

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO DE UNA RED FTTH BALANCEADA Y DESBALANCEADA CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA

AUTOR

DENYS MACHACA

RECUENTO DE PALABRAS

14267 Words

RECUENTO DE CARACTERES

133077 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

145 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.2MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 21, 2024 9:39 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 21, 2024 9:41 PM GMT-5

● 8% de similitud general

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

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.untels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS (X) 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ()

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: Denys Yuniór Machaca Condori
D.N.I.: 70290292
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruano
Teléfono: +51 916300732
e-mail: 2017230411@untels.edu.pe

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
Programa Académico: Tesis
Título Profesional otorgado: Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: “DISEÑO DE UNA RED FTTH BALANCEADA Y DESBALANCEADA CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA EN EL DISTRITO DE MOHO-PUNO-2023”
Fecha de Sustentación: 4 de diciembre de 2023
Calificación: Aprobado con Distinción
Año de Publicación: 2024



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo X No autorizo _____

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

APELLIDOS Y NOMBRES

70290292

DNI



Firma y huella:



Lima, 22 de Marzo del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO DE UNA RED FTTH BALANCEADA Y DESBALANCEADA
CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA EN
EL DISTRITO DE MOHO-PUNO-2023”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MACHACA CONDORI, DENYS YUNIOR

ORCID: 0009-0004-1441-1641

ASESOR

ORTEGA GALICIO, ORLANDO ADRIAN

ORCID: 0000-0002-6203-6039

Villa El Salvador

2023



DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

En Villa El Salvador, siendo las 10:50 horas del día 04 de diciembre de 2023, en la Facultad de Ingeniería y Gestión, los miembros del Jurado Evaluador, integrado por:

PRESIDENTE: Dr. JINMI GREGORY LEZAMA CALVO DNI N° 42294872 C.I.P. N° 97712
SECRETARIO: MG. MAX FREDI QUISPE AGUILAR DNI N° 41618736 C.I.P. N° 138642
VOCAL : MG. JORGE LUIS LÓPEZ CORDOVA DNI N° 09638009 C.I.P. N° 183016
ASESOR : DR. ORLANDO ADRIAN ORTEGA GALICIO DNI N° 20032665 C.I.P. N° 79878

Designados mediante Resolución de Decanato N° 340-2023-UNTELS-R-D de fecha 15 de agosto de 2023 quienes dan inicio a la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación de Tesis.

Acto seguido, el aspirante al: Grado de Bachiller Título Profesional

Don: DENYS YUNIOR MACHACA CONDORI identificado(a) con D.N.I. N° 70290292 procedió a la Sustentación de:

Trabajo de investigación Tesis Trabajo de suficiencia Artículo científico

Titulada: "DISEÑO DE UNA RED FTTH BALANCEADA Y DESBALANCEADA CON TECNOLOGÍA GPON PARA EL ACCESO DE BANDA ANCHA EN EL DISTRITO DE MOHO-PUNO-2023".

Aprobado mediante Resolución de Decanato N° 956-2023-UNTELS-R-D de fecha 27 de noviembre de 2023, de conformidad con las disposiciones del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales vigentes, sustentó y absolvió las interrogantes que le formularon los señores miembros del Jurado Evaluador.

Concluida la Sustentación se procedió a la evaluación y calificación correspondiente, resultando el aspirante APROBADO con Distinción con la nota de: Dieciséis (letras)...16 (números), de acuerdo al Art. 65° del Reglamento General para optar el Título Profesional.

CALIFICACIÓN		CONDICIÓN	EQUIVALENCIA
NÚMERO	LETRAS		
16	Dieciséis	Aprobado con Distinción	May Buena

Siendo las 11:30 horas del día 04 de diciembre de 2023, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando el jurado evaluador el Acta de Sustentación, que obra en el Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión.

MG.. MAX FREDI QUISPE AGUILAR
SECRETARIO

Dr. JINMI GREGORY LEZAMA CALVO
PRESIDENTE

MG. JORGE LUIS LÓPEZ CORDOVA
VOCAL

DENYS YUNIOR MACHACA CONDORI
BACHILLER

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada principalmente a mi hermosa familia por ser la principal motivación de crecimiento personal, profesional y espiritual.

A la provincia de Moho y a todos sus residentes, como también a la nación aimara por ser mi identidad cultural.

Aymara jilatanaka kullakanaka, suma chuyma ukhamaraki qala ajayu.

Denys Yuniór Machaca Condori

AGRADECIMIENTO

Especialmente a mis padres, Pedro Machaca y Bertha Condori, por su apoyo incondicional desde el inicio del ciclo académico básico y superior.

A mi hermano Jack Machaca, por ser mi motivación de crecimiento profesional.

A mi asesor, Orlando Ortega, por su apoyo, orientación y compromiso para el desarrollo del presente trabajo de investigación, tesis.

A mis familiares y amistades que de alguna manera estuvieron presentes durante el desarrollo del presente trabajo.

Denys Yuniór Machaca Condori

RESUMEN

En los últimos años, las comunicaciones fueron necesarias para continuar con distintas actividades durante la pandemia de la COVID-19, pero muchos distritos alejados de las principales ciudades de cada región no contaron con red FTTH.

En esta tesis se plantea como solución el diseño de red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON para el acceso de banda ancha en el distrito de Moho el cual posee gran cobertura sobre residencias, comercios e instituciones, con un alcance al 50% debido a que no existe alguna empresa que brinde el acceso a internet por FTTH en todos los segmentos mencionados; para el diseño se propone equipos activos y elementos pasivos preconectados que cumplen con los estándares de la ITU-T y posteriormente se realiza el presupuesto óptico en las ventanas descendente y ascendente para las topologías lineal y con dos ramales el cual define la arquitectura empleada para el diseño balanceado y desbalanceado, se consideró el uso del SFP tipo C++ para topologías lineales y SFP tipo C+ para topologías con dos ramales para que la potencia de recepción se encuentre en el rango de aceptación entre la saturación y la sensibilidad del equipo ONU.

Además, se sectoriza en cuatro etapas la ciudad de Moho en el plano catastral, definiendo dos topologías lineales y una con dos ramales por cada etapa, el cual tendrá capacidad de atención hasta 24 cajas NAP distribuidas a partir de 3 puertos PON; resultando en total 96 cajas NAP distribuidas por 12 puertos PON en las 4 etapas.

Por último, se validó el diseño mediante la simulación en Tomodat, resultando una diferencia máxima de 0.04758 dBm respecto a la potencia calculada teóricamente; además, se planificó la expansión a los centros poblados y localidades alejadas de la ciudad de Moho mediante el software de simulación, alcanzando una longitud de 5.68 Km desde la oficina central.

El diseño tiene una capacidad de 64 abonados por puerto PON a una velocidad de 38.88 Mbps en downstream y 19.4406 Mbps en upstream.

ABSTRACT

In recent years, communications were necessary to continue with different activities during the COVID-19 pandemic, but many districts far from the main cities of each region did not have an FTTH network.

The solution proposed in this thesis is the design of a balanced and unbalanced FTTH network with GPON technology for broadband access in the district of Moho, which has great coverage over residences, businesses and institutions, with a 50% coverage due to the fact that there is no company that provides FTTH internet access in all the aforementioned segments; For the design, active equipment and pre-connected passive elements that comply with ITU-T standards are proposed and then the optical budget is made in the downstream and upstream windows for linear topologies and with two branches, which defines the architecture used for the balanced and unbalanced design. The use of SFP type C++ was considered for linear topologies and SFP type C+ for topologies with two branches so that the reception power is in the range of acceptance between saturation and the sensitivity of the ONU equipment.

In addition, the city of Moho is sectorised into four stages in the cadastral plan, defining two linear topologies and one with two branches for each stage, which will have the capacity to serve up to 24 NAP boxes distributed from 3 PON ports; resulting in a total of 96 NAP boxes distributed by 12 PON ports in the 4 stages.

Finally, the design was validated through simulation in Tomodat, resulting in a maximum difference of 0.04758 dBm with respect to the theoretically calculated power; in addition, the expansion to the populated centres and localities far from the city of Moho was planned through the simulation software, reaching a length of 5.68 km from the central office.

The design has a capacity of 64 subscribers per PON port at a speed of 38.88 Mbps downstream and 19.4406 Mbps upstream.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
INDICE	VI
INDICE DE FIGURAS	IX
INDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.1 MOTIVACIÓN.	2
1.2 ESTADO DEL ARTE.	2
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	4
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	7
1.4.1 Problema general.....	7
1.4.2 Problemas específicos.....	7
1.5 OBJETIVOS.	8
1.5.1 Objetivo general.....	8
1.5.2 Objetivos específicos.....	8
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	8
II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 ANTECEDENTES.	9
2.2 BASES TEÓRICAS.....	14
2.2.1 Fibra óptica.....	14
2.2.1.1 Tipos de fibra.	14
2.2.2 Tecnologías de Acceso.	14
2.2.2.1 Fibra hasta el/la X (FTTX).	14
2.2.2.2 Fibra hasta el hogar (FTTH).	15
2.2.3 Red FTTH balanceada y desbalanceada.	16
2.2.3.1 Splitter.....	16

2.2.3.2	Red FTTH balanceada o simétrica.....	16
2.2.3.3	Red desbalanceada o asimétrica.	17
2.2.4	Red óptica pasiva (PON).....	19
2.2.5	Red óptica pasiva con capacidad de gigabyt (GPON).	19
2.2.5.1	Funcionamiento de una red GPON.....	19
2.2.5.1.1	Canal descendente.....	20
2.2.5.1.2	Canal ascendente.	20
2.2.6	Arquitecturas de redes GPON.....	21
2.2.6.1	Punto a punto (P2P).	21
2.2.6.2	Punto multipunto (P2MP).....	22
2.2.6.2.1	Topología bus.	22
2.2.6.2.2	Topología estrella o árbol.....	23
2.2.6.2.3	Topología anillo.	24
2.2.7	Tipo de red.	24
2.2.7.1	Red de alimentación.....	25
2.2.7.2	Red de distribución óptica (ODN).	25
2.2.7.3	Red de dispersión.....	25
2.2.8	Norma ITU-T G.984.x.	26
2.2.9	Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO).	26
2.2.9.1	Nodo Core.....	28
2.2.9.2	Nodo de Agregación.	28
2.2.9.3	Nodo de Distribución.....	28
2.2.9.4	Nodo de Conexión.	28
2.2.10	Atenuación.	29
2.2.11	Presupuesto de Potencia.	30
2.2.11.1	Presupuesto permitido de pérdida óptica en el canal descendente.	30
2.2.11.2	Presupuesto permitido de pérdida óptica en el canal ascendente.	30
2.2.12	Elementos Activos.....	31
2.2.12.1	Terminal de Línea Óptica (OLT).....	31
2.2.12.2	Terminal de Red Óptica (ONT) y Unidad de Red Óptica (ONU).	31
2.2.13	Elementos pasivos.	32
2.2.13.1	Conectores	32
2.2.13.2	Caja de empalme o mufa.	33
2.2.13.3	Caja de distribución final, Caja NAP o FAT.	33

2.2.13.4 Herrajes.....	33
2.2.14 <i>Evolución de las redes</i>	33
2.2.14.1 Fusionadas o tradicional.....	33
2.2.14.2 Conectorizadas.....	33
2.2.14.3 Pre-conectorizadas.....	33
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	34
3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.2.1 <i>Situación actual respecto al acceso de banda ancha en la ciudad de Moho – Puno</i>	35
3.2.2 <i>Cálculo de presupuesto óptico</i>	43
3.2.3 <i>Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada</i>	66
3.2.4 <i>Simulación en Tomodat 2</i>	84
3.3 RESULTADOS.....	92
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
V. CONCLUSIONES.....	101
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
ANEXOS.....	108
ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	108
ANEXO 2. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	110
ANEXO 3. DATOS.....	112
ANEXO 4. CÁLCULOS.....	119
ANEXO 5. GRÁFICOS.....	131

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Despliegue de redes de fibra óptica a nivel nacional (2020)</i>	3
Figura 2	<i>Redes de fibra óptica y centros poblados con cobertura FTTH.</i>	6
Figura 3	<i>Arquitectura de red FTTX</i>	15
Figura 4	<i>Red FTTH balanceada</i>	17
Figura 5	<i>Red FTTH desbalanceada</i>	18
Figura 6	<i>Red FTTH con tecnología GPON</i>	19
Figura 7	<i>Canal descendente de la tecnología GPON</i>	20
Figura 8	<i>Canal ascendente de la tecnología GPON</i>	21
Figura 9	<i>Arquitectura Punto a Punto (P2P)</i>	22
Figura 10	<i>Arquitectura Punto multipunto P2MP con topología BUS</i>	23
Figura 11	<i>Arquitectura Punto multipunto P2MP con topología estrella o árbol</i>	23
Figura 12	<i>Arquitectura Punto multipunto P2MP con topología anillo</i>	24
Figura 13	<i>Tipos de red en la tecnología GPON</i>	25
Figura 14	<i>Tendido de fibra y ubicación de nodos de la RDNFO.</i>	27
Figura 15	<i>Topología de la red dorsal nacional de fibra óptica.</i>	29
Figura 16	<i>Tipo de conectores según su pulido de la férula.</i>	32
Figura 17	<i>Diagrama de flujo de las etapas del desarrollo de la tesis</i>	34
Figura 18	<i>Nodos de la RDNFO en la ciudad de Moho.</i>	35
Figura 19	<i>Nodo de la distribución de la RDNFO.</i>	36
Figura 20	<i>Nodo de agregación de la red regional de Puno.</i>	37
Figura 21	<i>Lotización las manzanas en Geo Llaqta.</i>	38
Figura 22	<i>Lotes definidos como residencias (R).</i>	38
Figura 23	<i>Lotes definidos como comercios (C).</i>	39
Figura 24	<i>Lote definido como terreno (T).</i>	39
Figura 25	<i>Lote definido como libre (L).</i>	40
Figura 26	<i>Postes considerados como puntos de apoyo para el diseño.</i>	40
Figura 27	<i>Catastro general de la Ciudad de Moho.</i>	41
Figura 28	<i>Concentrador Optico Standalone GPON 3516.</i>	43
Figura 29	<i>Módulo SFP GPON LR 1490NM.</i>	44
Figura 30	<i>Patch cord GCF-0085.</i>	46
Figura 31	<i>ODF para 12, 24, 48, 96 empalmes.</i>	47
Figura 32	<i>Pigtail SC/UPC.</i>	47
Figura 33	<i>Fibra ADSS G652D.</i>	48

Figura 34	<i>Caja de empalme o mufa.</i>	49
Figura 35	<i>Divisor óptico balanceado – PLC.</i>	49
Figura 36	<i>Divisor óptico desbalanceado 1xN.</i>	50
Figura 37	<i>Caja de distribución a) Caja de terminación óptica (NAP). b) Caja terminal de acceso de fibra (FAT).</i>	52
Figura 38	<i>Cable drop preconectorizado.</i>	52
Figura 39	<i>Conector mecánico.</i>	53
Figura 40	<i>ONT/ONU GPON LD421-21MV.</i>	54
Figura 41	<i>Viviendas dispersas en forma lineal.</i>	55
Figura 42	<i>Viviendas aglomeradas en la ciudad de Moho.</i>	56
Figura 43	<i>Topología lineal y eventos de atenuaciones.</i>	61
Figura 44	<i>Topología con dos ramales y eventos de atenuaciones.</i>	64
Figura 45	<i>Esquemático general de la RDNFO - PUNO.</i>	67
Figura 46	<i>Diseño de topología lineal 3D.</i>	68
Figura 47	<i>Diseño de topología con dos ramales – 3D.</i>	69
Figura 48	<i>Diseño de topología lineales y con dos ramales – 3D.</i>	70
Figura 49	<i>Sectorización de etapas.</i>	71
Figura 50	<i>Diseño de la red principal, red de alimentación o troncal y red de distribución de primer nivel.</i>	73
Figura 51	<i>Diagrama de empalme de la red principal o troncal y la red de distribución de primer nivel.</i>	74
Figura 52	<i>Diseño de la red de dispersión.</i>	75
Figura 53	<i>Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 1.</i>	76
Figura 54	<i>Diagrama de empalme - Etapa 1.</i>	77
Figura 55	<i>Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 2.</i>	78
Figura 56	<i>Diagrama de empalme - Etapa 2.</i>	79
Figura 57	<i>Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 3.</i>	80
Figura 58	<i>Diagrama de empalme - Etapa 3.</i>	81
Figura 59	<i>Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 4.</i>	82
Figura 60	<i>Diagrama de empalme - Etapa 4.</i>	83
Figura 61	<i>Características de las fibras ADSS y drop asignadas en el software Tomodat.</i>	84
Figura 62	<i>OLT asignado en el software Tomodat.</i>	85

Figura 63 <i>Parámetros de atenuación de los elementos propuestos en el software Tomodat.</i>	85
Figura 64 <i>Despliegue de la red de conexión y distribución de primer nivel en el software Tomodat.</i>	86
Figura 65 <i>Despliegue de la red de distribución de segundo nivel en el software Tomodat.</i>	87
Figura 66 <i>Empalmes del OLT y la Mufa de conexión o troncal en el software Tomodat.</i>	88
Figura 67 <i>Empalmes en la mufa trunk en el software Tomodat.</i>	89
Figura 68 <i>Empalmes en la caja de primer nivel (NAP-BOX) en el software Tomodat.</i>	90
Figura 69 <i>Empalmes en la caja NAP de segundo nivel en el software Tomodat.</i>	90
Figura 70 <i>Ampliación de la red a centros poblados en el software Google Earth.</i>	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos en porcentaje de hogares que acceden al servicio de internet durante los años 2015-2021.	4
Tabla 2 Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x).....	26
Tabla 3 Total de HP's en la ciudad de Moho.	41
Tabla 4 Conexiones de Internet Fijo en el distrito de Moho 2023-1T.....	42
Tabla 5 Operadoras conectadas al nodo de distribución en la provincia de Moho.	43
Tabla 6 Características principales del concentrador óptico Standalone gpon 3516.	44
Tabla 7 Características principales del módulo SFP GPON LR 1490NM.	45
Tabla 8 Características principales del Patch cord GCF-0085.....	46
Tabla 9 Características principales del Pigtail SC/UPC.	47
Tabla 10 Características principales de la fibra ADSS G.652D.	48
Tabla 11 Pérdidas del divisor óptico balanceado 1xN y 2xN.	50
Tabla 12 Pérdidas del divisor óptico desbalanceado 1x2.	51
Tabla 13 Características principales del cable drop preconectorizado.	53
Tabla 14 Características principales del conector mecánico.	53
Tabla 15 Características principales del ONT/ONU GPON LD421-21MV.	54
Tabla 16 Valores de atenuaciones de los distintos elementos y eventos.	59
Tabla 17 Distancias de los tipos de redes según la longitud de fibra preconectorizada máxima.	60
Tabla 18 Cantidad de elementos y eventos identificados hasta el grupo 1 – topología lineal.	62
Tabla 19 Presupuesto óptico teórico en el canal descendente y ascendente - topología lineal.	63
Tabla 20 Cantidad de elementos y eventos identificados hasta el grupo 1 – topología con dos ramales.....	65
Tabla 21 Presupuesto óptico teórico en el canal descendente y ascendente - topología con dos ramales.....	66
Tabla 22 Porcentaje de índice de penetración para redes FTTH.	70
Tabla 23 Alcance de HP's por caja NAP según el índice de penetración.	72
Tabla 24 Resultado de cálculo teórico de potencia recibida en el ONU.	92
Tabla 25 Resultado de potencia recibida en el ONU mediante el software Tomodat.....	94
Tabla 26 Comparación de los valores teóricos y simulados de la potencia en el ONU. ..	97

INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones ópticas vienen siendo consideradas como las más fiables y eficaces en las telecomunicaciones debido a los grandes beneficios de velocidad, ancho de banda y menor pérdida de la señal a largas distancias.

La red FTTH con tecnología GPON permite que los abonados accedan al ancho de banda en entornos de gran demanda y grandes áreas de cobertura.

En la actualidad se vienen desarrollando proyectos de conectividad de red FTTH en las principales ciudades de los departamentos a nivel nacional, pero muchos distritos aún no gozan el acceso de banda ancha debido a su lejanía con las principales ciudades.

Los nodos de la RDNFO permiten alcanzar distintos distritos alejados y permite el transporte de datos a través de su infraestructura a nivel nacional.

En base a la descripción del problema, el presente trabajo se desarrollará de la siguiente manera:

En el primer capítulo se desarrollará la formulación del problema general y específicos con relación al tema del presente trabajo, formulación del objetivo general y específicos en busca de solución de los problemas planteados, y justificación del problema (teórico, económico y social).

En el segundo capítulo se desarrollará el marco teórico donde se presentará antecedentes nacionales e internacionales que fueron el motivo para el desarrollo del presente trabajo de investigación y las bases teóricas específicas en relación al tema para su comprensión.

En el tercer capítulo, metodología, se desarrollarán la descripción de la metodología, implementación de la investigación y resultados.

Por último, se presentarán las conclusiones a las que se llegó tras el desarrollo del tercer capítulo, las referencias bibliográficas que ayuden a localizar los recursos utilizados y los anexos que sustentarán las bases para el desarrollo de este trabajo.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Motivación.

En la primera década de mi existencia en el distrito de Moho, era casi imposible acceder al servicio de internet debido a que geográficamente está alejada de las principales ciudades del departamento de Puno.

Tras adquirir los conocimientos relacionados a comunicaciones ópticas, se plantea como solución el diseño de una red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON para cubrir una necesidad en el distrito de Moho y que los ciudadanos puedan acceder y gozar de los beneficios mediante el acceso de banda ancha, tales como acceso a velocidades de conexión más rápidas, estabilidad, navegación fluida, calidad de audio y video y acceso a distintos servicios y aplicaciones.

1.2 Estado del arte.

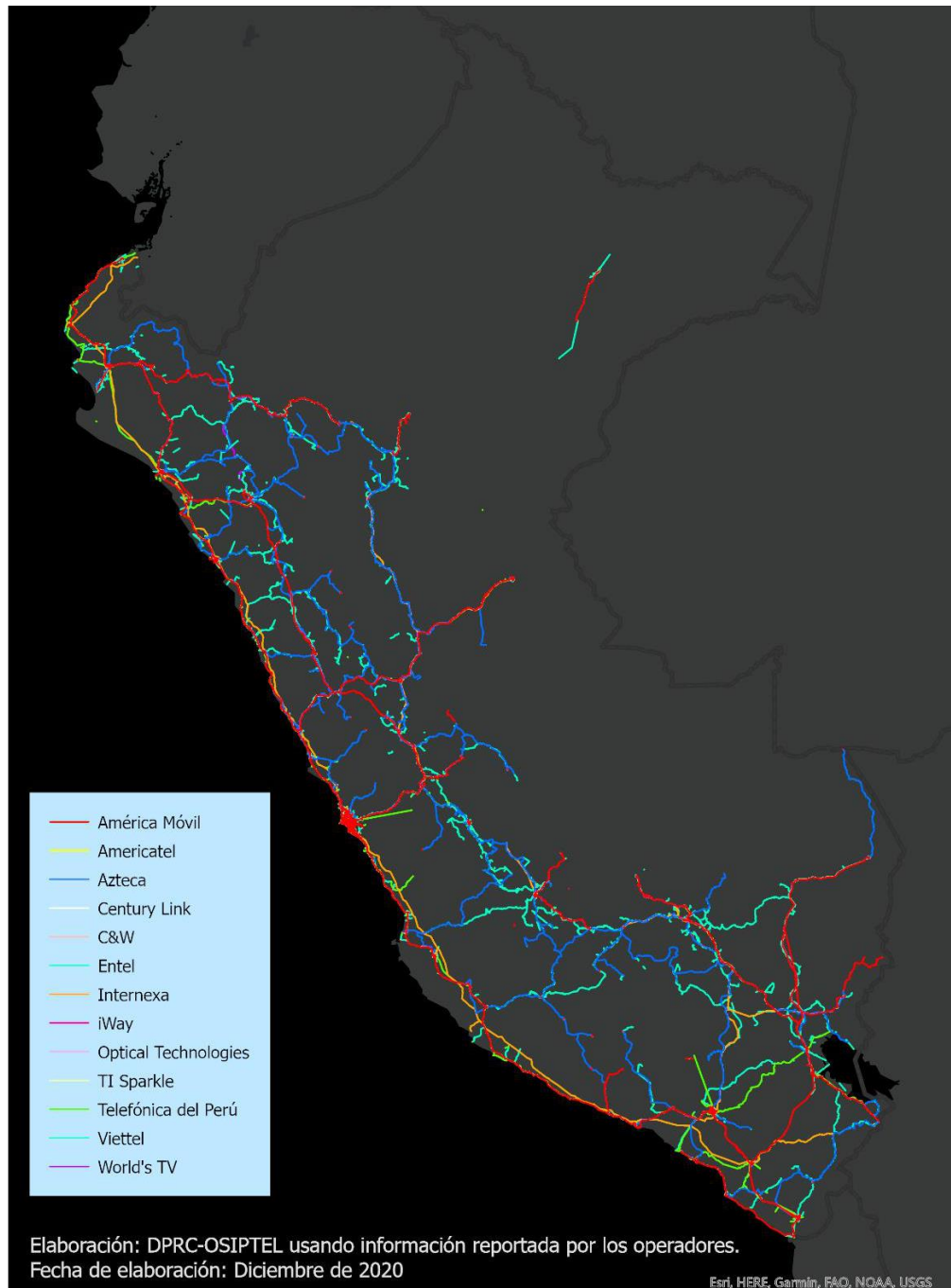
En la actualidad se vienen implementando diversos proyectos de infraestructura para la digitalización a nivel nacional, tales como los proyectos de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y redes privadas de distintas operadoras.

En la Figura 1 se muestra el despliegue de fibra óptica de las principales operadoras a nivel nacional hasta el año 2020, con el fin de la digitalización en todo el Perú.

Más adelante, en el punto de antecedentes nacionales e internacionales, se presentarán algunos trabajos de investigaciones respecto al diseño de redes FTTH con tecnología GPON.

Figura 1

Despliegue de redes de fibra óptica a nivel nacional (2020)



Nota: adaptada de “Las redes de transporte de fibra óptica, microondas y satelital y su rol para promover la expansión de la cobertura de los servicios públicos de telecomunicaciones: reporte y mapas de cobertura” (p.10), por More & Argandoña 2019, Osiptel (https://repositorio.osiptel.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12630/745/49%20DT%20Reporte%20y%20Mapas%20de%20cobertura%20Redes%20de%20Tx%20Fibra%20_%20MW%20y%20Satelital.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

1.3 Descripción del problema.

La necesidad de mantenerse comunicados e informados fue primordial tras el brote de la COVID-19, dicha pandemia afectó gran parte del sector económico, educativo, agrícola, industrial, etc.

El sector de las telecomunicaciones tuvo un rol importante durante el periodo de crisis ya que permitió al país desarrollarse en el ámbito de las telecomunicaciones (hecho que no fue priorizado antes de la pandemia) y permitió la continuidad de algunos sectores en actividades como: la educación virtual, teletrabajo, telesalud, comunicación, acceso a la información digital y entre otros, pero esa adaptación se vio reflejada en las principales capitales de las regiones del país. Según una nota de prensa N°047 emitida por el INEI el 79.2% de hogares en Lima metropolitana y el 58.4% de los hogares a nivel nacional tienen conexión a internet (INEI, 2023).

De los datos de hogares que acceden al servicio de internet, según ámbito geográfico del 2015-2021 presentados por el INEI, tal como se muestra en la Tabla 1 se observa que el departamento de Puno presentó un incremento hasta el 26.4% de hogares que cuentan con servicio de internet, indicando así que aproximadamente $\frac{3}{4}$ de los hogares no cuentan con el servicio de internet.

Tabla 1

Datos en porcentaje de hogares que acceden al servicio de internet durante los años 2015-2021.

Departamento	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Amazonas	7.2	11.0	14.5	16.3	24.0	28.0	36.6
Áncash	16.2	17.9	16.7	17.1	32.4	34.1	48.1
Apurímac	4.3	3.7	7.1	6.7	17.1	23.6	30.9
Arequipa	31.0	35.2	39.2	35.0	47.9	55.3	66.3
Ayacucho	5.3	6.1	5.7	7.2	13.5	16.8	30.8
Cajamarca	6.1	7.3	7.8	9.3	9.6	15.3	30.7
Prov. Const. del Callao	37.4	45.5	44.6	50.7	51.3	51.0	60.1
Cusco	10.8	11.7	11.0	13.9	16.3	11.9	33.4
Huancavelica	2.4	4.1	2.6	2.8	5.0	10.5	18.4
Huánuco	9.3	8.3	8.4	9.2	19.5	24.1	26.8

Ica	26.7	27.7	33.2	33.6	44.7	47.9	58.4
Junín	15.4	19.7	20.9	21.3	25.2	26.7	36.6
La Libertad	21.8	25.7	25.0	24.7	27.1	39.4	51.9
Lambayeque	24.7	27.4	28.8	28.1	35.1	40.4	48.0
Lima Metropolitana 1/	42.9	48.5	52.9	54.6	59.5	59.5	67.2
Lima 2/	15.5	18.2	20.9	25.2	28.8	30.6	42.8
Loreto	9.6	14.5	19.4	19.3	23.5	26.2	28.1
Madre de Dios	12.1	11.1	11.8	21.0	30.7	29.0	47.3
Moquegua	23.6	28.9	27.7	30.7	38.8	50.4	58.6
Pasco	5.9	6.0	6.3	6.4	13.8	25.9	33.5
Piura	13.3	13.9	14.9	20.6	31.2	31.4	38.7
Puno	5.7	5.7	7.2	9.2	14.6	18.6	26.4
San Martín	8.8	10.4	11.6	14.3	26.7	25.6	39.3
Tacna	27.0	35.5	39.3	44.0	52.3	56.8	60.6
Tumbes	24.1	22.0	22.7	21.4	32.4	29.3	47.1
Ucayali	9.7	12.1	13.7	15.0	20.2	24.2	33.7

Nota. Adaptada de “hogares que acceden al servicio de internet, según ámbito geográfico, 2011-2021”, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, Compendio Estadístico 2019

(https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1872/cap11/ind11.htm).

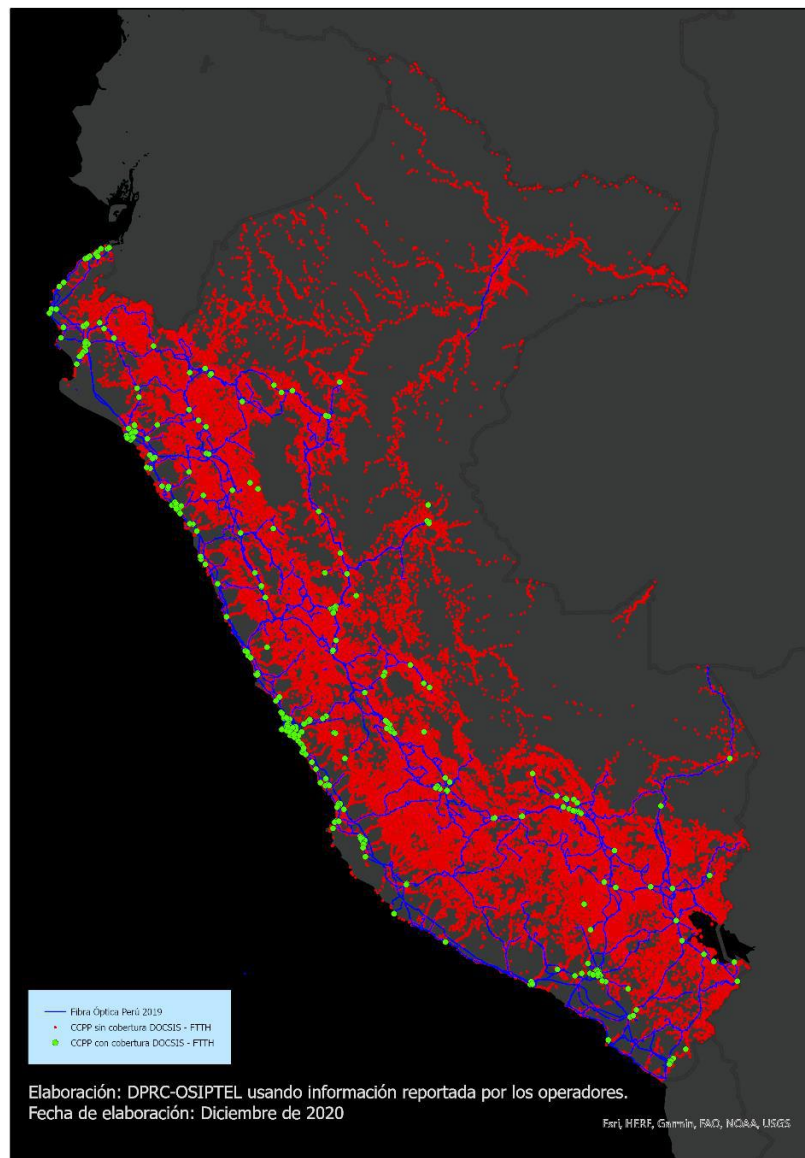
Puno es uno de los departamentos que tuvo menor crecimiento respecto a las residencias que tienen acceso a internet; en la actualidad se vienen desarrollando proyectos de “Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno” el cual es respaldada por el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL), siendo uno de los 21 proyectos que el estado impulsa para reducir la brecha digital y así buscar beneficios para el desarrollo del país, según una nota de prensa de la plataforma digital única del Estado Peruano.

Según la nota de prensa local ROAPUNO (2022) “el director de telecomunicaciones de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Puno, expresó que aún hay inconvenientes con la conectividad en los lugares alejados, como: Azángaro, Macusani, Moho, Mazocruz”.

En la Figura 2 se muestra el análisis espacial respecto al servicio de internet por FTTH, los puntos de color verde representan el 95.9% de los centros poblados (CCPP) con cobertura y se encuentran hasta 5 Km de los principales nodos de los operadores (More & Argandoña, s. f.), y la dispersión de color rojo representa los centros poblados sin cobertura de FTTH, es decir, se muestra que muchos centros poblados aún se encuentran sin cobertura de servicio de acceso a internet por FTTH.

Figura 2

Redes de fibra óptica y centros poblados con cobertura FTTH.



Nota: adaptada de “Las redes de transporte de fibra óptica, microondas y satelital y su rol para promover la expansión de la cobertura de los servicios públicos de telecomunicaciones: reporte y mapas de cobertura” (p.24), por More & Argandoña 2019, Osiptel (https://repositorio.osiptel.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12630/745/49%20DT%20Reporte%20y%20Mapas%20de%20cobertura%20Redes%20de%20Tx%20Fibra%20_%20MW%20y%20Satelital.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Moho es una de las provincias que tuvo limitaciones para el acceso a internet, incluso la cobertura móvil no abarcaba gran parte de los distritos de la provincia; muchos estudiantes del nivel básico de educación dejaron de acceder a las clases virtuales durante la pandemia por la falta o dificultad de acceso a internet, algunos estudiantes del nivel superior y personas independientes tuvieron que trasladarse y mudarse hasta el distrito de Juliaca para a estos servicios y continuar con sus actividades.

Es necesario digitalizar el distrito de Moho y así reducir la brecha digital, para ello se debe realizar el diseño de una red FTTH con tecnología GPON que brinde servicio de acceso a internet a los pobladores y empresas de la ciudad de Moho, que cumpla con los estándares para el correcto funcionamiento, con cobertura total de la ciudad de Moho y que pueda ser validado mediante el uso de software de simulación.

Una red FTTH con tecnología GPON no solo permitirá que los pobladores y empresas accedan al servicio de internet, sino que además podrán experimentar de la velocidad de navegación y el ancho de banda para que: las empresas puedan agilizar sus actividades, los estudiantes puedan estar siempre conectados en las sesiones virtuales, las instituciones públicas puedan realizar gestiones rápidas y las familias puedan gozar de los servicios de streaming.

1.4 Formulación del problema.

1.4.1 Problema general.

¿Cómo diseñar una red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON para el acceso de banda ancha en el distrito de Moho-Puno?

1.4.2 Problemas específicos.

¿Cuál es la situación actual respecto al acceso de banda ancha en la ciudad de Moho-Puno?

¿De qué manera el diseño de una red FTTH balanceada y desbalanceada brindará un servicio estable?

¿Cómo delimitar el espacio geográfico y la ruta del tendido del diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON en la ciudad de Moho-Puno?

¿Cómo comprobar el funcionamiento del diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON?

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general.

Diseñar una red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON para el acceso de banda ancha en el distrito de Moho-Puno.

1.5.2 Objetivos específicos.

Estudiar la situación actual respecto al acceso de internet para el diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada en la ciudad de Moho-Puno.

Definir las topologías de la arquitectura de red y realizar el presupuesto óptico para brindar el servicio estable de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON.

Diseñar la red balanceada y desbalanceada en base al espacio geográfico, delimitar la cobertura y definir la ruta del tendido de alimentación, distribución y dispersión en la ciudad de Moho-Puno.

Validar el funcionamiento del diseño mediante el uso de software de simulación.

1.6 Justificación.

En lo teórico aportará nuevos conocimientos respecto al sistema balanceado y desbalanceado para el diseño de una red FTTH, el cual permite ser evaluado, aplicado y servir de antecedente para distintos proyectos a futuro; en lo práctico será de base para futuras implementaciones de redes FTTH con tecnología GPON con arquitectura balanceada y desbalanceada las cuales permitirá que la red tenga mayor cobertura, escalabilidad y menor costo para su implementación; además, beneficiará a la población con la tecnología, estarán comunicados y podrán acceder a los distintos servicios como: redes sociales, acceso a la información, streaming, etc.

II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes.

A continuación, se presentarán los antecedentes de investigación relacionadas al tema y que fueron de motivación para el desarrollo del presente trabajo.

Antecedentes nacionales.

Mamani & Cherino (2022), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero electrónico de la Universidad Nacional del Altiplano, titulada “Diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda del distrito de Taraco”.

Plantea como objetivos: el diseño de una red FTTH con la tecnología GPON el cual brinda gran capacidad de ancho de banda en el distrito de Taraco ubicada en la provincia de Huancané y departamento de Puno, realizar la ingeniería para el cálculo de presupuesto óptico según la potencia y sensibilidad de los equipos, estudiar los herrajes y componentes para PEXT (planta externa) para el tendido de la red, estudiar las normativa ITU.T, y mejorar la calidad de información educativa; consiste en un diseño de red balanceada para brindar los servicios de triple play.

