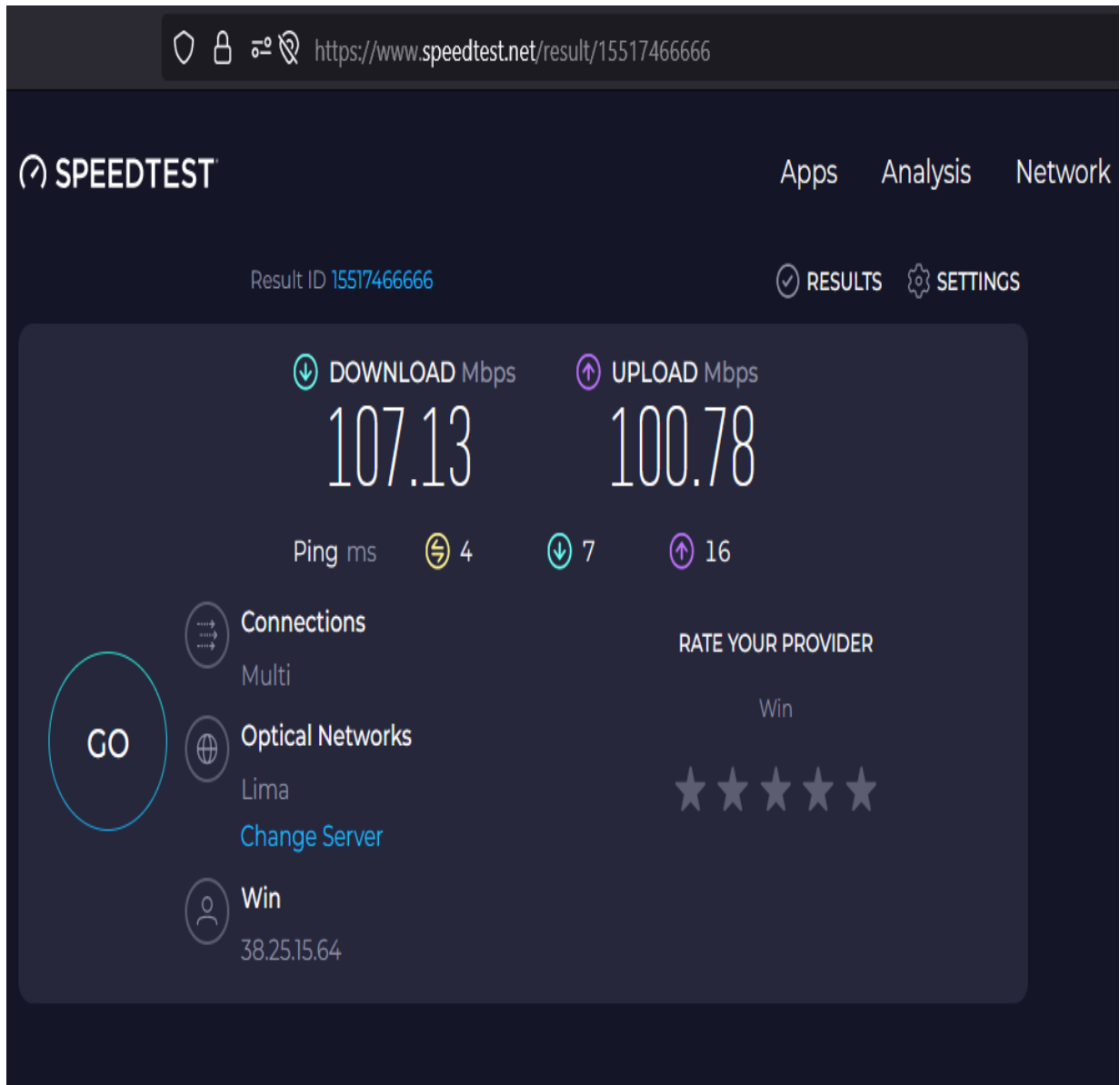
Para las pruebas de velocidad se utilizaron 3 herramientas web que son: *Speedtest*, *internethealthtest* y *fast* donde cada una de ellas ilustra los parámetros similares, con ello se demuestra la confiabilidad de los resultados.

Las pruebas de velocidad se realizaron el día jueves 16 de noviembre en el rango de horario 4:00 pm a 5:30 pm en un abonado que cuenta con el servicio de internet de WIN, con una velocidad contratada de 100Mbps y se obtuvo los siguientes resultados:

**3.3.3.1 Speedtest.** - La figura 28 representa los parámetros que se obtuvo en el test con una velocidad de descarga 107.75Mbps, carga de 108.40 Mbps y latencia de 4ms, prueba realizada a las 4:35 pm.