Los autores concluyen que el diseño brinda mayor ancho de banda para los servicios tales como: 40 Mbps para IPTV, 100 Kbps para telefonía y 38 Mbps para datos; realizaron el cálculo de presupuesto óptico en todas las ventanas, obteniendo así una mayor pérdida de -17.72 dBm cuyo valor es aceptable por el equipo receptor ya que este opera en el rango de -27dBm hasta -8dBm; realizó el estudio de los componentes activos y pasivos, llegando a brindar el servicio de hasta 78 Mbps por el uso del splitter balanceado 1:32, y el estudio de los herrajes que cumplan los estándares la distancia mínima de seguridad (DMS) para trabajos a nivel subsuelo y aéreo; realizó el diseño cumpliendo los estándares de ITU-T con arquitectura GPON considerando la reserva de hilos para un futuro crecimiento y propone el uso de equipos estandarizados que garantiza la escalabilidad y la interoperabilidad del diseño; por último, al brindar un servicio de 78 Mbps se logró mejorar el ancho de banda ya que este es suficiente para acceder a las sesiones remotas para instituciones públicas y privadas.

Ramírez Zapata (2019), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero electrónico y telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Piura, titulada “Diseño de una red de FTTH para el acceso de banda ancha en el condominio Galilea – Castilla, utilizando tecnología GPON”.

Plantea sus objetivos: diseñar una red de fibra óptica FTTH en todo el condominio de Galilea, calcular la demanda potencial para brindar los servicios, diseñar la red en base a la demanda y realizar el cálculo de presupuesto óptico de la red.

El trabajo se apoya de la empresa Bitel del Perú a través de sus equipos de agregación, en la cual se considera una OLT Huawei MA5608T de 16 interfaces GPON, de las cuales 10 son destinadas para el diseño.

Como conclusiones el autor realizó el cálculo aproximado de la demanda para brindar el servicio de datos, voz y video, consideró un índice de penetración del 80% ya que se considera que los residentes del condominio pueden solventar los gastos del servicio de FTTH; ubicó el nodo principal en una cámara subterránea y a partir de ello realizó el mapeo del tendido de la red, cálculo de metrados y la ubicaciones de los distintos componentes herrajes, componentes activos y pasivos; realizó el cálculo de presupuesto óptico desde el nodo FTTH hasta el equipo final del cliente; por último, estimó la tasa de transmisión y ancho de banda por cada puerto PON para brindar los servicios de datos, voz y video.

Frías Cabrejos & Pérez Segura (2020), en su tesis para optar el título profesional de ingeniero electrónico de la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, titulada “Red FTTH para implementar banda ancha en el distrito de Pomalca”.

Los autores plantean como objetivos realizar un diseño de red FTTH con capacidad de 10Gbps-Upload y 2.5-Gbps-download como máximo para el servicio de Triple Play y garantizando la capacidad de carga y descarga; además, mediante instrumentos estadísticos, analizar la capacidad adquisitiva para brindar los servicios; diseñar la red FTTH en base a la capacidad adquisitiva para satisfacer la calidad de la señal; y por último simular la arquitectura y comprobar la calidad de la señal y servicios.

Como conclusión, los autores diseñaron la red FTTH con capacidad de 10Gbps-Upload y 2.5-Gbps-download como máximo en los sectores Centro Pomalca y La Unión; para cubrir los 256 usuarios, realizaron la división respectiva de 1:256, donde se garantiza que 150 usuarios accedan a 70 Mbps, 50 usuarios accedan a 120 Mbps y 56 usuarios accedan a 140 Mbps para garantizar el servicio de triple play; analizaron la capacidad adquisitiva y la demanda en el sector de Centro de Pomalca para ofrecer la el ancho de banda de 120 y

140 Mbps a 60 y 80 soles respectivamente, y en el sector La Unión ofrecer 70 y 120 Mbps a 40 y 60 soles respectivamente; para el diseño de la arquitectura consideraron los postes de baja y media tensión como punto de apoyo, logrando así cubrir el índice de penetración del 50% y 100% en los sectores de La Unión y Centro Pomalca respectivamente; finalmente, simularon la arquitectura mediante el uso de hojas de cálculo para hallar la calidad de la señal.

Conche (2021), en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Federico Villareal, titulada “La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y su influencia en el servicio de internet en el Perú”.

El autor plantea como objetivo determinar la influencia de la red dorsal nacional de fibra óptica en la cobertura e infraestructura del servicio de internet; cuyo procedimiento se basó en la codificación y construcción de base de datos para su análisis estadístico (obtención de frecuencias y porcentajes de las variables de estudios, construcción de tablas, elaboración de gráficos para mostrar los resultados, análisis inferencial y análisis descriptivo).

El autor concluye que la RDNFO influye considerablemente en su infraestructura del servicio en el Perú, en el cual, a partir del inicio del impacto de la RDNFO (2016) tuvo un crecimiento en despliegue de fibra del 91.79% desde el 2015 al 2016 y un 14.46% hasta el 2020, la cantidad de nodo con un crecimiento del 169.89% en el periodo del 2013 al 2015 y el 269.67% en el periodo del 2016 al 2022, la cantidad de estaciones base con un crecimiento del 155.12% en el periodo del 2012 al 2015 y el 218.48% en el periodo del 2016 al 2020, el servicio a internet cuyo indicador número de móviles con un crecimiento del 11.75% del periodo del 2016 al 2018 y una caída del 6.66% al 2020 y el servicio a internet cuyo indicador densidad de líneas móviles con un crecimiento del 9.94% del periodo del 2016 al 2018 y una caída del 8.54% al 2020.

Francisco & Rojas (2023), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico, titulada “Arquitectura de una red FTTH con tecnología GPON para habilitar el servicio de internet en el centro poblado de Comatrana, Ica 2022”.

El autor plantea como objetivos: ejecutar la arquitectura de la red FTTH con tecnología GPON para habilitar el servicio de internet, generar la potencia óptica necesaria y habilitar la cobertura en el centro poblado de Comatrana, Ica. El desarrollo está dividido en cuatro etapas:

La primera etapa consta de una visita al campo, según pre-diseño, levantar información para el apoyo del tendido sobre postes eléctricos o propios (proyección), ingeniería del gabinete donde estarán los equipos activos y presupuesto para la implementación del proyecto.

En la segunda parte desarrolla la etapa de permisos legales para la ejecución de obra, estos permisos van dirigidos a la municipalidad local, y la concesionaria eléctrica para el alquiler de postes.

En la tercera etapa, luego de realizar los permisos legales, empieza la ejecución del proyecto en las cuales el personal PEXT realiza el tendido de la fibra óptica, plantado de postes e instalación de elementos pasivos según el diseño.

En la última etapa se realizan las pruebas de calidad en el iOLM y medición de la potencia activa.

Los autores concluyen que se logró habilitar la cobertura del servicio de internet en la ciudad de Comatrana con la tecnología de FTTH, distribuyendo así 128 cajas NAP o cajas de distribución final; en cada caja la potencia (teórica y experimental) es óptima para brindar el servicio y la calidad de construcción del enlace de la OLT a las cajas de distribución resultó conforme al estándar de instalación de planta externa requerida por el operador WOW TEL S.A.C.

Antecedentes internacionales.

Larbi et al. (2022), en su tesis de maestría en la University of Biskra, titulada “Planning FTTH Network using QGIS”.

Su tesis explica a profundidad teóricamente sobre la nueva tecnología, redes FTTH, que está siendo demanda los últimos años; describe las consideraciones para el diseño de una red, para ello plantea su trabajo en 4 capítulos: la primera describir de manera general sobre la tecnología de fibra óptica, el funcionamiento y la red de transporte; el segundo describe las redes de acceso, las diferente arquitecturas, las distintas categorías de las redes PON y los tipos de técnicas de multiplicación; el tercer capítulo está enfocado sobre el software QGIS para la planificación de la red y el último capítulo aborda sobre la implementación y automatización de la planificación de FTTH utilizando funciones incorporadas en QGIS y el algoritmo K-means.

Los autores concluyen que la fibra óptica es el medio por el cual brinda solución para transmisiones a altas velocidades; los costos económicos de inversión y mantenimiento para implementación con tecnología PON se reduce; diseñó la red mediante el estudio de

emplazamiento, el cálculo de potencia y el despliegue de la fibra en la ciudad de Zeribet El Oued usando QGIS asignando splitters de 1:8; por último, agregó el uso de la librería de PyQGIS y el algoritmo K-means el cual permite calcular la cantidad, agrupar y conectar las FAT's en el software QGIS.

Santamaría Guayasamín & Sánchez Arias (2021), en su trabajo de titulación previo a la obtención del Título de ingeniero electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana, titulada “Desarrollo de la red GPON de la empresa signal-internet para la ciudad de Guaranda”.

Los autores plantean como objetivo general desarrollar la red GPON para brindar los servicios de internet en la ciudad de Guaranda, provincia de Bolívar, y los objetivos secundarios son: analizar el estado actual de la red de provisión, diseñar la red GPON (red de acceso y distribución), implementar la red diseñada desde el proveedor hasta el equipo final del abonado y realizar pruebas de desempeño y comportamiento para verificar la operatividad de la red.

Concluyeron que tras las pruebas realizadas tuvieron resultados de 1.25 y 2.25 Gbps de descarga y que no hubo tiempo de inactividad; para el diseño consideraron la ubicación de las cajas de distribución y dispersión en lugares donde cubra gran demanda o mayor número de abonados, estimando en total 1000 abonados; obtuvo la atenuación por PON menor a los 24 dB, por el cual no presenta problemas de interrupción de servicio e intermitencia para una red GPON con transmisor óptico de clase B+.

Prieto (2018), en su tesis para obtener el título profesional de ingeniero electrónico, titulado “Red de fibra óptica hasta el hogar, con servicio triple play, para nuevos abonados de la empresa SERPORMUL S.A., en el cantón Biblián, provincia del Cañar”.

Plantea como objetivo diseñar una red FTTH con la tecnología GPON para mejorar la calidad y velocidad de servicio de internet, voz e TV en el centro de cantón, realizar el estudio del estado de arte en temas relacionadas a fibra óptica y el servicio de triple play, diagnosticar la situación actual de la empresa SERPORMUL S.A. en el cantón, diseñar y dimensionar los equipos para la implementación de la red y determinar la factibilidad económica del proyecto.

El autor concluye el diseño desarrollado en base a aspectos técnicos y analizando los puntos regulatorios, considera reservar hilos en la fibra para futuras proyecciones, el diseño tiene un índice de penetración del 60% sobre el territorio desarrollado, equipar la red con

una sola marca, debido a la factibilidad e interoperabilidad entre los mismos, y debido a que la red se desplegará sobre postes de empresas eléctricas, la red de la fibra óptica está a merced de cualquier problema o incidente, es por ello realizar los permisos necesarios para la instalación.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Fibra óptica.

Definida como el medio de transporte cuya fibra es fabricada con dióxido de silicio, es un filamento de vidrio o plástico transparente y flexible; físicamente la fibra puede tener un diámetro similar o poco mayor al diámetro del cabello humano.

Es utilizado para transmitir haces similares a la luz entre extremos de la fibra, la cual permite la transmisión de datos a gran velocidad y grandes distancias, eficiencia y gran ancho de banda sin necesidad de utilizar señales eléctricas.

2.2.1.1 Tipos de fibra.

En base a sus características y transporte, la fibra óptica se divide en dos tipos en función a su diámetro y la propagación de longitud de onda.

- Multimodo.

La fibra óptica multimodo posee un núcleo mayor por el cual permite la propagación de múltiples modos de propagación de la luz; sobre ella pasan más datos ya que existe un aumento de número de reflexiones de la luz que se crean a medida que estas atraviesan el núcleo (Larbi et al., 2022).

La calidad de la señal no cubre largas distancias ya que se reducen debido a la alta dispersión y atenuación que presenta este tipo de fibra.

- Monomodo.

La fibra óptica monomodo posee un núcleo pequeño, por el cual permite la propagación de un modo, posee una menor dispersión y permite cubrir largas distancias.

2.2.2 Tecnologías de Acceso.

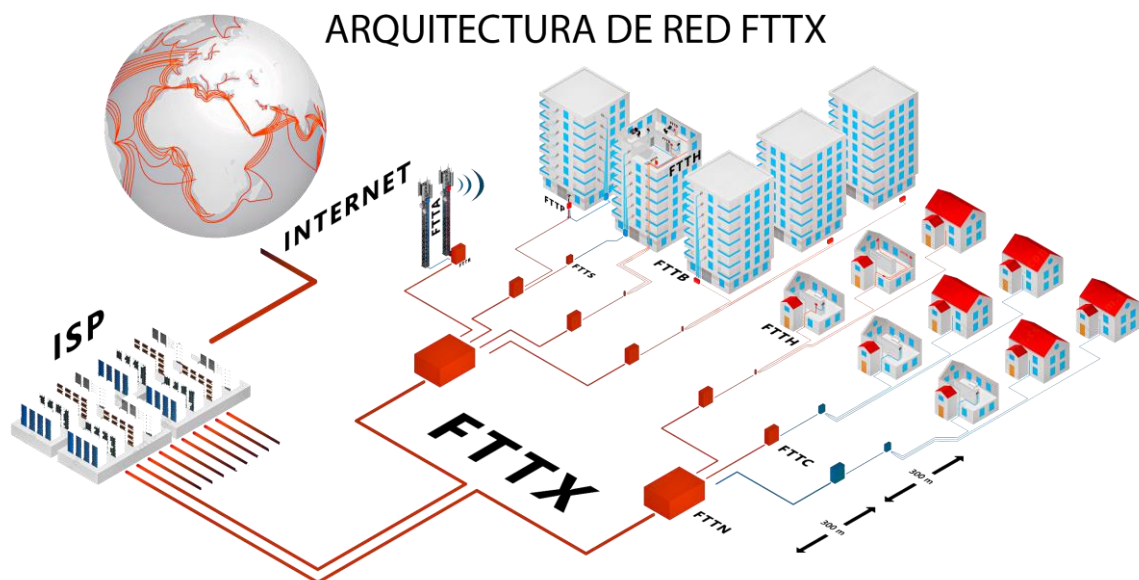
2.2.2.1 Fibra hasta el/la X (FTTX).

Significa fibra hasta un determinado punto (X) donde termina la línea de fibra óptica; hace referencia a las diversas opciones de arquitectura para redes de banda ancha, algunos tipos existentes son: FTTH, FTTA, FTTB, FTTC, FTTP, FTTN, etc.

Por ejemplo, en la Figura 3 se muestra la arquitectura de red FTTX donde se aprecia el recorrido de la fibra óptica desde el ISP hasta cierto punto (línea color rojo); donde: FTTN significa fibra hasta el nodo; FTTC, fibra hasta un gabinete, suele estar en el punto medio del nodo y el abonado; FTTH, fibra hasta el hogar, la fibra llega hasta la casa o edificio del abonado; FTTB, fibra hasta el sótano, suele terminar en una caja de terminación de fibra en el sótano; FTTR, fibra hasta el router o radio; FTTP; fibra hasta el poste; FTTS, fibra hasta la calle; FTTF, fibra hasta el suelo, fachada, fábrica o alimentador; FTTD, fibra hasta la puerta o escritorio; y FTTA, fibra hasta la antena.

Figura 3

Arquitectura de red FTTX



Nota. Adaptado de “What Does FTTH and FTTX Mean, ¿and What is the Internet?”, 2022, de <https://telecom.samm.com/what-does-ftth-fttx-mean-and-what-is-the-internet>.

2.2.2.2 Fibra hasta el hogar (FTTH).

Es la tecnología donde la fibra óptica es el medio por el cual se transmite datos desde la oficina central donde se encuentra el OLT hasta el ONT o ONU que se encuentra en el hogar del abonado, esta tecnología se caracteriza por su aprovechamiento de la velocidad y confiabilidad.

2.2.3 Red FTTH balanceada y desbalanceada.

Se define como la arquitectura empleada para la distribución de potencia que emite el OLT hacia los ONT's, esta distribución se logra con los splitter's que se encuentran en el ODN; comúnmente se aplicaba las redes balanceadas para la implementación de FTTH y en la actualidad las grandes empresas vienen implementando redes desbalanceadas en el Perú.

2.2.3.1 Splitter.

También conocido como divisor óptico, es un elemento que permite dividir el haz de luz emitida desde la oficina central hacia los abonados, es decir divide la potencia emitida por el transmisor óptico, usada para la arquitectura P2MP (Punto a multi-punto).

2.2.3.2 Red FTTH balanceada o simétrica.

La red balanceada o simétrica se caracteriza por el uso de splitter's que dividen la única potencia emitida por un puerto del OLT en partes iguales, lo que asegura que los ONUS's/ONT's reciban la misma proporción la potencia.

La representación del splitter balanceado es $A:N$, donde A representa al número de entradas y N al número de salidas, algunos ejemplos de splitters son: 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 2:4, 2:8, etc.

Generalmente se utilizan splitters con una entrada ya que el objetivo es dividir la única señal que se emite por un puerto PON; el splitter que tiene dos entradas es utilizado para topologías de anillo ya que ante cualquier incidencia permite la redundancia.

La pérdida para splitters balanceados con N salidas incluyendo las pérdidas por exceso y variación se define con la Ecuación 1 (Farmer et al., 2016).

$$Pb(dB) = 3.5 \left(\frac{\log(N)}{\log(2)} \right) \quad (1)$$

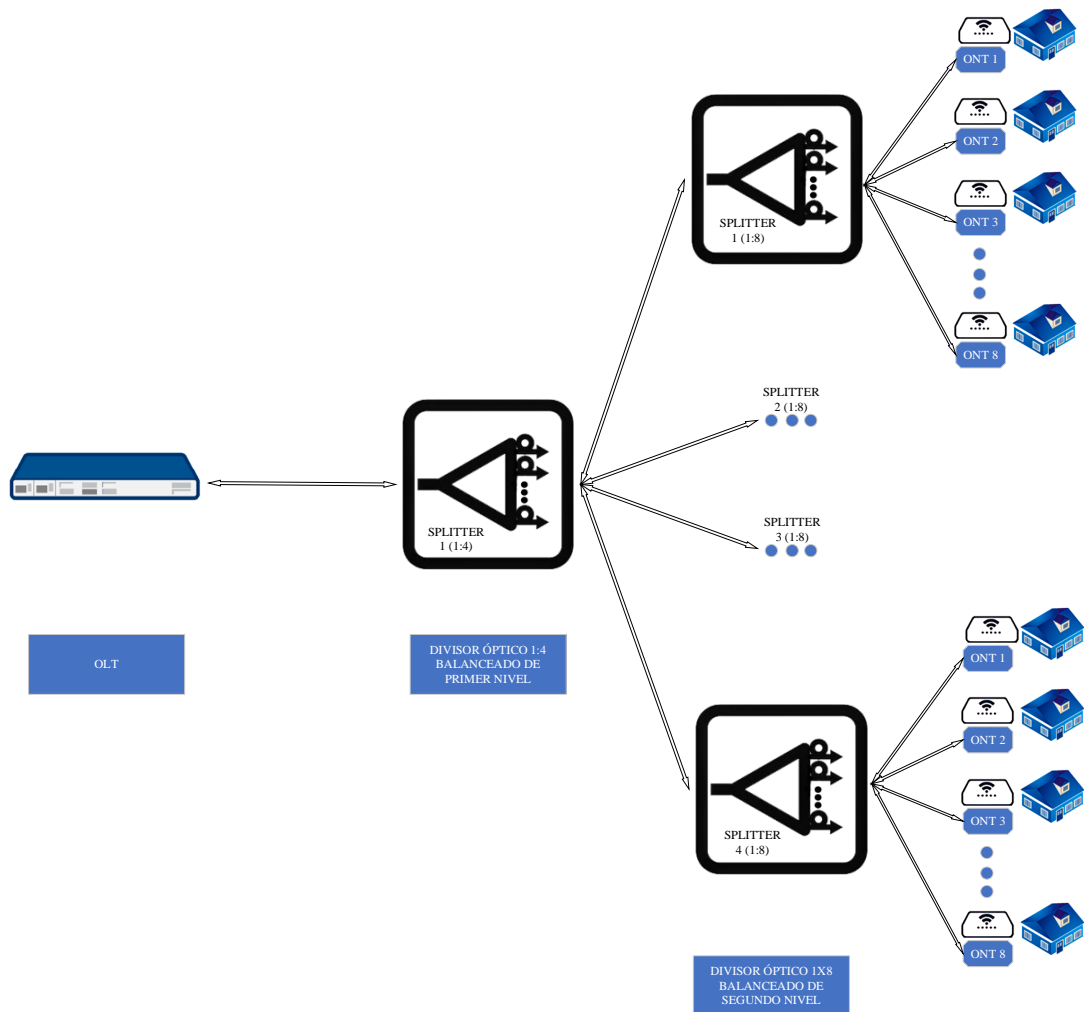
Se debe entender que esta es una fórmula teórica y nos brindará la pérdida aproximada ya que en la vida real los elementos indicarán la pérdida que realmente tendrá en las hojas de especificaciones del fabricante.

En la Figura 4 se muestra un ejemplo de una red FTTH balanceada, donde la potencia es emitida por el OLT, en el primer nivel se encuentra un splitter de 1:4 el cual indica que la

potencia de entrada se dividirá en cuatro potencias de salida iguales las cuales cada una de ellas están conectadas otro splitter de segundo nivel de 1:8 donde ocurrirá el mismo evento, la nueva potencia de entrada se dividirá en ocho potencias de salidas iguales las cuales estarán conectadas a las ONUS's/ONT's de los abonados.

Figura 4

Red FTTH balanceada



Nota. Elaboración propia.

2.2.3.3 Red desbalanceada o asimétrica.

La red desbalanceada o asimétrica, es una red que está siendo implementada por grandes empresas, esta se caracteriza por el uso de splitter's desbalanceados la cual permite dividir la señal en proporciones diferentes en las cajas de atención final.

Los splitters desbalanceados son elementos que reciben una determinada potencia (100%) en su entrada y entrega distinto porcentaje de esta en cada una de sus salidas

(Acevedo, 2023), generalmente son de una entrada y dos salidas (1:2) pero su representación viene dada por X/Y , donde “X” representa el porcentaje de una salida y “Y” representa el porcentaje de la otra salida del splitter; los splitter que se encuentran en el mercado son: 1/99, 2/98, 5/95, 10/90, 15/85, 20/80, 25/75, 30/70, 35/65, 40/60, 45/55 y 55/55.

Las pérdidas para splitters desbalanceados en cada una de sus salidas se define mediante la Ecuación 2 (Farmer et al., 2016).

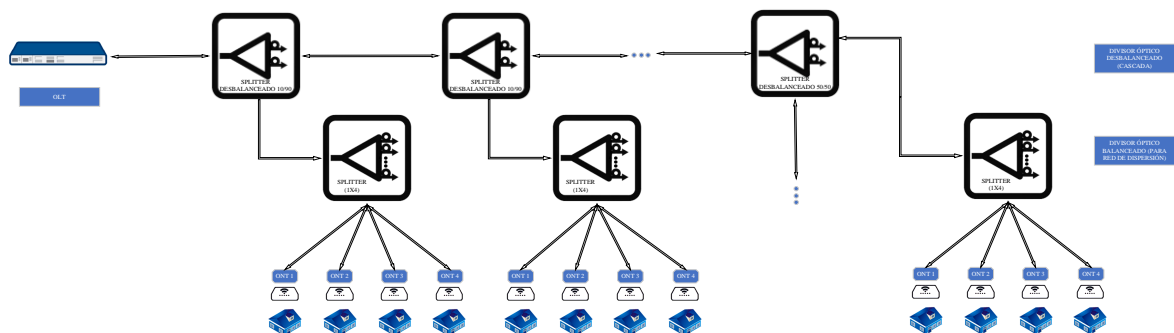
$$Pd(dB) = -10 \log (P\%) \quad (2)$$

Donde P% será el porcentaje de cada salida (X o Y); en esta fórmula se debe considerar las pérdidas por exceso y variación.

En la Figura 5 se muestra un ejemplo de la red FTTH desbalanceada donde la potencia es emitida por el OLT y este llega al primer splitter desbalanceado el cual dividirá la potencia en dos: la de menor proporción se queda para alimentar los abonados finales (mediante un splitter balanceado 1:4) y la de mayor proporción seguirá la ruta de la fibra hasta llegar al segundo splitter desbalanceado el cual volverá a dividir la señal en proporciones diferentes donde la proporción menor se queda para alimentar a los abonados finales y la mayor proporción seguirá la ruta, el mismo evento ocurre hasta el N splitter desbalanceado; el “N”-simo splitter suele ser un splitter balanceado el cual en sus salidas la potencia mínima pueda ser detectado por el ONT; generalmente los splitter’s desbalanceados siempre estarán acompañados de splitter balanceados para la dispersión del servicio entre los abonados.

Figura 5

Red FTTH desbalanceada



Nota. Elaboración propia

2.2.4 Red óptica pasiva (PON).

Definida como una red que presenta diferentes elementos pasivos para conectar a partir del puerto PON del equipo terminal de línea óptica (OLT) hasta el puerto del receptor del terminal de red óptica (ONT) o unidad de red óptica (ONU); puede optar la arquitectura punto a punto o punto multipunto, esta última es la más utilizada en FTTH.

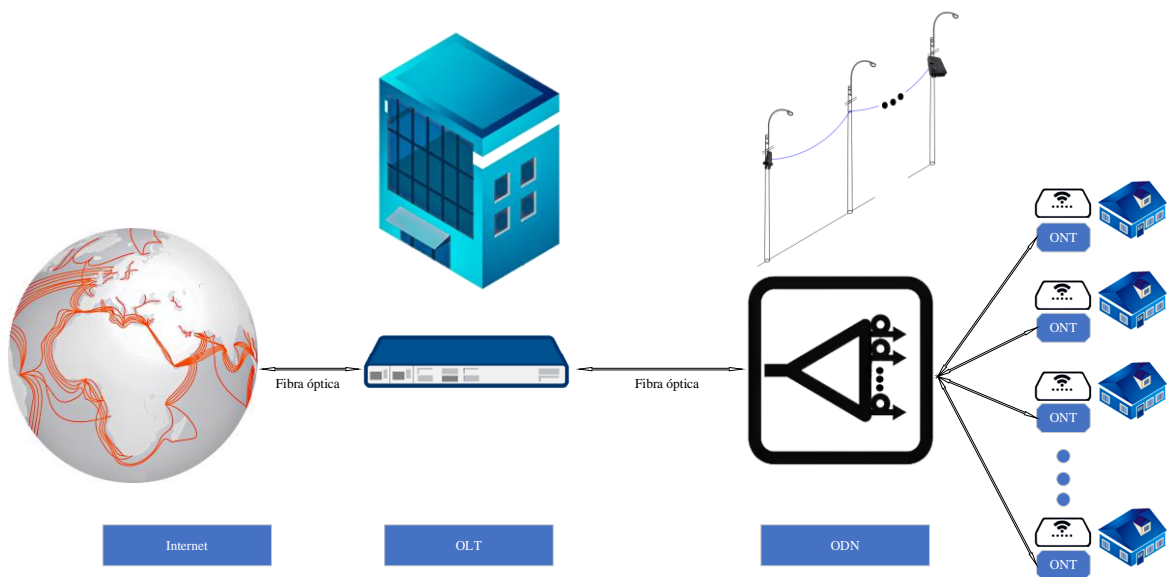
2.2.5 Red óptica pasiva con capacidad de gigabyt (GPON).

Es la estandarización de redes PON con capacidad de gigabyt y alcanza velocidades de hasta 2.4 Gb/s de bajada y 1.2 Gb/s de subida.

En la Figura 6 se muestra la arquitectura básica de una red FTTH con tecnología GPON; donde en los extremos se encuentran los equipos activos tales como el OLT (ubicada en la oficina central) y ONT's/ONU's (ubicadas en las casas de los abonados), al centro se encuentra la red de distribución óptica (ODN) donde están los elementos pasivos, tales como la fibra óptica, splitters, atenuadores, conectores, etc.

Figura 6

Red FTTH con tecnología GPON



Nota. Elaboración propia

2.2.5.1 Funcionamiento de una red GPON.

La comunicación entre equipos activos que se encuentran en la oficina central o nodo del ISP y el abonado se transmite por la fibra, en ello hay dos canales, el primero es descendente y otro ascendente; las señales de datos y voz ocupan la longitud onda de 1490 nm, mientras que el video ocupa 1550 nm.

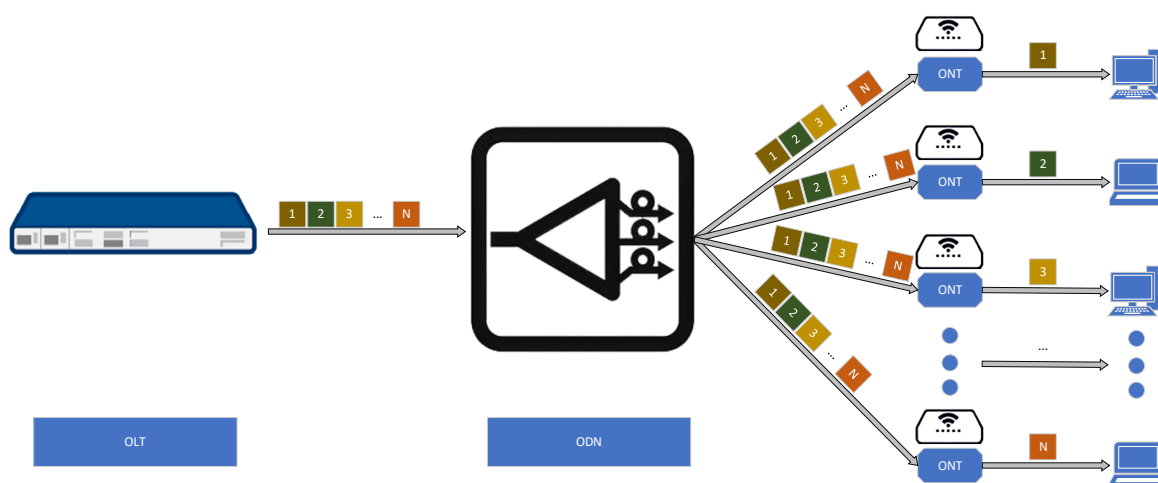
2.2.5.1.1 Canal descendente.

Desde los equipos activos de la oficina central o nodo del ISP se envía las señales hacia el equipo activo del abonado (ONT/ONU); el OLT reúne las tramas de las señales de datos y voz en longitud de onda de 1490 nm, a través de la multiplexación WDM (multiplexación por división de longitud de onda), estas tramas se agrupan con las de video en longitud de onda de 1550 nm; las tramas llevan la información a cada uno de los destinos por medio del ODN donde se encuentran los splitters las cuales ayudan a direccionar la señal. El OLT a través de TDM (Multiplexación por división de tiempo) informa los time slots por envío de datos en sentido descendente (Seminario Imán, 2021).

En la Figura 7 se muestra el envío descendente desde el OLT a N abonados con modo broadcast y cada ONT/ONU se encarga de filtrar para mostrar al usuario final la solicitud correspondiente.

Figura 7

Canal descendente de la tecnología GPON



Nota. Elaboración propia

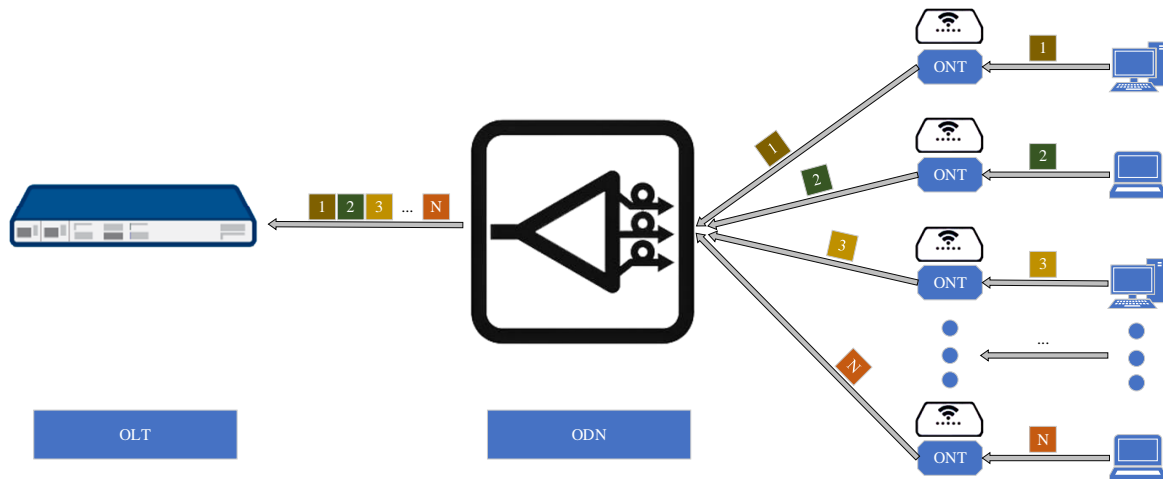
2.2.5.1.2 Canal ascendente.

Desde los equipos activos ubicados en el hogar de los abonados (ONT/ONU) se envía las señales hacia el equipo activo ubicado en la oficina central o nodo (OLT), las señales de datos y voz los hace en la longitud de onda de 1310 nm, utiliza la tecnología TDMA (Acceso por múltiple por división de tiempo) para que las informaciones de los ONT's/ONU's se transmiten en un intervalos de tiempo separado; es decir, los ONT's/ONU's están

sincronizadas con el OLT y reciben un intervalo de tiempo en las cuales estos pueden enviar sus datos, tal como se muestra en la Figura 8.

Figura 8

Canal ascendente de la tecnología GPON



Nota. Elaboración propia

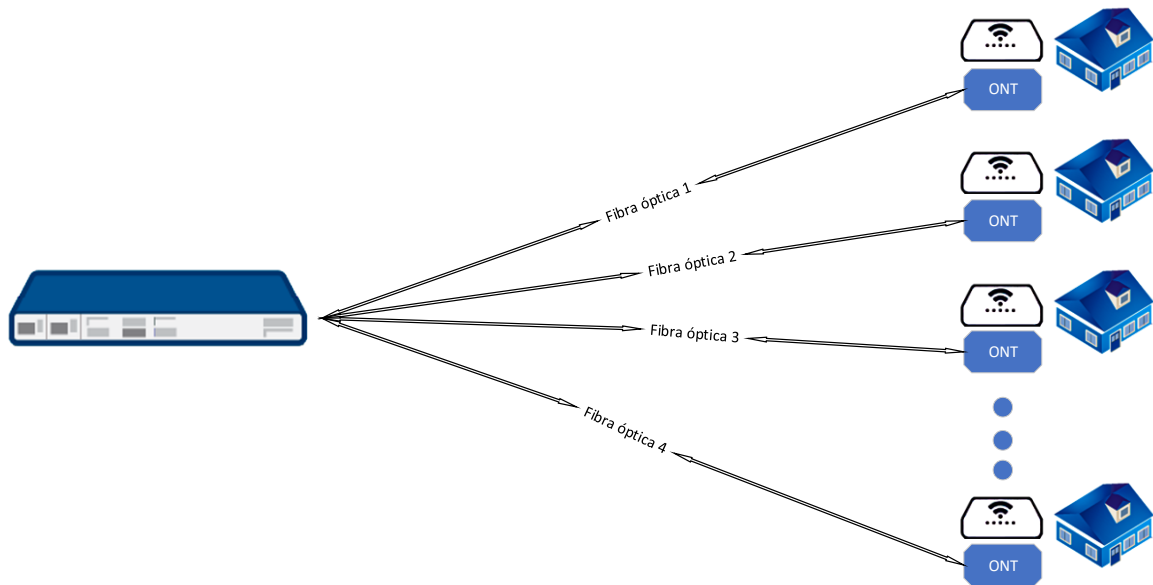
2.2.6 Arquitecturas de redes GPON.

2.2.6.1 Punto a punto (P2P).

Es una arquitectura dedicada únicamente en conectar dos puntos, en este caso la central y el abonado (suelen ser de tipo comercial o dedicado); es decir cada punto final dispone de un medio de transmisión de tal manera que no es compartida con otro, tal como se muestra en la Figura 9; la implementación de esta arquitectura genera costos al ser del tipo individual y en su mayoría son implementadas para conexiones dedicadas a grandes empresas (Lozano, 2014).

Figura 9

Arquitectura Punto a Punto (P2P)



Nota. Elaboración propia

2.2.6.2 Punto multipunto (P2MP).

Es una arquitectura mayormente implementada, ya que se basa en conectar muchos puntos a partir de un punto, es decir que muchos equipos activos finales (ONT's/ONU's) son conectados un puerto PON del OLT, esto quiere decir que los abonados comparten el medio de transmisión para conectarse a internet; esto se debe a que en la red se encontrarán divisores ópticos las cuales cumplirán la función de dividir la señal y repartirlos con los abonados (Arribasplata Terrones, 2021).

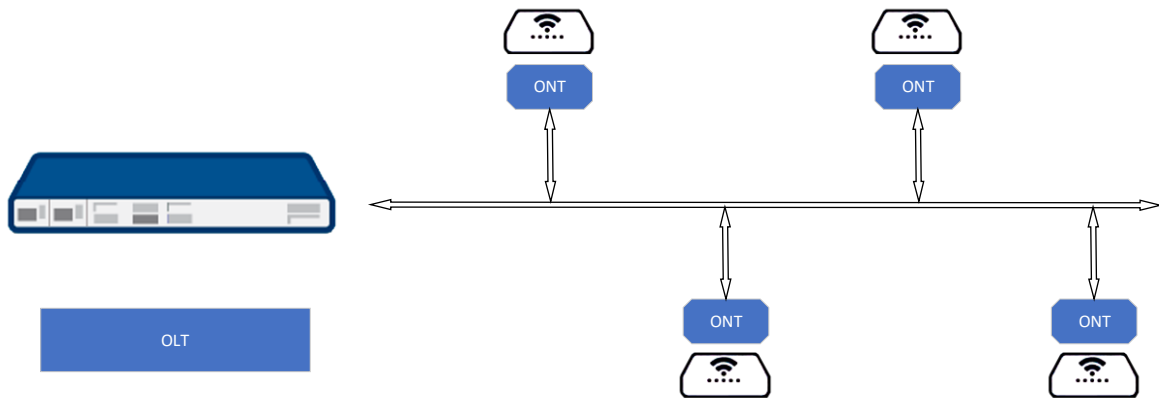
Las topologías para esta arquitectura son:

2.2.6.2.1 Topología bus.

En el despliegue de la fibra óptica existe ramificaciones en ciertos puntos, esto indica que sobre esas ramificaciones se tiene previsto brindar señal a los ONT's/ONU's (Arribasplata Terrones, 2021); es decir, el nodo central está conectado a otros nodos mediante un enlace en común, tal como se muestra en la Figura 10; la desventaja de este tipo de red es cuando se presenta alguna ruptura en cualquier punto de la fibra, los ONT's/ONU's ubicadas en sentido contrario a la conexión con el OLT desde el punto de la ruptura dejarán de recibir señal.

Figura 10

Arquitectura Punto multipunto P2MP con topología BUS



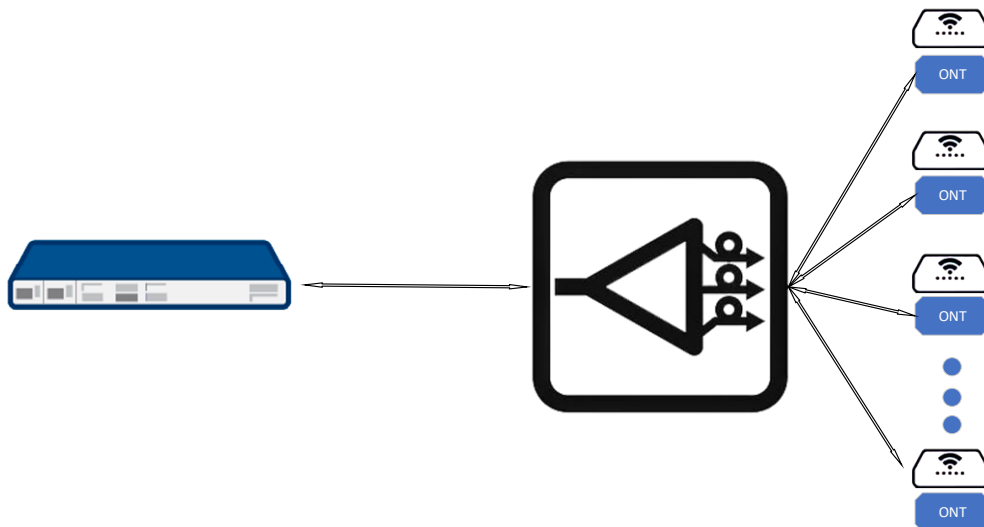
Nota. Elaboración propia

2.2.6.2.2 Topología estrella o árbol.

Es una de las topologías más implementada para redes GPON; desde el OLT se despliega la fibra hasta un punto en el cual se adiciona los splitters de primer y segundo nivel para dividir la señal y llegar a los abonados, tal como se muestra en la Figura 11; posee la característica de escalabilidad el cual permite ampliar la red en caso se quiera expandir la cobertura a nuevos abonados; en caso de ocurrir una ruptura de la fibra en el tramo principal implicaría el corte de servicio a todos los abonados.

Figura 11

Arquitectura Punto multipunto P2MP con topología estrella o árbol



Nota. Elaboración propia

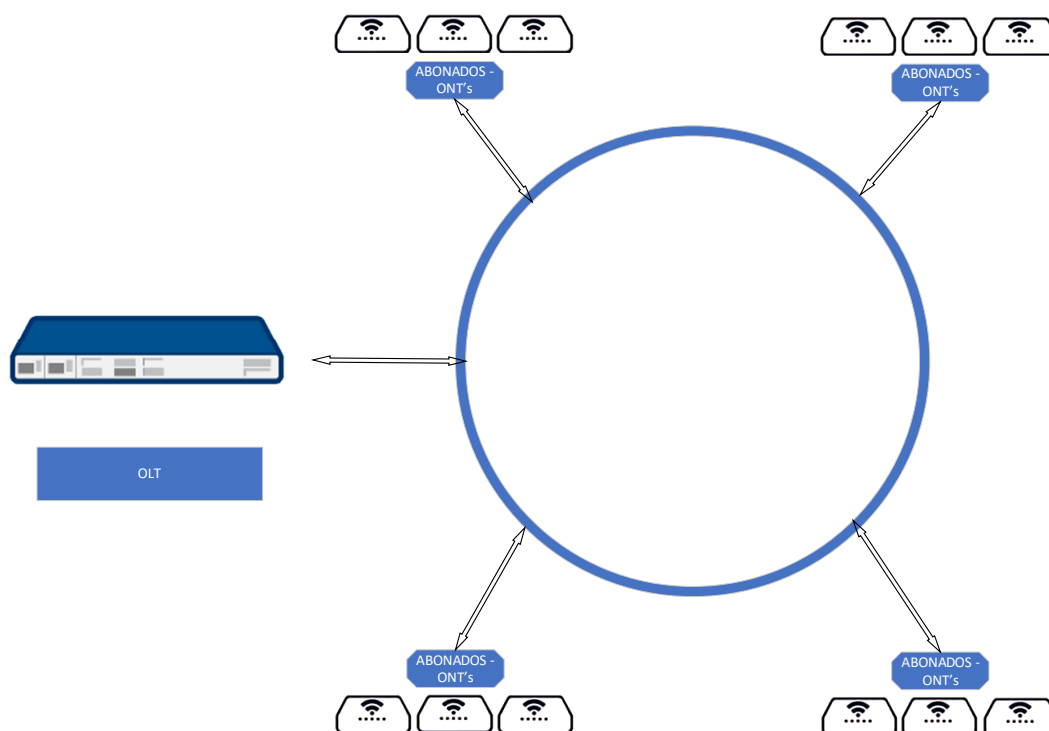
2.2.6.2.3 Topología anillo.

Desde la oficina central donde se ubica el OLT se despliega la fibra óptica (recorriendo los tramos que permitan alcanzar el objetivo final) y termina en la oficina central, tal como se muestra en la Figura 12; es decir, el nodo principal es el punto de inicio y el punto final del recorrido de la fibra y en ciertos puntos del anillo existirá pequeños tramos que permitirán conectar a los usuarios finales (Arribasplata Terrones, 2021).

Se considera esta topología como robusta y confiable a grandes distancias ya que posee un hilo de redundancia que es asignado al otro sentido del anillo y esto hace que el usuario tendrá servicio de internet así exista alguna avería.

Figura 12

Arquitectura Punto multipunto P2MP con topología anillo



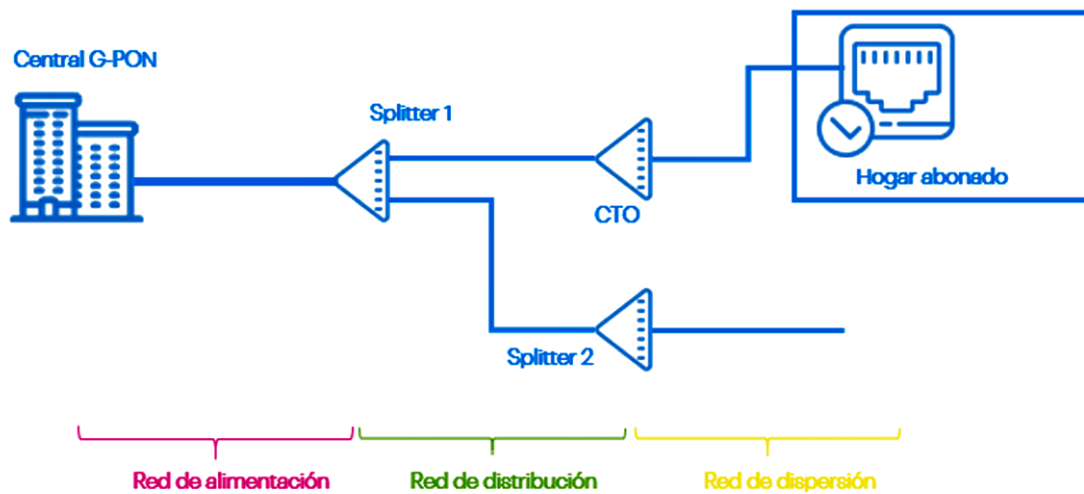
Nota. Elaboración propia

2.2.7 Tipo de red.

La tecnología GPON se compone por tres tipos de redes: Alimentación, distribución y dispersión, tal como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Tipos de red en la tecnología GPON



Nota. Adaptado de “La importancia de los despliegues FTTH en España—Nae”, por González & Garrido, 2019, de <https://nae.global/es/la-importancia-de-los-despliegues-ftth-en-espana/>

2.2.7.1 Red de alimentación.

Es la red que inicia en el nodo central (oficina central) donde se ubica el OLT y llega hasta el primer nivel de división óptica, generalmente para este tramo se utilizan fibras con mayor cantidad de hilos para alimentar muchas redes de distribución.

2.2.7.2 Red de distribución óptica (ODN).

Es la red intermedia que se conecta a la red de alimentación y a la red de dispersión, generalmente empieza en una caja de empalme o divisor de primer nivel hasta la caja de distribución final.

Esta red hace que exista comunicación entre el terminal de línea óptica (OLT) y el terminal de red óptica (ONT) o unidad de red óptica (ONU).

2.2.7.3 Red de dispersión.

Es el último tramo donde se realiza la conexión desde la caja de distribución final y el equipo activo del abonado (ONT/ONU), generalmente se utilizan cables drop de un hilo exclusivo para el abonado, a esto se le conoce como acometida, el cual ingresa a su hogar.

2.2.8 Norma ITU-T G.984.x.

Son recomendaciones considerables de la internacional telecommunications union (ITU), el cual permite realizar el diseño y certificación de topologías GPON y busca optimizar los recursos de los elementos pasivos.

En la Tabla 2 se muestra los parámetros para certificar una red FTTH GPON.

Tabla 2

Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x)

Norma ITU-T G 984.x				
ITU-T	Características generales.	Arquitectura del sistema OAM.		Tipos de servicio.
G.984.1 (ITU-T, 2011)		Tipos de interfaz: servicio, usuario. Alcance lógico.		Tasa física de transmisión y recepción. Rendimiento del sistema.
ITU-T G.984.2 (ITU-T, 2012)	Medios físicos dependientes.	Parámetros Class B+		
		Potencia óptica máxima	ONT + 5 dBm	OLT + 5 dBm
		Potencia óptica mínima	+0,5 dBm	+1,5 dBm
		Sensibilidad mínima	-27 dBm	-28 dBm
Potencia óptica mínima de sobrecarga	- 8 dBm	- 8 dBm		
ITU-T G.984.3 (ITU-T, 2014)	Convergencia de transmisión	Sub capas GPON TC Rango		Formato de trama Seguridad Ancho de Banda Dinámico. Operaciones, administración y mantenimiento.
ITU-T G.984.4 (ITU-T, 2011)	Gestión ONT, especificación de la interfaz de control.	Interoperabilidad entre OLTs y ONTs de diferentes proveedores.		
ITU-T G.984.5 (ITU-T, 2014)	Mejoramiento de banda.	Define longitudes de onda reservados para las señales de servicio adicionales utilizando WDM en la futura red GPON. Especifica los requisitos técnicos para la aplicación del filtro de longitud de onda en la ONT.		
ITU-T G.984.6 (ITU-T, 2012)	Mayor alcance.	Describe los parámetros de la arquitectura y la interfaz para los sistemas GPON con mayor alcance.		

Nota. Adaptado de “Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x”, por Quisnancela & Espinosa, 2016, de <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.111>.

2.2.9 Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO).

Es el proyecto impulsado por el estado cuyo objetivo es conectar con banda ancha las 22 capitales de las regiones y 180 provincias (Choquehuanca & Choquehuanca, 2022), en la Figura 14 se muestra el tendido actual la RDNFO a nivel nacional.

Figura 14

Tendido de fibra y ubicación de nodos de la RDNFO.



Nota. Adaptado de “Despliegue de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO)”, por el MTC.

Gob.pe(<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3461731/Red%20Dorsal%20Nacional%20de%20Fibra%20%C3%93ptica.pdf>)

Su topología consta de cinco anillos el cual asegura el transporte debido a la redundancia; además, la red dorsal está implementada con la tecnología DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), el cual permite la transmisión de múltiples señales simultáneamente sobre la fibra (Ataucuri et al., 2014).

La red de transporte unirá los distintos nodos de nivel, tales como:

2.2.9.1 Nodo Core.

Son los principales nodos que interconectaran las redes de transporte de la RDNFO, siendo 8 nodos ubicadas Trujillo, Cajamarca, Lima, Arequipa, Huancayo, Ayacucho, Cusco y Puno.

2.2.9.2 Nodo de Agregación.

Se ubica principalmente en cada capital de las regiones en cual estará conectada con el nodo core y nodo de distribución.

2.2.9.3 Nodo de Distribución.

Están ubicadas en las capitales provinciales que estará conectada con el nodo de agregación y el nodo de conexión.

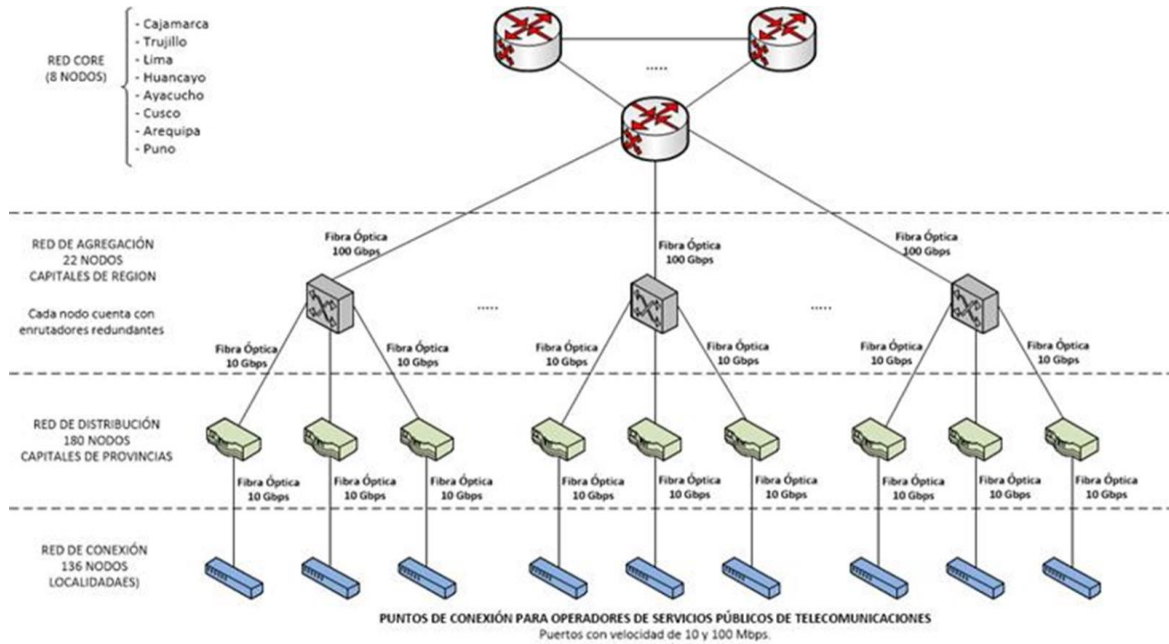
2.2.9.4 Nodo de Conexión.

Definida para la extensión de capacidades de los nodos de distribución, ubicados en los centros poblados de área rural (MTC, 2018).

En la Figura 15 se muestra la arquitectura de la red dorsal nacional de fibra óptica.

Figura 15

Topología de la red dorsal nacional de fibra óptica.



Nota. Adaptado de “Crecimiento económico peruano: La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. (RDNFO)”, por Romero, 2016, de <http://edwinopinioneconomica.blogspot.com/2016/06/la-red-dorsal-nacional-de-fibra-optica.html>

2.2.10 Atenuación.

Referente a la pérdida gradual de la intensidad de la luz sobre la fibra óptica debido a factores como la dispersión y absorción en el núcleo y revestimiento, en la fibra mide la cantidad de luz que se pierde entre la entrada y salida (Larbi et al., 2022) y es expresado en decibel (dB/Km) cuya ecuación es:

$$\alpha(dB/Km) = 10 \log_{10} \left(\frac{P_o(mW)}{P_i(mW)} \right) \quad (3)$$

Donde:

$\alpha(dB)$: Atenuación en decibel.

$P_o(mW)$: Potencia de salida en milliwatt.

$P_i(mW)$: Potencia de entrada en milliwatt.

La Ecuación 3 es considerado atenuación cuando el resultado de $\alpha(dB/Km)$ es menor a cero, en cambio se considera ganancia cuando $\alpha(dB/Km)$ es mayor a cero o seguidor cuando es igual a cero.

2.2.11 Presupuesto de Potencia.

Es el cálculo previo al diseño el cual permite obtener el rango de valores a considerar y no sobre pasar los valores calculados garantizará el correcto funcionamiento.

El presupuesto de potencia para el canal descendente y ascendente que permitirá saber hasta qué valor máximo se debe considerar para el total de atenuaciones, se calculará con las Ecuaciones 4 y 5:

2.2.11.1 Presupuesto permitido de pérdida óptica en el canal descendente.

$$P_{TX-OLT}(\text{dBm}) - O_{ONT}(\text{dBm}) < At_{(1490)} < P_{TX-OLT}(\text{dBm}) - S_{ONT}(\text{dBm}) \quad (4)$$

Donde:

$At_{(1490)}$: Atenuación total en el canal 1490 nm.

$P_{TX-OLT}(\text{dBm})$: Potencia de transmisión del OLT.

$O_{ONT}(\text{dBm})$: Sobrecarga óptica de recepción mínima del ONT o ONU.

$S_{ONT}(\text{dBm})$: Sensibilidad mínima del ONT o ONU.

2.2.11.2 Presupuesto permitido de pérdida óptica en el canal ascendente.

$$P_{TX-ONT}(\text{dBm}) - O_{OLT}(\text{dBm}) < At_{(1350)} < P_{TX-ONT}(\text{dBm}) - S_{OLT}(\text{dBm}) \quad (5)$$

Donde:

$At_{(1490)}$: Atenuación total en el canal 1350 nm.

$P_{TX-ONT}(\text{dBm})$: Potencia de transmisión del ONT.

$O_{OLT}(\text{dBm})$: Sobrecarga óptica de recepción mínima del OLT.

$S_{OLT}(\text{dBm})$: Sensibilidad del OLT.

Para realizar el diseño se considera las atenuaciones de distintos elementos (fibra, splitters, conectores y empalme) y en base a ello se puede estimar la atenuación con la Ecuación 6:

$$At_{(c)} = \sum N_c * A_c(\text{dB}) + N_f * A_f(\text{dB}) + L_f(\text{Km}) * A_f\left(\frac{\text{dB}}{\text{Km}}\right) + \sum S_{B/D} + M(\text{dB}) \quad (6)$$

Donde:

$At_{(c)}(dB)$: Atenuación total en el canal 1350 nm o 1490 nm.

N_c : Número de conectores y/o inserción.

$A_c(dB)$: Atenuación por conector y/o inserción.

N_f : Número de fusiones.

$A_f(dB)$: Atenuación por fusión.

$L_f(Km)$: Longitud de cable de fibra óptica.

$A_f\left(\frac{dB}{Km}\right)$: Atenuación del cable de fibra óptica por canal.

$\sum S_{B/D}$: Sumatoria de atenuación de los splitters balanceados y desbalanceados.

$M(dB)$: Margen de error (otros eventos que se pueden presentar).

Por último, para validar el presupuesto óptico se debe realizar las comparaciones del resultado de la Ecuación 6 en el canal descendente y ascendente con las Ecuaciones 4 y 5 respectivamente; además, para corroborar la viabilidad se debe calcular la potencia de transmisión con la Ecuación 7 cuyo resultado debe estar por debajo de la sobrecarga óptica y por encima de la sensibilidad mínima del ONU/ONT (Pachas Matias, 2019).

$$P_{(Rec)} = P_{prom} - At_{(c)} \quad (7)$$

Donde:

$P_{(Rec)}$: Potencia de recepción.

P_{prom} : Potencia promedio del emisor.

2.2.12 Elementos Activos.

Son elementos que requieren energía para su funcionamiento, los principales elementos activos son:

2.2.12.1 Terminal de Línea Óptica (OLT).

Se encuentra en la oficina central o un nodo y convierte la señal eléctrica de equipos del ISP a señales ópticas para su emisión por toda la red hasta llegar al usuario final. (López, 2023); de ella parten las fibras ópticas que se conectan con la ODN de la red para distribuir la potencia emitida por el transmisor óptico hacia los abonados.

2.2.12.2 Terminal de Red Óptica (ONT) y Unidad de Red Óptica (ONU).

Terminal de red óptica y unidad de red óptica son nombres establecidos por la ITU-T y la IEEE respectivamente, son destinadas en el hogar del abonado y mantiene

comunicación o recibe señal que parte desde el transmisor óptico que se encuentra en el OLT (Yépez Garzón, 2023).

2.2.13 Elementos pasivos.

Considerado como elementos que no requieren de alimentación eléctrica para su funcionamiento, esto indica un menor costo en instalación y mantenimiento; aparte de la fibra óptica que ya se describió, los principales elementos pasivos son:

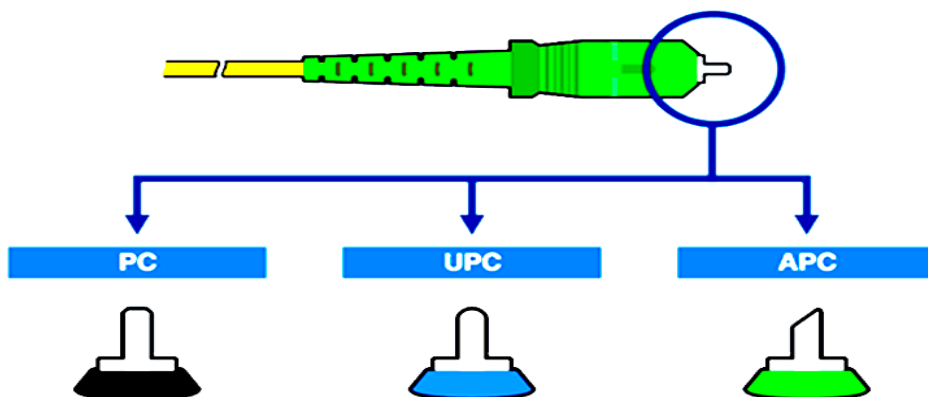
2.2.13.1 Conectores

Permiten conectar el hilo de fibra, son utilizados para terminación de fibra ópticas con el fin de conectar a otras fibras o paneles (Osorio, 2016), por ejemplo, se utiliza para conectar la fibra óptica a un distribuidor de fibra óptica (ODF), OLT, ONT, ONU, puertos de caja NAP, roseta, etc.

Existen tipos de conectores que es implementado en redes FTTH cuyos puertos son: ST, SC, LC, E2000, FC, MTRJ, MU, MPO-MTP, etc.; también se caracterizan por el tipo de pulido como el PC cuyo pulido de la férula es plana, UPC cuyo pulido es similar al PC con la diferencia que el bisel tiene una curva pronunciada y APC cuyo pulido tiene una superficie plana e inclinada 8 grados, en la Figura 16 se muestra los pulidos mencionados.

Figura 16

Tipo de conectores según su pulido de la férula.



Nota. Adaptado de “Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla”, por PROMAX, 2019, de <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>.

2.2.13.2 Caja de empalme o mufa.

Es un dispositivo de protección donde se realizan las fusiones de fibras.

2.2.13.3 Caja de distribución final, Caja NAP o FAT.

Es un dispositivo donde se realiza las últimas fusiones y en la cual se dispone de puertos para conectar el tramo final para llegar al equipo ONT del abonado.

2.2.13.4 Herrajes.

Son materiales para el soporte del tendido de la fibra sobre los puntos de apoyo, por ejemplo: preformados, aisladores, cintas de sujeción, mensajeros, anclas, brazos, etc.

2.2.14 Evolución de las redes.

Durante el paso del tiempo, las redes de fibra óptica experimentaron cambios debido a la búsqueda de simplicidad para implementarlas, estos métodos son:

2.2.14.1 Fusionadas o tradicional.

Es la primera forma de unir fibras en un proyecto, esto se aplicaba tanto en la etapa de primer nivel y segundo nivel para unir al splitter, e incluso hasta llegar al abonado en el cual se fusiona al pigtail para conectar a la ONT del abonado.

La ventaja de usar este método es que la atenuación es menor, casi imprescindible, haciendo que la pérdida de potencia sea menor.

2.2.14.2 Conectorizadas.

En este nivel se utilizan conectores mecánicos, en su mayoría eran aplicadas en la última milla (acometida) en las cuales el personal encargado de la instalación no necesitaba de una fusionadora para conectar la drop desde la caja de distribución final hasta el ONT/ONU, esto facilita la instalación ahorrando hasta el 40% del tiempo aproximado en comparación con el método por fusión.

2.2.14.3 Pre-conectorizadas.

Se caracteriza porque los elementos ya vienen de fábrica con los conectores instalados y son certificados; esto permite simplicidad para las instalaciones de FTTH y ahorro del tiempo hasta el 80% de tiempo aproximado en comparación con el método por fusión.

III. METODOLOGÍA.

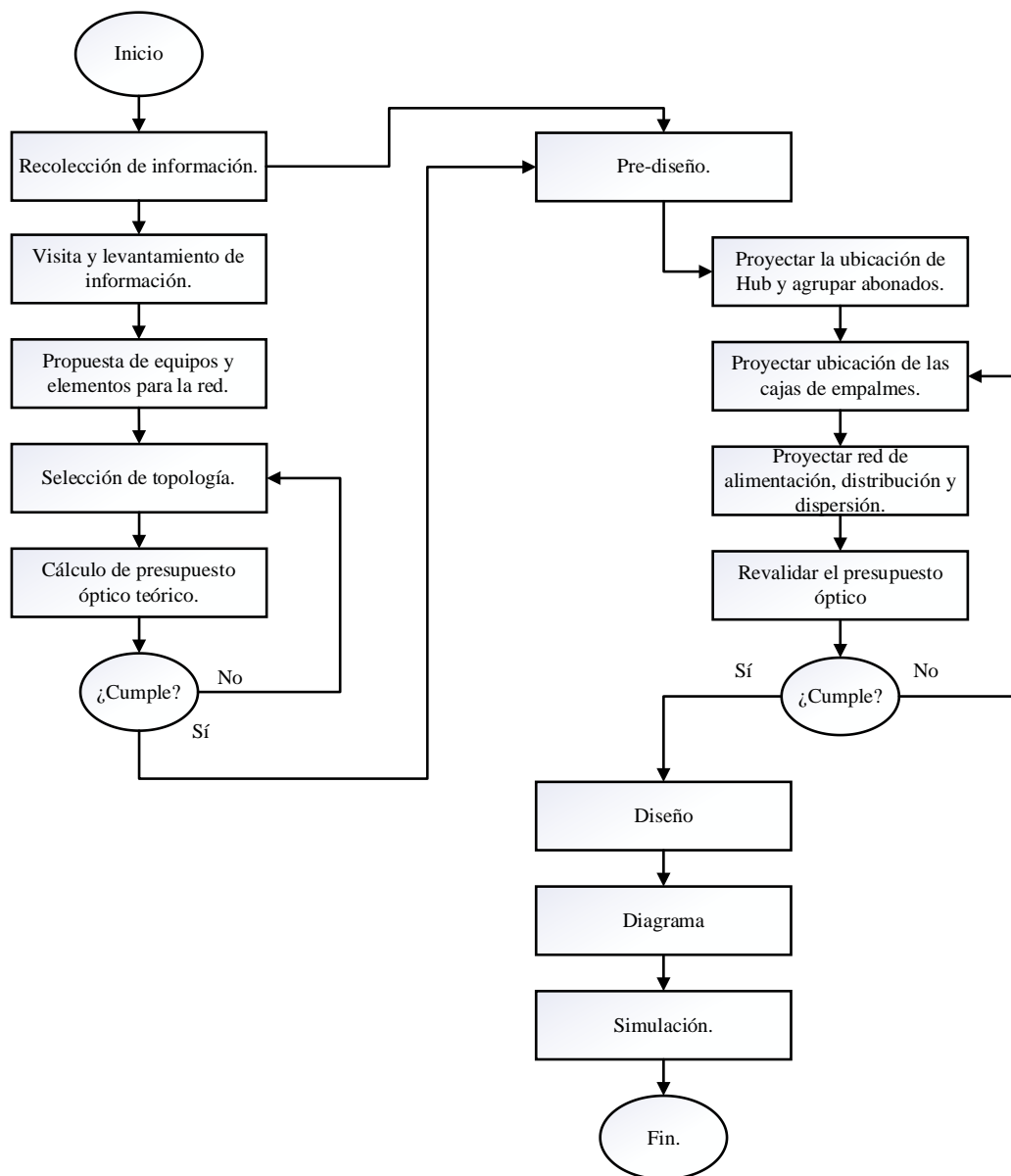
3.1 Descripción de la metodología.

Este trabajo es de diseño cualitativo – no experimental, describirá la importancia de las redes FTTH como solución para de cubrir una necesidad en el distrito de Moho, y cuantitativo ya que se basará en análisis y cálculos para el diseño y propuesta de implementación de la red.

En la Figura 17 se muestra el diagrama de flujo de las etapas del desarrollo de la tesis.

Figura 17

Diagrama de flujo de las etapas del desarrollo de la tesis.



Nota. Elaboración propia.

3.2 Implementación de la investigación.

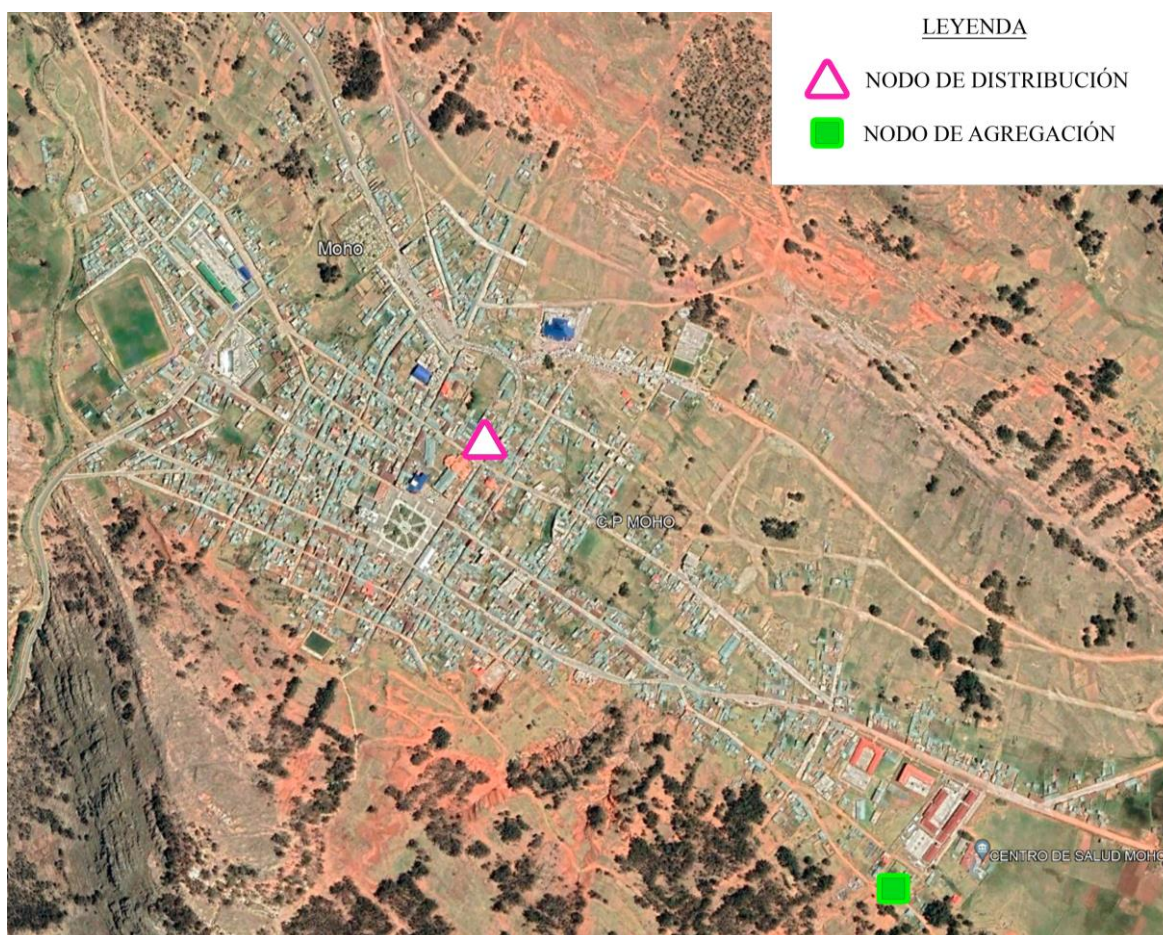
3.2.1 Situación actual respecto al acceso de banda ancha en la ciudad de Moho – Puno Nodo a conectarse.

En el distrito de Moho se encuentran los nodos de distribución de la RDNFO y de agregación de Red Regional de Puno (RRP).

En la Figura 18 se muestra la ubicación de los nodos de distribución y de agregación, en el Anexo 3.1 se muestra la geo referencia detallado.

Figura 18

Nodos de la RDNFO en la ciudad de Moho.



Nota. Elaboración propia. Recuperado el 20 de Julio del sitio Web Geo Perú: <https://visor.geoperu.gob.pe/>.

Visita técnica.

Se realizó la visita técnica del 27 al 30 de Julio para la verificación de los nodos, información catastral y de home passed (HP).

Verificación de los nodos.

Para el diseño se consideró conectar la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON a la RDNFO que se encuentra en la ciudad de Moho, debido a que la distancia es de 40 Km aproximadamente y realizar un nuevo enlace entre las ciudades de Huancané y Moho teniendo puntos de apoyo postes de alta y media tensión requiere mucha inversión.

Se visitó los nodos de distribución y agregación para saber cuál es el estado en el que se encuentran y mediante la aplicación Timerstamp se capturó las Figuras 19 y 20, en las cuales se observan los nodos construidos en la ciudad de Moho.

Figura 19

Nodo de la distribución de la RDNFO.



Nota. Ubicado en la Ciudad Moho, Barrio Pajcha, Manzana H, Lote 7.

Figura 20

Nodo de agregación de la red regional de Puno.



Nota. Ubicado en la Ciudad Moho, Barrio Capajocha.

Se optó por elegir el nodo de distribución de la RDNFO ya que permite transportar hasta 10 Gbps a diferencia del Nodo de agregación de la RRP que solo permite 1 Gbps y además se ubica cerca al centro de la ciudad.

Verificación de Home Passed (HP) y postes.

Primeramente, mediante el uso de la página web de Geo Llaqta, se identificó la lotización de los terrenos para realizar la dispersión de las acometidas en el diseño de la red; en la Figura 21 se muestra un extracto visual de lotización de la manzana L con 19 lotes.

Figura 21

Lotización las manzanas en Geo Llaqta.



Nota. Recuperado el 20 de Julio del sitio Web Geo Llaqta: <http://catastro.cofopri.gob.pe/geollaqta/>

Posteriormente se realizó la validación de los lotes, para ello se definirá los siguientes estados: residencia (R), comercio (C), terreno (T) y libre (L).

- Residencia (R)

Se considera una vivienda o un grupo familiar a la cual se le puede brindar el servicio de acceso a internet, por ejemplo; en la Figura 22 se muestran lotes definidos como residencias.

Figura 22

Lotes definidos como residencias (R).



Nota. Elaboración propia.

- Comercio (C)

Se considera a un local o vivienda que funcione como comercio, ya sea una bodega, banco, mercado, entretenimiento, instituciones públicas, etc.; en la Figura 23 se muestra lotes definidos como comercio.

Figura 23

Lotes definidos como comercios (C).



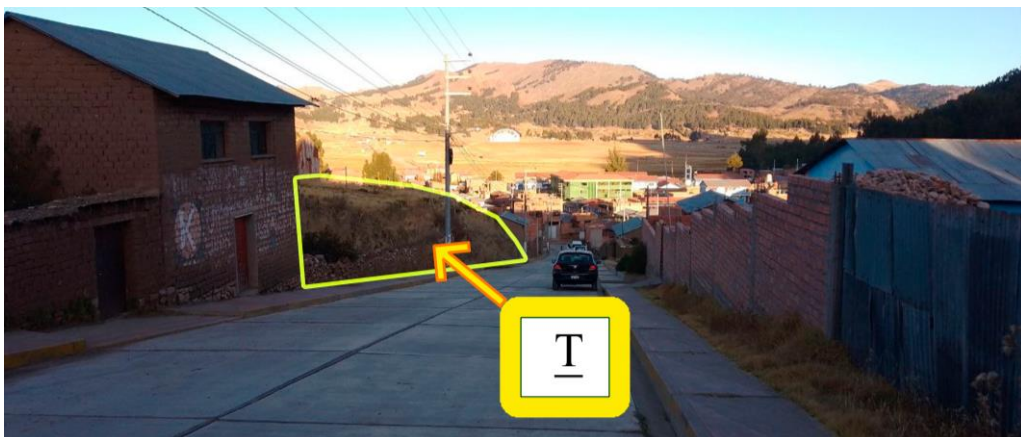
Nota. Elaboración propia.

- Terreno (T)

Se considera a un lote sin vivienda construida, por la cual no se le puede ofrecer el servicio de acceso a internet; en la Figura 24 se muestra un lote definido como terreno.

Figura 24

Lote definido como terreno (T).



Nota. Elaboración propia.

- Libre (L)

Se considera una vivienda que no es habitada por mucho tiempo o está en proceso de construcción y pueda ser considerada como una posible residencia para brindar el servicio de acceso a internet; en la Figura 25 se muestra un lote definido como libre.

Figura 25

Lote definido como libre (L).



Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, se ubicaron los puntos de apoyo, postes de baja y media tensión, para el despliegue del diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada; en la Figura 26 se muestra los postes que se consideran para el diseño.

Figura 26

Postes considerados como puntos de apoyo para el diseño.



Nota. Puntos de apoyo de baja tensión pertenecientes a Electro Puno S.A.A. Elaboración propia.

La cantidad total de HP's en la ciudad de Moho se puede visualizar en la Tabla 3, el diseño tendrá cobertura sobre el total de HP's.

Tabla 3

Total de HP's en la ciudad de Moho.

Residencias y libres	Comercios	HP's TOTAL
1501	39	1540

Nota. La cobertura de la red tendrá un alcance hasta 1540 HP's, de las cuales 1501 son residencias o lotes libres y 39 son comercios. Elaboración propia.

Catastro con lotización.

Se desarrolló el trabajo sobre el sistema de información catastral urbano municipal Moho (SICUMM, 2009) del cual se obtiene las principales avenidas, postes de tensión, manzanas, etc., en la Figura 27 se muestra el catastro general de la Ciudad de Moho incluido la lotización recopilada de Geo Llaqta.