**Figura 27**

*Test de velocidad en speedtest*



*Nota: elaboración propia <https://www.speedtest.net/result/15517466666>*

**3.3.3.2 IHT.** - La figura 29 representa los parámetros que se obtuvo en el test con una velocidad de descarga 94.8Mps, carga de 108.6 Mbps y latencia de 4ms, prueba realizada a las 5:17 pm.

**Figura 28**

*Test de velocidad en internethealthtest*



*Nota: elaboración propia*

<https://internethealthtest.speedtestcustom.com/result/e3a3a9a0-84cd-11ee-a584-13505ffa56cd>

**3.3.3.3 FAST.** - La figura 30 representa los parámetros que se obtuvo en el test con una velocidad de descarga 99.0Mbps, carga de 86.0 Mbps y latencia de 4ms, la prueba fue realizada a las 5:00pm.

**Figura 29**

*Test de velocidad con FAST*



*Nota: elaboración propia//<https://fast.com/es/#>*

## CONCLUSIONES

1. El diseño proyectado estuvo dentro de presupuesto permitido, la distribución entre mufas y cajas NAP fue estratégica en las 4 torres y cumplió con el porcentaje de hogares requeridos para la habilitación.
2. La implementación de infraestructura de red *FTTH* ha permitido proyectar la habilitación de 304 abonados, representando un 82% de los hogares que serán beneficiados con el servicio de internet de banda ancha.
3. Las mediciones de potencia realizadas con el *power meter* en las 4 torres mostraron lecturas entre -18.21 dBm y -21.92 dBm, encontrándose dentro del rango permitido por WI-NET TELECOM SAC, el cual es de -22.00 dBm.
4. Según las pruebas de velocidad realizadas el servicio de internet se encuentra al 99% de la velocidad contratada, además la latencia es 4 ms por lo que calidad del servicio está garantizado para brindar internet simétrico.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el diseño de una red *FFTH* considerando la cantidad de hogares, distancia desde la mufa toma de servicio, las rutas de tendido externo y las vías de acceso hacia los edificios.
- Se recomienda implementar una red de acceso con la distribución de equipos en áreas estratégicas de las torres, cumpliendo las normativas y parámetros del proveedor de internet *FTTH*.
- Se recomienda que el personal técnico utilice herramientas homologadas y calibradas, ya que de esta manera se lograra una correcta validación de potencias en las cajas NAPs.
- Se recomienda realizar las pruebas de velocidad en horarios de alto flujo de transmisión de datos, así validar la confiabilidad de los resultados en las pruebas de velocidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdellaoui, Z., Dieudonne, Y., & Aleya, A. (2021). Design, implementation and evaluation of a Fiber To The Home (FTTH) access network based on a Giga Passive Optical Network GPON. *Array*, 10, 100058.
- Ab-Rahman, M. S., Ridzuan, A. M., Kaharudin, I. H., & Hwang, I.-S. (2022). Real time FTTH network monitoring using binary coded fiber Bragg grating. *Optik*, 251, 168408.
- Adhi, M. A. K., Abi Rafdi, E., Halimsurya, E., Imran, M. E., Hutasuhut, M. A., Putra, A. R., & Apriono, C. (2021). Design of fiber to the home (FTTH) for urban housing of Griya Mukti residence. *2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT)*, 257–262.
- Aguiar, A. L., Sousa, F. B., & de Melo, Y. V. (2022). Optical Distribution Network Design using PSO. *IEEE Communications Letters*, 27(1), 239–242.
- Al Romaihi, K., Ouali, A., Poon, K., Kong, P.-Y., & Lee, B.-S. (2020). Optimization of multilayer design for FTTH networks based on geographical information. *2020 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 969–973.
- Algar Fernández, J. (2023). *Diseño de una red de fibra óptica FTTH*.
- Ali, M. H., ALkargole, H. M., & Hassan, T. A. (2021). A Review of immigration obstacles to PON-FTTH and its evolution around the world. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(2), 645–663.

- Alkhajeh, S. (2022). *Optimization Approach For The Design of Large Scale FTTH Networks*.
- Bakarman, H. A., Alsaqaf, A., Ba’Afiah, M., Baqhoom, F., & Baraja, M. (2021). Planning, Design and Simulation of a Network Access Based on FTTH-EPON for Hadhramout University. *Journal of Physics: Conference Series*, 1962(1), 012004.
- De Graef, M. (2020). A dictionary indexing approach for EBSD. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 891(1), 012009.
- Decreto Supremo N° 005-2021-MTC [con fuerza de ley]. Disposiciones para la instalación, operación y mantenimiento de infraestructura de telecomunicaciones en el territorio nacional. 15 de enero de 2021. D.O. No. 51601. (n.d.).*
- Escallón-Portilla, A. F., Ruíz-Guachetá, V. H., & López-Perafán, J. G. (2020). Evaluación del desempeño físico de un sistema FTTH-GPON para servicios Quad Play después de la incorporación de un módulo RoF. *TecnoLógicas*, 23(47), 24–62.
- Furukawa Electric LatAm. (2020.). Caja de empalme óptico aplicables en vías aérea/subterránea—FK-CEO-4M. Recuperado el 10 de diciembre de 2023 de <https://www.furukawalatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/caja-de-empalme-optico-aplicables-en-vias-aereasubterranea—Fk-ceo-4m>. (n.d.).*