Figura 27

Catastro general de la Ciudad de Moho.



Nota. Catastro con información de avenidas, manzanas y lotes. Recuperado de “sistema de información catastral urbano municipal Moho”, SICUMM, 2009.

Otras redes que ofrecen acceso a internet.

En el distrito de Moho, algunas empresas brindan acceso a internet fijo por medio diferentes tecnologías, en la Tabla 4 se muestra aquellas empresas que ofrecen el servicio por medio la tecnología 4G, satelital y FTTH, tipo de segmento a la cual ofrece el servicio y en número de abonados hasta el primer trimestre del 2023; la solicitud de acceso a la información se visualiza en los Anexos 3.2 y 3.3.

Tabla 4

Conexiones de Internet Fijo en el distrito de Moho 2023-1T

Empresa	Tipo de Tecnología	Segmento	Abonados
América Móvil Perú S.A.C	4G	Residencial	5
Entel Perú S.A	4G	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Telefónica del Perú S.A.A	FTTH	Comercial	9

Nota. Adaptado de “Resumen de conexiones de Internet Fijo departamento de Puno, provincia de Moho y distrito de Moho por tecnología y segmento 2023-1T”, (Osiptel, 2023).

De la Tabla 4, con información al primer trimestre del 2023, se muestra que solo 9 abonados tienen acceso a internet por el tipo de tecnología FTTH en el segmento comercial ofrecido por la empresa Telefónica del Perú S.A.A., siendo uno de las operadoras que están conectadas al nodo de distribución de la RDNFO en la provincia de Moho, tal como se muestra en la Tabla 5 y en el Anexo 3.4.

Tabla 5

Operadoras conectadas al nodo de distribución en la provincia de Moho.

Nodo	Tipo	Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	Empresas
Moho	Distribución	Puno	Moho	Moho	Moho	Telefonica del Peru S.A.A. Orocom S.A.C.

Nota. Recuperado por medio de acceso a la información pública – PRONATEL, 31 de agosto de 2023.

3.2.2 Cálculo de presupuesto óptico.

Equipos propuestos para el diseño del tendido de la red FTTH balanceada y desbalanceada en la ciudad de Moho-Puno.

Se propone los equipos activos y elementos pasivos comerciales, de las cuales se trabajó con los valores de las especificaciones técnicas de ellos para realizar el presupuesto óptico para el diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON.

OLT.

Se propone para el diseño un OLT compacto, genérico y compatible, de fácil uso y que permita trabajar con cualquier equipo.

Se eligió el Concentrador Optico Standalone GPON 3516 de la marca Furukawa, tal como se muestra en la Figura 28.

Figura 28

Concentrador Optico Standalone GPON 3516.



Nota. Figura referencial; recuperado de “concentrador óptico Standalone gpon 3516”, por Furukawa Electric LatAm S., 2023, especificación técnica ET04170 v12.

Las características principales del equipo se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

Características principales del concentrador óptico Standalone gpon 3516.

Parámetros	Características
Downstream	2.5 Gbps
Upstream	1.25 Gbps
Capacidad	128 ONUS
Distancia	20 Km - 60 Km
Soporte	ITU-T G.984.4
Compatible SFP	B+, C+ y C++

Nota. Recuperado de “concentrador óptico Standalone gpon 3516”, por Furukawa Electric LatAm S.A., 2023, especificación técnica ET04170 v12.

SFP

El módulo SFP que se propone para el diseño es de la marca Furukawa de clase C+ y C++, en la Figura 29 se muestra un ejemplo visual de este equipo.

Figura 29

Módulo SFP GPON LR 1490NM.



Nota. Figura referencial. Recuperado de “Módulo SFP GPON LR 1490NM SC-UPC”, por Furukawa Electric LatAm S.A., 2022, especificación técnica ET04467 v7.

Las características principales del equipo se muestran en la Tabla 7; además, los valores de potencias respecto a la transmisión y recepción se encuentran en el intervalo de aceptación según la ITU-T G984.2 (2019) de la serie GPON.

Tabla 7*Características principales del módulo SFP GPON LR 1490NM.*

TIPO	Parámetros	Mínimo	Típico	Máximo	
C+	Tipo de transmisión		1490 nm		
	Velocidad (Mbps)		2.488 Down / 1244 Up		
	Transmisión	Potencia media de emisión (dBm)	3	-	7
		Longitud de onda óptica central (nm)	1480	1490	1500
	Recepción	Tipo de Recepción		1310 nm	
		Longitud de onda (nm)	1270	1310	1360
		Sensibilidad de Recepción (dBm)	-	-	-30
		Sobrecarga óptica de Recepción (dBm)	-12	-	-
C++	Tipo de transmisión		1490 nm		
	Velocidad (Mbps)		2.488 Down / 1244 Up		
	Transmisión	Potencia media de emisión (dBm)	5.5	-	10
		Longitud de onda óptica central (nm)	1480	1490	1500
	Recepción	Tipo de Recepción		1310 nm	
		Longitud de onda (nm)	1270	1310	1360
		Sensibilidad de Recepción (dBm)	-	-	-32
		Sobrecarga óptica de Recepción (dBm)	-8	-	-

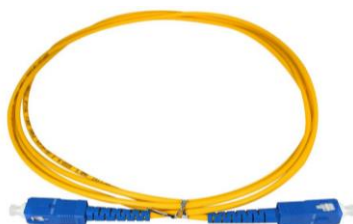
Nota. Recuperado de “Módulo SFP GPON LR 1490NM SC-UPC”, por Furukawa Electric LatAm S.A., 2022, especificación técnica ET04467 v7.

Pach cord

Para el diseño se propone un pach cord de 2 metros para conectar el OLT con el ODF en la cabecera central; en la Figura 30 se muestra un ejemplo del Pach Cord.

Figura 30

Patch cord GCF-0085.



Nota. Figura referencial. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Patch cord fibra óptica SM SC/UPC a SC/UPC simplex 2mt 3mm”, de <https://www.giganetonline.com/shop/gcf-0085-patch-cord-fibra-optica-sm-sc-upc-a-sc-upc-simplex-2mt-3mm-marca-nextlink-2921>

Las características principales del cable pach cord se muestran en la Tabla 8, cuyos valores de atenuación están por debajo del sugerido por la ITU-T G.984x respecto al conector y la fibra.

Tabla 8

Características principales del Patch cord GCF-0085.

Parámetros	Características
Tipo de fibra	SM(G.652/G.657A)
Tipo de conector	SC/LC/ST/LC/MU/ETC.
Material de férula	Cerámico
Longitud de onda	1310/1550
Pérdida de inserción	0.25dB
Pérdida de retorno	0.2 dB

Nota. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Patch cord fibra óptica SM SC/UPC a SC/UPC simplex 2mt 3mm”, de <https://www.giganetonline.com/shop/gcf-0085-patch-cord-fibra-optica-sm-sc-upc-a-sc-upc-simplex-2mt-3mm-marca-nextlink-2921>

ODF

La caja de empalme se debe seleccionar según las características o número de empalmes que se quiera realizar, en este caso se presenta para el diseño el ODF con capacidad de 12, 24, 48 y 96 empalmes; en la Figura 31 se muestra un ejemplo visual de la caja de empalme ODF.

Figura 31

ODF para 12, 24, 48, 96 empalmes.



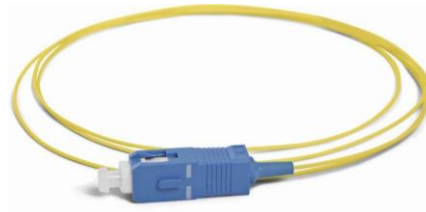
Nota. Figura referencial. Recuperada el 27 de agosto de 2023 de “ODF para 12, 24, 48, 96 empalmes con 12, 24, 48, 96 adaptadores 1, 2, 3RU”, por Multiplay Telecomunicaciones.

Pigtail

Considerando el empalme del ODF y la fibra que se desplegará para la red troncal se propone el pigtail monomodo que cumple con las normas ITU-T G652.D; en la Figura 33 se muestra un ejemplo visual, en la Tabla 9 se muestra las características principales y en el

Figura 32

Pigtail SC/UPC.



Nota. Figura referencial. Recuperado de “F3SD-3Z1U Singlemode SC/UPC LSOH Pigtail”, por Zemecs, 2022.

Tabla 9

Características principales del Pigtail SC/UPC.

Parámetro	Valor
pérdida por inserción	0.3 dB
Atenuación	0.34 @1310nm 0.25 @1550nm

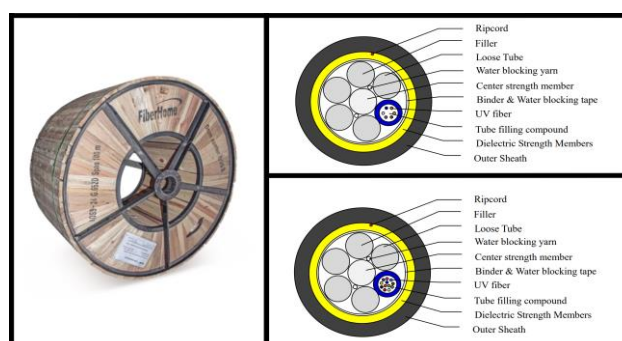
Nota. Recuperada el 27 de agosto de 2023 de “ODF para 12, 24, 48, 96 empalmes con 12, 24, 48, 96 adaptadores 1, 2, 3RU”, de Multiplay Telecomunicaciones.

Fibra

Para el diseño se propone el cable ADSS G652D con 6 hilos para la red de distribución, 12 hilos y 24 hilos para la red de alimentación con span de 100 metros de la marca FiberHome; en la Figura 33 se muestra el carrete fibra óptica y dos cortes transversales de fibra de 6 y 12 hilos.

Figura 33

Fibra ADSS G652D.



Nota. Figura referencial. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Aerial Cable ADSS – 6 G652D Span 100m”, por FiberHome.

Las características principales de la fibra óptica que cumple con los estándares de la ITU-T G.984x se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10

Características principales de la fibra ADSS G.652D.

Características de la fibra G.652D		
Especificaciones ópticas		
Atenuación	@1310nm	≤ 0.350 dB/km
	@1383nm(after hydrogen aging)	≤ 0.350 dB/km
	@1550nm	≤ 0.210 dB/km
	@1625nm	≤ 0.240 dB/km
Dispersión	@1550nm	≤ 18.0 ps/(nm·km)
	@1625nm	≤ 22.0 ps/(nm·km)
	Mode field diameter (MFD) at 1310nm	9.2 ± 0.6 μ m
	Mode field diameter (MFD) at 1550nm	10.5 ± 1.0 μ m

Nota. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Aerial Cable ADSS – 6 G652D Span 100m”, de FiberHome.

Caja de empalme

La mufa o caja de empalme que se propone para el diseño es de empalme vertical, mufa tipo domo, que permite empalmes hasta 24, 48 o 96 fibras; en la Figura 34 se muestra un ejemplo visual.

Figura 34

Caja de empalme o mufa.



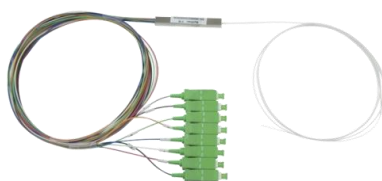
Nota. Figura referencial. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Caja de empalme Vertical (Tipo Domo)”, por Multiplay Telecomunicaciones, de hoja de especificaciones.

Divisor óptico balanceado.

Para el diseño se propone divisores ópticos balanceados, tanto para la topología con dos ramales y la red de dispersión, que ofrece Fiberhome, cuyos splitter's ópticos son del tipo PLC, tal como se muestra en la Figura 35.

Figura 35

Divisor óptico balanceado – PLC.



Nota. Figura referencial de un splitter 1x8. Recuperado de “Splitter óptico PLC”, de FiberHome, 2015 V1.0.

Estos divisores trabajan en longitudes de ondas entre 1260 a 1650 nm, acepta una potencia máxima de 300mW y sus valores de atenuación son aceptables según el estándar ITU-T G.984x, tal como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11*Pérdidas del divisor óptico balanceado 1xN y 2xN.*

Relación de División 1xN						
Relación de división	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
pérdida de inserción (dB)	4.1	7.2	10.5	13.8	17.1	20.1
Uniformidad (dB)	0.4	0.8	0.8	1.2	1.2	1.5
Relación de División 2xN						
Relación de división	2x4	2x8	2x16	2x32		
pérdida de inserción (dB)	7.5	10.8	14.1	17.4		
Uniformidad (dB)	0.8	0.8	1.2	1.5		

Nota. Recuperado de “Splitter óptico PLC”, por FiberHome, de hoja de especificaciones 2015 V1.0.

Divisor óptico desbalanceado - híbridos.

Para el diseño se propone los divisores ópticos desbalanceado híbridos, ya que de fábrica están unidas a los divisores balanceados 1x8.

Los valores de atenuación, cumplen con el estándar ITU-T G.984x para el splitter 1x8 y es menor que los hallados mediante la Ecuación 2; en la Figura 36 se muestra el splitter híbrido SC-APC.

Figura 36*Divisor óptico desbalanceado 1xN.*

Nota. Figura referencial. Recuperado de (1:9 Fiber Optic FTTH Unbalanced Hybrid 1x8 PLC Splitter with 1x2 FBT Coupler 1x9 PLC Splitter - AliExpress, s. f.)

El divisor óptico es del tipo PLC y sus pérdidas en relación a sus salidas se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Pérdidas del divisor óptico desbalanceado 1x2.

Pérdidas (dB)	1/99 + 1x8	2/98 + 1x8	5/95 + 1x8	10/90 + 1x8	15/85 + 1x8	20/80 + 1x8
Inserción (salida 1x8)	32.1	29.2	25.1	21.5	20.1	18.4
Inserción (salida distribución)	0.3	0.4	0.5	0.7	1	1.4
Pérdidas (dB)	25/75 + 1x8	30/70 + 1x8	35/65 + 1x8	40/60 + 1x8	45/55 + 1x8	
Inserción (salida 1x8)	17.45	16.5	15.85	15.2	14.65	
Inserción (salida distribución)	1.7	1.9	2.3	2.7	3.15	
Pérdidas de inserción del conector (dB)				0.3 dB		

Nota. Recuperado de “1×4 PLC Splitter+1×2 Unbalanced Coupler SC APC Hybrid Splitter for FTTA – Spring Optical”, por Shenzhen Spring Optical Communication Co (s. f.)

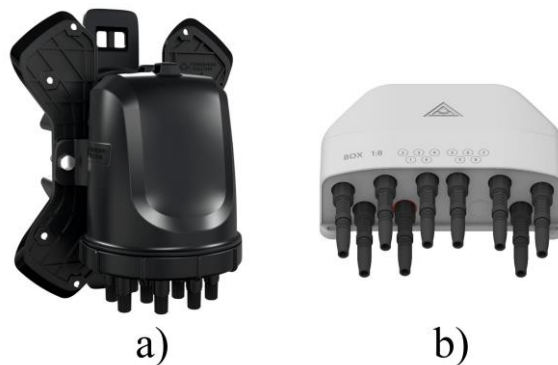
Caja de distribución

Existen diversos tipos de cajas NAP o CTO's según el número de puertos para la red de dispersión, el número de entradas de cable fibras para la red de distribución y número de bandejas para empalmes internos; se recomienda las cajas NAP preconectorizada FK-CTOP-L que ofrece la empresa Furukawa cuyos conectores son del tipo SlimConnector, tal como se muestra en la Figura 37a.

Está diseñada para la conexión entre cajas de distribución, permite alcanzar ciudades densamente pobladas; el motivo de la elección es porque se considera como caja de distribución de primer nivel (NAP-BOX) y de segundo nivel (NAP), posee ocho puertos preconectorizados para la red dispersión, y dos puertos de entrada para la red de distribución; también se puede considerar utilizar cajas terminales de acceso de fibra (FAT's), por ejemplo el tipo OPT-FTASSC-08C-W, tal como se muestra en la Figura 37b.

Figura 37

Caja de distribución a) Caja de terminación óptica (NAP). b) Caja terminal de acceso de fibra (FAT).



Nota. Figura referencial de 8 puertos para acometidas y 2 puertos de entrada. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Caja Terminal Óptica Preconectorizada Sellada Fk-Ctop-L (B10/B9 Slim Soporte Plastico)”, de especificación técnica ET04460 v6, por Furukawa Electric LatAm S, 1 de agosto 2023, y “Caja Nap End Box de 8 puertos con Splitter 1*8 - Preconectorizado (Optictimes)”, por Optictimes.

Cable drop preconectorizado

Para la compatibilidad con la caja NAP se escogió el cable drop preconectorizado de distribución y de dispersión del mismo fabricante cuya característica poseen el mismo tipo de conector, SlimConnector, tal como se muestra en la Figura 38.

Figura 38

Cable drop preconectorizado.



Nota. Figura referencial de cable drop preconectorizado. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Drop Circular Compacto Preconectorizado Slimconnector”, de especificación técnica ET04062 v6, por Furukawa Electric LatAm S, 20 de mayo 2022.

Las características principales del drop preconectorizado cumplen con el estandar ITU-T G.984x, tal como se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13*Características principales del cable drop preconectorizado.*

Parámetro	Valor
Tipo de Fibra	G.657A2
Diametro	8.9-9.5 μm
Longitud	50, 100, 150, 200, 250 y 300 m
Atenuación	0.35 @1310nm
	0.24 @1490nm
	0.20 @1550nm

Nota. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Cable drop preconectorizado con múltiples conectores "Slim - Fast Slim - Optitap"”, por Energitel S.A.S.

Conector mecánico

Se propone un conector mecánico SC/APC que permitirá conectar el cable drop con el ONU; en la Figura 39 se muestra el conector mecánico.

Figura 39*Conector mecánico.*

Nota. Figura referencial de conector mecánico SC/APC. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Embedde quick assembly connector”, por Multiplay Telecomunicaciones.

Las características de principales pérdidas que cumple con el estándar ITU-T G.984x del conector mecánico se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14*Características principales del conector mecánico.*

Parámetro	Valor
pérdida de inserción (dB)	<0.3
pérdida de retorno (dB)	>45

Nota. Recuperado el 27 de agosto de 2023 de “Embedde quick assembly connector”, por Multiplay Telecomunicaciones.

ONT/ONU

Se propone el Modem óptico ONT GPON LD421-21MV de la empresa Furukawa tal como se muestra en la Figura 40.

Figura 40

ONT/ONU GPON LD421-21MV.



Nota. Figura referencial. Recuperado de “Modem óptico ONT GPON LD421-21WV”, por Furukawa Electric LatAm S.A., 2021.

Las características principales de la fibra óptica se muestran en la Tabla 15; además, los valores de potencias respecto a la transmisión y recepción se encuentran en el intervalo de aceptación según la ITU-T G984.x de la serie GPON.

Tabla 15

Características principales del ONT/ONU GPON LD421-21MV.

Parámetro	Valor
Voltaje de entrada	90-250 VCA
Voltaje de salida	12 VCC
Corriente	1A min / 2A max
Estándar	ITU-T G.984.x
Potencia de transmisión	0.5 dBm ~ +5 dBm
Potencia de recepción	-8 dBm ~ -27 dBm

Nota. Recuperado de “Modem óptico ONT GPON LD421-21WV”, por Furukawa Electric LatAm S.A., 2021.

Los equipos y elementos recomendados son para referenciar un caso real y hacer que el diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON sea confiable; además, estos son compatibles y genéricos lo que permite adaptarse a cualquier cambio.

Diseño de topologías.

Las redes FTTH desbalanceadas, a diferencia de las balanceadas, se implementa en topología del tipo BUS y lineal o en cascada; debido a que los divisores ópticos desbalanceados dividen la potencia en proporciones diferentes de tal manera que la menor potencia de sus salidas será suficiente para cubrir a un grupo de usuarios y mientras que la salida con mayor proporción dejará el paso para distribuirla en cascada; el cálculo del presupuesto óptico se debe realizar por cada caja de distribución o NAP de segundo nivel ya que esto varía dependiendo a la pérdida del splitter híbrido y la distancia entre la caja NAP y la oficina central o HUB.

Se propone dos topologías:

Topología lineal.

Permitirá cubrir zonas donde solo haya viviendas entre las calles o carreteras principales; por ejemplo, en la Figura 41 se muestra el barrio Capajocha, cuyas viviendas se encuentran separadas y lineal con referencia a la avenida Lima.

Figura 41

Viviendas dispersas en forma lineal.



Nota. Elaboración propia. Recuperada de Google Maps (s.f.)

Topología con dos ramales.

Esta topología permite cubrir pequeños grupos que la topología lineal no pueda cubrir porque esta siguió un tendido lineal de la red, o inclusive puede ser desplegado en el centro de la ciudad donde haya mayor concentración de viviendas, tal como se muestra en la Figura 42 referente a los barrios San Martín y Santa Barbara.

Figura 42

Viviendas aglomeradas en la ciudad de Moho.



Nota. Elaboración propia. Recuperada de Google Maps (s.f.).

Capacidad de abonados por puerto PON.

Según el estándar ITU-T G984.2, la capacidad de tráfico es de hasta 2.4883 Gbps en downstream y 1.2442 Gbps en upstream, la velocidad promedio que se propone brindar a cada abonado en el diseño es de 37 Mbps, entonces la capacidad por puerto PON se halla mediante la Ecuación 8.

$$CA_{PON} = \frac{Tr}{V_p} \quad (8)$$

Donde:

CA_{PON} : Capacidad de abonados por puerto PON.

T_r : Capacidad de tráfico.

V_p : Velocidad promedio.

Reemplazando se tiene:

$$CA_{PON} = \frac{2.4883 \text{ Gbps}}{38 \text{ Mbps}} = 65.4816$$

Significa que aproximadamente se puede ofrecer hasta 65 abonados por puerto PON, pero como se pretende seleccionar divisores ópticos de 1x8 para la dispersión, la cantidad de abonados a ofrecer debe ser menor y múltiplo de 8 de la cantidad hallada, entonces la cantidad de abonados a considerar por cada puerto PON es de 64 con una velocidad de 38.88 Mbps en downstream y 19.4406 Mbps en upstream.

Presupuesto óptico teórico.

Una vez definida las topologías y la capacidad de usuarios por puerto PON, en el siguiente paso se desarrolló el presupuesto óptico teórico y para ello se consideró los valores recomendados por los equipos activos y elementos pasivos propuestos.

Presupuesto permitido de pérdida óptica en el canal descendente.

La potencia de transmisión del OLT se consideró el promedio entre el máximo y mínimo de las características del SFP resultando 5 dBm y 7.75 dBm para los tipos C+ y C++ respectivamente, la sensibilidad mínima de recepción del ONU propuesto es de -32 dBm y la sobrecarga óptica de recepción mínimo es -8 dBm; con estos datos se desarrolló la Ecuación 4.

- SFP C+

$$5(\text{dBm}) - (-8(\text{dBm})) < At_{(1490)} < 5(\text{dBm}) - (-27(\text{dBm}))$$

$$13(\text{dB}) < At_{(1490)} < 32(\text{dB})$$

- SFP C++

$$7.75(\text{dBm}) - (-8(\text{dBm})) < At_{(1490)} < 7.75(\text{dBm}) - (-27(\text{dBm}))$$

$$15.75(\text{dB}) < At_{(1490)} < 34.75(\text{dB})$$

Como resultado se obtiene que la atenuación en el canal descendente debe estar en el rango de 13 dB a 32 dB para el SFP de tipo C+ y en el rango de 15.75 dB a 34.75 dB para el SFP de tipo C++ para que el OLT pueda comunicarse con el ONT/ONU.

Presupuesto permitido de pérdida óptica en el canal ascendente.

La potencia de transmisión del ONT/ONU se consideró el promedio entre el máximo y mínimo resultando 2.75 dBm, la sensibilidad mínima del receptor y la sobrecarga óptica de recepción para el SFP de tipo C+ son -30 dBm y -12 dBm respectivamente, y la sensibilidad mínima del receptor y la sobrecarga óptica de recepción para el SFP de tipo C++ son -32 dBm y -8 dBm respectivamente.

- **SFP C+**

$$2.75(\text{dBm}) - (-12(\text{dBm})) < At_{(1350)} < 2.75(\text{dBm}) - (-30(\text{dBm}))$$

$$14.75(\text{dB}) < At_{(1350)} < 32.75(\text{dB})$$

- **SFP C++**

$$2.75(\text{dBm}) - (-8(\text{dBm})) < At_{(1350)} < 2.75(\text{dBm}) - (-32(\text{dBm}))$$

$$10.75(\text{dB}) < At_{(1350)} < 34.75(\text{dB})$$

Como resultado se obtiene que la atenuación en el canal ascendente debe estar en el rango de 14.75 dB a 32.75 dB para el SFP de tipo C+ y en el rango de 10.75 dB a 34.75 para el SFP de tipo C++ para que el OLT pueda comunicarse con el ONT/ONU.

Cálculo de atenuación teórica.

Para el cálculo se consideró los valores de atenuación para cada elemento o evento según los valores de las especificaciones técnicas de los fabricantes y que además permisibles según el estándar ITU-T G 984.X y Ecuación 2; en la Tabla 16 se muestra los valores de atenuación de cada elemento y evento para el desarrollo del cálculo de la atenuación teórica.

Tabla 16*Valores de atenuaciones de los distintos elementos y eventos.*

Elemento o evento	Atenuación
Punto de fusión	0.1 dB
Conectores mecánicos	0.3 dB
Pach-Cord - Inserción	0.25 dB
Pach-Cord - Distancia	0.21 dB/Km
Pigtail	0.3 dB
Margen de error	0.3 dB
ADSS $\lambda = 1310$ nm	0.35 dB/Km
ADSS $\lambda = 1550 / 1490$ nm	0.21 dB/Km
Drop $\lambda = 1310$ nm	0.35 dB/Km
Drop $\lambda = 1490$ nm	0.24 dB/Km
Drop - Inserción	0.15 dB
Splitter 1x2	4.1 dB
Splitter 1x8	10.6 dB
Splitter 1:99 + Splitter 1x8	32.1 dB (1% + 1x8) 0.3 dB (99%)
Splitter 2:98 + Splitter 1x8	29.2 dB (2% + 1x8) 0.4 dB (98%)
Splitter 5:95 + Splitter 1x8	25.1 dB (5% + 1x8) 0.5 dB (95%)
Splitter 10:90 + Splitter 1x8	21.5 dB (10% + 1x8) 0.7 dB (90%)
Splitter 15:85 + Splitter 1x8	20.1 dB (15% + 1x8) 1 dB (85%)
Splitter 20:80 + Splitter 1x8	18.4 dB (20% + 1x8) 1.4 dB (80%)
Splitter 25:75 + Splitter 1x8	17.45 dB (25% + 1x8) 1.7 dB (75%)
Splitter 30:70 + Splitter 1x8	16.5 dB (30% + 1x8) 1.9 dB (70%)
Splitter 35:65 + Splitter 1x8	15.85 dB (35% + 1x8)

	2.3 dB (65%)
Splitter 40:60 + Splitter 1x8	15.2 dB (40% + 1x8)
	2.7 dB (60%)
Splitter 45:55 + Splitter 1x8	14.65 dB (45% + 1x8)
	3.15 dB (55%)

Nota. Valores recopilados de las hojas de especificaciones de los equipos y elementos propuestos para el diseño y que cumplen con los requisitos del estándar ITU-T G 984.X.

Se considera una distancia de 100 metros para ubicar la mufa principal o mufa trunk ya que se pretende ubicar la mufa cerca al Hub o cabecera central y ubicado geográficamente al centro de la ciudad de Moho.

Además, se considera 300 metros entre la mufa principal o trunk y las cajas NAP-BOX o cajas NAP de primer nivel; 200 metros entre cajas NAP de segundo nivel y/o finales y 150 metros entre las cajas NAP de segundo nivel y los usuarios finales; en la Tabla 17 se muestra el resumen de las distancias a considerar para el diseño.

Tabla 17

Distancias de los tipos de redes según la longitud de fibra preconnectorizada máxima.

Desde	Hasta	Tipo de red	Distancia (Km)
Hub	Mufa Trunk	De alimentación o troncal (FO:ADSS)	0.1
Mufa Trunk	NAP-BOX	Distribución primer nivel (FO:ADSS)	0.3
NAP-BOX	NAP	Distribución segundo nivel (FO:Drop)	0.2
NAP	NAP	Distribución segundo nivel (FO:Drop)	0.2
NAP	Abonado	Dispersión (FO:Drop)	0.15

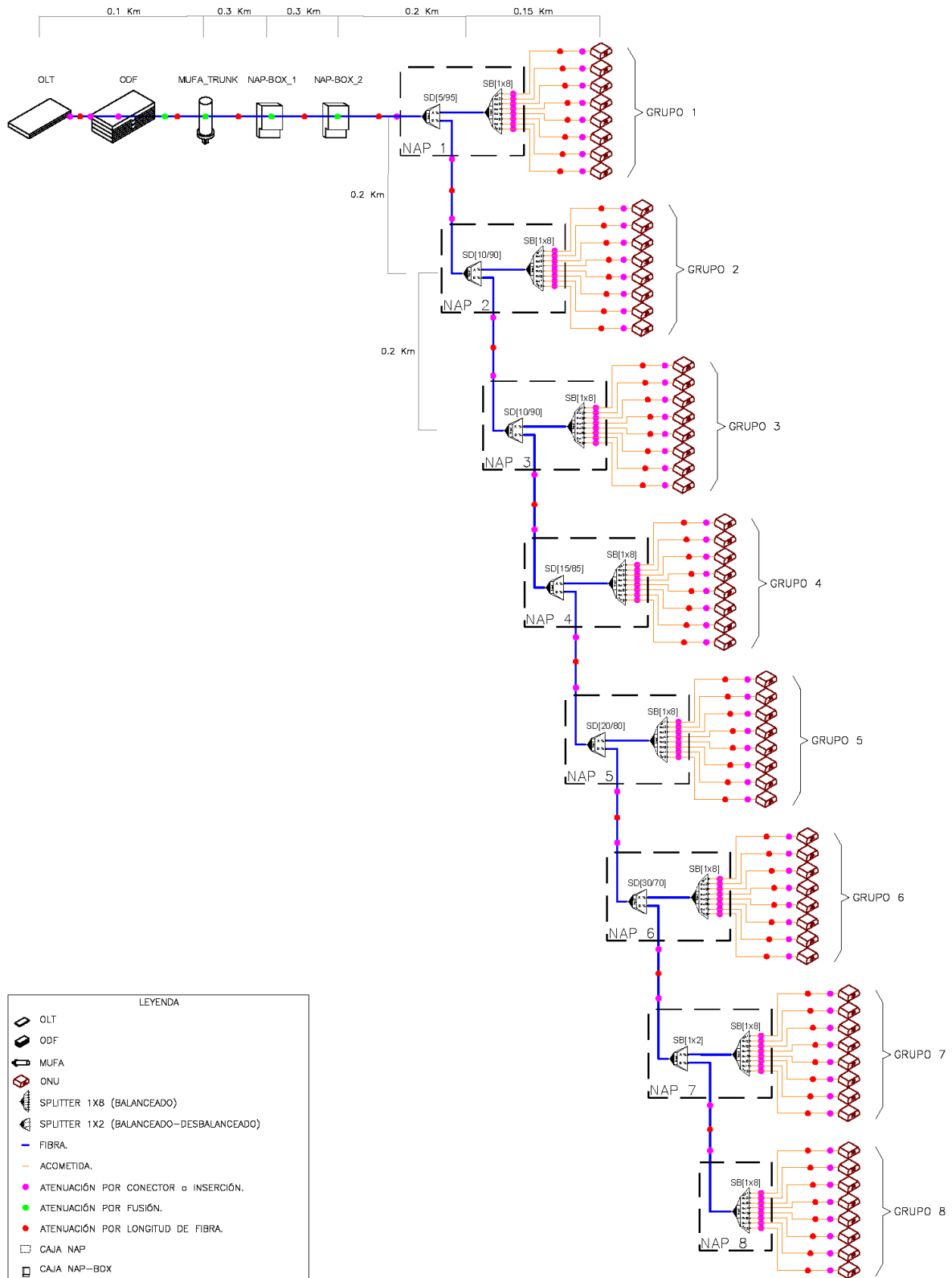
Nota. Las distancias de la red de alimentación y distribución de primer nivel son referenciales y las de la red segundo nivel y dispersión son de acuerdo al promedio de los tramos que se comercializan de los drop's preconnectorizados. Elaboración propia.

Cálculo de atenuación de la topología lineal

En la Figura 43 se muestra los diferentes eventos de atenuación por los elementos pasivos en la topología lineal; se propone los splitters desbalanceados híbridos 5/95, 10/90, 10/90, 15/85, 20/80 y 30/70 para las cajas NAP 1, NAP 2, NAP 3, NAP 4, NAP 5 y NAP 6 respectivamente, de tal manera que la proporción de potencia en cada caja sea necesaria, además un splitter balanceado de 1x2 en la caja NAP 7 para que una salida sea distribuida en la misma caja, mientras que la otra salida es distribuida hacia la caja NAP 8.

Figura 43

Topología lineal y eventos de atenuaciones.



Nota. Elaboración propia.

Grupo 1 (NAP 1)

La primera caja de distribución (NAP 1) tendrá un alcance de 900 metros desde la cabecera (desde el Hub hasta NAP 1) y cubrirá el primer grupo de abonados; se consideró el divisor óptico desbalanceado 5/95, del cual el 5% será para brindar servicio al primer grupo y el 95% será distribuida a las siguientes cajas de la cascada; en la Tabla 18 se muestra los elementos y eventos hasta el primer grupo de abonados.

Tabla 18

Cantidad de elementos y eventos identificados hasta el grupo 1 – topología lineal.

Item	Evento	Unidad	Cantidad
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002
3	Pigtail	Unid	2
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2
8	DD Drop preconectorizado	Km	0.15
9	Drop preco. Inserción	Unid	4
10	Conector (Inserción de Splitter)	Unid	2
11	Punto de fusión	Unid	4
13	Splitter desbalanceado (5/95 + 1x8) NAP 1	Unid	1 (5% + 1x8)
14	Margen	Unid	1

Nota. Elaboración propia.

Reemplazando en la Ecuación 6 se tiene:

- Descendente

$$A_{t(1490)} = (2 * 0.25 + 2 * 0.3 + 2 * 0.3 + 4 * 0.15)(dB) + 4 * 0.1(dB) \\ + (0.702(Km) * 0.21 + 0.35(Km) * 0.24) \left(\frac{dB}{Km} \right) + 25.1(dB) + 3(dB)$$

$$A_{t(1490)} = 31.0314(dB)$$

- Ascendente

$$A_{t(1310)} = (2 * 0.25 + 2 * 0.3 + 2 * 0.3 + 4 * 0.15)(dB) + 4 * 0.1(dB) \\ + (0.702(Km) * 0.35 + 0.35(Km) * 0.35) \left(\frac{dB}{Km} \right) + 25.1(dB) + 3(dB)$$

$$A_{t(1310)} = 31.1682(dB)$$

De la misma manera se desarrolló para cada una de los grupos de la topología lineal, las cajas NAP del 2 al 8 se encuentran separadas 200 metros unas de otras, además para cada grupo aumenta el número de inserción preconectorizado y divisores ópticos desbalanceados; en la Tabla 19 se muestra las atenuaciones calculadas en los 8 grupos y en el Anexo 4.1 y 4.2 se muestra el desarrollo de los cálculos para cada uno de esos grupos en el canal descendente y ascendente, respectivamente.

Tabla 19

Presupuesto óptico teórico en el canal descendente y ascendente - topología lineal.

Canal descendente		Canal ascendente	
Grupo	Atenuación (dB)	Grupo	Atenuación (dB)
Grupo 1	31.0314	Grupo 1	31.1682
Grupo 2	28.8794	Grupo 2	29.0382
Grupo 3	30.5274	Grupo 3	30.7082
Grupo 4	30.7754	Grupo 4	30.9782
Grupo 5	31.0234	Grupo 5	31.2482
Grupo 6	31.4714	Grupo 6	31.7182
Grupo 7	32.4194	Grupo 7	32.6882
Grupo 8	33.3674	Grupo 8	33.6582

Nota. Elaboración propia.

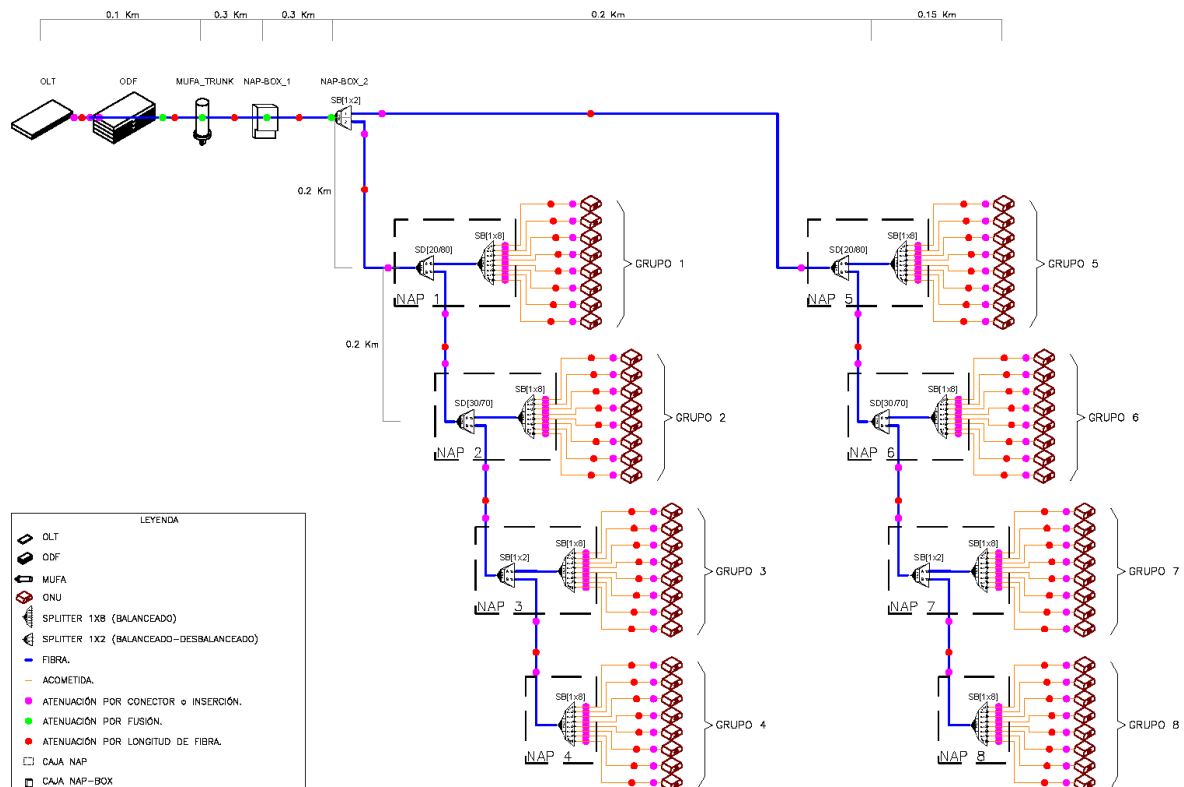
Debido a las atenuaciones del grupo 7 y 8 para el canal descendente y el grupo 8 para el canal ascendente, y según el cálculo de presupuesto permitido, el transmisor óptico recomendado es de tipo C++ que permite una atenuación máxima de 34.75 dB y 34.75 dB en las ventanas descendente y ascendente, respectivamente, para que el ONT/ONU pueda escuchar al OLT en la topología Lineal.

Cálculo de atenuación con dos ramales

En la Figura 44 se muestra los diferentes eventos de atenuación por los elementos pasivos en la topología con dos ramales.

Figura 44

Topología con dos ramales y eventos de atenuaciones.



Nota. Elaboración propia.

Para generar las dos ramas con proporciones iguales se propone un splitter balanceado en la caja NAP BOX final; el cálculo se desarrolló respecto a un ramal en las cuales se utilizó splittes desbalanceados híbridos 20/80 y 30/70 en las cajas NAP 1 y NAP 2 respectivamente y un splitter balanceado 1x2 en la caja NAP 3 para distribuir la potencia entre las cuatro cajas.

Grupo 1 (NAP 1)

La primera caja de distribución (NAP 1) tendrá un alcance de 900 metros desde la cabecera (distancia de la troncal y distribución de la mufa a la primera caja NAP) y cubrirá el primer grupo de abonados; se considera el divisor óptico desbalanceado híbrido 20/80, del cual el 20% será para brindar servicio al primer grupo y el 80% será distribuida a las siguientes cajas de la cascada; en este punto también se consideró la atenuación del divisor

óptico balanceado 1x2 de la última mufa; en la Tabla 20 se muestra los elementos y eventos hasta el primer grupo de abonados.

Tabla 20

Cantidad de elementos y eventos identificados hasta el grupo 1 – topología con dos ramales.

Item	Evento	Unidad	Cantidad
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002
3	Pigtail	Unid	1
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2
9	DD Drop preconectorizado	Km	0.15
10	Drop preco. Inserción	Unid	4
11	Conector mecánico	Unid	3
12	Punto de fusión	Unid	4
13	Splitter desbalanceado (20/80 + 1x8) NAP 1	Unid	1 (20% + 1x8)
14	Margen	Unid	1

Nota. Elaboración propia.

Reemplazando en la Ecuación 6 se tiene:

- Descendente

$$\begin{aligned}
 A_{t\left(\frac{1490}{1550}\right)} &= (2 * 0.25 + 0.3 + 4 * 0.15 + 3 * 0.3)(dB) + 4 * 0.1(dB) \\
 &+ (0.702(Km) * 0.21 + 0.35(Km) * 0.24) \left(\frac{dB}{Km}\right) + (4.1(dB) \\
 &+ 18.4(dB)) + 3(dB)
 \end{aligned}$$

$$A_{t(1490)} = 28.43142(dB)$$

- Ascendente

$$\begin{aligned}
A_{t(1310)} &= (2 * 0.25 + 0.3 + 4 * 0.15 + 3 * 0.3)(dB) + 4 * 0.1(dB) \\
&+ (0.702(Km) * 0.35 + 0.35(Km) * 0.35) \left(\frac{dB}{Km} \right) + (4.1(dB) \\
&+ 18.4(dB)) + 3(dB) \\
A_{t(1310)} &= 28.5682(dB)
\end{aligned}$$

De la misma manera se desarrolló para cada una de los grupos de la topología con dos ramales, las cajas NAP del 2 al 4 se encuentran separadas 200 metros unas de otras, además para cada grupo aumenta el número de inserción preconectorizado y divisores ópticos desbalanceados; en la Tabla 21 se muestra las atenuaciones calculadas y en el Anexo 4.3 y 4.4 se muestra el desarrollo de los cálculos para cada uno de esos grupos en el canal descendente y ascendente, respectivamente.

Tabla 21

Presupuesto óptico teórico en el canal descendente y ascendente - topología con dos ramales.

Canal descendente		Canal ascendente	
Grupo	Atenuación (dB)	Grupo	Atenuación (dB)
Grupo 1 y 5	28.4314	Grupo 1 y 5	28.5682
Grupo 2 y 6	28.8794	Grupo 2 y 6	29.0382
Grupo 3 y 7	29.8274	Grupo 3 y 7	30.0082
Grupo 4 y 8	30.7754	Grupo 4 y 8	30.9782

Nota. Elaboración propia.

Las atenuaciones de los 8 grupos no superan los 32 dB y 32.75 dB en el canal descendente y ascendente, respectivamente, por lo que el transmisor óptico recomendado es de tipo C+.

3.2.3 Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada.

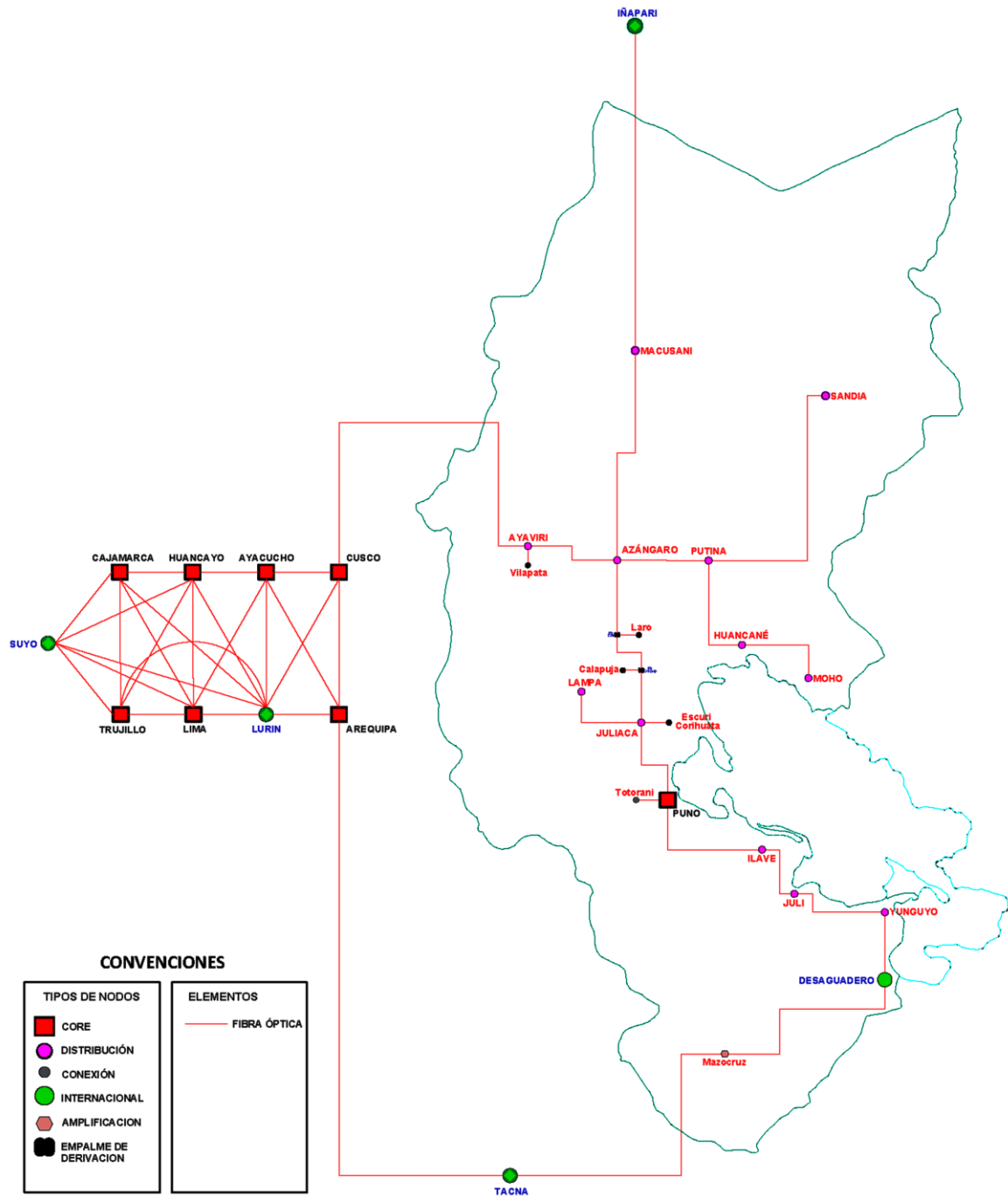
Esquemático de conexión de la red.

Para la salida a internet, se propone que el diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON sea transportada por la RDNFO, ya que este posee redundancia la red CORE y permitirá mayor seguridad al momento de transportar datos.

La Figura 45 muestra el esquemático de conexión del nodo de distribución de Moho con información específico de transporte de la RDNFO en la región Puno y general a nivel nacional.

Figura 45

Esquemático general de la RDNFO - PUNO.



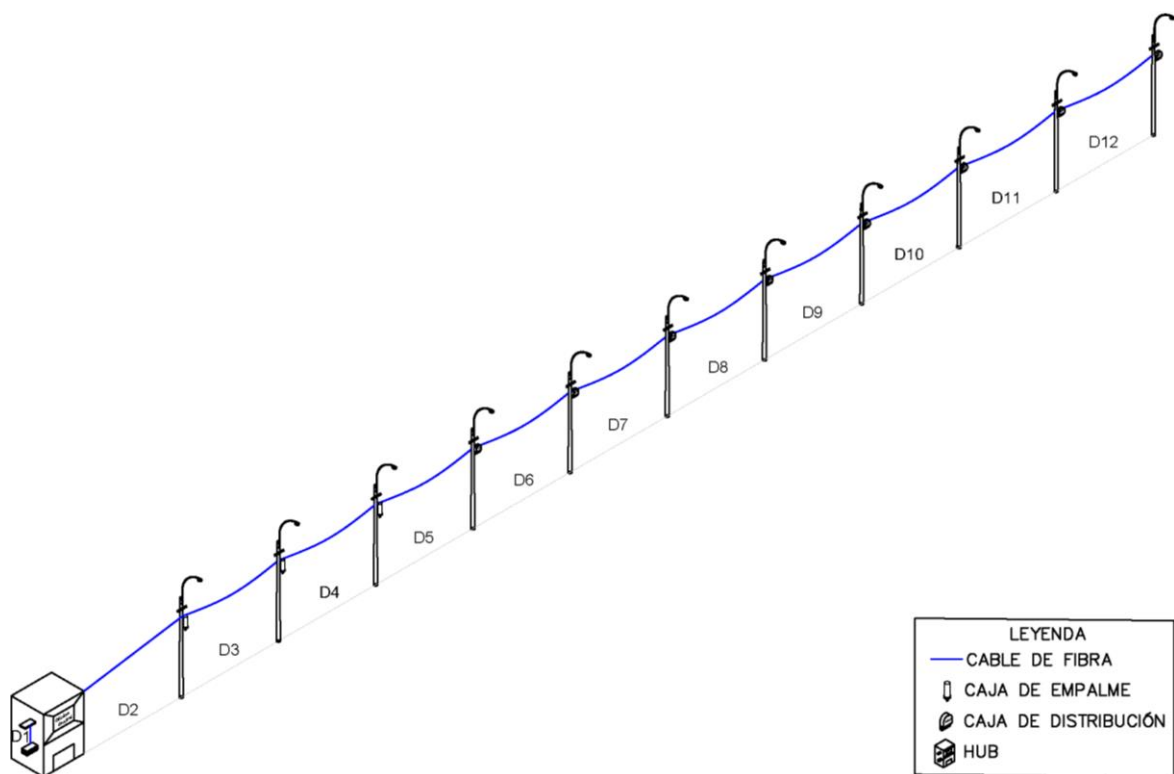
Nota. Recuperado de “Diagrama unifilar RDNFO (As-Built)”, por Azteca Comunicaciones Perú.

Diseño de Topología 3D.

En la Figura 46 se muestra la topología lineal, el cual consiste que desde el HUB, cabecera central u oficina central parte la fibra y pasa por 3 cajas de empalme y 8 cajas de distribución; cada caja de empalme o distribución estará ubicada en un punto de apoyo o poste, la distancia D1 es referente al entre el OLT y el ODF (en el HUB), mientras que las distancias D2, D3, ..., y D12 son distancias que estarán separadas entre las cajas de empalme y distribución (planta externa).

Figura 46

Diseño de topología lineal 3D.

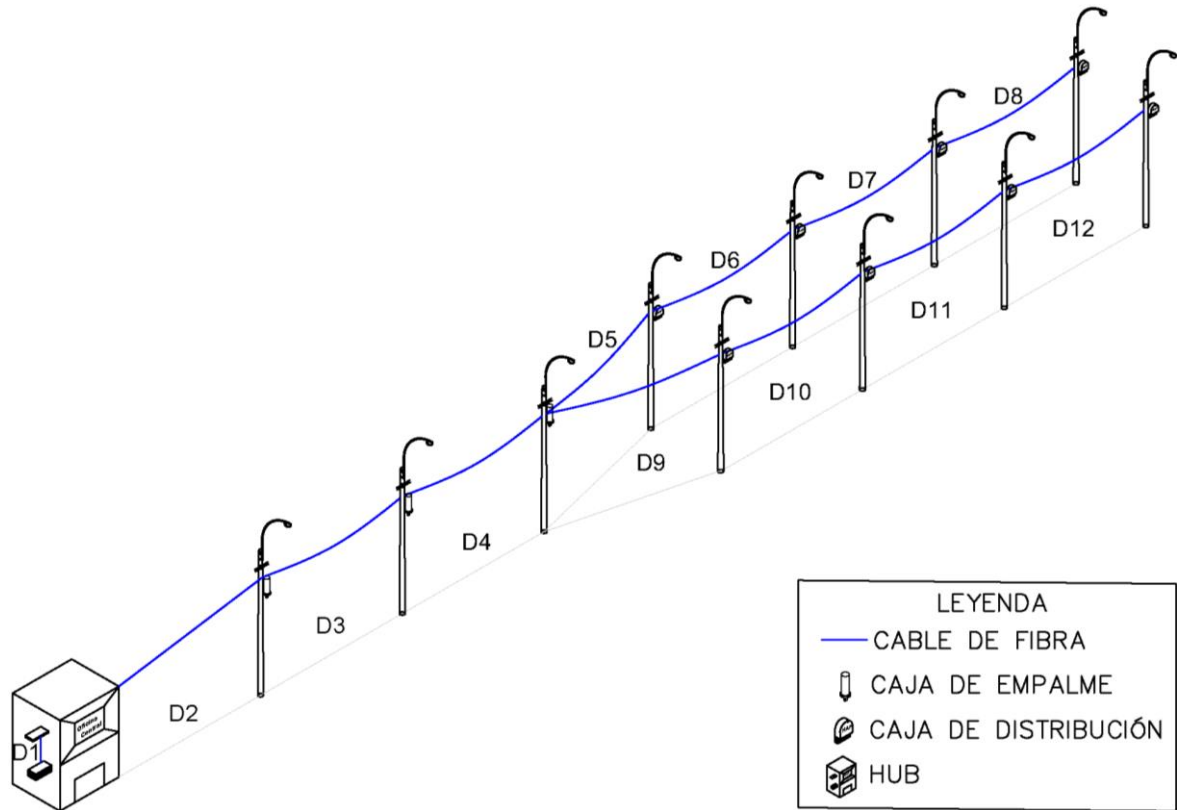


Nota. Entre cada distancia (D2, D3, ..., y D12) existen postes como puntos de apoyos. Elaboración propia.

En la Figura 47 se muestra la topología con dos ramales, el cual consiste en que desde el HUB, cabecera central u oficina central parte la fibra y pasa por dos cajas de empalmes y en el tercero se genera dos cascadas o ramales en los cuales se ubicarán las cajas de distribución; cada caja de empalme o distribución estará ubicada en un punto de apoyo o poste, la distancia D1 es referente al entre el OLT y el ODF (en el HUB), mientras que las distancias D2, D3, ..., y D12 son distancias que estarán separadas entre las cajas de empalme y distribución (planta externa).

Figura 47

Diseño de topología con dos ramales – 3D.

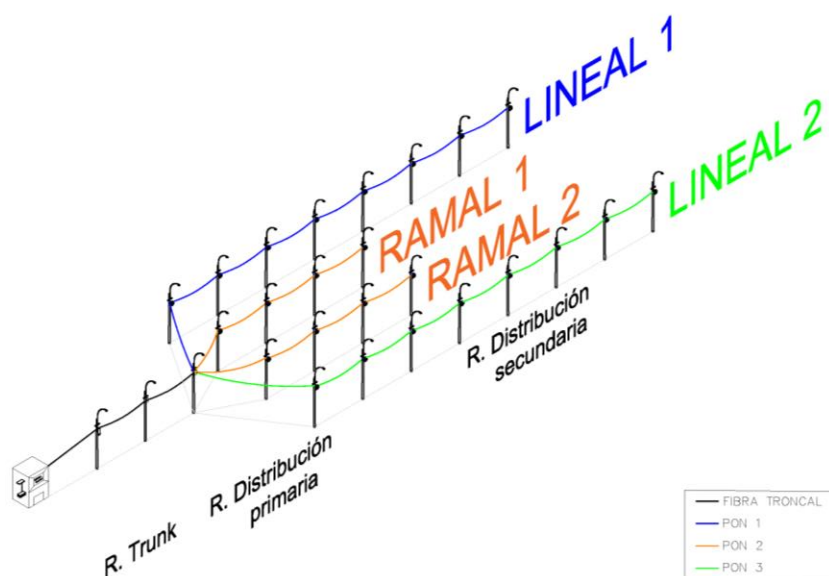


Nota. Entre cada distancia (D2, D3, ..., y D12) existen postes como puntos de apoyos.
Elaboración propia.

Ambas topologías compartirán la infraestructura en la red troncal o red de alimentación y a partir de la red de dispersión serán independientes para realizar la cobertura en la ciudad de Moho; en la Figura 48 se muestra las topologías unidas el cual hace que la red FTTH sea balanceada y desbalanceada.

Figura 48

Diseño de topología lineales y con dos ramales – 3D.



Nota. Por cada punto de distribución o mufa de conexión a la red troncal se distribuirá dos topologías de tipo lineal y una de tipo con dos ramales, es decir que tres puertos PON serán distribuidos de la siguiente manera: puerto PON 1 con topología lineal, puerto PON 2 con topología con dos ramales y puerto PON 3 con topología lineal. Elaboración propia.

Etapas de cobertura.

Índice de penetración

El porcentaje de índice de penetración se definirá de la siguiente manera, tal como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Porcentaje de índice de penetración para redes FTTH.

Porcentaje	Aplica
10%	Cuando hay muchas empresas o únicamente se pretende alcanzar algunos objetivos en específico.
30%	Cuando hay algunas empresas que ofrezcan el acceso a internet por FTTH.
50%	Cuando hay una o dos empresas pero que no tienen gran alcance.
100%	Cuando se garantice que únicamente la empresa brinde acceso a internet.

Nota. Elaboración propia.

Entonces, como no se brinda acceso a internet por tecnología FTTH por parte de otras empresas, se estimará un índice de penetración al 50% para el diseño.

La cantidad total de HP's es 1540, cada PON cubrirá hasta 64 abonados y en cada etapa se proyectará la topología que se muestra en la Figura 45.

Entonces:

$$\#PON = \frac{1540}{64} * (0.5) \approx 12$$

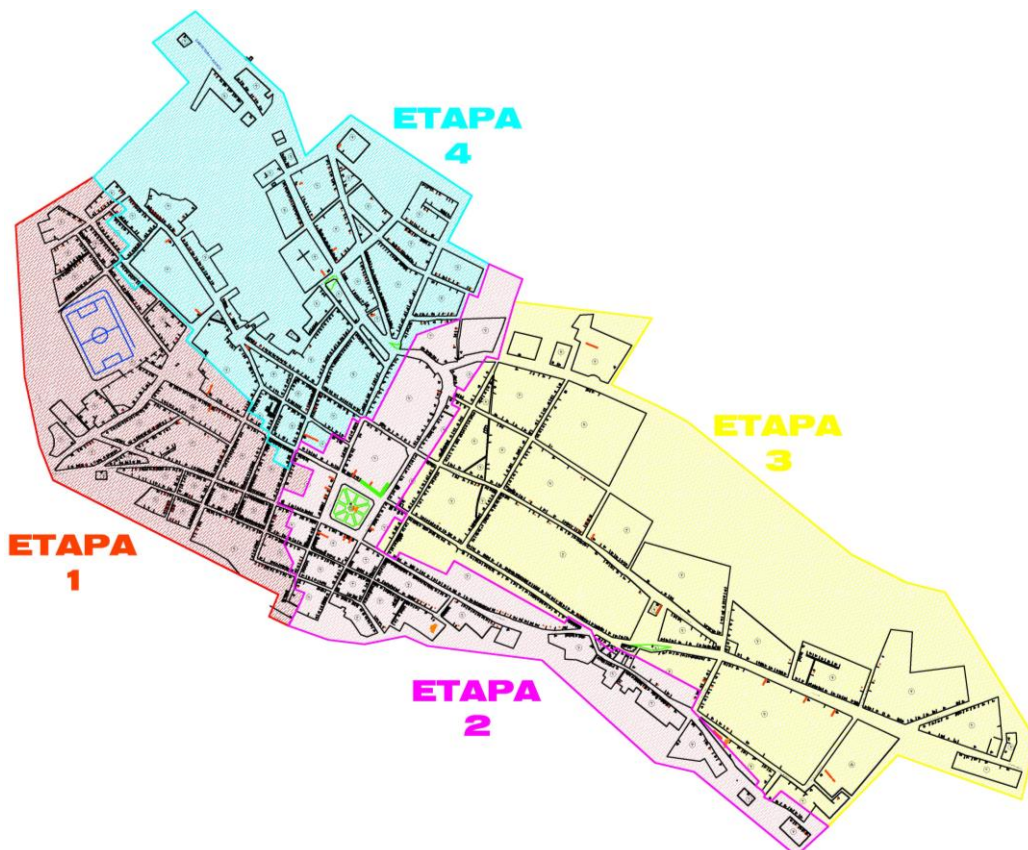
Donde 0.5 es el índice de penetración.

Esto quiere decir que se proyectará cubrir o dar cobertura con 12 puertos PON.

En la Figura 18 se seccionó el catastro para independizar los puntos de distribución y en ellas diseñar las topologías unidas, para ello se tomó en cuenta la cantidad de HP's que pueda cubrir cada 3 PON's, es decir, se agrupo cada etapa con 192 HP's (64 HP's por PON) aproximadamente; en la Figura 49 se muestra las cuatro secciones o etapas del diseño donde en cada una de ellas se proyectará una caja de distribución de primer nivel.

Figura 49

Sectorización de etapas.



Nota. Elaboración propia.

Además, el número de alcance de HP's por caja NAP se define según la Tabla 23, donde al 50% de índice de penetración con una caja de 8 puertos, la red de dispersión o acometidas se debe proyectar con un alcance de 16 HP's por caja de distribución de segundo nivel.

Tabla 23

Alcance de HP's por caja NAP según el índice de penetración.

IP/N° de puertos	2	4	8	12	16	24	32
10%	20	40	80	120	160	240	320
20%	10	20	40	60	80	120	160
30%	7	14	27	40	54	80	107
40%	5	10	20	30	40	60	80
50%	4	8	16	24	32	48	64
60%	4	7	14	20	27	40	54
70%	3	6	12	18	23	35	46
80%	3	5	10	15	20	30	40
90%	3	5	9	14	18	27	36
100%	2	4	8	12	16	24	32

Nota. Los valores están redondeados. Elaboración propia.

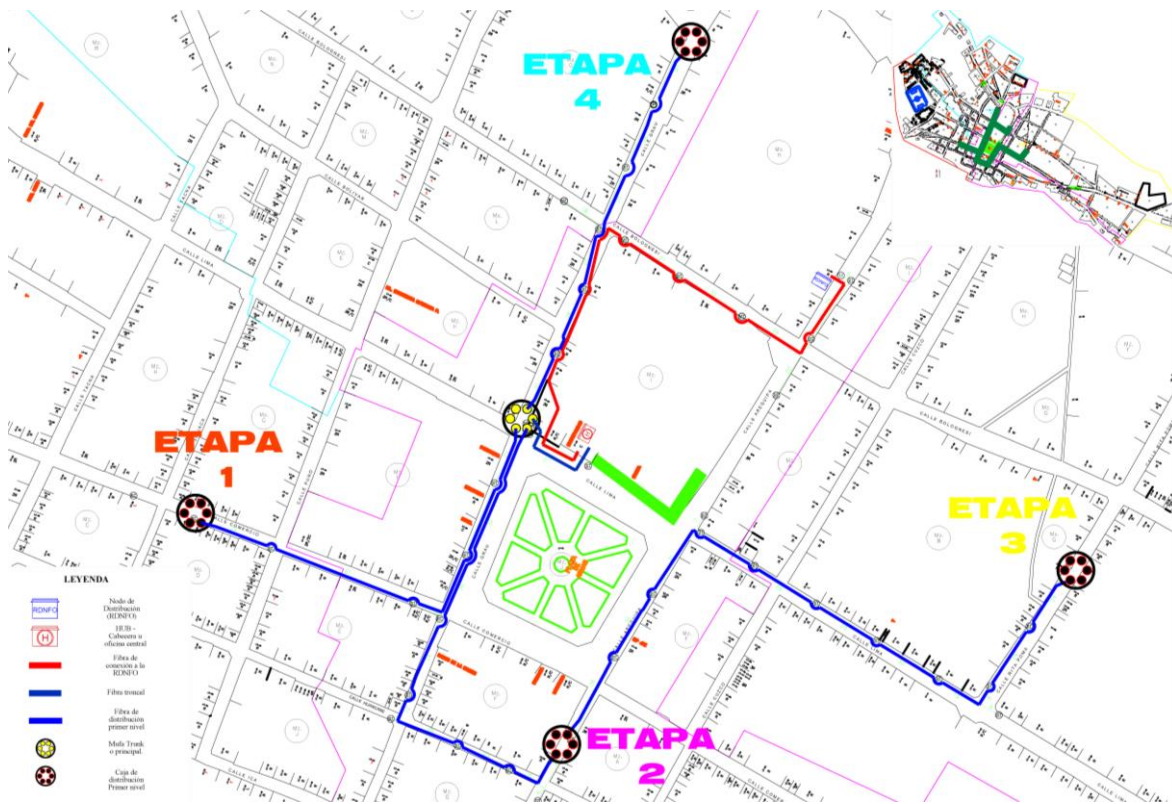
Red de principal, de alimentación o troncal y distribución de primer nivel.

La red principal conectará el HUB, cabecera u oficina central con el nodo de distribución de la RDNFO, en la Figura 50 se muestra la proyección del tendido de la fibra ADSS de 24 hilos, representada por la línea color rojo, por las calles Arequipa, Bolognesi y Grau; además, se propone la ubicación de HUB en la calle Lima, lote 4, manzana I del barrio Pajcha, en la municipalidad de Moho.

Las cajas de distribución de primer nivel se proyectaron al interior de las etapas, las cuales estarán conectadas por la red de distribución de primer nivel a la mufa Trunk y a su vez conectada al HUB por medio de la red de alimentación o troncal, tal como se muestra en la Figura 50.

Figura 50

Diseño de la red principal, red de alimentación o troncal y red de distribución de primer nivel.

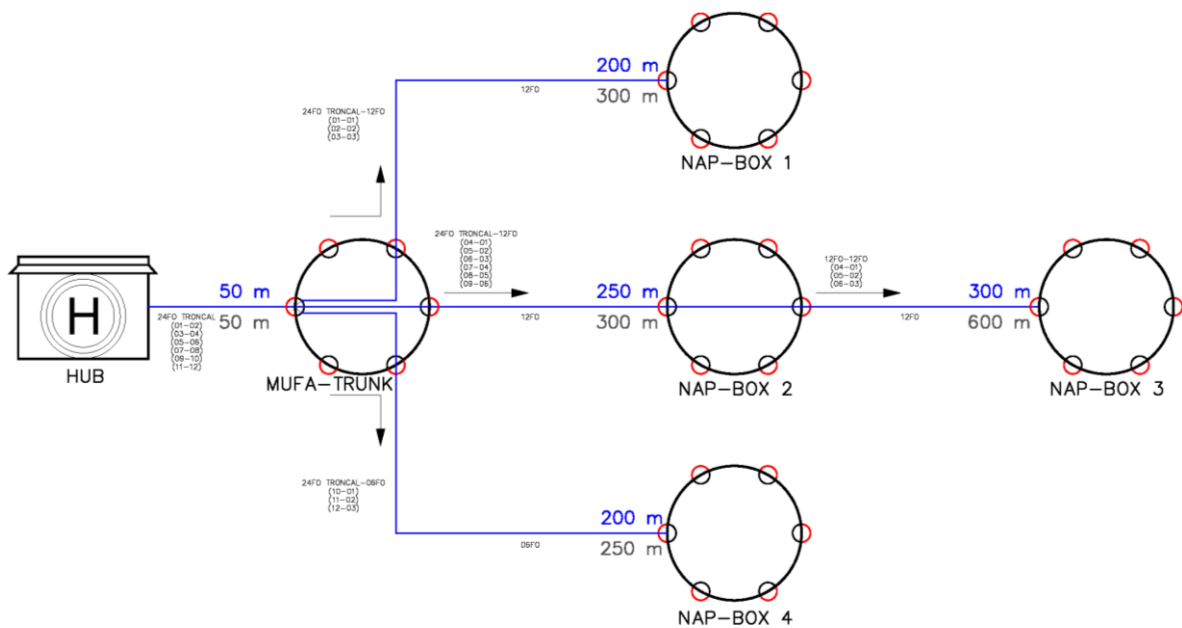


Nota. La mufa trunk está ubicada en la avenida Grau con Lima; la primera caja de distribución de primer nivel (etapa 1), en la calle Comercio; la segunda caja de distribución de primer nivel (etapa 2), en la calle Arequipa; la tercera caja de distribución de primer nivel (etapa 3) en la calle Rita Poma y la última caja de distribución de primer nivel (etapa 4) en la calle Grau. Elaboración propia.

En la Figura 51 se muestra el esquemático de empalme de las conexiones desde el HUB hacia las cajas de distribución de primer nivel (NAP-BOX).

Figura 51

Diagrama de empalme de la red principal o troncal y la red de distribución de primer nivel.



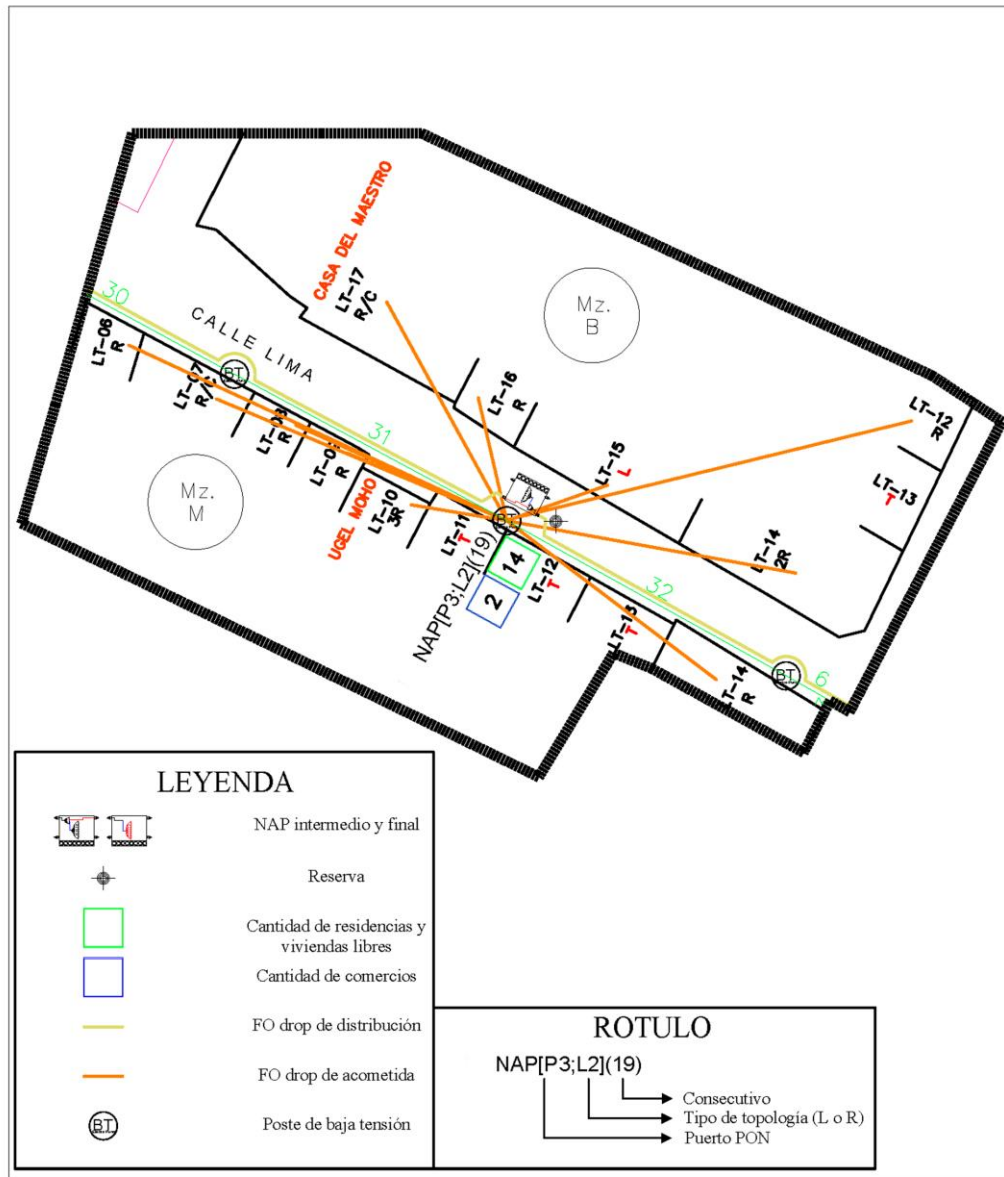
Nota. Elaboración propia.

Red de dispersión.

Sobre el catastro se ubicó los HP's para la correcta dispersión de las acometidas y ubicación de las cajas de distribución de segundo nivel o cajas NAP; por ejemplo, en la Figura 52 se muestra la caja NAP[PON3;L2](19) que pertenece al puerto PON 3, siendo la segunda topología lineal de la caja de distribución de primer nivel (L2) y el número 19 a nivel general; su red de dispersión o acometida está proyectada sobre lotes que se identificó como residencia, comercio o libre y no sobre lotes que son terrenos, siendo en total 16 HP's, según el alcance por caja que se muestra en la Tabla 25.

Figura 52

Diseño de la red de dispersión.



Nota. Elaboración propia.

Red de distribución.

Por cada caja de distribución de primer nivel (mufa o NAPBOX) habrá dos topologías de tipo lineal y una de tipo con dos ramales.

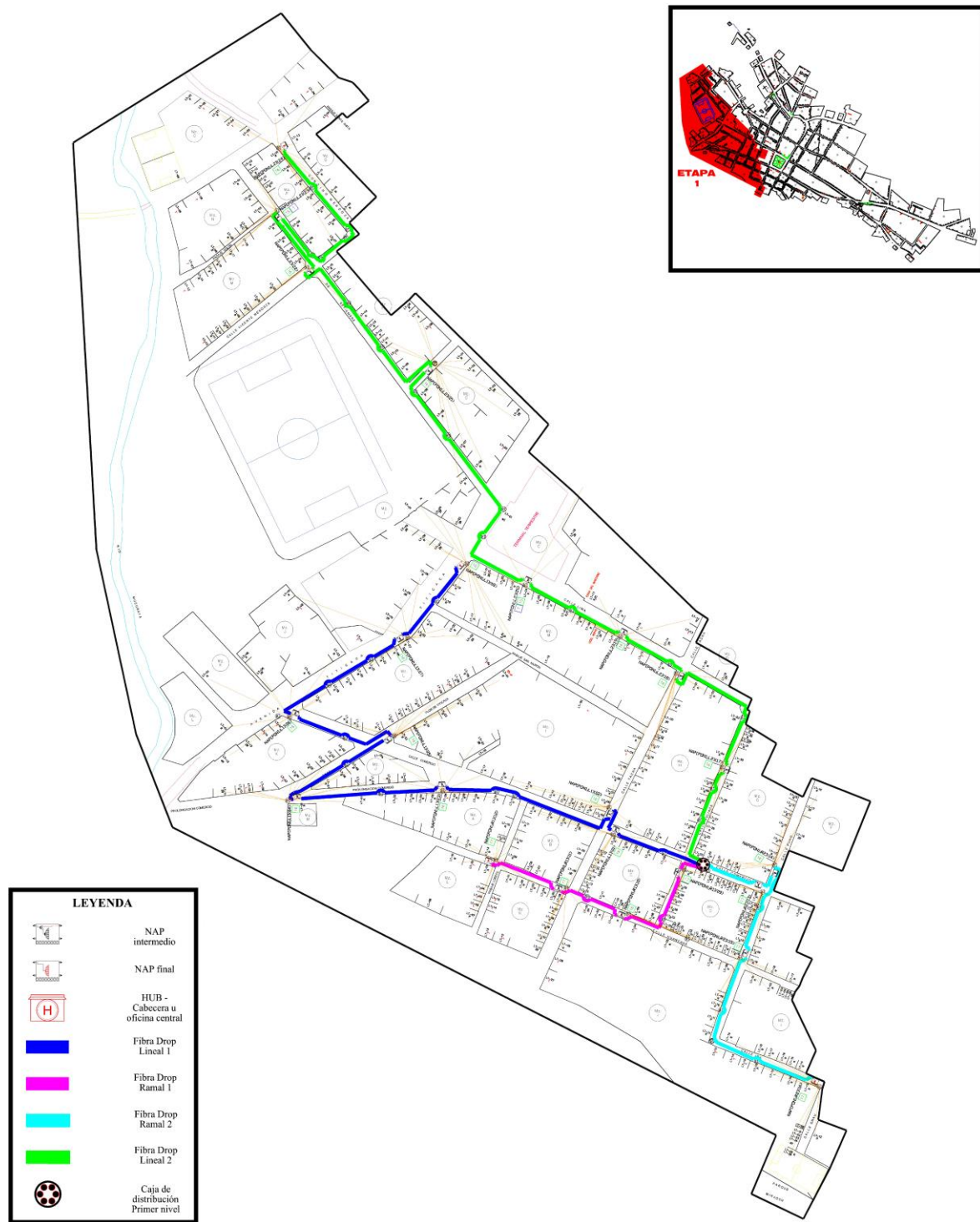
Etapa 1

En la Figura 53 se muestra el diseño de la primera etapa con un alcance de 391 HP's, donde se proyecta el tendido de las topologías: lineal de color azul, con dos ramales de color

magenta y celeste y lineal de color verde, correspondientes al PON 1, PON 2 y PON 3 respectivamente.