- Galarza, D. (2023). *Diseño e implementación de una red de acceso FTTH mediante la tecnología GPON*. 68.
- García, S. (2023). *Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para una zona urbana de Vilanova, Pontevedra*. 61.
- George, A. S., George, A. H., & Baskar, T. (2023). *SD-WAN Security Threats, Bandwidth Issues, SLA, and Flaws: An In-Depth Analysis of FTTH, 4G, 5G, and Broadband Technologies*.
- González Maima, D. A. (2019). *Consideraciones técnicas y operativas en la construcción de puentes modulares*.
- Gonzales, R. (2021). *Diseño E Implementación De Servicio De IPTV Sobre Una Red De Tecnología FTTH En La Urbanización La Floresta—San Juan De Miraflores-Lima*. 75.
- Hurtado, I. (2022). *Desarrollo de una red FTTH con tecnología GPON para el acceso de telecomunicaciones en hogares de la ciudad de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, departamento Pasco*. 141.
- Ley N° 31.207. *Ley que establece las normas para garantizar la calidad y la transparencia de los servicios de internet de banda ancha*. Prensa Oficial de la República del Perú, Lima, Perú, 23 de noviembre de 2023. D.O. No. 2004675. (n.d.).
- Loayza-Valarezo, P., Guaña-Moya, J., & Pumares-Romero, A. (2020). *Guía metodológica de levantamiento de información para el diseño de redes*

FTTH-GPON con enfoque QoS. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, E26, 528–539.

March Navarro, Á. (2023). *Estudio, planificación y diseño de una red FTTH para una urbanización de 390 viviendas de nueva construcción distribuidas en 4 bloques de inmuebles unifamiliares de hasta 3 alturas*. Universitat Politècnica de València.

Mazzei, C., Crescitelli, M., Fioramanti, D., Quagliarini, A., Reale, A., & Brunetti, F. (2023). Technical–economic analysis to identify the acceptable maximum attenuation on PON FTTH lines for wholesale network operators. *Scientific Reports*, 13(1), 12327.

Pfeiffer, T., Dom, P., Bidkar, S., Fredricx, F., Christodoulopoulos, K., & Bonk, R. (2022). PON going beyond FTTH [Invited Tutorial]. *Journal of Optical Communications and Networking*, 14(1), A31–A40.

Pineda Fuster, N. (2023). *Plan de despliegue de una red de telecomunicaciones de fibra óptica FTTH (Fiber to the home)*. Universitat Politècnica de València.

Quiroz Huaylla, M. P. (2023). *El impacto de la aplicación de las herramientas no punitivas del reglamento general de fiscalización de OSIPTEL 2022-2023*.

Sani, J. (2022). *Diseño, evaluación de una red FTTH utilizando Optisystem y estrategia para la obtención de concesión que permita brindar servicios triple play*. 150.

Seminario, R. (2021). *Diseño de una red piloto FTTH utilizando estándar GPON, en modalidad de conmutación de datos por paquetes para el distrito de Miraflores—Lima*. 102.

Sugumaran, R., Padam, B. S., Yong, W. T. L., Saallah, S., Ahmed, K., & Yusof, N. A. (2022). A Retrospective Review of Global Commercial Seaweed Production-Current Challenges, Biosecurity and Mitigation Measures and Prospects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12), 7087. <https://doi.org/10.3390/ijerph19127087>

Takai, H., & Yamauchi, O. (2009). Optical fiber cable and wiring techniques for fiber to the home (FTTH). *Optical Fiber Technology*, 15(4), 380–387. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2009.04.002>

VIAVI Solutions. (2023). *VIAVI Solutions | Command the network*. Recuperado el 10 de diciembre de 2023 de <https://www.viavisolutions.com/es-es>. (n.d.).