Figura 53

Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 1.

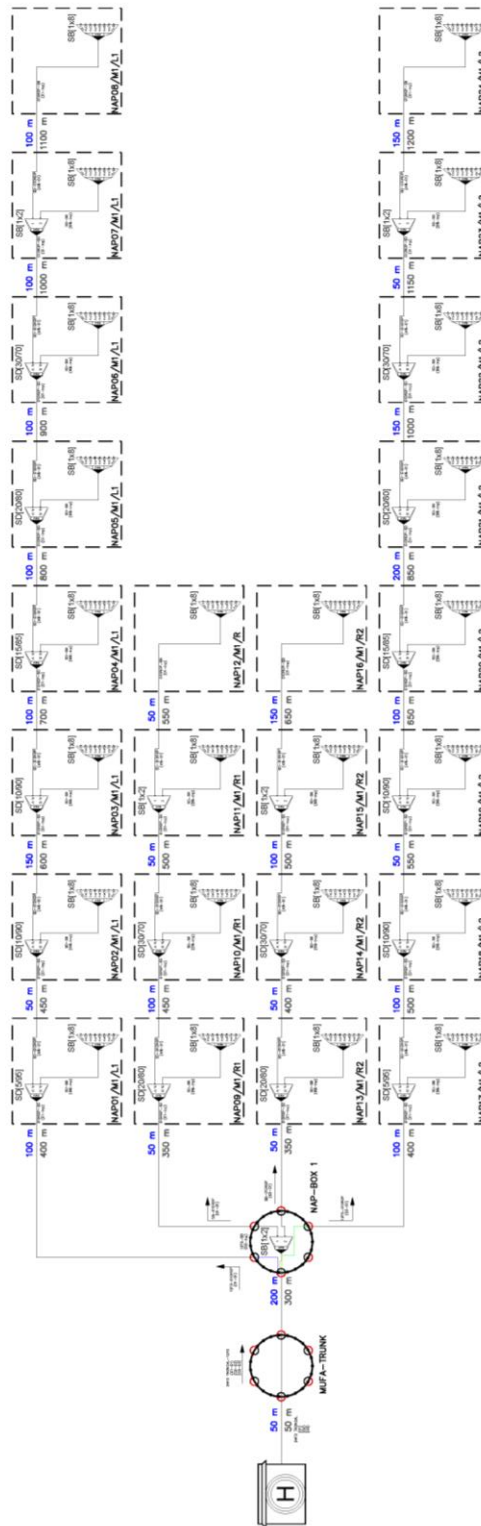


Nota. Elaboración propia.

En la Figura 54 se muestra el diagrama de empalme de la primera etapa que corresponde a los puertos PON 1, PON 2 y PON 3.

Figura 54

Diagrama de empalme - Etapa 1.



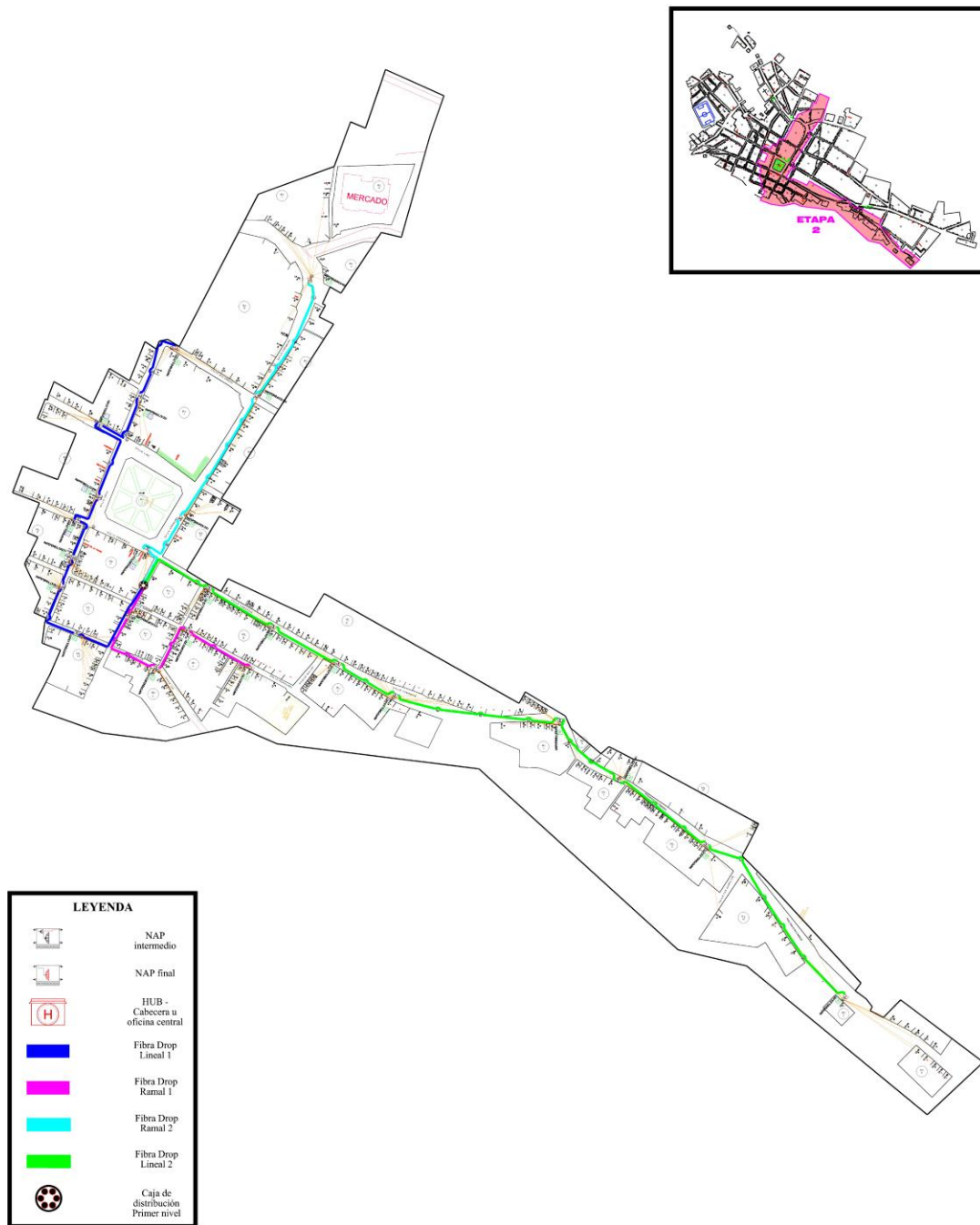
Nota. Elaboración propia.

Etapa 2

En la Figura 55 se muestra el diseño de la segunda etapa con un alcance de 393 HP's, donde se proyecta el tendido de las topologías: lineal de color azul, con dos ramales de color magenta y celeste y lineal de color verde, correspondientes al PON 4, PON 5 y PON 6 respectivamente.

Figura 55

Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 2.

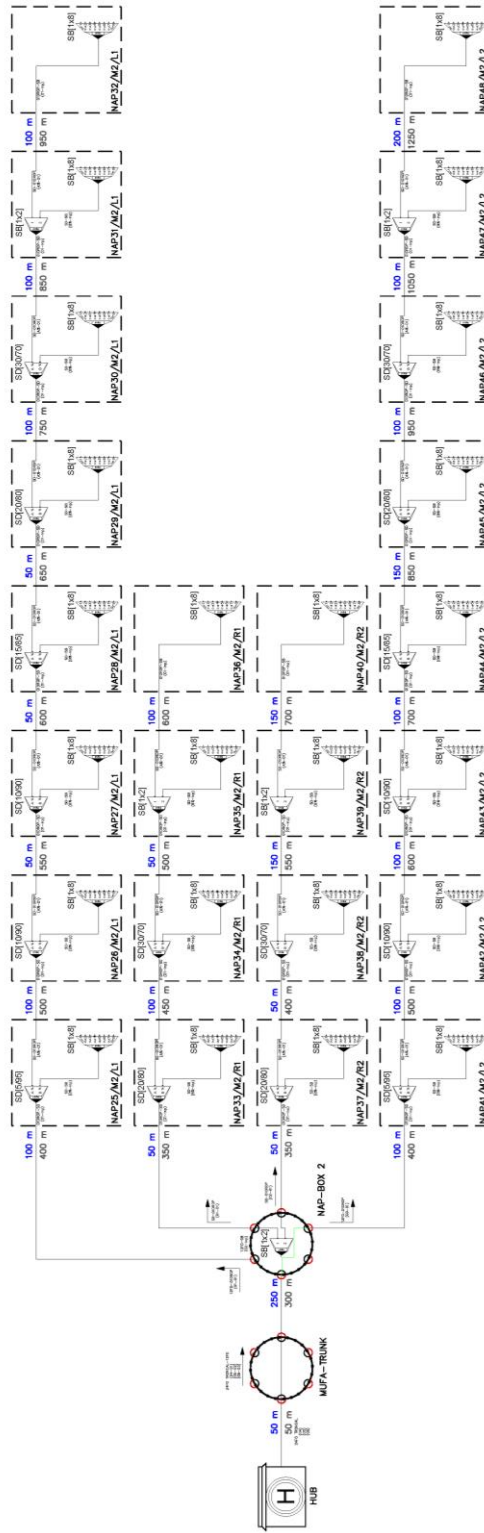


Nota. Elaboración propia.

En la Figura 56 se muestra el diagrama de empalme de la segunda etapa que corresponde a los puertos PON 4, PON 5 y PON 6.

Figura 56

Diagrama de empalme - Etapa 2.



Nota. Elaboración propia.

Etapa 3

En la Figura 547 se muestra el diseño de la segunda etapa con un alcance de 381 HP's, donde se proyecta el tendido de las topologías: lineal de color azul, con dos ramales de color magenta y celeste y lineal de color verde, correspondientes al PON 7, PON 8 y PON 9 respectivamente.

Figura 57

Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 3.

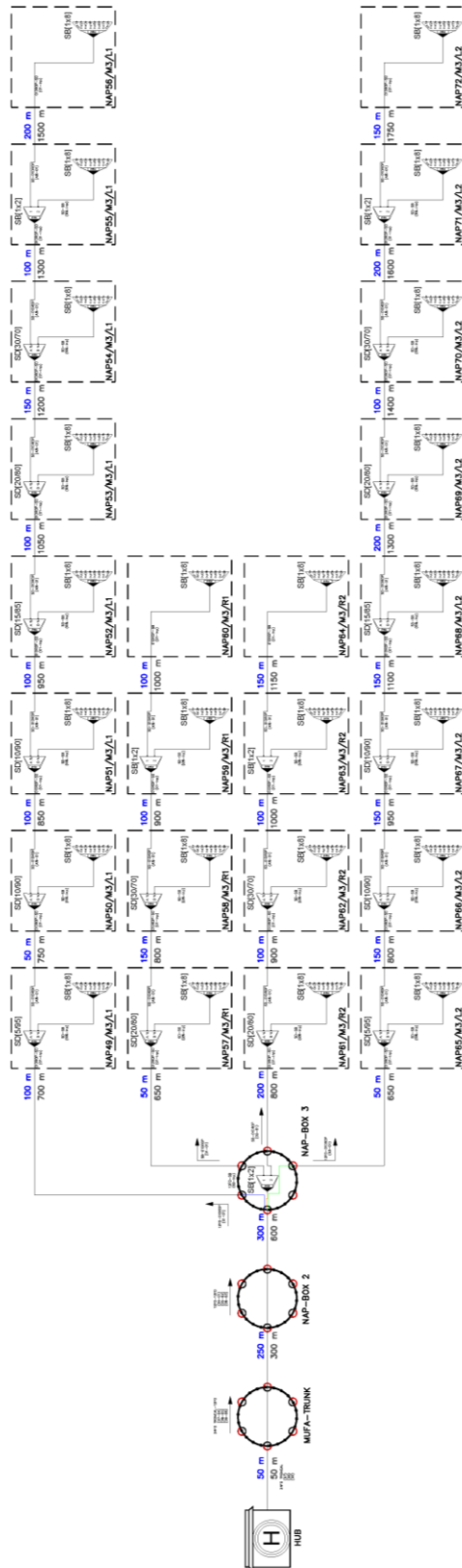


Nota. Elaboración propia.

En la Figura 58 se muestra el diagrama de empalme de la tercera etapa que corresponde a los puertos PON 7, PON 8 y PON 9.

Figura 58

Diagrama de empalme - Etapa 3.



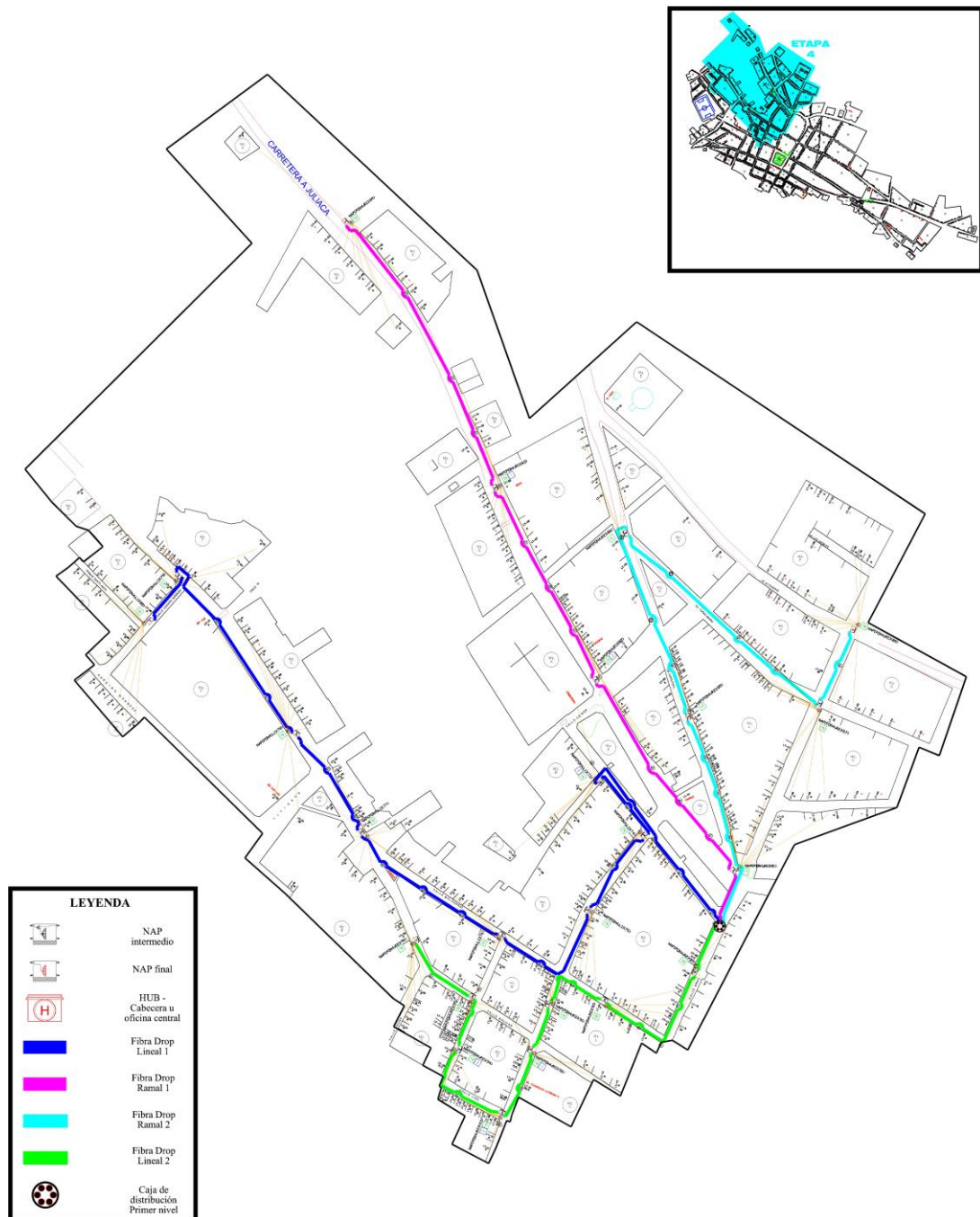
Nota. Elaboración propia.

Etapa 4

En la Figura 59 se muestra el diseño de la segunda etapa con un alcance de 375 HP's, donde se proyecta el tendido de las topologías: lineal de color azul, con dos ramales de color magenta y celeste y lineal de color verde, correspondientes al PON 10, PON 11 y PON 12 respectivamente.

Figura 59

Diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada - Etapa 4.

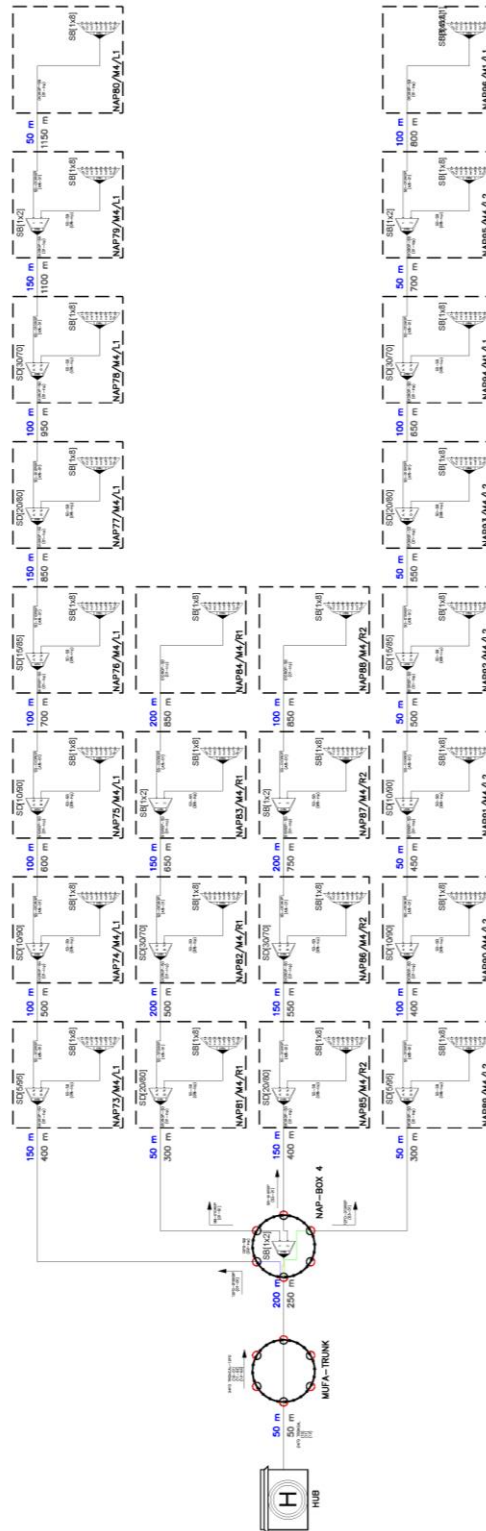


Nota. Elaboración propia.

En la Figura 60 se muestra el diagrama de empalme de la cuarta etapa que corresponde a los puertos PON 10, PON 11 y PON 12.

Figura 60

Diagrama de empalme - Etapa 4.



Nota. Elaboración propia.

En el Anexo 5.1 se muestra el diseño general en la ciudad de Moho y en el Anexo 5.2 se muestra el diagrama de empalme general de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON.

3.2.4 Simulación en Tomodat 2

Tomodat es un software en la nube dedicado a documentación FTTH en la cual se puede simular diseños y planificación de redes FTTH; se modificó los diversos parámetros de equipos activos y elementos pasivos según las especificaciones técnicas de los equipos y elementos propuestos para el diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON.

Parámetros

Antes de iniciar con el despliegue en Tomodat, se configuró los parámetros de los equipos y elementos con los valores propuestos para el cálculo del presupuesto óptico.

Tipos de cable.

Se creó 4 tipos de cable (24, 12, 6 hilos de ADSS y 1 hilo drop), tal como se muestra en la Figura 61.

Figura 61

Características de las fibras ADSS y drop asignadas en el software Tomodat.

Nome	Categoría	Fabricante	Número de fibras	Código	Código de cores	Cor	Custo por Metro	Ações
12H-ADSS	Cabo de fibra	FiberHome	12	sc	Internacional		R\$0,02	 
1H-DROP	Cabo de fibra	Furukawa	1	sc	Internacional		R\$0,02	 
24H-ADSS	Cabo de fibra	FiberHome	24	SC	Internacional		R\$0,02	 
6H-ADSS	Cabo de fibra	FiberHome	6	sc	Internacional		R\$0,02	 

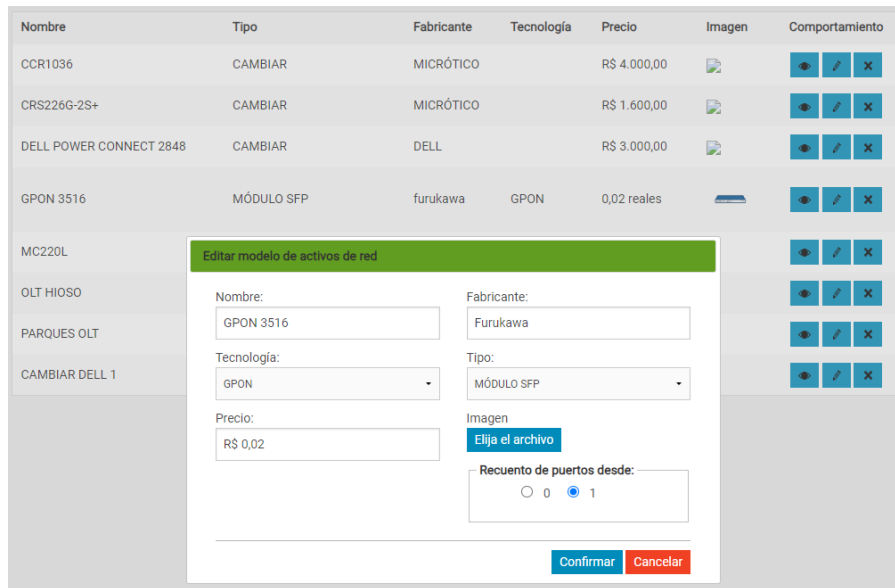
Nota. Elaboración propia.

Algunos elementos, como cajas de empalme (Mufas, Fat o CTO) se consideró por defecto del software debido a que no generan cambios o variaciones en la potencia de transmisión.

El equipo OLT que se cargó en Tomodat se muestra en la Figura 62, cuyo tipo de transmisor es “módulo SFP”

Figura 62

OLT asignado en el software Tomodat.



Nota. Elaboración propia.

Respecto a los divisores ópticos; los valores de atenuación de los splitter's desbalanceados se consideró por defecto debido a que hasta el momento no hay opción para editar dichos parámetros en el software, pero sí se modificó las atenuaciones de los splitter's balanceados y por longitud de cable según los parámetros propuestos en la etapa del cálculo del presupuesto óptico, tal como se muestra en la Figura 63.

Figura 63

Parámetros de atenuación de los elementos propuestos en el software Tomodat.



Nota. Elaboración propia.

Diseño en Tomodat.

Se replicó el despliegue presentado en el diseño en AutoCAD; en la Figura 64 se muestra el despliegue de la red de conexión o troncal (desde el Hub hasta la mufa trunk) y la red de distribución de primer nivel (desde la mufa trunk hasta las cajas NAP-BOX)

Figura 64

Despliegue de la red de conexión y distribución de primer nivel en el software Tomodat.

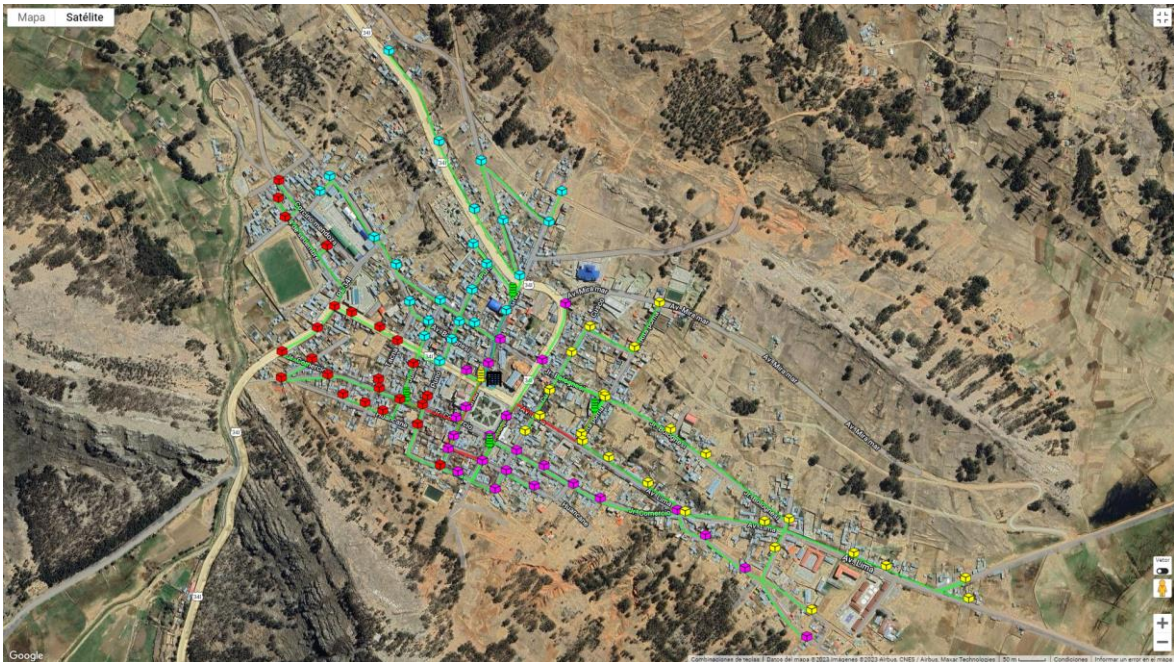


Nota. La mufa trunk está representada por el color amarillo y las cajas de primer NAP-BOX de primer nivel de color verde; la fibra de color celeste representa la red de conexión o troncal y las de color azul y rojo representan la red de distribución de primer nivel. Elaboración propia.

Posteriormente se realizó el diseño de la red de distribución de segundo nivel de las cuatro etapas que se seccionó sobre la ciudad de Moho; en la Figura 65 se muestra el despliegue simulado en Tomodat.

Figura 65

Despliegue de la red de distribución de segundo nivel en el software Tomodat.



Nota 1. Las cajas NAP de color rojo representan a las cajas de la primera etapa; de color magenta, segunda etapa; color amarillo, tercera etapa; y turquesa, etapa cuatro.

Nota 2. La fibra de color verde representa la red de distribución de segundo nivel (drop preconectorizado).

Nota 3. Elaboración propia.

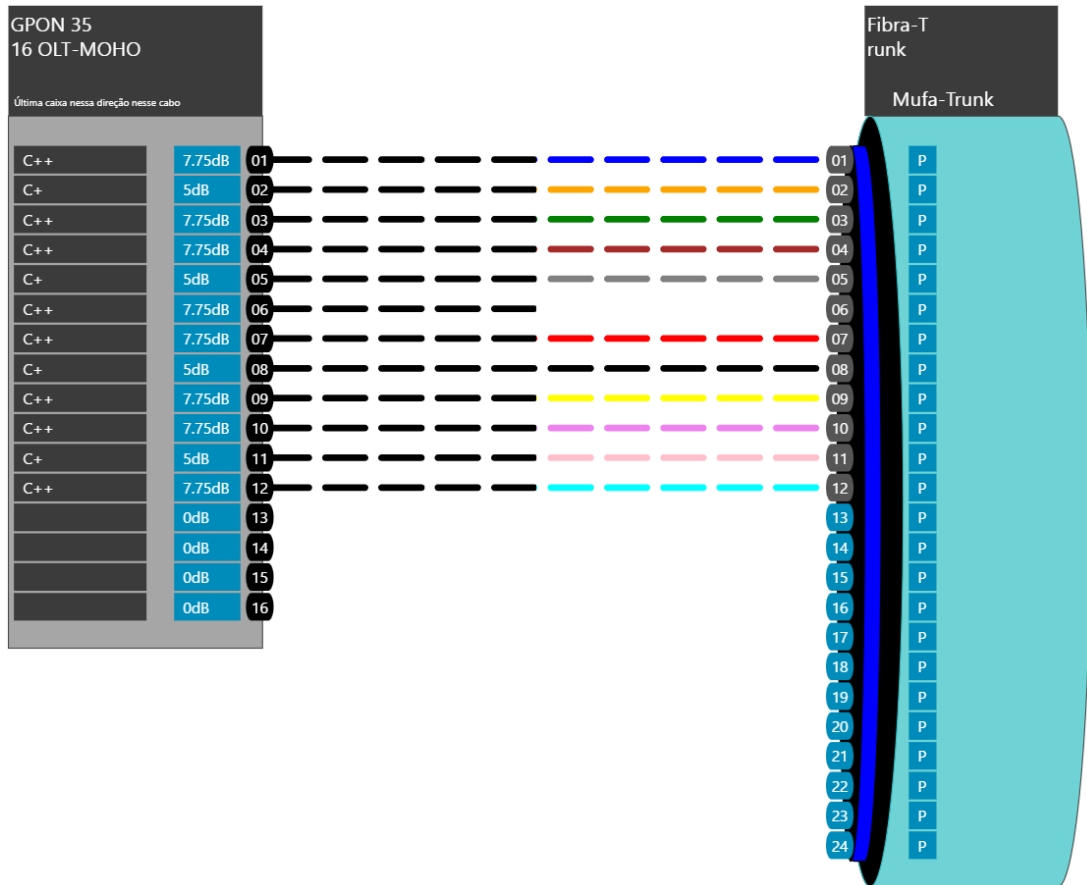
Empalmes, atenuaciones y potencias.

Hub

En el Hub se consideró doce puertos PON con una potencia de 5 dBm y 7.75 dBm para las topologías lineal y con dos ramales que cubrirá a las cuatro etapas de la ciudad de Moho (Cada etapa será alimentada por tres puertos PON); en la Figura 66 se muestra los empalmes de los puertos PON con los hilos de la fibra troncal.

Figura 66

Empalmes del OLT y la Mufa de conexión o troncal en el software Tomodat.



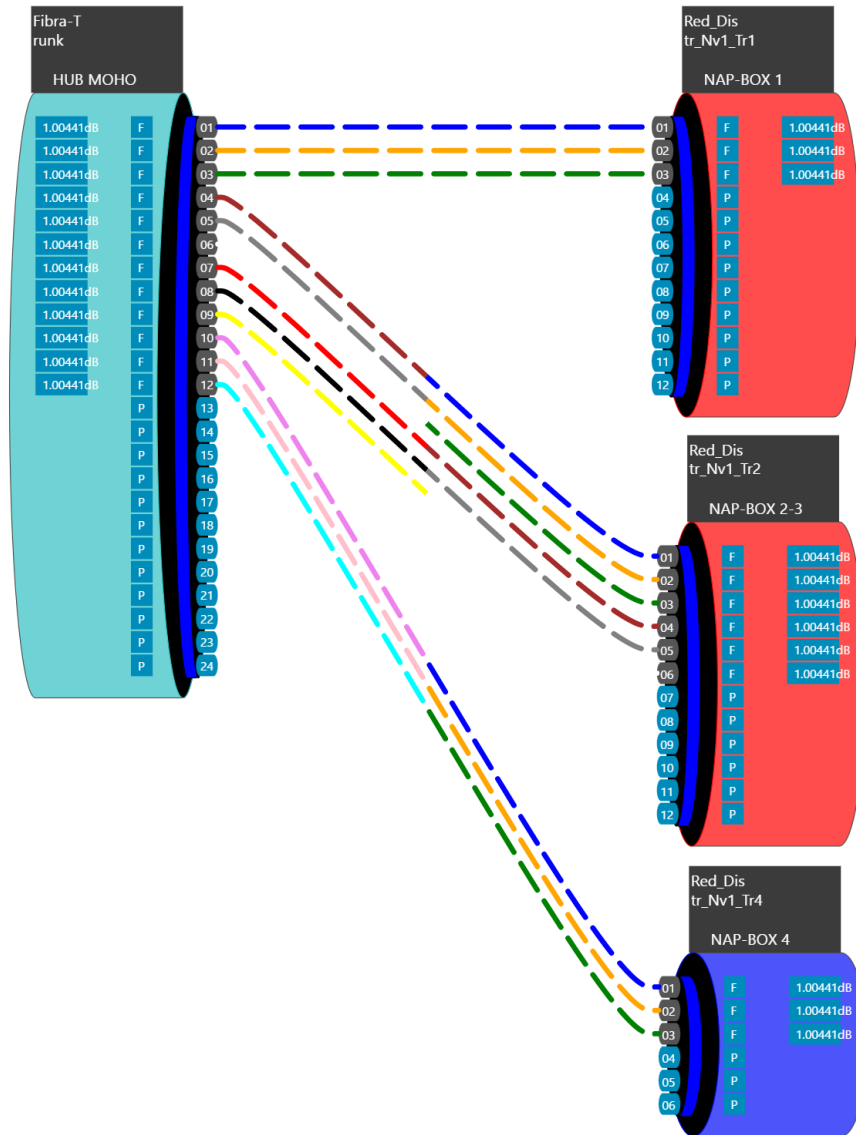
Nota. Elaboración propia. Recuperado de Tomodat.

Mufa Trunk

En la Figura 67 se muestra los empalmes al interior de la Mufa trunk donde los 3 primeros hilos serán destinados a la etapa 1, los hilos del 4 al 9 son destinados a la etapa 2 y 3 y los hilos 10 al 12 son destinados a la etapa 4; además se consideró una pérdida de 1.00441 dB por compensación debido a la reserva de fibra de 19 metros (0.00399 dB), pérdida del Pach-cord (distancia = 0.00042 dB e inserción = 0.5 dB), pérdida del pigtail (0.3 dB) y pérdida por fusiones (0.2) que se genera en el HUB.

Figura 67

Empalmes en la mufa trunk en el software Tomodat.



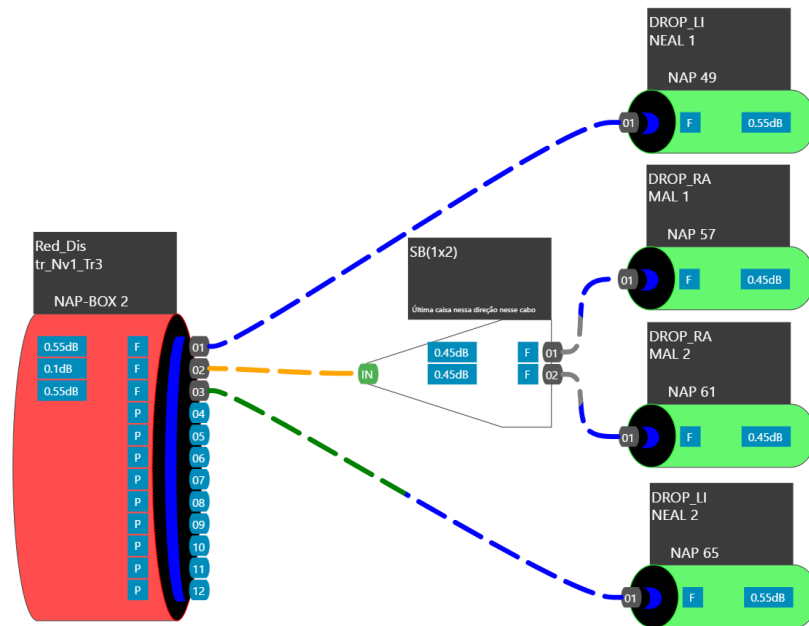
Nota. Elaboración propia. Recuperado de Tomodat.

NAP-BOX

En la etapa tres se presenta mayor distancia entre las cajas NAP y el HUB o cabecera central, debido a que la red de distribución de primer nivel es más larga respecto a las otras; es por eso que se eligió la segunda topología lineal para presentar los eventos de empalmes, atenuaciones y potencias; en la Figura 68 se muestra los empalmes en la caja NAP-BOX 3, de la tercera etapa (previo a ello en la caja NAP-BOX 2 se consideró las pérdidas por fusión y reserva de 0.1063dB), las atenuaciones compensadas en la caja NAP-BOX 3 son de fusión, conector preconectorizado de 0.55 dB para topologías lineales y fusión de 0.1 y conectores de inserción de 0.45 para topologías con dos ramales.

Figura 68

Empalmes en la caja de primer nivel (NAP-BOX) en el software Tomodat.



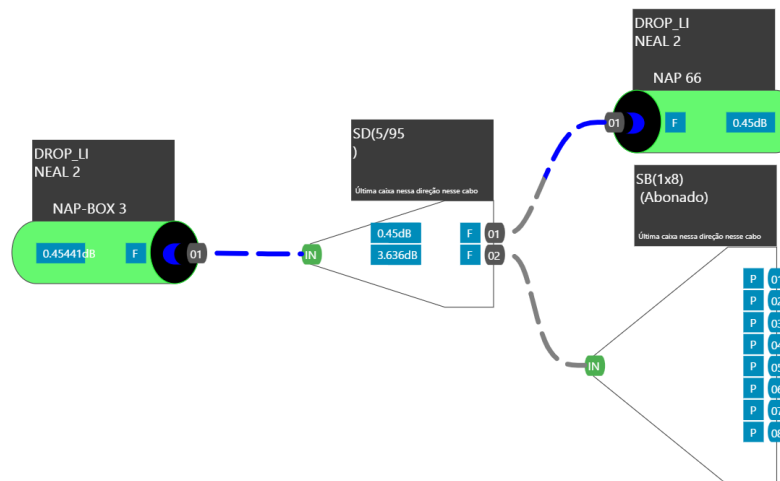
Nota. Elaboración propia. Recuperado de Tomodat.

NAP

Los empalmes al interior de la caja NAP se muestra en la Figura 69, siendo una de las cajas (NAP 65) de la tercera etapa simulada en Tomodat; aquí se consideró la pérdida por reserva, inserción de la fibra drop y del splitter (0.45441 dB) para la entrada a la caja NAP; pérdida por inserción de drop y splitter (0.45 dB) para la salida de distribución; y pérdida de inserción de drop, splitter, longitud de drop y margen (3.636 dB) para la salida de dispersión o acometidas hasta el abonado.

Figura 69

Empalmes en la caja NAP de segundo nivel en el software Tomodat.



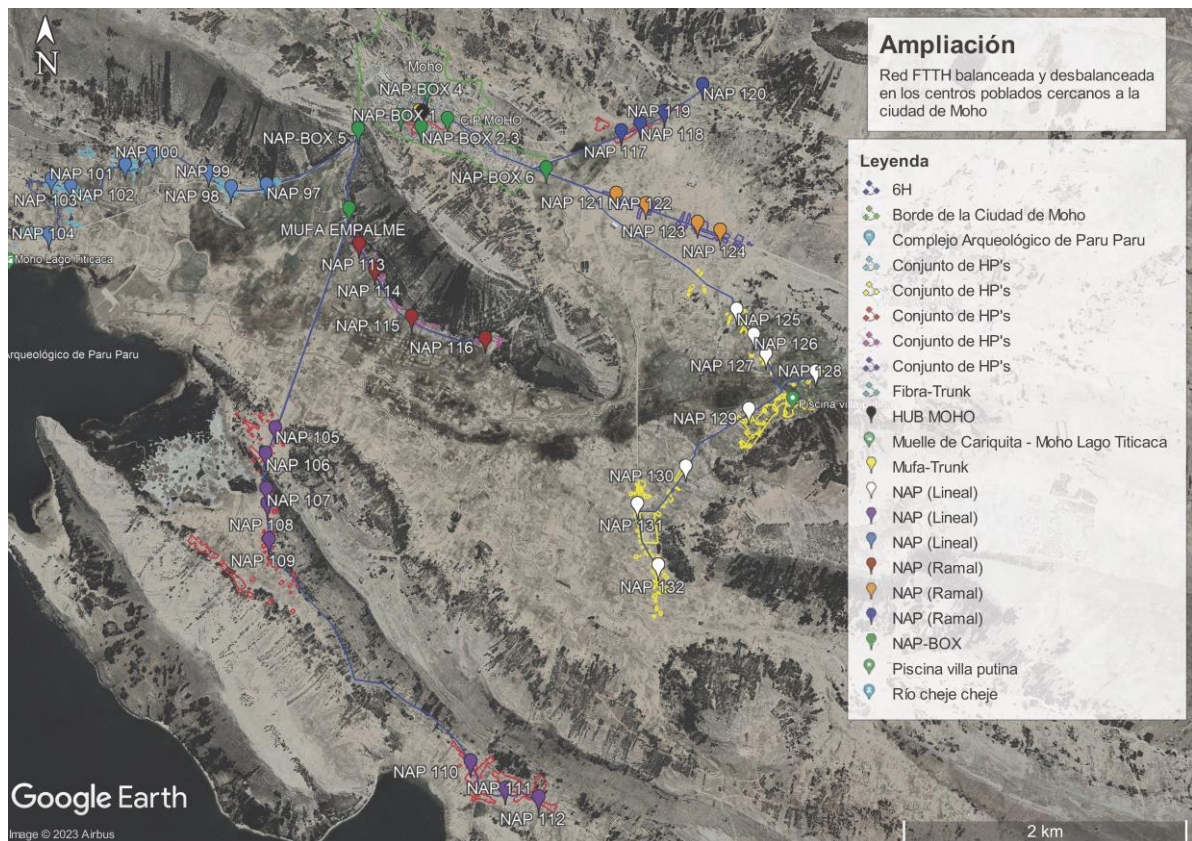
Nota. Elaboración propia. Recuperado de Tomodat.

Ampliación de red FTTH balanceada y desbalanceada en los centros poblados cercanos a la ciudad de Mocho en el software Google Earth.

En base al diseño desarrollado se propone la expansión de la red a los centros poblados, cuyos habitantes no son diferentes y merecen disfrutar de las ventajas y tener acceso a la banda ancha con la tecnología GPON; al ubicarse distanciados los centros poblados o grupos de hogares pequeños, la red FTTH balanceada y desbalanceada es buena opción para la respectiva expansión y distribución de la red; en la Figura 70 se muestra la planificación para la expansión con 3 topologías lineales y 3 ramales a los centros poblados de: Lloquesani, Lacasai, Cheje Cheje, Villa Putina, Huaraya, etc.

Figura 70

Ampliación de la red a centros poblados en el software Google Earth.



Nota. Elaboración propia. Recuperado de Google Earth.

3.3 Resultados.

Resultado 1.

En la ciudad de Moho el acceso a la banda ancha por tecnología FTTH es limitado, solo la empresa Telefónica del Perú S.A.A. brinda el servicio de acceso a 9 abonados de tipo comercial, cuyo transporte de datos lo realiza a través del nodo de Distribución de la Red Dorsal Nacional de fibra óptica.

Resultado 2.

Los resultados de potencia recibida en el ONT/ONU mediante el cálculo teórico, se muestran en la Tabla 24, cuyas potencias no están por debajo de -27 dBm que es la mínima sensibilidad del ONT/ONU para que puede escuchar al equipo OLT.

Tabla 24

Resultado de cálculo teórico de potencia recibida en el ONU.

Item	NAP	Potencia (dBm)	Item	NAP	Potencia (dBm)
1	NAP 1	-23.0629	49	NAP 49	-23.2469
2	NAP 2	-20.8749	50	NAP 50	-21.0589
3	NAP 3	-22.5109	51	NAP 51	-22.6829
4	NAP 4	-22.7349	52	NAP 52	-22.9069
5	NAP 5	-22.9589	53	NAP 53	-23.1309
6	NAP 6	-23.3829	54	NAP 54	-23.5669
7	NAP 7	-24.3069	55	NAP 55	-24.4909
8	NAP 8	-25.2309	56	NAP 56	-25.4389
9	NAP 9	-23.2009	57	NAP 57	-23.3849
10	NAP 10	-23.6249	58	NAP 58	-23.8209
11	NAP 11	-24.5369	59	NAP 59	-24.7449
12	NAP 12	-25.4489	60	NAP 60	-25.6689
13	NAP 13	-23.2009	61	NAP 61	-23.4209
14	NAP 14	-23.6129	62	NAP 62	-23.8449
15	NAP 15	-24.5369	63	NAP 63	-24.7689
16	NAP 16	-25.4729	64	NAP 64	-25.7049
17	NAP 17	-23.0629	65	NAP 65	-23.2349
18	NAP 18	-20.8869	66	NAP 66	-21.0709
19	NAP 19	-22.4989	67	NAP 67	-22.7069

20	NAP 20	-22.7229	68	NAP 68	-22.9429
21	NAP 21	-22.9709	69	NAP 69	-23.1909
22	NAP 22	-23.4069	70	NAP 70	-23.6149
23	NAP 23	-24.3189	71	NAP 71	-24.5629
24	NAP 24	-25.2549	72	NAP 72	-25.4989
25	NAP 25	-23.0734	73	NAP 73	-23.0749
26	NAP 26	-20.8974	74	NAP 74	-20.8989
27	NAP 27	-22.5094	75	NAP 75	-22.5229
28	NAP 28	-22.7214	76	NAP 76	-22.7469
29	NAP 29	-22.9334	77	NAP 77	-22.9829
30	NAP 30	-23.3574	78	NAP 78	-23.4069
31	NAP 31	-24.2814	79	NAP 79	-24.3429
32	NAP 32	-25.2054	80	NAP 80	-25.2549
33	NAP 33	-23.2114	81	NAP 81	-23.2009
34	NAP 34	-23.6354	82	NAP 82	-23.6489
35	NAP 35	-24.5474	83	NAP 83	-24.5849
36	NAP 36	-25.4714	84	NAP 84	-25.5329
37	NAP 37	-23.2114	85	NAP 85	-23.2249
38	NAP 38	-23.6234	86	NAP 86	-23.6609
39	NAP 39	-24.5594	87	NAP 87	-24.6089
40	NAP 40	-25.4954	88	NAP 88	-25.5329
41	NAP 41	-23.0734	89	NAP 89	-23.0509
42	NAP 42	-20.8974	90	NAP 90	-20.8749
43	NAP 43	-22.5214	91	NAP 91	-22.4869
44	NAP 44	-22.7454	92	NAP 92	-22.6989
45	NAP 45	-22.9814	93	NAP 93	-22.9109
46	NAP 46	-23.4054	94	NAP 94	-23.3349
47	NAP 47	-24.3294	95	NAP 95	-24.2469
48	NAP 48	-25.2774	96	NAP 96	-25.1709

Nota. Elaboración propia.

Resultado 3.

Se seccionó en cuatro etapas la ciudad de Moho, de modo que se ubiquen una NAP-BOX o caja NAP de primer nivel en cada etapa y de ellas se destinen dos topologías lineales y una con dos ramales (3 PON), cubriendo así 24 cajas NAP de segundo nivel o para última milla.

Resultado 4.

Los resultados de potencia recibida en el ONT/ONU mediante el simulador Tomodat, se muestran en la Tabla 25, cuyas potencias no están por debajo de -27 dBm que es la mínima sensibilidad del ONT/ONU para que puede escuchar al equipo OLT.

Tabla 25

Resultado de potencia recibida en el ONU mediante el software Tomodat.

Item	NAP	Potencia (dBm)	Item	NAP	Potencia (dBm)
1	NAP 1	-23.0710	49	NAP 49	-23.2580
2	NAP 2	-20.8830	50	NAP 50	-21.0700
3	NAP 3	-22.5200	51	NAP 51	-22.6930
4	NAP 4	-22.7440	52	NAP 52	-22.9170
5	NAP 5	-22.9670	53	NAP 53	-23.1420
6	NAP 6	-23.3900	54	NAP 54	-23.5800
7	NAP 7	-24.3140	55	NAP 55	-24.5040
8	NAP 8	-25.2650	56	NAP 56	-25.4670
9	NAP 9	-23.2090	57	NAP 57	-23.3990
10	NAP 10	-23.6320	58	NAP 58	-23.8350
11	NAP 11	-24.5430	59	NAP 59	-24.7570
12	NAP 12	-25.4600	60	NAP 60	-25.7080
13	NAP 13	-23.2090	61	NAP 61	-23.4360
14	NAP 14	-23.6210	62	NAP 62	-23.8600
15	NAP 15	-24.5450	63	NAP 63	-24.7840
16	NAP 16	-25.5020	64	NAP 64	-25.7490
17	NAP 17	-23.0730	65	NAP 65	-23.2480
18	NAP 18	-20.8980	66	NAP 66	-21.0850
19	NAP 19	-22.5120	67	NAP 67	-22.7070
20	NAP 20	-22.7360	68	NAP 68	-22.9590

21	NAP 21	-22.9840	69	NAP 69	-23.2050
22	NAP 22	-23.4220	70	NAP 70	-23.6300
23	NAP 23	-24.3360	71	NAP 71	-24.5780
24	NAP 24	-25.2830	72	NAP 72	-25.5400
25	NAP 25	-23.0870	73	NAP 73	-23.0900
26	NAP 26	-20.9110	74	NAP 74	-20.9150
27	NAP 27	-22.5230	75	NAP 75	-22.5370
28	NAP 28	-22.7350	76	NAP 76	-22.7620
29	NAP 29	-22.9460	77	NAP 77	-22.9970
30	NAP 30	-23.3720	78	NAP 78	-23.4180
31	NAP 31	-24.2960	79	NAP 79	-24.3610
32	NAP 32	-25.2530	80	NAP 80	-25.2820
33	NAP 33	-23.2250	81	NAP 81	-23.2150
34	NAP 34	-23.6490	82	NAP 82	-23.6630
35	NAP 35	-24.5620	83	NAP 83	-24.6010
36	NAP 36	-25.5070	84	NAP 84	-25.5550
37	NAP 37	-23.2210	85	NAP 85	-23.2400
38	NAP 38	-23.6370	86	NAP 86	-23.6730
39	NAP 39	-24.5740	87	NAP 87	-24.6180
40	NAP 40	-25.5310	88	NAP 88	-25.5690
41	NAP 41	-23.0840	89	NAP 89	-23.0620
42	NAP 42	-20.9060	90	NAP 90	-20.8880
43	NAP 43	-22.5300	91	NAP 91	-22.4990
44	NAP 44	-22.7530	92	NAP 92	-22.7110
45	NAP 45	-22.9910	93	NAP 93	-22.9250
46	NAP 46	-23.4170	94	NAP 94	-23.3500
47	NAP 47	-24.3420	95	NAP 95	-24.2610
48	NAP 48	-25.3030	96	NAP 96	-25.2120

Nota. Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Objetivo 1

Con el primer objetivo sobre la situación actual respecto al acceso de banda ancha en la ciudad de Moho-Puno, los resultados:

- Conexión al Nodo de distribución de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, debido a que el nodo cercano y único a conectarse es el nodo de distribución de la RDNFO por su capacidad de transporte de hasta 10 Gbps para que el usuario final pueda conectarse a internet.
- En base al acceso a la información se obtuvo que en el distrito de Moho el acceso a internet por ancho de banda es limitado, ya que solo una empresa brinda el servicio de acceso a internet por FTTH a 9 abonados (segmento comercial); esto permitió que el índice de alcance sea el 50% (segmento residencial y comercial).

Objetivo 2

El segundo objetivo sobre definir las topologías de la arquitectura de red y realizar el presupuesto óptico para brindar un servicio estable a la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON; los equipos propuestos para el diseño poseen características de compatibilidad, son genéricos y cumplen con los estándares de las normativas ITU-T, lo cual hace que pueda adaptarse a cualquier cambio; por otro lado, los elementos preconectorizados poseen una mayor acumulación de pérdidas por inserción de conectores en las últimas cajas de las topologías, realizar el presupuesto óptico con elementos preconectorizado garantizará el funcionamiento incluso si se realizan solo empalmes por fusión del método tradicional.

Objetivo 3

De acuerdo al tercer objetivo sobre diseñar la red balanceada y desbalanceada en base al espacio geográfico, delimitar la cobertura y definir la ruta del tendido de alimentación distribución y dispersión en la ciudad de Moho-Puno; el diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con topología lineal y con dos ramales, se adapta de acuerdo a la ubicación de las cajas NAP de segundo nivel, haciendo que la red de distribución de primer y segundo nivel pueda ser proyectada según las zonas a cubrir o tener cobertura.

Objetivo 4

Por último, según el objetivo de validación del funcionamiento del diseño mediante el uso de software de simulación; se simuló el despliegue de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON en la ciudad de Moho, los resultados de potencia de

simulación cumplen con los valores calculados teóricamente con una diferencia máxima de 0.04758 dBm, tal como se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26

Comparación de los valores teóricos y simulados de la potencia en el ONU.

Etapa	Topología	SFP	Caja	Potencia- teórico (dBm)	Potencia- Simulación (dBm)	Diferencia (dBm)
Etapa I	Lineal 1	C++	NAP 1	-23.0629	-23.0710	0.0081
			NAP 2	-20.8749	-20.8830	0.0081
			NAP 3	-22.5109	-22.5200	0.0091
			NAP 4	-22.7349	-22.7440	0.0091
			NAP 5	-22.9589	-22.9670	0.0081
			NAP 6	-23.3829	-23.3900	0.0071
			NAP 7	-24.3069	-24.3140	0.0071
			NAP 8	-25.2309	-25.2650	0.0341
	Ramal 1	C+	NAP 9	-23.2009	-23.2090	0.0081
			NAP 10	-23.6249	-23.6320	0.0071
			NAP 11	-24.5369	-24.5430	0.0061
			NAP 12	-25.4489	-25.4600	0.0111
	Ramal 2	C+	NAP 13	-23.2009	-23.2090	0.0081
			NAP 14	-23.6129	-23.6210	0.0081
			NAP 15	-24.5369	-24.5450	0.0081
			NAP 16	-25.4729	-25.5020	0.0291
	Lineal 2	C++	NAP 17	-23.0629	-23.0730	0.0101
			NAP 18	-20.8869	-20.8980	0.0111
			NAP 19	-22.4989	-22.5120	0.0131
			NAP 20	-22.7229	-22.7360	0.0131
			NAP 21	-22.9709	-22.9840	0.0131
			NAP 22	-23.4069	-23.4220	0.0151
			NAP 23	-24.3189	-24.3360	0.0171
			NAP 24	-25.2549	-25.2830	0.0281

Etapa II	Lineal 1	C++	NAP 25	-23.0734	-23.0870	0.0136
			NAP 26	-20.8974	-20.9110	0.0136
			NAP 27	-22.5094	-22.5230	0.0136
			NAP 28	-22.7214	-22.7350	0.0136
			NAP 29	-22.9334	-22.9460	0.0126
			NAP 30	-23.3574	-23.3720	0.0146
			NAP 31	-24.2814	-24.2960	0.0146
			NAP 32	-25.2054	-25.2530	0.0476
	Ramal 1	C+	NAP 33	-23.2114	-23.2250	0.0136
			NAP 34	-23.6354	-23.6490	0.0136
			NAP 35	-24.5474	-24.5620	0.0146
			NAP 36	-25.4714	-25.5070	0.0356
	Ramal 2	C+	NAP 37	-23.2114	-23.2210	0.0096
			NAP 38	-23.6234	-23.6370	0.0136
			NAP 39	-24.5594	-24.5740	0.0146
			NAP 40	-25.4954	-25.5310	0.0356
Lineal 2	C++	NAP 41	-23.0734	-23.0840	0.0106	
		NAP 42	-20.8974	-20.9060	0.0086	
		NAP 43	-22.5214	-22.5300	0.0086	
		NAP 44	-22.7454	-22.7530	0.0076	
		NAP 45	-22.9814	-22.9910	0.0096	
		NAP 46	-23.4054	-23.4170	0.0116	
		NAP 47	-24.3294	-24.3420	0.0126	
		NAP 48	-25.2774	-25.3030	0.0256	
Etapa III	Lineal 1	C++	NAP 49	-23.2469	-23.2580	0.0111
			NAP 50	-21.0589	-21.0700	0.0111
			NAP 51	-22.6829	-22.6930	0.0101
			NAP 52	-22.9069	-22.9170	0.0101
			NAP 53	-23.1309	-23.1420	0.0111
			NAP 54	-23.5669	-23.5800	0.0131
			NAP 55	-24.4909	-24.5040	0.0131
			NAP 56	-25.4389	-25.4670	0.0281

			NAP 57	-23.3849	-23.3990	0.0141	
			NAP 58	-23.8209	-23.8350	0.0141	
		Ramal 1	C+	NAP 59	-24.7449	-24.7570	0.0121
				NAP 60	-25.6689	-25.7080	0.0391
				NAP 61	-23.4209	-23.4360	0.0151
				NAP 62	-23.8449	-23.8600	0.0151
		Ramal 2	C+	NAP 63	-24.7689	-24.7840	0.0151
				NAP 64	-25.7049	-25.7490	0.0441
				NAP 65	-23.2349	-23.2480	0.0131
				NAP 66	-21.0709	-21.0850	0.0141
				NAP 67	-22.7069	-22.7070	0.0001
				NAP 68	-22.9429	-22.9590	0.0161
		Lineal 2	C++	NAP 69	-23.1909	-23.2050	0.0141
				NAP 70	-23.6149	-23.6300	0.0151
				NAP 71	-24.5629	-24.5780	0.0151
				NAP 72	-25.4989	-25.5400	0.0411
				NAP 73	-23.0749	-23.0900	0.0151
				NAP 74	-20.8989	-20.9150	0.0161
				NAP 75	-22.5229	-22.5370	0.0141
				NAP 76	-22.7469	-22.7620	0.0151
		Lineal 1	C++	NAP 77	-22.9829	-22.9970	0.0141
				NAP 78	-23.4069	-23.4180	0.0111
				NAP 79	-24.3429	-24.3610	0.0181
				NAP 80	-25.2549	-25.2820	0.0271
				NAP 81	-23.2009	-23.2150	0.0141
				NAP 82	-23.6489	-23.6630	0.0141
		Ramal 1	C+	NAP 83	-24.5849	-24.6010	0.0161
				NAP 84	-25.5329	-25.5550	0.0221
				NAP 85	-23.2249	-23.2400	0.0151
				NAP 86	-23.6609	-23.6730	0.0121
		Ramal 2	C+	NAP 87	-24.6089	-24.6180	0.0091
				NAP 88	-25.5329	-25.5690	0.0361

		NAP 89	-23.0509	-23.0620	0.0111
		NAP 90	-20.8749	-20.8880	0.0131
		NAP 91	-22.4869	-22.4990	0.0121
		NAP 92	-22.6989	-22.7110	0.0121
Lineal 2	C++	NAP 93	-22.9109	-22.9250	0.0141
		NAP 94	-23.3349	-23.3500	0.0151
		NAP 95	-24.2469	-24.2610	0.0141
		NAP 96	-25.1709	-25.2120	0.0411

Nota. Elaboración propia.

V. CONCLUSIONES

Conclusión 1

Se escogió el nodo de distribución-Moho de la RDNFO ya que estos permiten llegar a zonas alejadas de las principales ciudades de cada región o red de algún operador; por otro lado, solo la empresa Telefónica del Perú S.A.A. brinda servicio de acceso a internet por FTTH a 9 abonados de tipo comercial y otras empresas brindan el acceso a internet por otras tecnologías, por lo cual no se ofrece acceso a internet por FTTH al segmento residencial, comercial e institucional.

Se definió 1540 HPs (Home passed) proyectando la cobertura sobre residencias, comercios y lotes libres que están en proceso de construcción; se validó los puntos de apoyo y la información catastral para el tendido de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON.

Conclusión 2

Se propuso los equipos y elementos necesarios que cumplan con los estándares de la ITU-I para el diseño de red FTTH con tecnología GPON; se optó por elementos preconectorizados, ya que son una solución rápida para el despliegue de la red en planta externa.

Se definió las topologías lineales y con dos ramales para cubrir hasta 8 y 4 cajas NAP consecutivas, respectivamente, con un hilo o puerto PON; además, se calculó teóricamente los presupuestos ópticos para ambas topologías considerando las atenuaciones y pérdidas por empalme según las especificaciones técnicas de los equipos y elementos propuestos:

- para la topología lineal se utilizó, a nivel de distribución, los splitter híbridos de 5/95 (1 unid), 10/90 (2 unid), 15/85 (1 unid), 20/80 (1 unid) y 30/70 (1 unid) y un splitter balanceado 1x2; debido a que el resultado del cálculo de atenuación máxima de los ocho grupos es de 33.3674 dB, se eligió el transmisor óptico tipo C++ para llegar con el nivel de potencia de -25.6174 dBm y así garantizar la comunicación entre los equipos activos.

- Para la topología con dos ramales se utilizó los splitters híbridos 20/80 (1 unid), 30/70 (1 unid) y dos splitter balanceados 1x2; debido a que el resultado del cálculo de atenuación máxima de los cuatro grupos es de 30.7754 dB, se eligió el transmisor óptico tipo C+ para llegar con el nivel de potencia de -25.7754 dBm y así garantizar la comunicación entre los equipos activos.

Se concluye que para topologías lineales el transmisor óptico debe ser con mayor potencia y así superar la acumulación de atenuaciones o inserción por los conectores para los últimos grupos o cajas NAP.

Conclusión 3

Se diseñó en un plano catastral con ubicación, postería eléctrica y proyectada como puntos de apoyo, lotización y cantidad de HP's recuperados de Geollaqta y sistema de información catastral urbano del distrito de Moho; se dividió en cuatro etapas para la correcta distribución de la red y cajas NAP, con una cobertura de 391 HP's, 393 HP's, 381 HP's y 375 HP's para las etapas 1,2,3 y 4 respectivamente y disponibilidad de atención al 50% de abonados; en cada etapa se distribuyó dos topologías lineales y una con dos ramales, proyectando 3 puertos PON y 24 cajas NAP; además se realizó el diseño del diagrama de empalme de la distribución de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON

Conclusión 4

Se diseñó en el software Tomodat y se validó el cálculo de presupuesto óptico en cada una de las etapas, resultando hasta con 0.04758 dBm máximo de diferencia respecto al cálculo teórico, para ello se compensó las atenuaciones por diferentes eventos (tales como pérdida por inserción de conectores, longitud de drop de acometida, margen de seguridad, reservas, etc).

Además, se planificó la expansión de la red hacia algunas localidades como: Lloquesani, Lacasai, Cheje Cheje, Villa Putina, Huaraya, etc. mediante la red balanceada y desbalanceada con tecnología GPON alcanzando hasta 5.68 Km desde la ciudad de Moho.

Conclusión General.

Se logró diseñar la red FTTH con tecnología GPON balanceada y desbalanceada en el distrito de Moho con cobertura dentro y fuera de la ciudad; además el diseño tiene una capacidad para brindar 38.88 Mbps en downstream y 19.4406 Mbps en upstream cuando se brinde el servicio a los 64 abonados por puerto PON.

La tecnología desbalanceada permite ahorrar el número de hilos para la distribución de cajas NAP por puerto PON, y al mismo tiempo permite un fácil análisis ante problemas para una rápida solución y mantenimiento.

La tecnología balanceada y desbalanceada permite mayor flexibilidad de la red en diferentes arquitecturas, el cual resulta ser de menor costo de despliegue y expansión, siendo eficiente en zonas urbanas y rurales.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1:9 Fiber Optic FTTH Unbalanced Hybrid 1x8 PLC Splitter with 1x2 FBT Coupler 1x9 PLC Splitter—AliExpress. (s. f.). Recuperado 15 de octubre de 2023, de <https://es.aliexpress.com/item/1005005269955993.html?gatewayAdapt=glo2esp>.
- Acevedo Zuluaga, D. (2023). *Análisis y evaluación de modelos de despliegue de una red FTTH con tecnología GPON para solución con splitter balanceado vs. Solución preconectorizada con splitter desbalanceado*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/33492>
- Arribasplata Terrones, S. R. (2021). *Diseño de una Red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17648>
- Ataucuri, D. D., Sifuentes, I. G., Chamorro, R., Tucto, T., & Curioso, W. H. (2014). *Despliegue de infraestructura de fibra óptica para formar la red nacional de investigación y educación en el Perú*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Despliegue-de-infraestructura-de-fibra-%C3%B3ptica-para-Ataucuri-Sifuentes/ae45151acf8c6aa0e80c17768a29747bf34ab5b0>
- Choquehuanca, E. E. C., & Choquehuanca, W. R. C. (2022). *La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, oportunidad para el impulso de la Investigación y Educación en el Perú*. Revista CITEK, 05, Article 05.
- Compendio Estadístico 2019. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1872/cap11/ind11.htm.
- ENERGITEL S.A.S. (s. f.). *Cable drop preconectorizado con múltiples conectores «Slim—Fast Slim—Optitap»*. Energitel. Recuperado 27 de agosto de 2023, de

- <https://www.energitel.com/producto/cable-drop-preconectorizado-con-multiples-conectores-slim-fast-slim-optitap/>.
- Equipo Técnico SICUMM. (2009). *SISTEMA DE INFORMACION CATASTRAL URBANO MUNICIPAL*. Municipalidad provincial de Moho.
- Farmer, J. & Lane, B. & Bourg, K. & Wang, W.. (2016). *FTTx Networks: Technology Implementation and Operation*. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-12891-7>.
- FiberHome. (2015). *Wireless Shop | Todo para el WISP - Fibra Óptica—Splitter Óptico FiberHome PLC-108-SCAPC, 1x8 Conectores SC/APC*. <https://www.wirelessshop.mx/prod.asp?id=FBPLC108SCAPC>.
- FiberHome. (s. f.). *Fibra Óptica Aérea 4 km 24 Hilos FiberHome—Globaltecnoly*. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://globaltecnoly.com/tienda/fibra-optica-aerea-4-km-24-hilos-fiberhome/>.
- Frías Cabrejos, F. D., & Pérez Segura, W. M. (2020). *Red FTTH para implementar banda ancha en el distrito de Pomalca*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8820>.
- Furukawa Electric LatAm S. (1 de agosto de 2023). *CAJA TERMINAL ÓPTICA PRECONECTORIZADA SELLADA FK-CTOP-L (B10/B9 SLIM SOPORTE PLASTICO)* | Furukawa Electric LatAm. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://www.furukawalatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/caja-terminal-optica-preconectorizada-sellada-fkctopl-b10b9-slim-soporte-plastico>.
- Furukawa Electric LatAm S. (2022, enero 12). *MÓDULO SFP GPON LR 1490NM SC-UPC* | Furukawa Electric LatAm. <https://www.furukawalatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/modulo-sfp-gpon-lr-1490nm-scupc>.
- Furukawa Electric LatAm S. (2022, mayo 20). *DROP CIRCULAR COMPACTO PRECONECORIZADO SLIMCONNECTOR* | Furukawa Electric LatAm. <https://www.furukawalatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/drop-circular-compacto-preconecorizado-slimconnector>.
- Furukawa Electric LatAm S. (2023, febrero 1). *CONCENTRADOR OPTICO STANDALONE GPON 3516* | Furukawa Electric LatAm.

- <https://www.furukawalatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/concentrador-optico-standalone-gpon-3516>.
- Furukawa Electric LatAm S. 2021. «*MODEM ÓPTICO GPON LD421-21WV | eCommerce Furukawa*». 15 de diciembre de 2021. <https://www.efurukawa.com/ar/p/modem-optico-gpon-ld421-21wv/35510439#>.
- GEO LLAQTA*. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de <http://catastro.cofopri.gob.pe/geollaqta/>.
- Gigaset Communications. (s. f.). *Patch cord fibra óptica SM SC/UPC a SC/UPC simplex 2mt 3mm, marca Nextlink. Teranet, S.A.* Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://www.gigasetonline.com/shop/gcf-0085-patch-cord-fibra-optica-sm-sc-upc-a-sc-upc-simplex-2mt-3mm-marca-nextlink-2921>.
- INEI. (28 de marzo del 2023). *EL 79,2% DE LOS HOGARES DE LIMA METROPOLITANA TIENEN CONEXIÓN A INTERNET*. Nota de prensa. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-047-2023-inei.pdf>.
- ITU-T G.984.2, agosto de 2019, *TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS*. https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.984.2-201908-I!!PDF-E&type=items.
- La importancia de los despliegues FTTH en España—Nae*. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de <https://nae.global/es/la-importancia-de-los-despliegues-ftth-en-espana/>
- Larbi, D. M. M., Okba, D. B., & Abdesselam, D. S. (2022). *Planning FTTH Network using QGIS. Electrical Engineering*.
- Lozano, A. (2014). *Estudio de las redes FTTH y despliegue de una red FTTH en el barrio de los Bermejales*, Sevilla. <https://www.ccapitalia.net/download/teleco/2014-lozano-estudioredesftthdesplieguebarriobermejales.pdf>.
- Mamani Quispe, Y., & Cherino Herpanocca, A. (2022). *Diseño de una red FTTH basado en arquitectura GPON para brindar mayor capacidad de ancho de banda del distrito de Taraco*. Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19048>.

- More, J., & Argandoña, D. (s. f.). *Las redes de transporte de fibra óptica, microondas y satelital y su rol para promover la expansión de la cobertura de los servicios públicos de telecomunicaciones: reporte y mapas de cobertura.*
- MTC. (2018). *Resolución Directoral N 367-2018MTC/16.* Portal MTC. <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/socioambientales/documentos/2018/R.D.%20N%C2%B0%20367-2018-MTC-16.pdf>.
- Multiply Telecomunicaciones. (s. f.). *Caja de empalme (Mufa) tipo domo de 24 hilos.* Prueba Site Name. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://multiply.com.pe/producto/producto/caja-de-empalme-mufa-tipo-domo-de-24-hilos/>.
- Multiply Telecomunicaciones. (s. f.). *ODF de 24 hilos UPC de IRU.* Prueba Site Name. Recuperado 27 de agosto de 2023, de <https://multiply.com.pe/producto/producto/odf-de-24-hilos-upc-de-1ru/PruebaURL>.
- Multiply Telecomunicaciones. s. f. «*Conector mecánico SC/APC para cable drop (Vertical)*». Prueba Site Name. Accedido 27 de agosto de 2023. <https://multiply.com.pe/producto/producto/conector-mecanico-sc-apc-para-cable-drop-vertical/>.
- Osorio, Á. (2016). *Redes GPON-FTTH, evolución y puntos críticos para su despliegue en Argentina.* <http://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/787>.
- Pachas Matias, M. J. (2019). *Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino.* <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13945>.
- PROMAX. 2019. *Tipos de conectores de fibra óptica: Guía sencilla.* <https://www.promax.es/esp/noticias/578/tipos-de-conectores-de-fibra-optica-guia-sencilla/>.
- Quisnancela, Edison, & Espinosa, Nikolai. (2016). *Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. Enfoque UTE, 7(4), 16-30.* <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n4.111>.
- Ramírez Zapata, S. A. (2019). *Diseño de una red de FTTH para el acceso de banda ancha en el Condominio Galilea—Castilla, utilizando tecnología GPON.* Universidad Nacional de Piura / UNP. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1962>.

- ROAPUNO. (2022, mayo 12). La instalación de la fibra óptica tendría un avance del 80% en la región de Puno. Radio Onda Azul. <https://radioondaazul.com/la-instalacion-de-la-fibra-optica-tendria-un-avance-del-80-en-la-region-de-puno/>.
- Romero (2016). *Crecimiento económico peruano: La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica (RDNFO)—Resumen*. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de <http://edwinopinioneconomica.blogspot.com/2016/06/la-red-dorsal-nacional-de-fibra-optica.html>.
- Santamaría Guayasamín, A. J., & Sánchez Arias, C. H. (2021). *Desarrollo de la red GPON de la empresa Signal-Internet para la ciudad de Guaranda* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21523>.
- Seminario Imán, R. Y. (2021). *Diseño de una red piloto FTTH utilizando estándar GPON, en modalidad de conmutación de datos por paquetes para el distrito de Miraflores—Lima*. Universidad Nacional de Piura. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2764>.
- Shenzhen Spring Optical Communication Co. (s. f.). 1×4 PLC Splitter+1×2 Unbalanced Coupler SC APC Hybrid Splitter for FTTH – Spring Optical. Recuperado 15 de octubre de 2023, de <https://www.springoptic.com/product-item/1x4-plc-splitter1x2-unbalanced-coupler-splitter-fiber-optical-hybrid-splitter-with-sc-connector-for-ftta/>.
- What Does FTTH and FTTX Mean, and What is the Internet?* (s. f.). <https://Telecom.Samm.Com/>. Recuperado 1 de agosto de 2023, de <https://telecom.samm.com/what-does-ftth-fttx-mean-and-what-is-the-internet>.
- Yépez Garzón, A. S. (2023). *Diseño de una red híbrida que incluye un enlace inalámbrico de transmisión y red GPON FTTH para brindar servicio de internet a la comunidad de Carpuela* [BachelorThesis]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13972>.
- Zemecs. 2022. «Pigtail, Singlemode G652.D, SC/UPC, 1m.» Zemecs (blog). 15 de septiembre de 2022. <https://zemecs.com/products/pigtail-singlemode-g652-d-sc-upc-1m/>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	METODOLOGÍA
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo diseñar una red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON para el acceso de banda ancha en el distrito de Moho-Puno?</p> <p>Problema Específico 1</p> <p>¿Cuál es la situación actual respecto al acceso de banda ancha en la ciudad de Moho-Puno?</p> <p>Problema Específico 2</p> <p>¿De qué manera el diseño de una red FTTH balanceada y desbalanceada brindaría un servicio estable?</p> <p>Problema Específico 3</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Diseñar una red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON para el acceso de banda ancha en el distrito de Moho-Puno.</p> <p>Objetivo Específico 1</p> <p>Estudiar la situación actual respecto al acceso de internet para el diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada en la ciudad de Moho-Puno.</p> <p>Objetivo Específico 2</p> <p>Definir las topologías de la arquitectura de red y realizar el presupuesto óptico para brindar un</p>	<p>Tipo investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cualitativo • No experimental. • Cuantitativo • Descriptivo.

<p>¿Cómo delimitar el espacio geográfico y la ruta del tendido del diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON en la ciudad de Moho-Puno?</p> <p>Problema Específico 4</p> <p>¿Cómo comprobar el funcionamiento del diseño de la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON?</p>	<p>servicio estable a la red FTTH balanceada y desbalanceada con tecnología GPON.</p> <p>Objetivo Específico 3</p> <p>Diseñar la red balanceada y desbalanceada en base al espacio geográfico, delimitar la cobertura y definir la ruta del tendido de alimentación distribución y dispersión en la ciudad de Moho-Puno.</p> <p>Objetivo Específico 4</p> <p>Validar el funcionamiento del diseño mediante el uso de software de simulación.</p>	
---	--	--

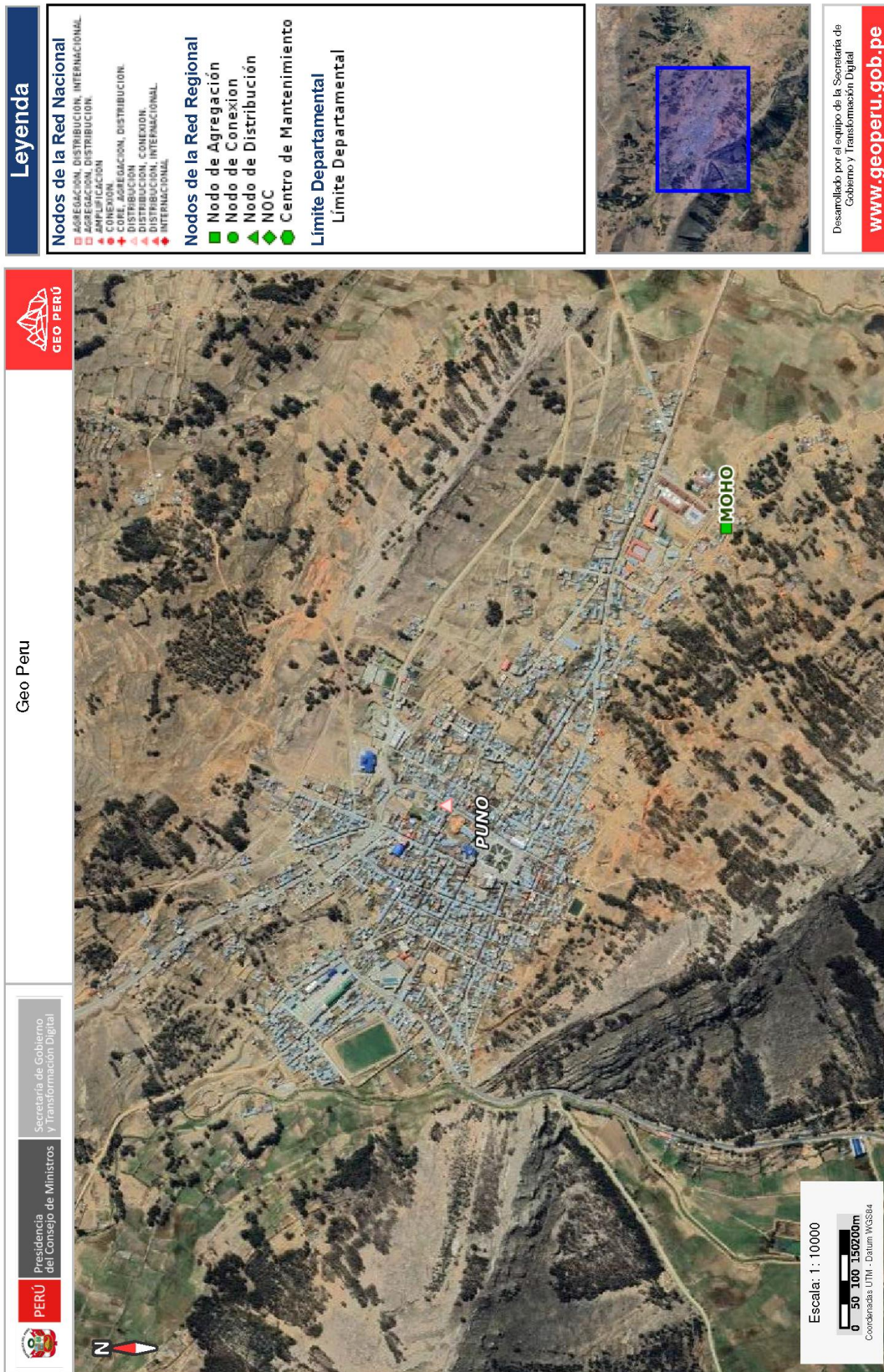
Anexo 2. Glosario de Términos.