## ANEXOS

### Anexo 1. Especificaciones técnicas de la OLT



#### CHASIS CONCENTRADOR OPTICO GPON LD3032

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Tipo del producto         | Equipo GPON FBS   |
| Descripción               | La OLT (Optical Line Terminal) LD3032 es un equipo usado en redes FTTx (Fiber To The X). Su función es distribuir el acceso a cada usuario de la red y realizar tareas de gerencia, tales como control de acceso, gestión de banda, disposición de servicios, etc. Chasis con altura de 2RU (unidades de rack).   |
| Características Generales | <ul style="list-style-type: none"><li>• 2 slots para módulos de servicio:<ul style="list-style-type: none"><li>• Total de 32 puertas, considerando 16 interfaces GPON por módulo;</li><li>• Capacidad total para atender hasta 128 usuarios en cada interface GPON;</li><li>• Posibilidad de atender hasta 4.096 abonados por chasis;</li><li>• Permite la redundancia entre puertas GPON de un mismo módulo de servicio o módulos de servicios diferentes (Redundancia tipo B, considerando hasta 32 ONT por puerta redundante).</li></ul></li><br/><li>• 2 slots para módulo de control y gestión (switching):<ul style="list-style-type: none"><li>• Cada módulo presenta:<ul style="list-style-type: none"><li>• 4 puertas de uplink 10GE (SFP+);</li><li>• 1 puerta MGMT (RJ45);</li><li>• 1 puerta Alarma (RJ45);</li><li>• 1 puerta Console (RJ45);</li><li>• 1 puerta microSD;</li></ul></li><li>• Capacidad total de uplink: 40 GE;</li><li>• Posibilidad de instalación de 2 módulos de switching para que funcionen en redundancia;</li><li>• 320 Gbps de capacidad de switching.</li></ul></li><br/><li>• Módulos GPON, Uplink / Gestión, fuentes y ventiladores hot-swappable;</li><li>• LEDs indicativos de alarma.</li></ul> |

## Anexo 2. Especificaciones técnicas de ODF



### DISTRIBUIDOR INTERNO ÓPTICO BT48

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Descripción</b>             | <p>Se compone de tres componentes principales, que se pueden comprar por separado o montado en la fábrica, para ser montado en el campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• DIO BT48 - Módulo Básico - consiste en un cajón corredizo y un cuerpo estándar 19" u 23" 1U. Soporta instalación de bandejas de empalme y extensiones ópticas conectorizadas. Posee regla modular para la instalación de acopladores ópticos.</li> <li>• Kit Bandeja de Empalme 12F o 24F - responsable por alojar y proteger los empalmes ópticos y almacenar los excesos de fibras. Cada kit es compuesto de una bandeja de empalme de hasta 12 o hasta 24 fibras, fabricada en plástico de alto impacto UL-94 V0.</li> <li>• Extensiones Ópticas Conectorizadas - El DIO se suministra con los pigtaills pre-instalados (acopladores ópticos y extensiones ópticas en cantidades de acuerdo con el código del producto) y puede ser completado con kits de pigtail + adaptador adicionales hasta la capacidad máxima del producto.</li> </ul> |
| <b>Ambiente de Instalación</b> | Interno  |
| <b>Ambiente de Operación</b>   | No agresivo  |
| <b>Altura (mm)</b>             | 44 mm (1U)   |
| <b>Ancho (mm)</b>              | 484 mm   |
| <b>Profundidad (mm)</b>        | 336 mm (total)<br>293 mm (sin anclaje del cable)<br>236 mm (dentro del rack)   |
| <b>Color</b>                   | Gris RAL 7035 o Negro RAL 9005*<br>*sólo bajo análisis previo.   |
| <b>Tipo de Cable</b>           | Cables ópticos con construcción tipo "loose".  |
| <b>Tipo de la Fibra</b>        | SM   |
| <b>Tipo de Conector</b>        | SC, LC Duplex<br>FC o ST - Consultar disponibilidad  |
| <b>Tipo de Pulido</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• UPC (Ultra Physical Contact)</li> <li>• APC (Angled Physical Contact)</li> </ul>  |

## Anexo 3. Especificaciones técnicas de mufa domo ztt de 144 hilos



### Cierre de empalme de fibra óptica domo GJS-D006

#### 1 Descripción del Producto

El cierre de domo GJS-D006 se utiliza en aplicaciones aéreas, de conductos, de montaje en pared y de poste, para empalme directo y ramificado del cable de fibra (Φ7-Φ42). Tiene una estructura de sellado termocontraíble con 7 puertos de entrada en el extremo (6 puertos redondos y 1 puerto ovalado).



#### 2 Característica de producto

- El cuerpo adoptado m tiene una vida útil más larga.
- Tiene 7 puertos de entrada y salida de cable 1pc Φ42 al mismo tiempo. El cierre puede ser en un entorno de -40
- Fuerza de voltaje: u
- Resistencia de aislamiento
- Fuerza de tracción: ≥800
- Estanqueidad:infl cierre en la wa
- Fuerza de impacto:ca
- Tamaño DxH:Φ230mm
- Peso: 2,7Kg
- Diámetro del puerto ovalado
- Capacidad máxima: 144c
- División: 1x16/1x32
- Montado con va

#### 3 Lista de embalaje

- Cierre de cúpula:1se
- Juego para colgar: 1 juego (opcional: montaje en poste, montaje en pared o antena)
- Tubo termorretráctil: 2~144uds(según la capacidad real del cierre) Abrazadera de
- manguera 13~19: 8uds
- Tubo retráctil65/19-150: 1 unidad
- Tubo retráctil28/6-150:Manual de 6
- piezas: 1 pieza
- Certificado de aprobación: 1 ud.

**Anexo 4. Especificaciones técnicas de splitter 1\*8**

1×8

**PLC Splitter Inspection Report**

|                  |              |
|------------------|--------------|
| Customer         |              |
| Part Description | 1×8          |
| S/N              | 220410800181 |
| Fiber type       | G657A1       |
| Connector        | SC/APC       |

|                |            |
|----------------|------------|
| Grade          | P          |
| Inspected Temp | 20°C       |
| Inspected Date | 2022/04/09 |
| Inspected By   | 59         |
| Approved By    | 91         |

















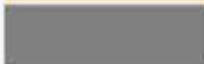







| Item                          | IL(dB) <sup>①</sup> |       |       | PDL(dB) <sup>①</sup> |      |      | RL(dB) <sup>②</sup> |      |      | Directivity(dB) <sup>②</sup> |      |      |
|-------------------------------|---------------------|-------|-------|----------------------|------|------|---------------------|------|------|------------------------------|------|------|
|                               | 1310                | 1490  | 1550  | 1310                 | 1490 | 1550 | 1310                | 1490 | 1550 | 1310                         | 1490 | 1550 |
| Wavelength(nm)                | 1310                | 1490  | 1550  | 1310                 | 1490 | 1550 | 1310                | 1490 | 1550 | 1310                         | 1490 | 1550 |
| Customer Req.                 | MAX 10.5            |       |       | MAX 0.2              |      |      | ≥60                 |      |      | ≥60                          |      |      |
| Port 1                        | 10.44               | 10.40 | 10.49 | 0.18                 | 0.17 | 0.13 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Port 2                        | 10.31               | 10.26 | 10.31 | 0.08                 | 0.06 | 0.07 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Port 3                        | 10.24               | 10.49 | 10.32 | 0.12                 | 0.06 | 0.13 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Port 4                        | 10.22               | 10.28 | 10.32 | 0.12                 | 0.08 | 0.12 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Port 5                        | 10.24               | 10.41 | 10.25 | 0.07                 | 0.09 | 0.14 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Port 6                        | 10.26               | 10.45 | 10.36 | 0.08                 | 0.11 | 0.16 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Port 7                        | 10.48               | 10.42 | 10.45 | 0.08                 | 0.18 | 0.10 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Port 8                        | 10.46               | 10.46 | 10.48 | 0.13                 | 0.05 | 0.08 | Pass                | Pass | Pass | Pass                         | Pass | Pass |
| Input                         | N/A                 |       |       |                      |      |      | Pass                | Pass | Pass | N/A                          |      |      |
| MAX                           | 10.48               | 10.49 | 10.49 | 0.18                 | 0.18 | 0.16 | N/A                 |      |      |                              |      |      |
| MIN                           | 10.22               | 10.26 | 10.25 | 0.07                 | 0.05 | 0.07 | N/A                 |      |      |                              |      |      |
| Average                       | 10.33               | 10.40 | 10.37 | 0.11                 | 0.10 | 0.12 | N/A                 |      |      |                              |      |      |
| Port Uniformity (Spec.≤0.8dB) | 0.26                | 0.23  | 0.24  | N/A                  |      |      |                     |      |      |                              |      |      |
| Visual Inspection             | Input Fiber         |       |       | Output Fiber         |      |      | Module Box          |      |      | Connector                    |      |      |
|                               | Pass                |       |       | Pass                 |      |      | Pass                |      |      | Pass                         |      |      |

①Maximun Value

②Minimun Value

Final Inspection:18

**Anexo 5. Código de colores de fibra óptica**

| Fibra   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
| Tubo  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9   | 10  | 11  | 12  |
|    | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20   | 21  | 22  | 23  | 24  |
|    | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32   | 33  | 34  | 35  | 36  |
|    | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44   | 45  | 46  | 47  | 48  |
|    | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56   | 57  | 58  | 59  | 60  |
|    | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68   | 69  | 70  | 71  | 72  |
|    | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80   | 81  | 82  | 83  | 84  |
|    | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  | 92   | 93  | 94  | 95  | 96  |
|    | 97  | 98  | 99  | 100   | 101   | 102   | 103   | 104  | 105   | 106   | 107   | 108   |
|   | 109   | 110   | 111   | 112   | 113   | 114   | 115   | 116  | 117   | 118   | 119   | 120   |
|  | 121   | 122   | 123   | 124   | 125   | 126   | 127   | 128  | 129   | 130   | 131   | 132   |
|  | 133   | 134   | 135   | 136   | 137   | 138   | 139   | 140  | 141   | 142   | 143   | 144   |
|  |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |



**Anexo 6.** Lista de materiales utilizados en el proyecto

| <b>RESUMEN DE MATERIALES Y ELEMENTOS</b> |               |                 |   |
|--|---------------|-----------------|---|
| <b>ACCESORIOS</b>                        | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>OBSERVACIONES</b>  |
| Canaleta                                 | Unidad        | 2               | Instalada en el poste 14 y 19 de LDS frente al condominio                           |
| Reductor                                 | Unidad        | 2               | Instalada en el poste 14 y 19 de LDS frente al condominio                           |
| Tubo corrugado                           | Metros        | 54              | Acondicionada en el cable drop de las cajas nap blancas y dixon                     |
| <b>INTERIOR/EXTERIOR</b>                 | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>OBSERVACIONES</b>  |
| Mufa ZTT 144H                            | Unidad        | 1               | Instalada en el poste 18, calle Toulon frente al condominio                         |
| Mufa Domo 96H                            | Unidad        | 2               | Instalada en el sotano de las torres 1 y 3  |
| Caja NAP Ploma                           | Unidad        | 11              | Instaladas en cajas metalicas de la torre 1(3), torre 2(4), torre 3(3) y torre 4(1) |
| Caja NAP Blanca                          | Unidad        | 13              | Instaladas en cajas metalicas de la torre 1(5), torre 2(6), torre 3(0) y torre 4(2) |
| Caja NAP Dixon                           | Unidad        | 14              | Instaladas en cajas metalicas de la torre 1(0), torre 2(0), torre 3(7) y torre 4(7) |
| <b>FIBRA ÓPTICA</b>                      | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>OBSERVACIONES</b>  |
| Fibra Óptica de 24H                      | Metros        | 589             | En postes LUZ DEL SUR   |
| Fibra Óptica de 12H                      | Metros        | 424             | En postes LDS(60m) e interior de la Torre 1(80m), T2(120), T3(79) y T4(85m)         |
| Fibra Óptica de 4H                       | Metros        | 429             | Entre las cajas NAPs de la Torre 1(54m), Torre 2(59), Torre 3(133) y Torre 4(183m)  |

## Anexo 7. Especificaciones técnicas de ONT GPON Huawei EG8145V5


| Device Parameters        |   |
|--------------------------|---|
| Dimensions (H x W x D)   | 30 mm x 173 mm x 120 mm (without external antenna and pads) |
| Weight                   | About 250 g   |
| Operating temperature    | 0°C to +40°C  |
| Operating humidity       | 5% RH to 95% RH (non-condensing)                            |
| Power adapter input      | 100–240 V AC, 50 / 60 Hz                                    |
| System power supply      | 11–14 V DC, 1.5 A   |
| Static power consumption | 5.3 W   |
| Max. power consumption   | 18 W  |
| NNI                      | GPON  |
| UNI                      | 1POTS+4GE+2.4G/5G Wi-Fi+1USB                                |
| Optical connector        | SC/UPC, SC/APC  |
| Indicators               | POWER/PON/LOS/LAN/TEL/USB/WLAN/WPS                          |
| Installation mode        | On the desk, or on the wall                                 |
| Compliance certification | CE/WIFI   |

| Interface Parameters |  |
|----------------------|--|
| <b>GPON Port</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Class B+</li> <li>• Receiver sensitivity: -27 dBm</li> <li>• Overload optical power: -8 dBm</li> <li>• Wavelengths: US 1310 nm, DS 1490 nm</li> <li>• Wavelength blocking filter (WBF) of G.984.5</li> <li>• Flexible mapping between GEM Port and TCONT</li> <li>• GPON: consistent with the SN or password authentication defined in G.984.3</li> <li>• Bi-directional FEC</li> <li>• SR-DBA and NSR-DBA</li> <li>• Type B (single-homing&amp;dual-homing)</li> </ul> |
| <b>Ethernet Port</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet port-based VLAN tags and tag removal</li> <li>• 1:1 VLAN, N:1 VLAN, or VLAN transparent transmission</li> <li>• QinQ VLAN</li> <li>• Limit on the number of learned MAC addresses</li> <li>• MAC address learning</li> <li>• Auto-adaptive 10 Mbit/s, 100 Mbit/s or 1000 Mbit/s</li> </ul>   |
| <b>POTS Port</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum REN: 4</li> <li>• G.711A/μ, G.729a/b and G.722 encoding/decoding</li> <li>• T.30/T.38/G.711 fax mode</li> <li>• DTMF</li> <li>• Emergency calls (with the SIP protocol)</li> </ul>  |
| <b>USB Port</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• USB2.0</li> <li>• FTP-based network storage</li> <li>• File/Print sharing based on SAMBA</li> <li>• DLNA function</li> </ul>  |
| <b>WLAN</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• IEEE 802.11 b/g/n (2.4G)</li> <li>• IEEE 802.11 a/n/ac (5G)</li> <li>• 2 × 2 MIMO (2.4G&amp;5G)</li> <li>• Antenna gain: 5 dBi</li> <li>• WMM/Multiple SSIDs/WPS</li> <li>• 2.4G&amp;5G concurrent</li> <li>• Air interface rate:300 Mbit/s (2.4G); 867 Mbit/s(5G)</li> </ul>   |

| Product Function   |   |
|--|---|
| <b>Smart interconnection</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart Wi-Fi coverage</li> <li>• SIP/H.248 auto-negotiation</li> <li>• Any port any service</li> <li>• Parental control</li> <li>• L2/L3(IPv4) forwarding: 1G uplink, 2G downlink</li> </ul>   |   |
| <b>Smart service</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheduled Wi-Fi shutdown</li> <li>• Smart Wi-Fi sharing: Portal/802.1x authentication SoftGRE-based sharing</li> </ul>  |   |
| <b>Smart O&amp;M</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• IPTV video quality diagnosis</li> <li>• eMDI</li> <li>• Rogue ONT detection and isolation from the OLT</li> <li>• Call emulation, and circuit test and loop-line test</li> <li>• PPPoE/DHCP simulation testing</li> <li>• WLAN emulation</li> </ul>                           |   |
| <b>Layer 3 Features</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• PPPoE/Static IP/DHCP</li> <li>• NAT/NAPT</li> <li>• Port forwarding</li> <li>• ALG, UPnP</li> <li>• DDNS/DNS server/DNS client</li> <li>• IPv6/IPv4 dual stack, DS-Lite and IPv6 SPI</li> <li>• Static/Default routes</li> <li>• Multiple services on one WAN port</li> </ul> |   |
| <b>Multicast</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• IGMP v2/v3 proxy/snooping</li> <li>• MLD v1/v2 snooping</li> </ul>  |   |
| <b>QoS</b>   | <b>Security</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethernet port rate limitation</li> <li>• 802.1p priority</li> <li>• SP/WRR/SP+WRR</li> <li>• Broadcast packet rate limitation</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• SPI firewall</li> <li>• Filtering based on MAC/IP/URL addresses</li> </ul> |
| <b>Common O&amp;M</b>  | <b>Power Saving</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• OMCI/Web UI/TR069</li> <li>• Variable-length OMCI messages</li> <li>• Dual-system software backup and rollback</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicator power saving</li> <li>• COC V5</li> </ul>                        |





## Anexo 9. Detalle de postes del tendido externo de cable de fibra óptica

| ID | PROPIETARIO | CODIGO | SUPERFICIE | TIPO DE POSTE | CANTIDAD DE SIFONES | LATITUD Y LONGITUD                      | DIRECCIÓN            | PROVINCIA | DISTRITO  | ALTURA |
|----|-------------|--------|------------|---------------|---------------------|---|----------------------|-----------|-----------|--------|
| 1  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.069748812887319, -76.95076621207701 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 2  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 1                   | -12.069837036880749, -76.95104588910499 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 3  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.069945111233105, -76.9513616534914  | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 4  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.07003932250237, -76.95159128398261  | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 5  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.070153385256498, -76.95184068795564 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 6  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.070238700455441, -76.95214035204715 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 7  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.070311960225306, -76.95236130690222 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 8  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.070384292634241, -76.95263536677949 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 9  | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 1                   | -12.070410258112908, -76.9528933055037  | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 10 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.070468680423792, -76.95319296959218 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 11 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.070622972955166, -76.95344044160454 | AV.JAVIER PRADO ESTE | LIMA      | LA MOLINA | 9m     |
| 12 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 2                   | -12.070642769259026, -76.95334714326464 | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |
| 13 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.070886043747823, -76.9532747236217  | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |
| 14 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 3                   | -12.071175218799429, -76.95315402421703 | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |
| 15 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.071388985189577, -76.95307020518584 | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |
| 16 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 1                   | -12.071631215654188, -76.95300314996062 | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |
| 17 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.071938094435659, -76.9528972027045  | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |
| 18 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 0                   | -12.072227924072864, -76.95281271311949 | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |
| 19 | LDS         | SC     | VEREDA     | CONCRETO      | 2                   | -12.072422697664845, -76.95277473648503 | CA. TOULON           | LIMA      | LA MOLINA | 7m     |

## Anexo 10. Lanzamiento de torre 1 en portal de ventas WIN

| LAS CUMBRES DE LA MOLINA       |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| <b>EDIFICIO</b>                | LAS CUMBRES DE LA MOLINA |
| <b>DISTRITO</b>                | LA MOLINA                |
| <b>CODIGO POSTAL</b>           | 15024                    |
| <b>MATRICULA DEL PREDIO</b>    | WIN-FL1214               |
| <b>NODO</b>                    | FLAMENGOS                |
| <b>TORRES HABILITADAS</b>      | TORRE 1                  |
| <b>HP TOTALES</b>              | 80                       |
| <b>HP HABILITADOS EN TOTAL</b> | 64                       |
| <b>% DE HABILITACIÓN</b>       | 80%                      |
| <b>CAJAS NAP INSTALADAS</b>    | 8                        |
| <b>UBICACIÓN DE CAJAS NAP</b>  | PISOS: 1-2-3-4-5-6-7-8   |

| #    | NOMBRE                   | DIRECCION              | DISTRITO  | ESTADO |
|------|--------------------------|------------------------|-----------|--------|
| 1841 | LAS CUMBRES DE LA MOLINA | CALLE TOULON 135 - 155 | La Molina | activo |

## ● 5% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 1 | <b>repositorio.untels.edu.pe</b><br>Internet | <1% |
| 2 | <b>multiplay.com.pe</b><br>Internet          | <1% |
| 3 | <b>dspace.esPOCH.edu.ec</b><br>Internet      | <1% |
| 4 | <b>repositorio.utn.edu.ec</b><br>Internet    | <1% |
| 5 | <b>vsip.info</b><br>Internet                 | <1% |
| 6 | <b>repositorio.utp.edu.pe</b><br>Internet    | <1% |
| 7 | <b>peru21.pe</b><br>Internet                 | <1% |
| 8 | <b>journal.thamrin.ac.id</b><br>Internet     | <1% |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 9  | <b>alicia.concytec.gob.pe</b><br>Internet  | <1% |
| 10 | <b>dspace.ucuenca.edu.ec</b><br>Internet   | <1% |
| 11 | <b>riunet.upv.es</b><br>Internet           | <1% |
| 12 | <b>docplayer.pl</b><br>Internet            | <1% |
| 13 | <b>coursehero.com</b><br>Internet          | <1% |
| 14 | <b>repositorio.uncp.edu.pe</b><br>Internet | <1% |
| 15 | <b>repositorio.upn.edu.pe</b><br>Internet  | <1% |
| 16 | <b>docplayer.com.br</b><br>Internet        | <1% |
| 17 | <b>cdn.gob.pe</b><br>Internet              | <1% |
| 18 | <b>nemertes.lis.upatras.gr</b><br>Internet | <1% |
| 19 | <b>openaccess.uoc.edu</b><br>Internet      | <1% |
| 20 | <b>rraae.cedia.edu.ec</b><br>Internet      | <1% |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 21 | <b>scienti1.colciencias.gov.co:8080</b><br>Internet  | <1% |
| 22 | <b>delorenzo.com.mx</b><br>Internet  | <1% |
| 23 | <b>epicgames.com</b><br>Internet   | <1% |
| 24 | <b>pesquisa.bvsalud.org</b><br>Internet  | <1% |
| 25 | <b>repositorio.ecotec.edu.ec</b><br>Internet   | <1% |
| 26 | <b>repositorio.pucp.edu.pe</b><br>Internet   | <1% |
| 27 | <b>smartphones-celulares-moviles.blogspot.com</b><br>Internet                                    | <1% |
| 28 | <b>"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano ...</b><br>Crossref         | <1% |
| 29 | <b>Castillo Luna, Anna Victoria. "Factores que Impulsan la Inversion en Te...</b><br>Publication | <1% |
| 30 | <b>agenda.pucp.edu.pe</b><br>Internet  | <1% |
| 31 | <b>bibdigital.epn.edu.ec</b><br>Internet   | <1% |
| 32 | <b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b><br>Internet   | <1% |



33

**tesis.pucp.edu.pe**

Internet

<1%

34

**clonick.com**

Internet

<1%