- **Acometida:** Cableado de última milla que se proyecta desde el último elemento de la ODN hasta el abonado.
- **Ancho de banda:** Capacidad de flujo de datos por un determinado tiempo.
- **Balanceado:** Red simétrica debido a los splitters de tipo balanceado.
- **Banda ancha:** Tipo de conexión para el acceso a internet que permite el envío simultaneo de información.
- **Broadcast:** Transmitir información desde una fuente a múltiples destinos en una red.
- **CCPP:** Centro poblado según la geolocalización.
- **dB:** Decibelio, expresa la atenuación o ganancia de la señal.
- **dBm:** Relativa al mW (miliwatio), representa la potencia de emisión en decibelios.
- **Desbalanceado:** Red asimétrica debido a los splitters de tipo desbalanceados.
- **DMS:** Distancia mínima de seguridad entre edificaciones en telecomunicaciones.
- **FTTH:** Fiber to the Home / Fibra hasta el hogar.
- **Geo Llaqta:** software con información catastral, infraestructura, mobiliario, espacios públicos, etc.
- **GPON:** Gigabit Passive Optical Network / Red Óptica Pasiva de Gigabit.
- **Hub:** Oficina central o lugar donde se concentran los equipos de conexión.
- **INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática, entidad que recopila procesa, analiza y difunde datos estadísticos.
- **ISP:** Proveedor de servicios de internet.
- **MUFA-TRUNK:** Caja de empalma principal de planta externa para derivaciones de la red troncal y distribución de primer nivel.
- **NAP:** Caja de atención para la red de dispersión o última milla.
- **NAP-BOX:** Caja de empalme de primer nivel para la red de distribución de segundo nivel.
- **Nodo:** Ubicación donde los usuarios finales se conectan a la red, suelen estar tan cerca del abonado.
- **OLT:** Optical Line Terminal / Terminal de Línea Óptica, responsable de gestionar y controlar la transmisión de datos.
- **ONT:** Optical Network Terminal / Terminal de Red Óptica, es un dispositivo activo que convierte la señal óptica a eléctrica.

- **ONU:** Optical Network Unit / Unidad de Red Óptica, cumple la misma función que el ONT.
- **RDNFO:** Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, son proyectos de fibra óptica pertenecientes al estado.
- **Red de dispersión:** Acometidas, referida al enlace estructural o cableado.
- **Red de distribución:** Enlace que conecta elementos de atención, cajas NAP.
- **Sensibilidad:** Potencia mínima aceptable.
- **Site:** Lugar donde se agrupan y distribuyen conexiones de fibra óptica.
- **Sobre carga óptica:** Potencia máxima permitido.
- **Splitter Óptico:** Divisor óptico pasivo para dividir la potencia.
- **TDMA:** Time Division Multiple Access / Acceso múltiple por división de tiempo, utilizada para compartir el ancho de banda en sistemas de comunicación y permite que múltiples clientes compartan el mismo canal físico al transmitir datos en momentos diferentes.
- **Tomodat:** Software de simulación, diseño y planificación de redes FTTH.
- **Troncal:** Red principal de donde se derivarán redes de distribución.
- **WDM:** Wavelength Division Multiplexing / Multiplexación por división de longitud de onda, utilizada en redes de comunicación óptica para transmitir múltiples señales utilizando diferentes longitudes de onda de luz en un solo hilo de fibra óptica.

Anexo 3. Datos.

3.1 Informe de ubicación de los nodos de la RDNFO – Geo Perú.



Nota: Los límites departamentales, provinciales y distritales no definen pertenencia ni jurisdicción territorial, tienen carácter referencial, de conformidad a la quinta disposición transitoria y final de la Ley N° 27795, Ley de Demarcación y Organización Territorial. Asimismo, la ubicación de los centros poblados y la población dispersa tienen carácter referencial, pudiendo existir diferencias con otras fuentes de información.

3.2 Acceso a la información pública – OSIPTEL



Firmado Digitalmente por:
RIVERA FASABI Eduar
FAU 20131379944 hard
Razón: Soy el Autor del
Documento
Ubicación: Lima - Lima
Fecha: 12/09/2023 13:06:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Lima, 12 de Septiembre 2023

OFICIO N° 2230-2023-MTC/04.02

Señor
DENYS YUNIOR MACHACA CONDORI
Notificación por casilla electrónica
Presente. -

Asunto : Solicitud por Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, Ley 27806

Referencia : Expediente N° T-453042-2023

Me dirijo a usted, en atención al documento de la referencia, por medio del cual requirió la siguiente información:

*"(...) A) EMPRESAS QUE OFRECEN INTERNET FIJO E INDICAR EL TIPO DE TECNOLOGÍA DE CADA UNA DE ELLAS (FTTH, HFC, MICROONDAS, SATELITAL, ETC) EN EL DISTRITO DE MOHO, PROVINCIA DE MOHO, DEPARTAMENTO DE PUNO; ADEMÁS EL SEGMENTO (RESIDENCIAL O COMERCIAL) Y LA CANTIDAD DE ABONADOS ATENDIDOS POR LAS EMPRESAS.
B) SI ALGUNA EMPRESA BRINDA SERVICIO DE ACCESO DE INTERNET FIJO POR MÁS DE UNA TECNOLOGÍA, MENCIONARLAS POR SEPARADO E INDICAR EL SEGMENTO Y CANTIDAD DE ABONADOS POR TECNOLOGÍA. (...)"*

Al respecto, la Dirección General de Programas y Proyectos en Comunicaciones, y la Dirección General de Políticas y Regulación en Comunicaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, brindaron atención a su solicitud, remitiendo la información requerida, respecto de sus competencias, la cual, adjunto al presente documento.

En ese sentido, de conformidad con lo señalado en el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado mediante Decreto Supremo N° 021-2019-JUS, damos por atendido su requerimiento dentro de la política de transparencia que caracteriza a nuestra institución.

Sin otro particular, me despido de usted.

Documento firmado digitalmente
EDUAR RIVERA FASABI
RESPONSABLE DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA¹
OFICINA DE ATENCION AL CIUDADANO Y GESTION DOCUMENTAL
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

Adj.: Memorando N° 1375-2023-MTC/27, Memorando N° 1077-2023-MTC/26 y adjuntos.

ERF/jaop

¹ Resolución Ministerial N° 0967-2022-MTC/01, mediante la cual designan al Director (a) de la Oficina de Atención al Ciudadano y Gestión Documental como responsable de entregar la información de acceso público del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aplicando lo dispuesto por el Art.25 de D.S 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: <http://scddstd.mtc.gob.pe/2793876> ingresando el número de expediente **T-453042-2023** y la siguiente clave: 4XMT4.



Jr. Zorritos 1203 - Lima - Perú
Central telefónica. (511) 615-7800
www.gob.pe/mtc



**Resumen de conexiones de Internet Fijo Departamento de Puno , Provincia de
Moho y distrito de Moho por tecnología y segmento 2023-1T**

Empresa	Tipo de Tecnología	Segmento	Abonados
América Móvil Perú S.A.C	4G	Residencial	5
Entel Perú S.A	4G	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Sencinet Latam Peru S.A.C	Satelital	Comercial	1
Telefónica del Perú S.A.A	FTTH	Comercial	9

Elaboracion:Coordinacion Economica y Seguimiento de Mercados-DGPRC

Fuente: Reporte de empresas operadoras

Notas:

Tecnología 4G:Comprende solo a las tecnologías 4G (LTE, LTE-Advanced, LTE-Advanced Pro o evoluciones)

Tecnología Satelital: Comprende a las tecnologías satelitales que operan en cualquier órbita (GEO, MEO, LEO u otro) y en cualquier banda (C, Ku, Ka u otra).

Tecnología FTTH(Fiber To The Home): es una tecnología de telecomunicaciones que consiste en la utilización de cableado de fibra óptica para la provisión de servicios de Internet.

3.3 Acceso a la información pública – OSIPTEL

5/11/23, 19:41

Correo de Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur - OSIPTEL // SISDOC 43274-2023



MACHACA CONDORI, DENYS YUNIOR <2017230411@untels.edu.pe>

OSIPTEL // SISDOC 43274-2023

Informacion <informacion@osiptel.gob.pe>
Para: "2017230411@untels.edu.pe" <2017230411@untels.edu.pe>

11 de septiembre de 2023, 17:12

Estimado Señor:

Denys Machaca Condori

Por medio del presente es grato saludarle en nombre del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones – OSIPTEL.

En atención a su solicitud de información de la referencia, corresponde manifestar a usted lo siguiente:

A través de su solicitud, nos requiere información de las siguientes empresas que brindan servicios de acceso a internet fijo (tipo de tecnología, si es FTTH, HFC, Microondas, Satelital, etc) en el DISTRITO de Moho, provincia de Moho, departamento de Puno; además el segmento (residencial o comercial) y la cantidad de abonados atendidos por las empresas, según documento con cuadro adjunto a su solicitud.

Sobre el particular, debe indicarse que **nuestra entidad no cuenta con un documento (1) que cumpla con las características que se indican en su solicitud.**

Nuestra entidad elabora sus registros, de acuerdo a sus necesidades y con la finalidad de llevar adelante las funciones que le han sido encomendadas. En ese sentido, **se precisa que para tal fin no requiere de un documento como el que alude su solicitud**, es por tal razón, que no se cuenta con un documento como el requerido.

Asimismo, debe indicarse que la entidad **no cuenta con alguna disposición, interna o externa, que exija al OSIPTEL llevar un registro con los caracteres definidos en su requerimiento.**

La preparación del documento, **implicaría que se desarrolle una actividad específica, lo que excede el derecho de acceso a la información pública**, el cual refiere a la entrega de documentación con la que se cuenta o se debe contar, no a la generación de documentación (actividad).

Es por lo expuesto que, esta entidad no puede hacer entrega a usted en los términos solicitado, esto de conformidad con lo dispuesto por la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, conforme al tercer párrafo del artículo 13 de la Ley de Transparencia y Acceso a la información Pública (2).

Ahora bien, con la finalidad de brindarle nuestra mejor atención, se remite la información que se encuentra disponible en nuestra entidad, correspondiente al Formato N° 025 (Conexiones de Internet Fijo), de las empresas que se detalla a continuación:

- ENTEL PERÚ S.A.
- HUGHES DE PERÚ S.R.L.
- SENCINET LATAM PERU S.A.C.
- TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A.

Esperando que esta información sea de utilidad, le reiteramos nuestro compromiso de seguir brindándole la información pública que nos solicite, dentro de la política de transparencia que caracteriza a nuestra institución.

Atentamente,
Servicio de Acceso a la Información Pública

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=f47b78502f&view=lg&permmsgid=msg-f:1776780957690936149>

1/2

OSIPTEL

IMPORTANTE 1: Antes de requerir información estadística del sector, sugerimos revisar previamente el portal PUNKU, herramienta que les permitirá obtener reportes estadísticos de los indicadores del mercado de telecomunicaciones, basados en información que las empresas operadoras reportan al OSIPTEL.

IMPORTANTE 2: No responda este mensaje. Este correo es de uso exclusivo para el envío de respuestas a solicitudes de acceso a la información pública. No recibe comunicaciones.

(1) Entendiéndose por tal a uno escrito, fotografía, grabación, soporte magnético o digital o en cualquier otro formato, tal como lo prescribe el artículo 10° del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806.

(2) Artículo 13.- Denegatoria de acceso:

(...)

La solicitud de información no implica la obligación de las entidades de la Administración Pública de crear o producir información con la que no cuente o no tenga obligación de contar al momento de efectuarse el pedido. En este caso, la entidad de la Administración Pública deberá comunicar por escrito que la denegatoria de la solicitud se debe a la inexistencia de datos en su poder respecto de la información solicitada.

Esta Ley no faculta que los solicitantes exijan a las entidades que efectúen evaluaciones o análisis de la información que posean. No califica en esta limitación el procesamiento de datos preexistentes de acuerdo con lo que establezcan las normas reglamentarias, salvo que ello implique recolectar o generar nuevos datos.

Este mensaje es enviado con fines informativos y/o laborales únicamente.

Osipitel no se responsabiliza, expresa o implícitamente, por la exactitud de dicha información o la conveniencia de uso para propósitos particulares.

Si usted recibió por error este correo, por favor reenvíe el mismo al remitente, indicándole el error cometido.

5 adjuntos — [Descargar todos los archivos adjuntos](#)



025 - ENTEL PERÚ S.A. (RE) 22.08.23.xlsx
1233K [Visualizar como HTML](#) [Descargar](#)



025 - HUGHES DE PERÚ S.R.L. 21.07.23.xlsx
2303K [Visualizar como HTML](#) [Descargar](#)



025 - SENCINET LATAM PERU S.A.C. 31.07.23.xlsx
337K [Visualizar como HTML](#) [Descargar](#)



025 - TELEFÓNICA DEL PERÚ S.A.A. 31.07.23.xlsx
3248K [Visualizar como HTML](#) [Descargar](#)



43274 sollicitud.pdf
515K [Visualizar como HTML](#) [Descargar](#)

3.4 Acceso a la información pública - RDNFO



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

T-436604-2023

MEMORANDO N° 6856 -2023-MTC/24.09

A : CLAUDIA MABEL ZANINI FERNÁNDEZ
Directora
Oficina de Administración del PRONATEL

ASUNTO : Solicitud de Acceso a la Información Pública
DENYS YUNIO MACHACA CONDORI.

REFERENCIA : Memorando N° 7512-2023-MTC/24.07 (T-436604-2023),
29.08.2023

FECHA : Lima, 31 AGO. 2023



Es grato dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, mediante el cual su Despacho informa que el administrado **DENYS YUNIO MACHACA CONDORI**, ingresó la solicitud de acceso a la información pública, a través de la cual requirió lo siguiente:

- A) DESPLIEGUE DE LA RDNFO DEL ENLACE DE LAS PROVINCIAS DE HUANCANÉ – MOHO DEL DEPARTAMENTO DE PUNO.
- B) PUNTO DE APOYO (POSTES) POR DONDE PASA LA RDNFO DEL ENLACE DE LAS PROVINCIAS DE HUANCANÉ – MOHO DEL DEPARTAMENTO DE PUNO.
- C) OPERADORA QUE ESTÁN CONECTADAS A LOS NODOS DE DISTRIBUCIÓN Y ACCESO DE LA PROVINCIA DE MOHO.
- D) DIAGRAMA O ESQUEMÁTICO DE ENLACE DE LA RDNFO."

Sobre el particular, se debe precisar que, mediante fecha 15 de enero de 2022, operó la caducidad del Contrato de Concesión, y el PRONATEL asumió la operación provisional de la RDNFO, en virtud a la Resolución Ministerial N° 689-2021-MTC/01.

Asimismo, cabe informar que, dentro del marco de las competencias y facultades de la Dirección de Ingeniería y Operaciones del PRONATEL; la información requerida por el administrado **DENYS YUNIO MACHACA CONDORI**, en los numerales A y C, no se encuentran dentro de las excepciones de acceso a la información contemplada en los artículos 15° al 17° del TUO de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2019-JUS, por lo que, se remite la información que forma parte del acervo documentario de este Despacho para los fines correspondientes.

SOBRE EL DESPLIEGUE DE LA RDNFO DEL ENLACE DE LAS PROVINCIAS DE HUANCANÉ – MOHO DEL DEPARTAMENTO DE PUNO



Al respecto, se informa que existen dos (02) nodos de acuerdo al siguiente detalle:

DEPARTAMENTO / REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	CENTRO POBLADO/LOCALIDAD
PUNO	HUANCANÉ	HUANCANÉ	HUANCANÉ
PUNO	MOHO	MOHO	MOHO



Es así que, el despliegue de Fibra Óptica de la RDNFO en las provincias de Huancané – Moho, atraviesan los distritos de Moho, Vilquechico y Huanacne.

Av. Paseo de la República 1645 – Lima - Perú
Central telefónica (01) 438-0940
www.gob.pe/pronatel



BICENTENARIO DEL PERÚ 2021 - 2024





"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
 "Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

SOBRE OPERADORA QUE ESTÁN CONECTADAS A LOS NODOS DE DISTRIBUCIÓN Y ACCESO DE LA PROVINCIA DE MOHO

Sobre el particular, el proyecto de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica de acuerdo a lo establecido en el numeral 7.2 del artículo 7 de la Ley de Promoción de la Banda Ancha y construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, Ley N° 29904, es una red de transporte de alta velocidad, y no es una red de acceso, conforme se señala a continuación:

"Artículo 7. Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica

[...]

7.2 La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica es una red de transporte de alta velocidad, disponibilidad y confiabilidad, que estará diseñada en base al tendido de fibra óptica, con esquemas de redundancia y puntos de presencia en las capitales de provincia, para posibilitar el desarrollo de la Banda Ancha a nivel nacional.

[...]"

Asimismo, la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, únicamente presta el servicio portador a operadores de servicios públicos de telecomunicaciones y **no a usuarios finales**. Ello se establece textualmente en el artículo 9 de la Ley de Promoción de la Banda Ancha y construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, Ley N° 29904:

"Artículo 9. Conformación, operación y gestión de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica

9.1 La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica se implementa de manera progresiva conforme al diseño que defina el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

9.2 La operación de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica será objeto de concesión a uno o más operadores neutros, que son empresas concesionarias de servicios públicos de telecomunicaciones que proporcionan servicios portadores a otros operadores y **no tienen usuarios finales**. La selección de los operadores neutros se realiza mediante licitación pública."

Cabe precisar que, la RDNFO brinda servicio portador a través de los nodos de distribución (ubicados en las capitales de provincia) y los nodos de conexión (ubicados en las localidades). En ese sentido, las operadoras que se encuentran conectadas a los nodos de distribución en la provincia de moho se detallan en el siguiente cuadro:

NOMBRE_NODO	TIPO_NODO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	EMPRESAS
MOHO	DISTRIBUCIÓN	PUNO	MOHO	MOHO	MOHO	TELEFONICA DEL PERU S.A.A. OROCOM S.A.C.

Por lo descrito anteriormente, los operadores solo pueden conectarse a la Red Dorsal, mediante la red de transporte de los proyectos regionales siendo de uso exclusivo para la red de acceso de cada uno de los proyectos.



Asimismo, en el extremo de lo solicitado en los numerales **B** y **D** se debe precisar que, dichos requerimientos contemplan el diseño de red (distancias [km], ubicaciones, conexiones) y datos sensibles de la RDNFO por lo que recae dentro de los alcances de las excepciones al ejercicio del derecho de acceso a la información por tratarse de información de carácter confidencial, de conformidad con lo establecido en el numeral 2 del artículo 17 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27806, Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2019-JUS, conforme lo siguiente:

M



Anexo 4. Cálculos.

4.1 Cálculo de presupuesto óptico topología lineal – canal descendente.

GRUPO 1					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
9	Drop preco. Inserción	Unid	4	0.15	0.6
10	Conector (Inserción Splitter)	Unid	2	0.3	0.6
11	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
12	Splitter desbalanceado (5/95 + 1x8) NAP 1	Unid	1 (5% + 1x8)	25.1	25.1
13	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					31.0314

GRUPO 2					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
9	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
10	Drop preco. Inserción	Unid	6	0.15	0.9
11	Conector mecánico	Unid	4	0.3	1.2
12	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
13	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
14	Splitter desbalanceado (10/90 + 1x8) NAP 2	Unid	1 (10%)	21.5	21.5
15	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					28.8794

GRUPO 3					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
10	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
11	Drop preco. Inserción	Unid	8	0.15	1.2
12	Conector mecánico	Unid	6	0.3	1.8
13	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
14	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
15	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7

16	Splitter desbalanceado (10/90 + 1x8) NAP 3	Unid	1 (10%)	21.5	21.5
17	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					30.5274

GRUPO 4

Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.24	0.048
11	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
12	Drop preco. Inserción	Unid	10	0.15	1.5
13	Conector mecánico	Unid	8	0.3	2.4
14	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
15	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
16	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
17	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
18	Splitter desbalanceado (15/85 + 1x8) NAP 4	Unid	1 (15%)	20.1	20.1
19	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					30.7754

GRUPO 5

Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.24	0.048
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.24	0.048
12	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
13	Drop preco. Inserción	Unid	12	0.15	1.8
14	Conector mecánico	Unid	10	0.3	3
15	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
16	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
17	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
18	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
19	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
20	Splitter desbalanceado (20/80 + 1x8) NAP 5	Unid	1 (20%)	18.4	18.4
21	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					31.0234

GRUPO 6

Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.24	0.048
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.24	0.048
12	D10 (NAP 5 - NAP 6)	Km	0.2	0.24	0.048
13	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
14	Drop preco. Inserción	Unid	14	0.15	2.1
15	Conector mecánico	Unid	12	0.3	3.6
16	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
17	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
18	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
19	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
20	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
21	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 5	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
22	Splitter desbalanceado (30/70 + 1x8) NAP 6	Unid	1 (30%)	16.5	16.5
23	Margin	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					31.4714

GRUPO 7					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.24	0.048
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.24	0.048
12	D10 (NAP 5 - NAP 6)	Km	0.2	0.24	0.048
13	D11 (NAP 6 - NAP 7)	Km	0.2	0.24	0.048
14	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
15	Drop preco. Inserción	Unid	16	0.15	2.4
16	Conector mecánico	Unid	14	0.3	4.2
17	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
18	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
19	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
20	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
21	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
22	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
23	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 5	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
24	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 6	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
25	Splitter balanceado 1x2 NAP 7	Unid	1	4.1	4.1

26	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					32.4194
GRUPO 8					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.24	0.048
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.24	0.048
12	D10 (NAP 5 - NAP 6)	Km	0.2	0.24	0.048
13	D11 (NAP 6 - NAP 7)	Km	0.2	0.24	0.048
14	D12 (NAP 7 - NAP 8)	Km	0.2	0.24	0.048
15	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
16	Drop preco. Inserción	Unid	18	0.15	2.7
17	Conector mecánico	Unid	16	0.3	4.8
18	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
19	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
20	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
21	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
22	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
23	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
24	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 5	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
25	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 6	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
26	Splitter balanceado 1x2 NAP 7	Unid	1	4.1	4.1
27	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					33.3674

4.2 Cálculo de presupuesto óptico topología lineal – canal ascendente.

GRUPO 1					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
9	Drop preco. Inserción	Unid	4	0.15	0.6
10	Conector (Inserción Splitter)	Unid	2	0.3	0.6
11	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
12	Splitter desbalanceado (5/95 + 1x8) NAP 1	Unid	1 (5% + 1x8)	25.1	25.1
13	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					31.1682

GRUPO 2					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
9	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
10	Drop preco. Inserción	Unid	6	0.15	0.9
11	Conector mecánico	Unid	4	0.3	1.2
12	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
13	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
14	Splitter desbalanceado (10/90 + 1x8) NAP 2	Unid	1 (10%)	21.5	21.5
15	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					29.0382

GRUPO 3					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
10	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
11	Drop preco. Inserción	Unid	8	0.15	1.2
12	Conector mecánico	Unid	6	0.3	1.8
13	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
14	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
15	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7

16	Splitter desbalanceado (10/90 + 1x8) NAP 3	Unid	1 (10%)	21.5	21.5
17	Margen	Unid	1	3	3

ATENUACIÓN TOTAL (dB)

30.7082

GRUPO 4

Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.35	0.07
11	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
12	Drop preco. Inserción	Unid	10	0.15	1.5
13	Conector mecánico	Unid	8	0.3	2.4
14	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
15	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
16	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
17	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
18	Splitter desbalanceado (15/85 + 1x8) NAP 4	Unid	1 (15%)	20.1	20.1
19	Margen	Unid	1	3	3

ATENUACIÓN TOTAL (dB)

30.9782

GRUPO 5

Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.35	0.07
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.35	0.07
12	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
13	Drop preco. Inserción	Unid	12	0.15	1.8
14	Conector mecánico	Unid	10	0.3	3
15	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
16	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
17	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
18	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
19	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
20	Splitter desbalanceado (20/80 + 1x8) NAP 5	Unid	1 (20%)	18.4	18.4
21	Margen	Unid	1	3	3

ATENUACIÓN TOTAL (dB)

31.2482

GRUPO 6

Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.35	0.07
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.35	0.07
12	D10 (NAP 5 - NAP 6)	Km	0.2	0.35	0.07
13	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
14	Drop preco. Inserción	Unid	14	0.15	2.1
15	Conector mecánico	Unid	12	0.3	3.6
16	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
17	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
18	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
19	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
20	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
21	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 5	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
22	Splitter desbalanceado (30/70 + 1x8) NAP 6	Unid	1 (30%)	16.5	16.5
23	Margin	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					31.7182

GRUPO 7					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.35	0.07
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.35	0.07
12	D10 (NAP 5 - NAP 6)	Km	0.2	0.35	0.07
13	D11 (NAP 6 - NAP 7)	Km	0.2	0.35	0.07
14	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
15	Drop preco. Inserción	Unid	16	0.15	2.4
16	Conector mecánico	Unid	14	0.3	4.2
17	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
18	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
19	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
20	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
21	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
22	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
23	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 5	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
24	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 6	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
25	Splitter balanceado 1x2 NAP 7	Unid	1	4.1	4.1

26	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					32.6882
GRUPO 8					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	2	0.3	0.6
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
8	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
10	D8 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.35	0.07
11	D9 (NAP 4 - NAP 5)	Km	0.2	0.35	0.07
12	D10 (NAP 5 - NAP 6)	Km	0.2	0.35	0.07
13	D11 (NAP 6 - NAP 7)	Km	0.2	0.35	0.07
14	D12 (NAP 7 - NAP 8)	Km	0.2	0.35	0.07
15	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
16	Drop preco. Inserción	Unid	18	0.15	2.7
17	Conector mecánico	Unid	16	0.3	4.8
18	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
19	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
20	Splitter desbalanceado (5/95) NAP 1	Unid	1 (95%)	0.5	0.5
21	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 2	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
22	Splitter desbalanceado (10/90) NAP 3	Unid	1 (90%)	0.7	0.7
23	Splitter desbalanceado (15/85) NAP 4	Unid	1 (85%)	1	1
24	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 5	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
25	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 6	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
26	Splitter balanceado 1x2 NAP 7	Unid	1	4.1	4.1
27	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					33.6582

4.3 Cálculo de presupuesto óptico topología con dos ramales – canal descendente.

GRUPO 1-5					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
9	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
10	Drop preco. Inserción	Unid	4	0.15	0.6
11	Conector mecánico	Unid	3	0.3	0.9
12	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
13	Splitter desbalanceado (20/80 + 1x8) NAP 1	Unid	1 (20%)	18.4	18.4
14	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					28.4314

GRUPO 2-6					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
10	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
11	Drop preco. Inserción	Unid	6	0.15	0.9
12	Conector mecánico	Unid	5	0.3	1.5
13	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
14	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 1	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
15	Splitter desbalanceado (30/70 + 1x8) NAP 2	Unid	1 (30%)	16.5	16.5
16	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					28.8794

GRUPO 3-7					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
10	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
11	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
12	Drop preco. Inserción	Unid	8	0.15	1.2
13	Conector mecánico	Unid	7	0.3	2.1
14	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
15	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
16	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 1	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
17	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 2	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
18	Splitter balanceado 1x2 NAP 3	Unid	1	4.1	4.1
19	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					29.8274

GRUPO 4-8					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.21	0.00042
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.21	0.021
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.21	0.063
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.21	0.063
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.24	0.048
9	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.24	0.048
10	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.24	0.048
11	D6 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.24	0.048
12	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.24	0.036
13	Drop preco. Inserción	Unid	10	0.15	1.5
14	Conector mecánico	Unid	9	0.3	2.7
15	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
16	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
17	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 1	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
18	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 2	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
19	Splitter balanceado 1x2 NAP 3	Unid	1	4.1	4.1
20	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					30.7754

4.4 Cálculo de presupuesto óptico topología con dos ramales – canal ascendente.

GRUPO 1-5					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
9	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
10	Drop preco. Inserción	Unid	4	0.15	0.6
11	Conector mecánico	Unid	3	0.3	0.9
12	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
13	Splitter desbalanceado (20/80 + 1x8) NAP 1	Unid	1 (20%)	18.4	18.4
14	Margin	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					28.5682

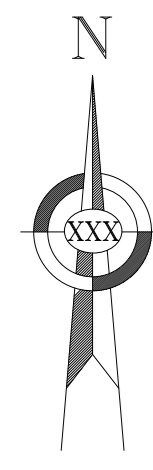
GRUPO 2-6					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
10	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
11	Drop preco. Inserción	Unid	6	0.15	0.9
12	Conector mecánico	Unid	5	0.3	1.5
13	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
14	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 1	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
15	Splitter desbalanceado (30/70 + 1x8) NAP 2	Unid	1 (30%)	16.5	16.5
16	Margin	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					29.0382

GRUPO 3-7					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
10	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
11	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
12	Drop preco. Inserción	Unid	8	0.15	1.2
13	Conector mecánico	Unid	7	0.3	2.1
14	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
15	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
16	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 1	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
17	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 2	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
18	Splitter balanceado 1x2 NAP 3	Unid	1	4.1	4.1
19	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					30.0082

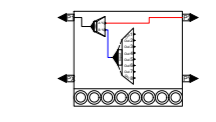
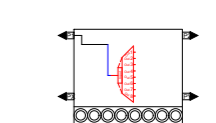



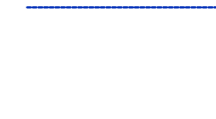


GRUPO 4-8					
Item	Evento	Unidad	Cantidad	Atenuación unitario	Atenuación total
1	Pach-Cord Inserción	Unid	2	0.25	0.5
2	D1 Pach-Cord	Km	0.002	0.35	0.0007
3	Pigtail	Unid	1	0.3	0.3
4	D2 (ODF-Mufa1)	Km	0.1	0.35	0.035
5	D3 (Mufa 1 - Mufa 2)	Km	0.3	0.35	0.105
6	D4 (Mufa 2 - Mufa 3)	Km	0.3	0.35	0.105
7	Splitter balanceado 1x2 (Mufa 3)	Unid	1	4.1	4.1
8	D5 (Mufa 3 - NAP 1)	Km	0.2	0.35	0.07
9	D6 (NAP 1 - NAP 2)	Km	0.2	0.35	0.07
10	D7 (NAP 2 - NAP 3)	Km	0.2	0.35	0.07
11	D6 (NAP 3 - NAP 4)	Km	0.2	0.35	0.07
12	DD Drop preconectorizado	Km	0.15	0.35	0.0525
13	Drop preco. Inserción	Unid	10	0.15	1.5
14	Conector mecánico	Unid	9	0.3	2.7
15	Punto de fusión	Unid	4	0.1	0.4
16	Splitter balanceado 1x8	Unid	1	10.5	10.5
17	Splitter desbalanceado (20/80) NAP 1	Unid	1 (80%)	1.4	1.4
18	Splitter desbalanceado (30/70) NAP 2	Unid	1 (70%)	1.9	1.9
19	Splitter balanceado 1x2 NAP 3	Unid	1	4.1	4.1
20	Margen	Unid	1	3	3
ATENUACIÓN TOTAL (dB)					30.9782

Anexo 5. Gráficos

- 5.1 Diseño de red FTTH general en la ciudad de MOHO.
- 5.2 Diagrama de empalme.



LEYENDA

-  NAP intermedio
-  NAP final
-  HUB - Cabecera u oficina central
-  Nodo de distribución RDNFO
-  FO Drop de distribución
-  FO ADSS de distribución
-  FO ADSS troncal
-  FO ADSS interconexión
-  FO Drop acometida
-  Caja de empalme principal Mufa trunk
-  Caja de distribución Primer nivel NAP-BOX
-  Reserva
-  Poste de baja tensión
-  Poste de media tensión
-  Poste del MTC

ETAPA 1

ETAPA 4



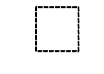
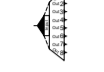
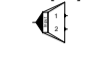

ETAPA 3

ETAPA 2

MERCADO

DISEÑO DE UNA RED FTTH BALANCEADA Y DESBALANCEADA CON TECNOLOGÍA GP EN EL DISTRITO DE MOHO - PUNO 2023.	
FECHA	NOMBRE
10/10/2023	D. Machaca Condori
ESCALA	UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
S/E	

LEYENDA

-  HUB/Oficina central
-  Mufa Trunk o NAP-BOX
-  NAP intermedio y final
-  Splitter balanceado 1x8
-  Splitter balanceado 1x2
-  Splitter desbalanceado (A%>B%)

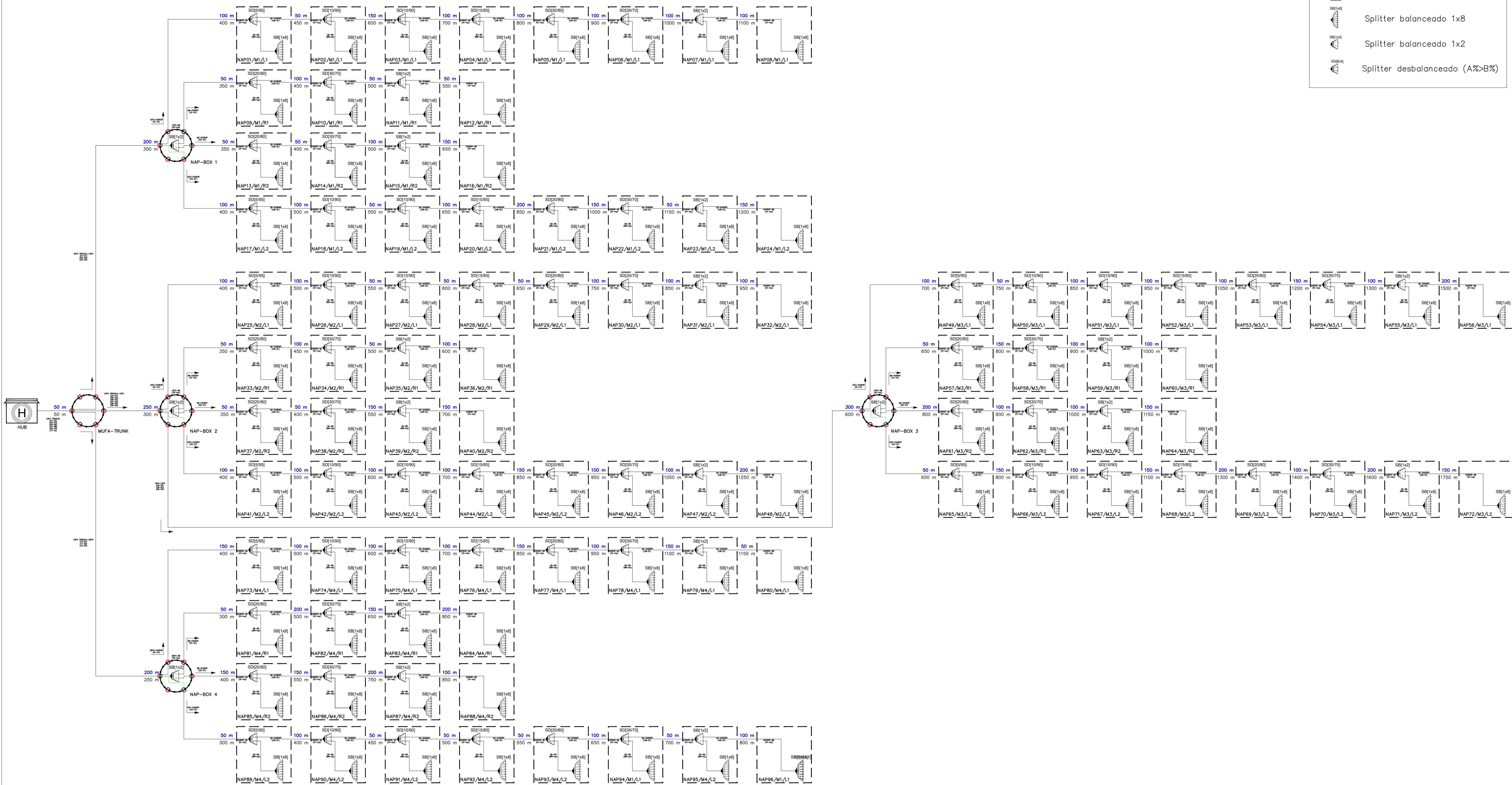


DIAGRAMA DE: RED FTTH BALANCEADA Y DESBALANCEADA CON TECNOLOGÍA GPON EN EL DISTRITO DE MOHO - PUNO 2023.			
DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	TESIS
ESCALA	10/10/2023	D. Machaca Condori	
S/E	UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR		