

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Planificación, Diseño y despliegue de una red FTTH con tecnología GPON desde un gabinete OUTDOOR para brindar servicios de banda ancha en zonas rurales del Perú.

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería de Telecomunicaciones que presenta:

Armando Miuller Auris Huamán

Asesor:

Luis Andrés Montes Bazalar

Lima, 2023

Informe de Similitud

Yo, Luis Andrés Montes Bazalar, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis de investigación titulado "Planificación, Diseño y despliegue de una red FTTH con tecnología GPON desde un gabinete OUTDOOR para brindar servicios de banda ancha en zonas rurales del Perú", del autor Armando Müller Auris Huamán, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 10%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 05/12/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lima, 05 de diciembre del 2023

Montes Bazalar, Luis Andrés	
DNI: 10476312	Firma 
ORCID: 0000-0002-5430-9615	

Dedicatoria:

A mis hijos Gael y Danna por ser la motivación a seguir desarrollando mi carrera y así poder obtener el conocimiento que me permitirá guiarlos de la mejor manera.

A mi esposa Milagros por siempre apostar en mis emprendimientos y acompañarme en todos los retos que la vida nos pone en el camino.

Agradecimientos

A mi asesor, el Mg. Ing. Luis Andrés Montes Bazalar por su inmediata disponibilidad para asesorarme en este trabajo y por el amplio conocimiento compartido en la industria de las telecomunicaciones.

A mis padres, quien a pesar de los años que tengo y el desapego que hemos tenido siempre están pendientes de mi desarrollo profesional.

RESUMEN

Con el presente trabajo se busca ampliar la masificación del uso de los PROYECTOS REGIONALES y de la RDNFO, a través de una extensión de red de fibra óptica hasta la casa (FTTH) desde un gabinete outdoor soportado en un poste propio en la vía pública, para lo cual se debe interconectar el equipo OLT de la red FTTH con los equipos router ubicados en los nodos de distribución de la red de transporte de los proyectos regionales; quien a su vez conmutará el tráfico a la RDNFO para que transporte toda la información hasta la salida internacional y se pueda resolver las consultas de navegación de los usuarios en los servidores locales o internacionales.

Para ello, se identificará los recursos de red usados en la RDNFO y los proyectos regionales a fin de identificar el nivel de enrutamiento; lo cual definirá si se configurará la OLT del presente trabajo a nivel de capa 2 o capa 3; además se deberá identificar los recursos necesarios que permitan suministrar la energía a los equipos activos en el gabinete outdoor a instalar; con esta información se elaborará una tabla de IP para cada OLT a nivel nacional así como, una tabla de recursos de energía para caracterizar a cada equipo, los cuales serán monitoreados desde un servidor fijo para tener un estado en tiempo real de los servicios activos, así como, del estado de los mismos.

Cabe precisar que esta solución permite ahorrar en el costo de compra de terrenos, demolición, diseño, construcción, permisos, etc; además que al tener inmerso las OLT y ODF en gabinetes outdoor que estarán en postes sobre la vía pública no generará un impacto social de la magnitud de la construcción de un nodo óptico o una estación base; además de la facilidad de implementación; por otro lado, el equipo OLT a proponer en su versión más compacta orientado a zonas rurales tienen capacidad de hasta 64 usuarios por puertos PON, es decir considerando que la OLT viene con 8 puertos PON tendría una capacidad de atención de hasta 512 ONU (equipos de usuario), pudiendo ampliar esta capacidad a demanda, acondicionando unidades de rack en el gabinete a fin de instalar nuevos equipos gpon; finalmente se identificará la zona de los usuarios potenciales para el diseño de la red FTTH por distrito, identificando la cantidad y tipo de splitter a usar considerando el rango de potencia de las ONU; con lo cual se elaborará el expediente para solicitar los permisos a las entidades competentes.

ABSTRACT

The present work seeks to expand the mass use of the REGIONAL PROJECTS and the RDNFO, through an extension of the fiber to the house (FTTH) from an outdoor cabinet supported on its own pole on the public road, for which the OLT equipment of the FTTH network must be interconnected with the router equipment located in the distribution nodes of the transport network of the regional projects; who in turn will switch the traffic to the RDNFO so that it transports all the information to the international exit and can resolve user navigation queries on local or international servers.

For this, the network resources used in the RDNFO and the regional projects will be identified in order to identify the routing level; which will define whether the OLT of this work will be configured at layer 2 or layer 3 level; In addition, the necessary resources must be identified that allow power to be supplied to the active equipment in the outdoor cabinet to be installed; With this information, an IP table will be prepared for each OLT at the national level, as well as a table of energy resources to characterize each equipment, which will be monitored from a fixed server to have a real-time status of the active services; as well as their status.

It should be noted that this solution saves on the cost of purchasing land, demolition, design, construction, permits, etc; In addition, having the OLT and ODF immersed in outdoor cabinets that will be on poles on public roads will not generate a social impact of the magnitude of the construction of an optical node or a base mobile station; in addition to the ease of implementation; On the other hand, the OLT equipment to be proposed in its most compact version oriented to rural areas has a capacity of up to 64 users per PON port, that is, considering that the OLT comes with 8 PON ports, it would have a capacity of up to 512 ONUs (equipment of user), being able to expand this capacity on demand, conditioning rack units in the cabinet in order to install new gpon equipment; Finally, the zone of potential users for the design of the FTTH network per district will be identified, identifying the quantity and type of splitter to be used considering the power range of the ONUs; with which the file will be elaborated to request the permits to the competent entities.

ÍNDICE

RESUMEN.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
GLOSARIO DE ACRÓNIMOS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I PROBLEMÁTICAS Y OBJETIVOS.....	18
1.1. <i>Situación Actual</i>	18
1.1.1. Conectividad Significativa.....	18
1.1.2. Brecha Digital.....	19
1.1.3. Redes Nacionales de Banda Ancha en el Perú.....	21
1.1.4. Tarifas en redes Nacionales.....	21
1.2. <i>Problemática</i>	22
1.3. <i>Objetivo</i>	23
1.3.1. Objetivo General.....	23
1.3.2. Objetivos específicos.....	23
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Fundamento Teórico.....	24
2.1.1 Capa de Core IP/MPLS.....	24
2.1.2 Sistema de energía.....	24
2.1.3 Red de transporte.....	24
2.1.4 Red de distribución.....	25
2.1.5 Red de acceso.....	26
2.2 Topología en cascada desbalanceado.....	26
2.3 OLT outdoor compacta.....	26
2.4 Gabinete Outdoor.....	27
CAPÍTULO III DISEÑO DEL PROYECTO.....	28
3.1. Componentes de la red.....	28
3.1.1 Equipamiento para el tendido de red de transporte.....	28
3.1.2 Equipamiento para el tendido de red de distribución.....	38
3.1.3 Equipamiento para el tendido de red de acceso.....	42
3.2. Recurso de energía.....	43
3.3. Recurso de red.....	46
3.4. Configuración de OLT.....	47
3.5. Provisionamiento de servicios en la ONU.....	53

CAPÍTULO IV ANÁLISIS ECONÓMICO Y ESTRATÉGICO.....	56
4.1. Costo de Inversión.....	56
4.1.1 Estudio y elaboración de expediente.....	56
4.1.2. El CAPEX.....	57
4.1.3 Instalación.....	58
4.1.4 Operación y Mantenimiento.....	59
CAPÍTULO V EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	64
5.1 Organización del Proyecto.....	65
5.2 Tiempo del Proyecto y Cronograma de actividades.....	67
5.3 Población Beneficiaria del Proyecto.....	70
5.4 Distribución de materiales para el Proyecto.....	75
5.4.1 Materiales en el centro poblado Santo Domingo de Capillas.....	75
a Red Backbone de Santo Domingo de Capillas.....	75
b Red distribución brazo superior de Santo Domingo de Capillas.....	76
c Red distribución brazo inferior de Santo Domingo de Capillas.....	77
d Red de acometida de Santo Domingo de Capillas.....	77
5.4.2 Materiales en el centro poblado Huañacancha.....	78
a Red Backbone de Huañacancha.....	78
Tabla 36 <i>Materiales en backbone Huañacancha</i>	78
b Red distribución brazo superior de Huañacancha.....	80
c Red distribución brazo inferior de Huañacancha.....	80
d Red de acometida de Huañacancha.....	81
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Indicador de penetración del servicio de acceso a Internet.....	18
Tabla 2	<i>Costo del servicio de transporte por Mbps.....</i>	22
Tabla 3	<i>Costo del servicio de transporte por Mbps.....</i>	22
Tabla 4	<i>Recursos de red para los distritos.....</i>	46
Tabla 5	<i>Recursos para IPTV en las OLT.....</i>	51
Tabla 6	<i>Costo de inversión a nivel de componentes.....</i>	56
Tabla 7	<i>Costo de estudio y elaboración de expediente (S/ con IGV).....</i>	57
Tabla 8	<i>CAPEX (\$ con IGV).....</i>	57
Tabla 9	<i>Costo de Instalación (\$ con IGV).....</i>	58
Tabla 10	<i>Incidencia por año.....</i>	59
Tabla 11	Cuadrilla por Distrito.....	60
Tabla 12	<i>Componente por Cuadrilla.....</i>	60
Tabla 13	<i>Componente por Cuadrilla.....</i>	61
Tabla 14	<i>Costo de flota mensual.....</i>	61
Tabla 15	<i>Costo de equipos de medición mensual.....</i>	62
Tabla 16	<i>Costo de equipos de seguridad.....</i>	63
Tabla 17	<i>Costo de alquiler de local.....</i>	63
Tabla 18	<i>Costo de la etapa de O&M.....</i>	64
Tabla 19	<i>Organización para Ejecución del proyecto.....</i>	65
Tabla 20	<i>Organización para O&M del proyecto.....</i>	67
Tabla 21	<i>Tiempo y cronograma del Estudio del Proyecto.....</i>	67
Tabla 22	<i>Tiempo y cronograma de adjudicación del Proyecto.....</i>	68
Tabla 23	<i>Tiempo y cronograma de ejecución del Proyecto.....</i>	69
Tabla 24	<i>Tiempo total del Proyecto.....</i>	69
Tabla 25	<i>Cálculo de tasa de crecimiento poblacional.....</i>	70
Tabla 26	<i>Proyección de población en Santo Domingo de Capillas.....</i>	71
Tabla 27	<i>Tasa de crecimiento en hogares.....</i>	72
Tabla 28	<i>Proyección de hogares-Huaytará.....</i>	72
Tabla 29	<i>Proyección de Hogares - Santo Domingo de Capillas.....</i>	73
Tabla 30	<i>Proyección de población en huañacancha.....</i>	73
Tabla 31	<i>Proyección de Hogares en Huañacancha.....</i>	74
Tabla 32	<i>Materiales en backbone Santo Domingo de Capillas.....</i>	75
Tabla 33	<i>Red distribución - brazo superior Capillas.....</i>	76
Tabla 34	<i>Red distribución - brazo inferior Sto. Domingo de Capillas.....</i>	77
Tabla 35	<i>Red acometida de Sto. Domingo de Capillas.....</i>	77
Tabla 36	<i>Materiales en backbone Huañacancha.....</i>	78
Tabla 37	<i>Red distribución - brazo superior Huañacancha.....</i>	80
Tabla 38	<i>Red distribución - brazo inferior Huañacancha.....</i>	81
Tabla 39	<i>Red acometida de Huañacancha.....</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Estadística de conectividad en la región</i>	19
Figura 2	<i>Estadística de conectividad en zonas rurales</i>	20
Figura 3	<i>Estadística de conectividad por países</i>	20
Figura 4	<i>Solución desbalanceada de acceso</i>	26
Figura 5	<i>Componentes de una red FTTH</i>	28
Figura 6	<i>Componentes de una OLT outdoor</i>	29
Figura 7	<i>Caja con llave termo magnética de 16Amp</i>	30
Figura 8	<i>Bandeja de empalme en gabinete Outdoor para uplink</i>	30
Figura 9	<i>Verificación de potencia óptica de Rx</i>	31
Figura 10	<i>Ingreso de cable de Pext</i>	31
Figura 11	<i>Recorrido de cable uplink</i>	32
Figura 12	<i>Bandeja de enfrentadores uplink LC/UPC</i>	33
Figura 13	<i>Potencia de Tx desde los módulos GPON para servicios tipo C+</i>	34
Figura 14	<i>Potencia de Tx desde los módulos GPON para servicios tipo B+</i>	34
Figura 15	<i>Ordenadores para cable Downlink</i>	35
Figura 16	<i>ODF en el Gabinete Outdoor tipo SC/APC</i>	35
Figura 17	<i>Ordenadores de los pigtails para Pext</i>	36
Figura 18	<i>Caja de empalme XBOX</i>	36
Figura 19	<i>Pérdidas por atenuación en el XBOX</i>	37
Figura 20	<i>Caja de splitter HUB BOX</i>	38
Figura 21	<i>Atenuación acumulada hasta el HUB BOX</i>	38
Figura 22	<i>Atenuación en la red de Distribución</i>	39
Figura 23	<i>Potencia desbalanceada en el SUB BOX 1</i>	39
Figura 24	<i>Potencia desbalanceada en el SUB BOX_2</i>	40
Figura 25	<i>Potencia desbalanceada en el SUB BOX_3</i>	41
Figura 26	<i>Potencia desbalanceada en el END BOX</i>	42
Figura 27	<i>Equipamiento para red de acceso</i>	43
Figura 28	<i>Llave termomagnética de respaldo de energía</i>	44
Figura 29	<i>Recorrido del cable de energía</i>	44
Figura 30	<i>Verificación de cantidad de ONUs</i>	45
Figura 31	<i>Consumo de energía de la OLT</i>	45
Figura 32	<i>Perfil configurados en la OLT</i>	54
Figura 33	<i>Vport configurados en la OLT</i>	55
Figura 34	<i>Red FTTH en el distrito de Santo Domingo de Capillas</i>	75
Figura 35	<i>Red FTTH en el distrito de Huañacancha</i>	78

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

1G	1 Giga
AC	Corriente alterna
DC	Corriente continua
ADSS	Auto soportado totalmente dieléctrico
BB	Banco de Baterías
BW	Ancho de banda
CAPEX	Gastos de capital
dBm	Decibeles por milivatio
DNS	Sistema de nombre de dominio
E-LAN	En red
E-LINE	En línea
PRONATEL	Programa Nacional de Telecomunicaciones
FO	Fibra óptica
GE	Grupo electrógeno
IP	Protocolo de Internet
IP/MPLS	Protocolo de Internet/Multiprotocolo de cambio de etiqueta
ISP	Proveedor de servicio de internet
ITU-R	Unión Internacional de Telecomunicaciones-Sector Radiocomunicaciones.
ITU-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones-Sector Telecomunicaciones.
EIA/TIA	Asociación de industrias Electrónicas y Telecomunicaciones
MPLS	Multiprotocolo de cambio de etiqueta
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
GPON	Red óptica pasiva con capacidad de 1Gbps
NOC	Centro de operaciones de red
PDU	Unidad de distribución de energía
PVC	Poli cloruro de vinilo
R/C	Rectificador/Cargador
RDNFO	Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica
SPAT	Sistemas de puesta a tierra
ONU	Unidad de fibra óptica
OLT	Terminal óptico de línea
FTTH	Fibra hasta la casa

UPS	Sistema de alimentación ininterrumpida
VAC	Voltios de corriente alterna
VPN	Red privada virtual
WAN	Red de área amplia
ESCALE	Estadísticas de la calidad educativa
RENIPRESS	Registro nacional de instituciones prestadoras de servicios de salud
MININTER	Ministerio del interior
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
GW	Punto de parada para otras redes
PS	Puesto de Salud
CS	Centro de Salud
IE	Institución Educativa
MCAST	Entrega simultánea a un grupo de receptores
UNICAST	Entrega de información entre un receptor y un emisor específico
OUTDOOR	Equipo para ser usado en exteriores
PATCHCORD	Fibra con conectores en ambos lados
PIGTAIL	Fibra con conector en un solo lado
PEXT	Planta Externa
PINT	Planta Interna
UPLINK	Enlace de subida
DOWNLINK	Enlace de bajada
SMARTGROUP	Puerto lógico que permite juntar la capacidad de 2 o más puertos
DELAY	Retraso en responder ante una solicitud

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Listado de nodos ópticos del PR-HUANCAVELICA.....86



INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explica el problema de ingeniería y se precisan los objetivos de la presente tesis. También se hace una evaluación de la problemática y se establecen los alcances del proyecto.

a) Descripción del tema

Debido a la inversión del estado peruano, a través de los Proyectos Regionales de Banda Ancha se tiene 1530 capitales distritales de un total de 1874 a nivel nacional interconectados a través de una red de fibra óptica, lo cual representa un 81.6% de capitales distritales con capacidad para ser el origen del despliegue de una red de fibra óptica hasta la casa, en adelante FTTH, que brinde servicios de telecomunicaciones con tecnología GPON, es por ello que mediante la presente tesis se plantea aumentar la capacidad de velocidad de transmisión para los servicios de acceso a internet brindados por el estado peruano, en mérito a la demanda mundial de aplicaciones que exige una alta tasa de transmisión de datos y bajo delay para los diversos servicios de teleeducación, telemedicina, videoconferencia, eCommerce, servicios de streaming, etc; todos en alta definición con la finalidad que el usuario mantenga el interés de permanecer en la plataforma digital correspondiente; para ello se plantea la extensión de la red de fibra óptica desde la capital distrital a través de un gabinete OUTDOOR, donde se instalará los equipos GPON facilitando la ejecución de una red FTTH hasta los clientes finales, lo cual permitirá ofrecer servicios en la escala de Gbps, además de considerar que para esta solución cada puerto PON de los equipos OLTs puede atender en promedio 64 usuarios; por lo cual podríamos iniciar el presente trabajo con un equipo de 8 puertos, precisando que de tener mayor demanda de usuarios se contemplará una unidad RACK libre en el gabinete OUTDOOR como medida de escalamiento, con esta disposición se busca optimizar los espacios para contemplar un gabinete que pueda ser instalado fácilmente en un poste y así tener practicidad en las actividades de mantenimiento de red.

b) Planteamiento del problema

La problemática en los servicios brindados por los proyectos regionales es la limitada tasa de transmisión que puede ofrecer la red de acceso inalámbrica terrestre, debido a la tecnología que usa; esto ha tenido mayor impacto cuando se retomaron los trabajos presenciales y es que ahora las aplicaciones desarrolladas para los trabajos o clases a distancia contienen imágenes/audio en alta definición, esto permite al usuario mejorar la experiencia de navegación y captar toda su atención para hacer efectivo el tiempo de uso; por esta razón, la necesidad de contar con un medio que garantice el aumento en la tasa

de transmisión constantemente resulta imprescindible, dado que la industria de telecomunicaciones está orientando al desarrollo de aplicaciones que buscan digitalizar el mundo real e interactuar con nosotros a través de plataformas que demandan cada vez mayor velocidad de transmisión; por otro lado, para el despliegue de la red de acceso de los proyectos regionales se ha visto necesario la instalación de equipamiento activo, teniendo un alto consumo de energía eléctrica por cada nodo de acceso, lo cual se reflejará en el costo de operación y mantenimiento a lo largo de toda la vida del proyecto, además que la geolocalización de cada nodo orientado a la cobertura, está en zonas alejadas de las vías carrozables, esto refleja un grado considerable en la demora del tiempo de atención ante futuras averías o un factor limitante ante un escala en la tecnología de transmisión, dado que la migración se tendría que hacer a lo largo de todos los saltos en la red de acceso hasta llegar al cliente.

c) Objetivos

➤ Objetivo principal:

Instalar una red de acceso FTTH con tecnología GPON, para aumentar la capacidad de transmisión en los proyectos regionales financiados por el estado.

➤ Objetivos específicos:

- Brindar servicios de acceso a internet en escalas de Gbps para los usuarios de los proyectos regionales, mejorando la experiencia de navegación en el uso de plataformas virtuales con imágenes y sonidos de alta definición.
- Instalar los equipos GPON y ODF en gabinetes OUTDOOR soportados en postes propios en el casco urbano de las capitales distritales, como origen del despliegue de la red de acceso, logrando de esta manera tener siempre acceso rápido a los equipos activos para una pronta atención en averías o ventanas de mantenimiento, obteniendo así un bajo costo en la etapa de operación y mantenimiento.
- Reutilizar el hardware instalado para migrar a una tecnología de mayor capacidad de transmisión en un futuro, no necesitando un cambio total de equipamiento ni teniendo dificultad o demora en el acceso a cada gabinete.

d) Hipótesis

d.1. ¿Qué influencia tiene en los usuarios que los proyectos regionales brinden servicio de acceso a internet con tecnología inalámbrica?

Al brindar servicio de acceso a internet por wifi a los usuarios, y emplear bandas libres de conexión entre los AP y CPE, limitamos las velocidades en la escala de Mbps y

exponemos a los usuarios a experiencias de un servicio intermitente durante su uso, ya que el uso de bandas libres está masificado en los clientes terminales, sea centros poblados o distritos, quitando de a pocos el interés en el uso del servicio brindado por los proyectos regionales; finalmente es importante mencionar que la evolución de los tele servicios y aplicaciones demandan cada vez mayor velocidad de transmisión ya que las imágenes y audio van mejorando en definición, en consecuencia la solución planteada en los proyectos regionales para la red de acceso quedaría limitada en su velocidad de transmisión, además de no asegurar una mejor experiencia de navegación por parte de los usuarios a medida que se incrementa la demanda de tráfico, y esto se ha acelerado exponencialmente por el efecto pandemia a nivel global.

d.2. ¿Qué influencia tiene para la etapa de operación y mantenimiento que los nodos inalámbricos estén muy distantes de las capitales distritales?

Al estar distribuidos los nodos inalámbricos de los proyectos regionales en zonas con difícil acceso, aumenta el coste de atención ante un mantenimiento preventivo o correctivo, a pesar que en muchas de las ubicaciones de dichos nodos inalámbricos ya existe acceso por carretera y una red eléctrica que suministra de energía comercial, en la cual fácilmente se hubiera podido soportar una nueva red de acceso por fibra óptica; sin embargo; al ser una solución inalámbrica terrestre el desplazamiento hasta la misma ubicación del nodo es en su mayoría por acarreo, lo cual se refleja no sólo costo sino también en tiempo, impactando esta combinación de factores en el lado cliente como disponibilidad y calidad de servicio, además es conveniente recalcar que para lograr algunos enlaces Punto a Punto, se ha tenido que talar árboles o suponer que no se harán edificaciones, sin embargo, en el transcurso del tiempo sabemos que estas variables podrían afectar en el cálculo del presupuesto del enlace, ya que se comportarían como obstáculos; así mismo, ya es de conocimiento que en enlaces inalámbricos los factores como la geografía y el clima variado en nuestro país, juega un rol importante que afecta en ciertas épocas del año a la potencia de la señal que se irradia entre nodos inalámbricos, resultando necesario volver varias veces para un mantenimiento correctivo.

d.3. ¿Qué influencia tiene que la tecnología empleada en los proyectos regionales no permita reutilizar el hardware existente para migrar a una tecnología GPON?

Es significativo que la infraestructura desplegada con el financiamiento del estado peruano se vea limitada en un corto plazo, esto debido a la capacidad que tiene como

medio de transmisión al ser una red inalámbrica terrestre, que si bien es más rápido para el despliegue es muy sensible a los cambios climáticos y a la distancia a la que se encuentren un nodo de otro, por ello, al proyectarnos al uso de programas con contenidos de audio e imagen en alta definición, que acerquen cada vez más a nuestra zona rural al mundo digital, nos veremos impedidos de poder migrar la red inalámbrica terrestre existente a una solución que transmita en el orden de Gbps, y esto debido que necesitaríamos mayor frecuencia y por ende modificar la distancia a la que se ubican un nodo de otro, lo cual es imposible; ante esto en un mediano plazo las redes de acceso de los proyectos regionales se declararían como obsoletas y sólo sería útil en las zonas donde realmente no se pueda llegar con una red de fibra óptica.

e) Alcance y Limitaciones

e.1. Alcance

El alcance del presente documento es la planificación, diseño y despliegue de una red FTTH con tecnología GPON, tomando como origen dos nodos ópticos de los distritos de Querco y Santo Domingo de Capillas, perteneciente a la provincia Huaytará región Huancavelica del Proyecto “Instalación de banda ancha para la conectividad integral y el desarrollo social de la región Huancavelica”, en adelante PR-Huancavelica y tomando como centros poblados beneficiarios, aquellos que contienen Instituciones Abonadas obligatorias beneficiados por el proyecto en mención, ya que aseguran una población con interés y energía comercial; además se considera que el desarrollo de esta solución podrá replicarse para el total de proyectos regionales dado que la interconexión entre redes regionales y la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, en adelante RDNFO, es similar.

e.2. Limitaciones

Se está exceptuando los recursos de IP y VLAN para interconectar el equipo agregador que se ubica en los nodos ópticos del PR-Huancavelica y el equipo IP ubicado en la RDNFO, dado que estos datos son confidenciales y para tener acceso a ellos, se debería firmar un contrato de transporte de tráfico; lo que si vamos a poder simular es los recursos de IP y VLAN para la interconexión entre el equipo agregador ubicado en el PR-HUANCAVELICA, específicamente en el distrito de Santo Domingo de Capillas y las OLT OUTDOOR a instalar en dicho distrito.

CAPÍTULO I

PROBLEMÁTICAS Y OBJETIVOS

En el presente capítulo se detalla la situación actual, la problemática y los objetivos del presente estudio.

1.1. Situación Actual

A la fecha el PR-HUANCAVELICA ya se encuentra en marcha; sin embargo, la velocidad del servicio de acceso a internet en las entidades beneficiarias, continúan siendo insuficientes; siendo las más perjudicadas con este problema las instituciones educativas.

Por otro lado, de acuerdo al reporte de ENAHO, MINEDU, RENAMU; y debido a la necesidad de la conectividad por el factor pandemia de los años 2020 y 2021; se identificó que a pesar de que ya estaba en marcha el PR-HUANCAVELICA no pudo cubrir las necesidades que surgieron en ese momento lo cual se puede visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 1 Indicador de penetración del servicio de acceso a Internet

N°	DEPARTAMENTO	% DE HOGARES *	% COLEGIOS **	% DE MUNICIPALIDADES **
1	HUANCAVELICA	12.4%	50.7%	79%

* Datos del segundo trimestre del 2020

** Datos al 2019

Fuente: ENAHO, MINEDU, RENAMU. Elaboración: Propia

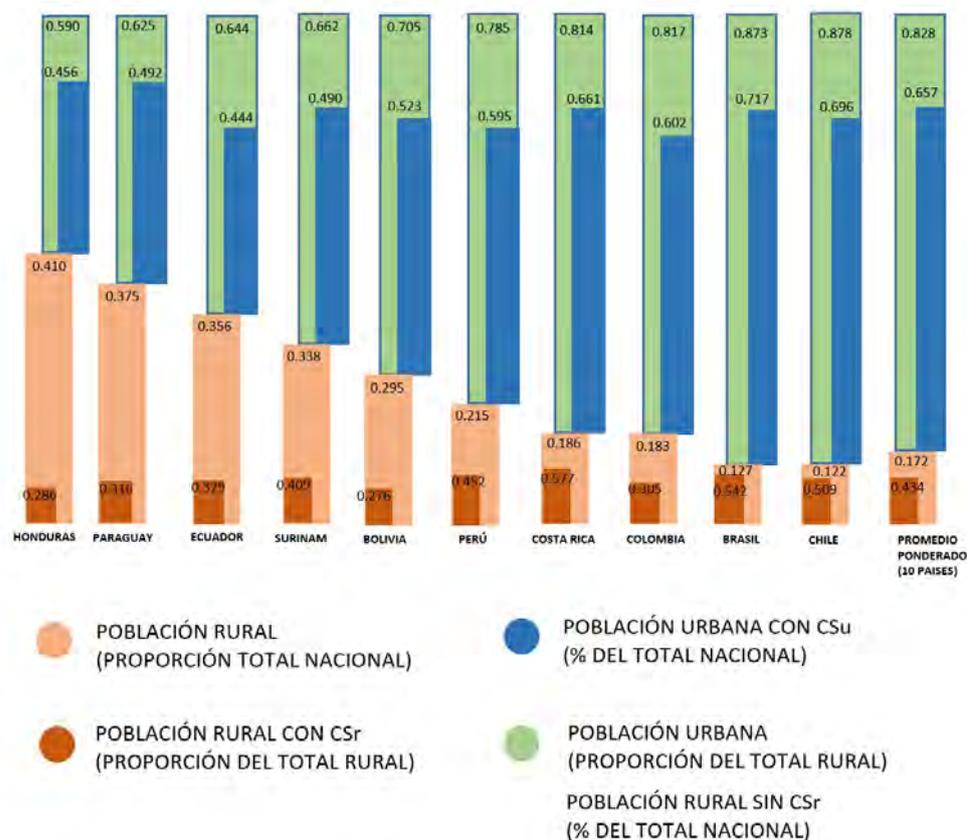
1.1.1. Conectividad Significativa

El Perú después de iniciar con los despliegues de los Proyectos Regionales y Proyectos de cooperación desde el 2017, ha migrado de ser Clúster de baja conectividad a Clúster de Nivel Medio de Conectividad ascendiendo a 47.4% del total de población rural con acceso a conectividad de banda ancha; de acuerdo a lo estipulado en IICA

publicado en el 2022; sin embargo, esto significa que más del 52% de la población rural no cuenta con acceso a los servicios de conectividad en banda ancha lo cual ha marcado una brecha digital amplia durante y después del efecto pandemia, para mayor detalle observar la siguiente figura:

Figura 1

Estadística de conectividad en la región

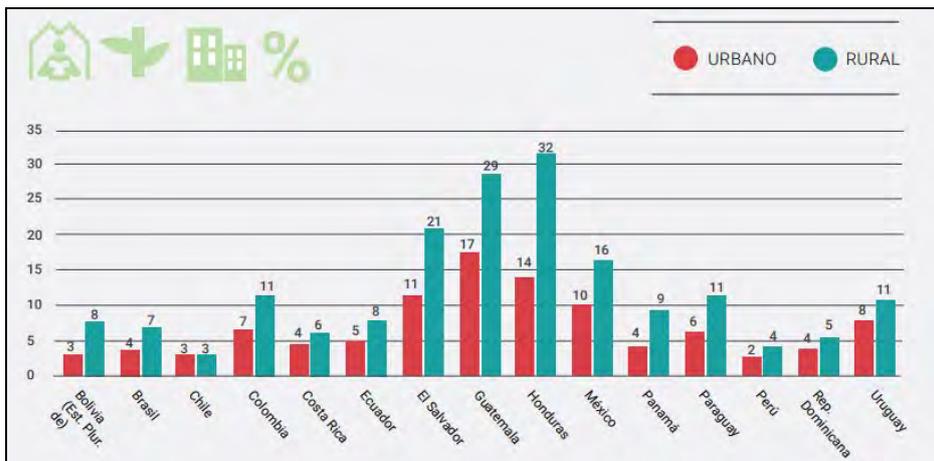


Nota. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) - 2022

1.1.2. Brecha Digital

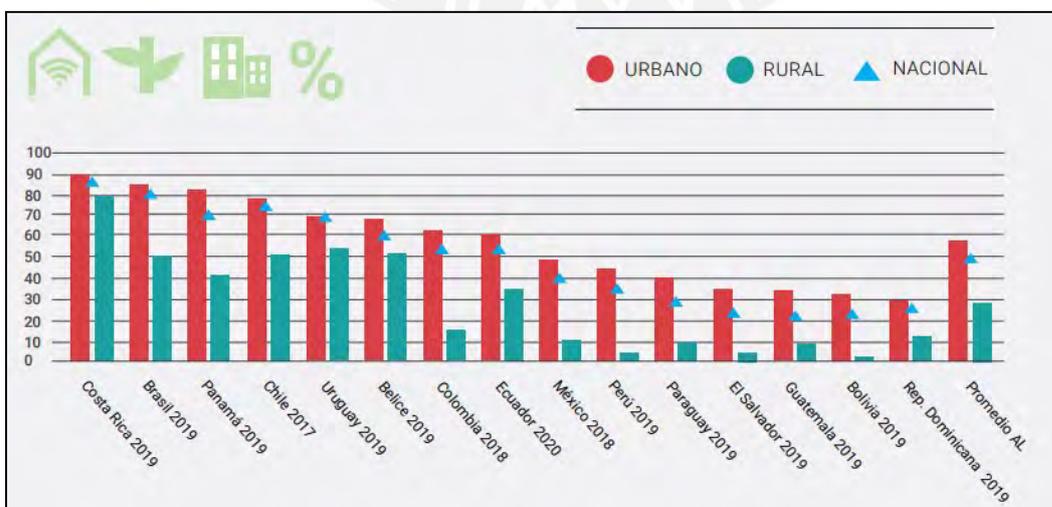
Como sabemos, la brecha digital se refleja en la desigualdad social, cultural y económica de un grupo, con lo cual procederemos a analizar los principales parámetros que muestran la realidad en la zona rural del Perú.

Es por ello, que empezaremos por el indicador mostrado en el reporte de IICA, respecto al bajo porcentaje (2% para zonas urbanas y 4% para zonas rurales), de tasa de no asistencia escolar para las edades de 12-17 años, lo cual refleja un potencial de recurso humano para dotar de herramientas digitales en banda ancha, mayor detalle ver la siguiente gráfica:

Figura 2*Estadística de conectividad en zonas rurales*

Nota. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) - 2022

Y para cerrar el panorama general de la brecha digital; a continuación hablaremos de la tasa de hogares conectados al servicio de acceso a internet en banda ancha; como se puede observar en la siguiente figura, a pesar que el Perú ha pasado a estar en el Clúster de Nivel Medio de Conectividad con un total de 47.4% del total de población rural con acceso al servicio de banda ancha; no refleja estos números la cantidad de hogares conectados a un servicio de calidad, situándonos en unos de los países más bajos con este índice de conectividad en Latinoamérica y particularmente en nuestra zona rural donde contamos con menos del 5% de hogares rurales conectados a un servicio de acceso a internet en banda ancha; mayor detalle en la siguiente figura:

Figura 3*Estadística de conectividad por países*

Nota. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) - 2022

Con ello podemos deducir, que la mayor cantidad de conectividad al servicio de

acceso a internet en zonas rurales es a través de la tecnología móvil; no siendo su capacidad suficiente para soportar el uso en simultáneo de plataformas de alta demanda de velocidades como teleeducación, tele salud, videoconferencia, streaming, etc.

1.1.3. Redes Nacionales de Banda Ancha en el Perú

Debido a la adjudicación de los proyectos promovidos por el estado peruano, contamos con una red dorsal nacional de fibra óptica (RDNFO), el cual une a 180 capitales de provincia con una red de cable de fibra óptica formado por anillos, además que a partir de enero del 2022 el PRONATEL quedó como responsable de las gestiones de operación y mantenimiento; Sin embargo, cabe destacar que, el PRONATEL intentó encontrar un operador que se haga cargo de los trabajos ya mencionados hasta en tres oportunidades mediante convocatorias de contratación directa, las cuales se dieron en diciembre de 2021, marzo de 2022 y junio 2022, aunque en ninguna de ellas se logró un resultado favorable A todo ello, recientemente, en febrero de 2023, el MTC publicó un informe elaborado por un Grupo de Trabajo Sectorial, donde se ofrecen medidas para garantizar la continuidad de la red dorsal, como por ejemplo la inclusión de nuevos servicios, la no fijación contractual de una tarifa y la integración de la RDNFO a redes de proyectos regionales.

Por otro lado, se tiene los 21 proyectos regionales que a la fecha ya se encuentran en etapa de operación, además que se comportan como una red de distribución brindando conectividad a las capitales distritales a través de cables de fibra óptica con las capitales provinciales donde se encuentran los nodos ópticos de la RDNFO, este dato es muy importante ya que el objeto de la presente tesis es desplegar una red FTTH que tome como origen los nodos ópticos de los proyectos regionales con lo cual vamos a poder dar servicio de acceso a internet de alta calidad a los hogares en las zonas rurales del Perú.

1.1.4. Tarifas en redes Nacionales

La tarifa del Mbps en las redes de telecomunicaciones se compone de varios costos. A continuación, se muestran los precios de cada una de las etapas, considerando los enlaces como redes de transporte sin ningún nivel de contención o sobresuscripción, es decir clear channels en el transporte, y velocidad de descarga garantizada de 40% en la red de acceso regional. Bajo estas consideraciones, el costo total en soles sin IGV por

Mbps asciende a S/ 267 soles mensuales.

Tabla 2

Costo del servicio de transporte por Mbps

Servicio de Banda Ancha	Velocidad	USD / mes	TC USD	SOLES / mes
Salida Internacional	1Mbps	8.00	3.80	S/ 30.40
Red de Transporte RDNFO	1Mbps	23.00	3.80	S/ 87.40
Red de Transporte REGIONAL	1Mbps	23.00	3.80	S/ 87.40
Red de acceso REGIONAL	1Mbps			S/ 38.02
Gastos Operativos	1Mbps	11.54	3.80	S/ 43.85
Tasas de aporte al Estado	1Mbps			S/ 0.76

Por otro lado, si se considera una contención de 1:10 en las redes de transporte y manteniendo el 40% de descarga garantizada en la red de acceso del proyecto FTTH, el precio total en soles sin IGV por Mbps asciende a S/ 63.68. mensuales. Aún es un precio alto si se considera el precio de mercado de Mbps.

Tabla 3

Costo del servicio de transporte por Mbps

Servicio Final de Banda Ancha	Velocidad	USD / mes	TC USD	SOLES / mes
Salida Internacional	1Mbps	8.00	3.80	S/ 3.04
Red de Transporte RDNFO	1Mbps	23.00	3.80	S/ 8.74
Red de Transporte REGIONAL	1Mbps	23.00	3.80	S/ 8.74
Red de acceso REGIONAL	1Mbps			S/ 3802
Gastos Operativos	1Mbps	11.54	3.80	S/ 43.85
Tasas de aporte al Estado	1Mbps			S/ 0.76

1.2. Problemática

La problemática en los servicios brindados por los proyectos regionales es la limitada tasa de transmisión que puede ofrecer la red de acceso inalámbrica terrestre, debido a la tecnología que usa; esto ha tenido mayor impacto cuando se retomaron los trabajos presenciales y es que ahora las aplicaciones desarrolladas para los trabajos o clases a distancia contienen imágenes/audio en alta definición, esto permite al usuario mejorar la experiencia de navegación y captar toda su atención para hacer efectivo el tiempo de uso; por esta razón, la necesidad de contar con un medio que garantice el aumento en la tasa de transmisión constantemente resulta imprescindible, dado que la industria de telecomunicaciones está orientando al desarrollo de aplicaciones que buscan digitalizar el

mundo real e interactuar con nosotros a través de plataformas que demandan cada vez mayor velocidad de transmisión; por otro lado, para el despliegue de la red de acceso de los proyectos regionales se ha visto necesario la instalación de equipamiento activo, teniendo un alto consumo de energía eléctrica por cada nodo de acceso, lo cual se reflejará en el costo de operación y mantenimiento a lo largo de toda la vida del proyecto, además que la geolocalización de cada nodo orientado a la cobertura, está en zonas alejadas de las vías carrozables, esto refleja un grado considerable en la demora del tiempo de atención ante futuras averías o un factor limitante ante un escala en la tecnología de transmisión, dado que la migración se tendría que hacer a lo largo de todos los saltos en la red de acceso hasta llegar al cliente.

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo General

Instalar una red de acceso FTTH con tecnología GPON, para aumentar la capacidad de transmisión en los proyectos regionales financiados por el estado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Brindar servicios de acceso a internet en escalas de Gbps para los usuarios de los proyectos regionales, mejorando la experiencia de navegación en el uso de plataformas virtuales con imágenes y sonidos de alta definición.
- Instalar los equipos GPON y ODF en gabinetes OUTDOOR soportados en postes propios en el casco urbano de las capitales distritales, como origen del despliegue de la red de acceso, logrando de esta manera tener siempre acceso rápido a los equipos activos para una pronta atención en averías o ventanas de mantenimiento, obteniendo así un bajo costo en la etapa de operación y mantenimiento.
- Reutilizar el hardware instalado para migrar a una tecnología de mayor capacidad de transmisión en un futuro, no necesitando un cambio total de equipamiento ni teniendo dificultad o demora en el acceso a cada gabinete.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analizan los componentes principales para la Planificación, Diseño y despliegue de una red FTTH con tecnología GPON desde un gabinete OUTDOOR para brindar servicios de banda ancha en zonas rurales del Perú,

2.1..Fundamento Teórico

En esta sección, se describe el concepto de las diferentes etapas a nivel de red que cursa el tráfico para los usuarios de una red FTTH, y con lo cual se busca extender el alcance de la red de fibra óptica actual desplegada a nivel nacional hasta las capitales distritales.

2.1.1 Capa de Core IP/MPLS

La capa core IP/MPLS, desde el punto de vista de la red FTTH es la capa por el cual enruta todo el tráfico generado y requerido por los clientes finales hasta los servidores de contenidos de cada proveedor de servicios, además será donde se defina la redundancia física y lógica que garantice la continuidad del servicio.

Esto es, desde el equipo router ubicado en las capitales distritales de los nodos ópticos de los Proyectos Regionales hasta los equipos de capa 3 que permiten la salida del tráfico hacia los servidores de contenidos, incluyendo los routers que forman parte de los anillos en las redes de backbone de los proyectos regionales.

2.1.2 Sistema de energía

El sistema de energía eléctrica requerido será sólo para la OLT compacta que se instalará de manera outdoor ya que el resto de equipamiento es completamente pasivo, a excepción de las ONUs que podrán ser cargados en las casas de los usuarios.

Para la presente propuesta la manera de proporcionar energía a la OLT será alquilando una línea de 1/2 KW a la concesionaria eléctrica en la zona, los cuales deberán dejarnos el cable de energía en una posición muy cercana a la ubicación del gabinete outdoor a instalar; asimismo, es conveniente informar que las llaves de energía para instalar en el Punto de distribución deberán ser de 16Amp, con la condición de proteger al equipo OLT.

2.1.3 Red de transporte

La Red de transporte tiene como función principal ser el backbone de cable de fibra

óptica que interconecta el ODF con el equipo pasivo denominado para esta solución XBOX, quien es el primer elemento de la red que de un lado permite en las bandejas empalmar los hilos que provienen del ODF y del otro extremo empezar con la interconexión a los demás elementos a través de cables preconectorizados.

Asimismo, esta red de transporte será la que una las localidades a beneficiar con las capitales distritales donde se ubican los nodos ópticos de los proyectos regionales y además se ubicarán las OLT compactas outdoor, esto debido a la facilidad de acceso para actividades de operación o mantenimiento, además de tener alcance a una conexión de un punto de electricidad.

2.1.4 Red de distribución

La Red de distribución aprovecha las bondades del uso de los splitter en la red FTTH, mediante el cual consigue avanzar masivamente en la cobertura con la red de fibra óptica hasta la caja más cercana al usuario final, entonces siguiendo lo descrito en el punto anterior la red de distribución empieza en el elemento XBOX uniéndolo con cable preconectorizado al elemento HUX BOX, quien contiene un splitter de 1:4, el mismo que de cada hilo que tiene en la salida conecta a otro elemento denominado SUB BOX, el cual contiene 2 splitter donde un splitter es de 1:2, distribuyendo el 70% de la potencia en la salida al siguiente salto SUB BOX y el 30% lo destina a otro splitter de 1:8, que tiene como objetivo de cada salida brindar los servicios a los usuarios finales; de esta manera la potencia en los ONUs de los clientes estará dentro del rango de operación.

Ahora del 70% de potencia que pasa al siguiente salto, es decir a otro SUB BOX la metodología es similar, es decir dicha potencia llega a un splitter de 1:2, donde el 70% de la potencia pasa a un salto adicional y el 30% entra a otro splitter de 1:8, donde cada hilo puede conectar a un cliente final.

Continuando la cascada, la nueva potencia llega a otro splitter de 1:2, donde para este tercer elemento de la red en cascada distribuye la potencia en dos salidas balanceada del 50% cada uno, por el cual tenemos un salto final donde la potencia llega a un cuarto elemento en cascada y el otro 50% llega a otro splitter de 1:8, donde cada salida se puede conectar a nuevos clientes.

Como término de esta topología el último elemento de la cascada contiene sólo un splitter de 1:8 donde cada salida está orientado a la conexión a nuevos clientes finales; es de esta forma con solo 1 hilo del ODF podemos brindar servicios a 128 usuarios finales; esta cantidad define la capacidad del módulo óptico a usar en la OLT.

2.1.5 Red de acceso

La Red de acceso es la etapa final de la red FTTH, que inicia en el elemento END BOX, el cual tiene 8 salidas directas para clientes finales y culmina en el equipo de cliente ONU que generalmente trabaja con una corriente continua a 220V y con un rango de potencia entre -8dBm y -24dBm.

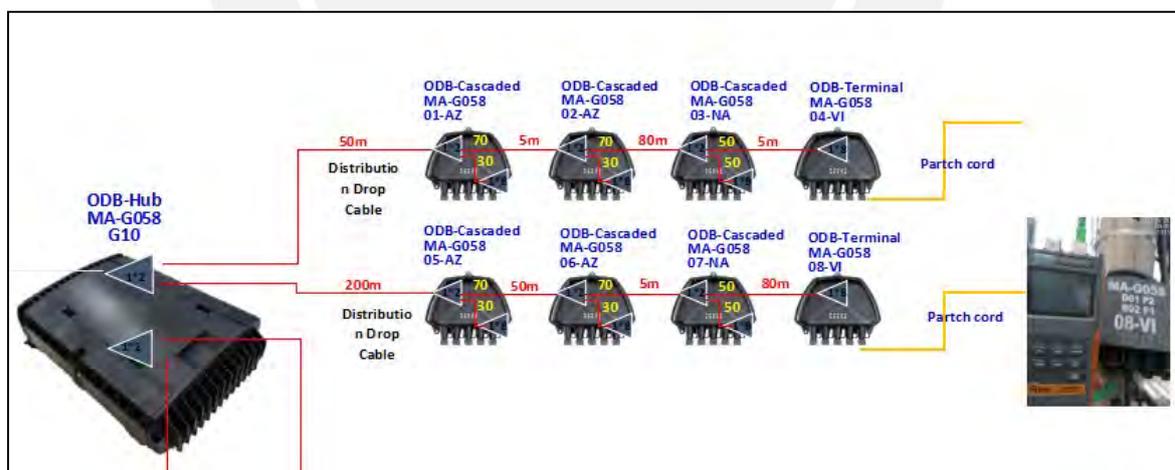
Al respecto, cabe precisar que se recomienda que la ubicación del END BOX no esté a más de 100m de distancia respecto a la ubicación del cliente y que el equipo antes de conectar el patch cord al ONU se mida la potencia en ese lado y se asegure que este en el rango de trabajo.

2.2..Topología en cascada desbalanceado

La presente propuesta está basado en la distribución de las vivienda en zonas rurales de nuestro país, es por ello que se ha optado por desarrollar una solución que permita conectar a clientes desde el inicio de la red de distribución y seguir ampliando la cobertura progresivamente a través de una topología en cascada desbalanceada; el cual permite reducir significativamente la potencia desde el primer splitter de 1:8 y obtener una potencia en las ONU en el rango de -8dBm y -24dBm, para mayor detalle ver la siguiente figura:

Figura 4

Solución desbalanceada de acceso



2.3..OLT outdoor compacta

La OLT propuesta para este desarrollo es una compacta con dimensiones 43,6mm de altura 1Ux 442mm de ancho x 220mm de profundidad; con una capacidad para 8 o 16 puertos de servicios los cuales soportan módulos ópticos del tipo B+,C+,C++ compatible con tecnologías GPON, XGPON Y XSGPON.

Esta OLT cuenta además con 4 puertos Uplink con capacidad cada uno de 10Gbps,

con lo cual se puede tener 2 puertos con capacidad sumada es decir capacidad de uplink de 10Gbps y 2 puertos uplink de respaldo; o en su defecto sumar la capacidad y tener un solo puerto lógico de 40Gbps de capacidad,

2.4..Gabinete Outdoor

El gabinete outdoor de la presente propuesta consta en tener la capacidad para poder soportar el equipo OLT y su sistema de energía, así como, soportar las condiciones climatológicas extremas de las zonas rurales del Perú, para ello usa un material anticorrosivo, de acuerdo a la normativa IEC 60950-22, con un índice de protección IP55 y con un sistema de intercambio de calor que regula la temperatura interior en el gabinete a una temperatura no mayor a 35°C; además con sensores de humo, agua, interruptor de puerta, temperatura y humedad



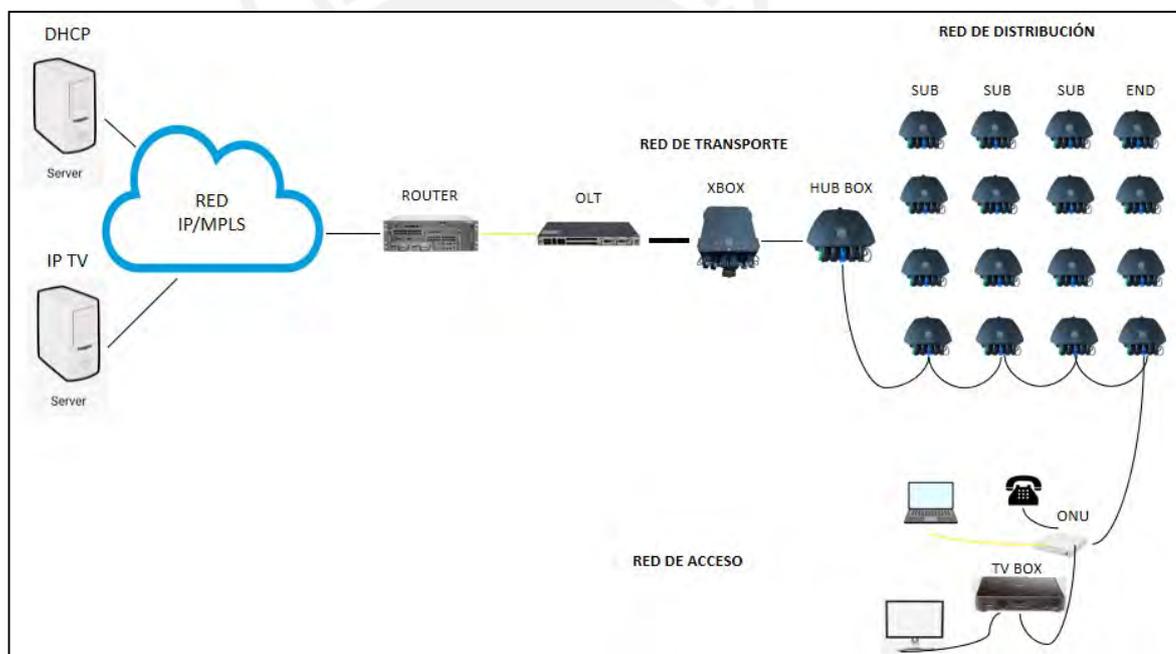
CAPÍTULO III DISEÑO DEL PROYECTO

En este capítulo se presentará el diseño del proyecto, iniciando por el desarrollo de las tres redes que conforman la solución: La red de transporte, la red de distribución y la red de acceso.

Para este proyecto se propone una solución en cascada con cargas desbalanceada conformada por splitter de 1:8, con salida directa para proveer servicios debido a la distribución de potencia en los saltos.

Figura 5

Componentes de una red FTTH



3.1. Componentes de la red

Esta red será una extensión de las redes de transporte de los Proyectos Regionales de Banda Ancha, tomando como elemento de borde al router de servicios universales ubicado en los nodos ópticos, y conectando este equipo mediante un cable a un equipo OLT lo cual instalaremos en un gabinete outdoor que ya contiene un ODF para poder desplegar el cable de fibra óptica hacia las localidades de interés.

3.1.1 Equipamiento para el tendido de red de transporte

Para la presente propuesta, se define como red de transporte al enlace y equipos desde la OLT outdoor hasta el HUB BOX, que es donde empieza la red en cascada; a continuación, se detalla la forma de trabajo e interconexión entre todos los elementos

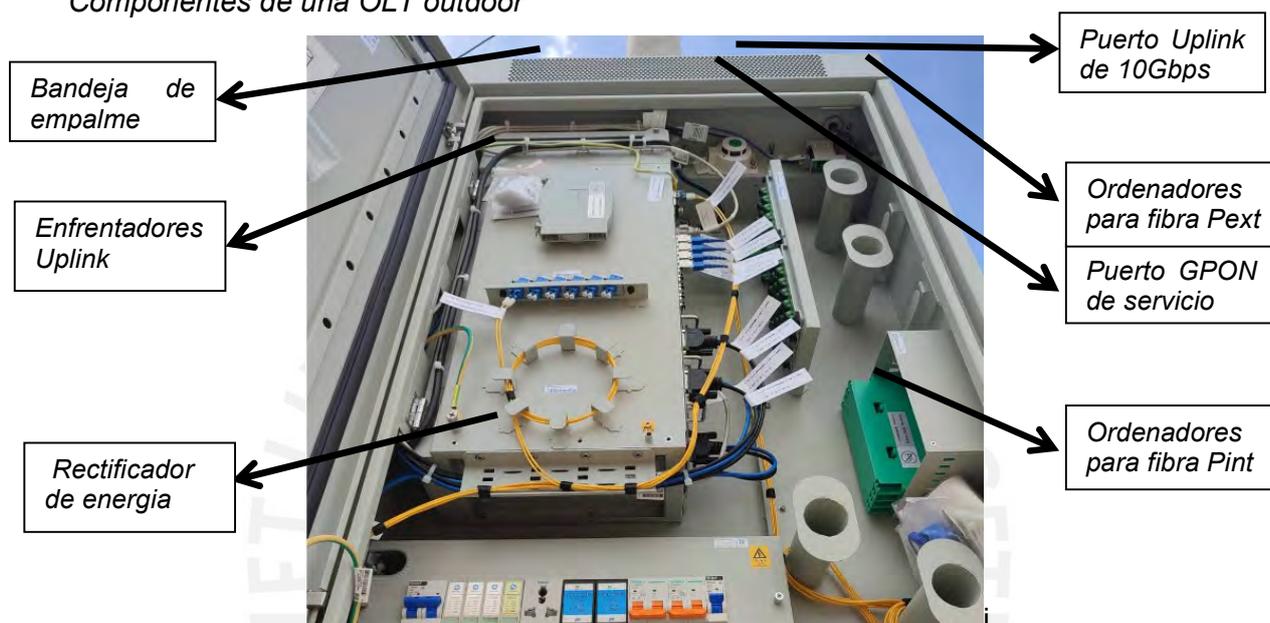
para trasladar el tráfico desde los nodos ópticos de los Proyecto Regionales hasta la red de distribución:

a. OLT outdoor

La OLT outdoor es el primer equipo activo de la red que se interconecta directamente con un cable de fibra óptica al router en los nodos ópticos de los proyectos regionales.

Figura 6

Componentes de una OLT outdoor



Del gráfico mostrado se observa que el gabinete de la OLT integra varios elementos volviéndola más compacta lo cual significa un ahorro significativo para los operadores ya que no requieren de la compra de un terreno o disponer de un espacio en sus salas de equipos, sólo basta contar con una estructura en buen estado estructural, poste; propio o alquilado, a continuación, procederemos a describir cada elemento y su configuración para su correcto funcionamiento:

a.1. Rectificador de energía

Este elemento es el encargado de recibir la línea de acometida de la red comercial del concesionario eléctrico, y lo que hace es convertir el voltaje y distribuir la energía entre los elementos internos del gabinete, para mayor protección se recomienda poner una llave termo magnética previa como se muestra a continuación, generalmente va a la espalda del gabinete outdoor de la OLT:

Figura 7

Caja con llave termo magnética de 16Amp



La capacidad de energía que se requiere es de 0.5KW y una llave de 16Amp para energizar a la OLT.

a.2. Bandeja de empalme

Esta bandeja es donde llega el tubo interno o buffer del cable de fibra óptica que viene desde el nodo óptico interconectando de esta manera el router multifunción con la OLT outdoor, como se puede apreciar en la siguiente figura las flechas en rojo señalan al buffer entrando a la bandeja de empalme donde se fusionará con los pigtail que terminan en conector tipo LC/UPC el cual se deberá conectar al Enfrentador de uplink:

Figura 8

Bandeja de empalme en gabinete Outdoor para uplink



Ahora los valores aceptados de potencia óptica que recibe la OLT desde el router multifunción deberán estar en siguiente rango -14.0dBm hasta +1dBm, lo cual se puede observar en la siguiente figura que ha sido extraído de un equipo OLT outdoor en funcionamiento:

Figura 9

Verificación de potencia óptica de Rx

```
Optical Module Information:
-----
Module-Type      : 10GBASE_LR      Supply-Vol      : 3.313 (v)     [3.0, 3.6]
Connector        : LC              Temperature     : 46.488 (c)    [-45.0, 90.0]
Fiber-Type       : SM              RxPower         : -7.490 (dbm)  [-14.0, 1.0]
Trans-Distance   : 15 (km)
```

Para ello el personal técnico que realice este cableado deberá llegar con el cable de fibra óptica desde el nodo del Proyecto Regional, luego sacar la cubierta, el kevlar y cortar el cable guía para así llegar hasta el buffer que es donde se concentran los hilos de fibra óptica a usar; estos cortes deberán ser a medida que solo el buffer ingrese dentro del gabinete por un tema de flexibilidad, y para hacer hermética el orificio en el gabinete que permite el ingreso del cable deberá ser presionado por una prensaestopa y sellado con espuma especial tal como se muestra a continuación con una flecha en rojo:

Figura 10

Ingreso de cable de Pext

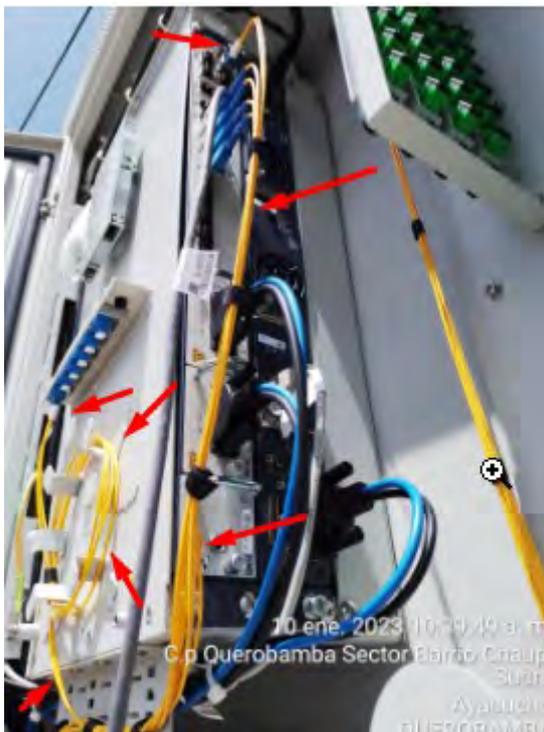


a.3. Enfrentadores Uplink

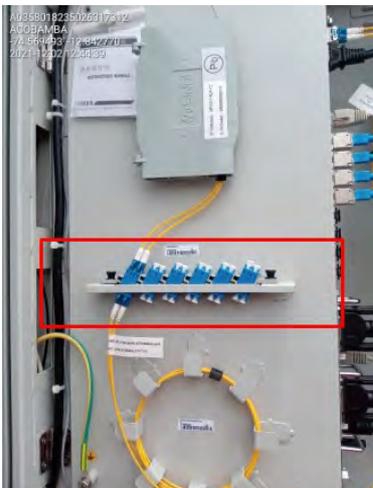
Aquí es el punto de enfrentamiento donde se acoplan los conectores del tipo LC/UPC proveniente de la bandeja de empalme, es decir desde el router multifunción de los Proyecto Regionales y el patchord del mismo tipo de conector que viene desde los puertos uplink de la OLT, para mayor detalle en el siguiente gráfico se muestra en flechas en rojo el recorrido de un patch cord uplink que viene desde la OLT:

Figura 11

Recorrido de cable uplink



En este caso este puerto contiene un módulo óptico de capacidad de transmisión de 10Gbps y a su vez la OLT outdoor contiene 4 puertos uplink que en total se puede configurar como un solo smartgroup que permite juntar la capacidad de cada puerto y crear una canal más grande; por el lado del Enfrentador Uplink este tiene una capacidad de hasta 6 puertos dobles para conectores LC/UPC con lo cual el espacio a ocupar es más pequeño de esta regleta dentro del gabinete, esto se refleja en la siguiente imagen encerrado en rojo:

Figura 12*Bandeja de enfrentadores uplink LC/UPC***a.4. Puerto Uplink de 10Gbps**

Esta parte de la OLT outdoor gestiona el tráfico ascendente en donde en ruta todo el tráfico generado por los usuarios de la red FTTH a través de la longitud de onda 1310nm, los módulos que soporta la OLT en sus 4 puertos uplink pueden ser de la tecnología GPON, XGPON o XSGPON esto demuestra que el equipo OLT tiene capacidad de escalamiento en el tiempo de acuerdo a la necesidad de la demanda de tráfico sin necesidad de cambiar chasis sólo bastaría con cambiar de módulo óptico ante un crecimiento exponencial de tráfico como sucedió por el efecto de la pandemia del virus sars cov 2.

a.5. Puerto GPON de servicios

La OLT outdoor tiene capacidad para 8 o 16 puertos GPON de acuerdo a la proyección en la demanda de usuarios de cada localidad rural, cada módulo dependiendo del tipo tiene un rango de potencia de transmisión, para el presente caso vamos a elegir el módulo tipo C+ debido que entrega una potencia óptica en el rango de +3dBm a +7dBm y pues en la marcha el promedio que entrega de potencia para el lado del ODF es +5dBm, lo cual se puede ver en el siguiente gráfico extraído de una OLT en operación:

Figura 13

Potencia de Tx desde los módulos GPON para servicios tipo C+

```
-----
Optical Channel Information:
-----
Laser-Rate      : 25 (100Mb/s)      TxPower         : 5.430 (dbm)
Wavelength     : 1490 (nm)         TxBias-Current  : 8.960 (mA)
RxNoise        : N/A(Not Support) TEC-Current     : N/A
Tx-Fault       : Normal         Los-State       : Los
Laser-Rate     : N/A           TxPower         : N/A
Wavelength     : N/A           TxBias-Current  : N/A
RxNoise        : N/A(Not Support) TEC-Current     : N/A
Tx-Fault       : N/A           Los-State       : N/A
-----
```

Por otro lado, de optar por un módulo óptico del tipo B+ el rango de potencia es +1.5dBm a +5dBm; sin embargo, estos valores son extraídos en condiciones ideales mas no en condiciones reales con alto niveles de impurezas y con afectación del clima variado como en el Perú, se ha visto que la potencia real promedio en campo es de +3dBm lo cual reduce en alcance la red FTTH sobre todo si deseamos transmitir servicios de IPTV en 1550nm, esto se puede observar en la siguiente figura encerrado en rojo

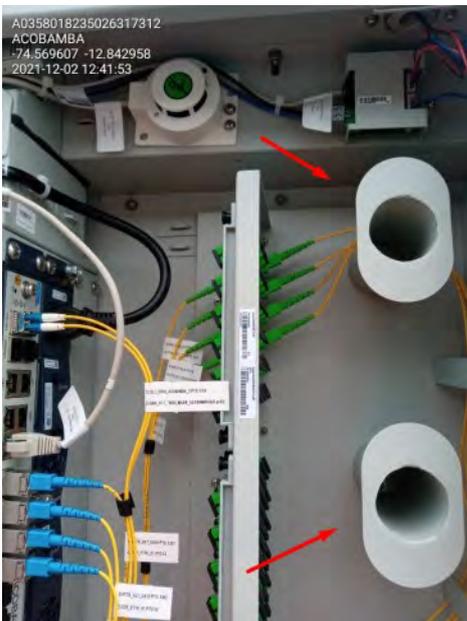
Figura 14

Potencia de Tx desde los módulos GPON para servicios tipo B+

```
-----
Optical Transmitter Information:
-----
Laser-Rate      : 25 (100Mb/s)      TxPower         : 3.661 (dbm)
Wavelength     : 1490 (nm)         TxBias-Current  : 18.250 (mA)
-----
```

a.6. Ordenadores para fibra Pint

Estos ordenadores cumplen la función de evitar problemas de atenuación por curvatura en el recorrido del patch cord que une los puertos GPON de servicios y el ODF trazando una figura de 8 como se muestra a continuación:

Figura 17*Ordenadores de los pigtails para Pext***b. XBOX, caja de empalme**

Para la presente propuesta la caja de empalme XBOX es donde termina las fusiones de los hilos de fibra óptica ya que en adelante de cara a los clientes finales todo será pre conectorizado; ahora esta caja XBOX tiene capacidad para fusionar hasta 8 hilos por ello el cable recomendado a usar en la red de transporte es del tipo G652.D por sus características para el tendido aéreo y de 12 hilos ya que 8 será fusionados, 2 hilos serán de respaldo, 2 para monitoreo de preferencia hilos diferentes de cada buffer, para mayor referencia ver la siguiente imagen:

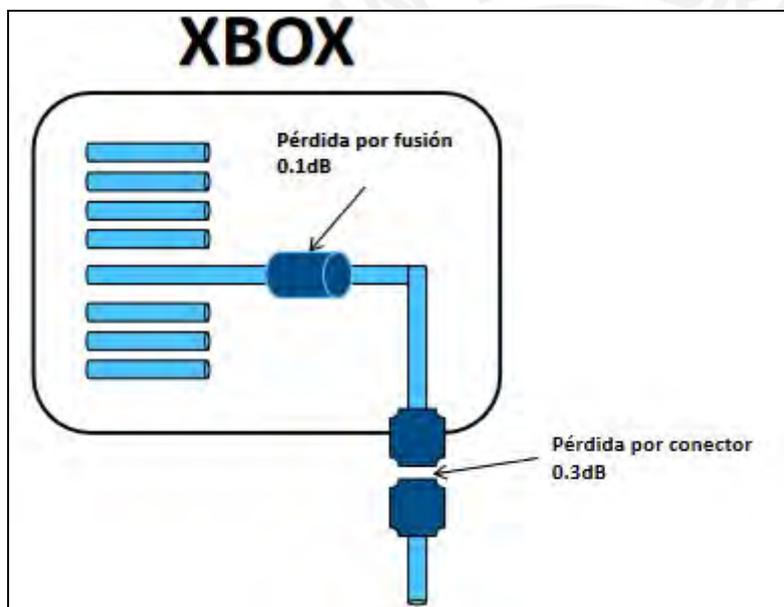
Figura 18*Caja de empalme XBOX*

De esto se puede visualizar un rotulado de los números de salida en la parte externa de la caja de empalme lo cual le da un orden y practicidad al personal técnico encargado de la instalación, ahora se debe conocer que de acuerdo al estándar de la EIA/TIA 568

la pérdida para conectores no debe ser mayor de 0.75dB, sin embargo para aquellos que ya son pulidos en fábrica no debe ser mayor a 0.3dB lo cual será nuestro umbral para el cálculo de la atenuación total del enlace; además consideraremos que de acuerdo al estándar EIA/TIA 568 la pérdida por empalme por fusión no debe ser mayor a 0.3dB no obstante esto aplica para fibra multimodal y en condiciones adversas; para nuestro caso tomaremos como umbral para cálculo el valor de 0.1dB para pérdida por empalme por fusión, con estos datos a continuación detallaremos el valor máximo de atenuación esperado en este elemento de la red de transporte:

Figura 19

Pérdidas por atenuación en el XBOX



De la figura anterior observamos que dentro del XBOX se tiene dos eventos, un empalme por fusión que aceptaremos como umbral 0.1dB y un enfrentamiento entre conectores que para esta propuesta será del tipo SC/APC, con un umbral de pérdida por conectores de 0.3dB, entonces en total por hilo la pérdida en el XBOX no debería ser mayor de 0.4dB.

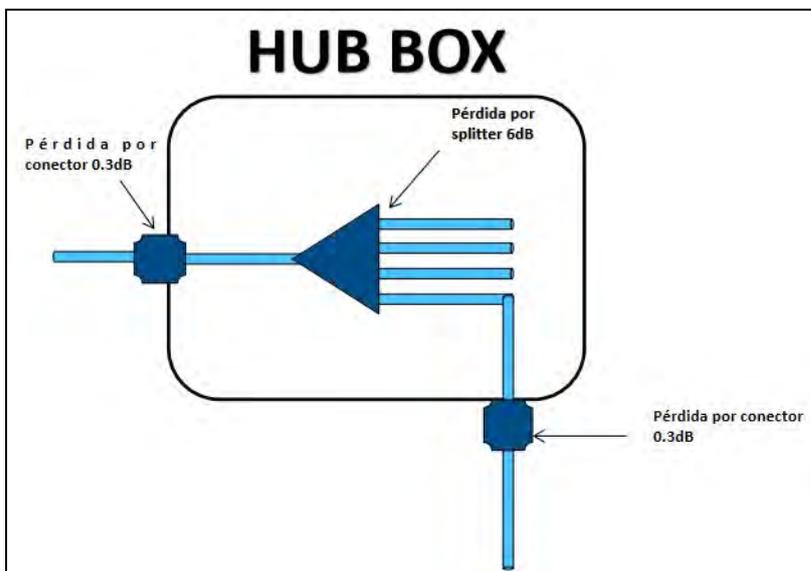
c. HUB BOX, Splitter

Este elemento es el primer splitter de 1:4 de cara a los clientes finales, y como lo que vamos hacer es dividir la potencia de entrada en 4 esperaremos una pérdida por splitter de 6dB, con el cual desplegaremos nuestra topología en cascada y tiene la particularidad que tanto la entrada como salida es a través de cables pre conectorizados, en los cuales mantendremos un umbral de pérdida por conector de 0.3dB, siendo así a continuación

se mostrará el detalle de la pérdida total en el HUB BOX.

Figura 20

Caja de splitter HUB BOX

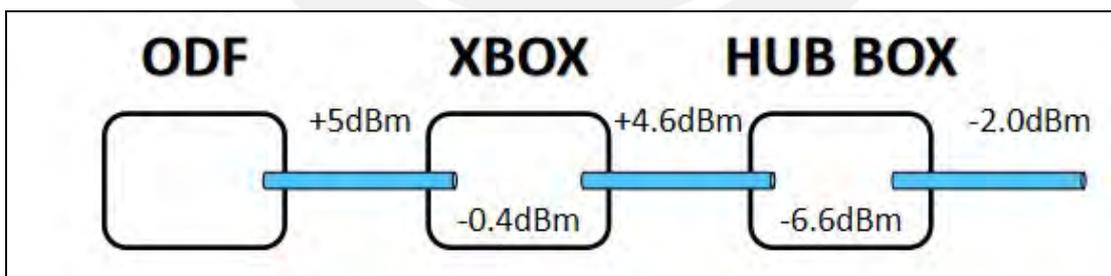


De la figura anterior, se observa que la pérdida total para cada uno de los 4 hilos que salen del HUB BOX sería 6.6dB

Por lo ya descrito, a continuación se mostrará en resumen de la pérdida de cada elemento; cabe precisar que falta considerar la atenuación por distancia y eventos que surjan en el tendido del cable de fibra óptica.

Figura 21

Atenuación acumulada hasta el HUB BOX



De cual se concluye que en la Red de Transporte la atenuación teórica que suma al enlace es de -7dBm; los cuales serán sumados a la potencia de salida en el ODF que se ubica en el gabinete outdoor.

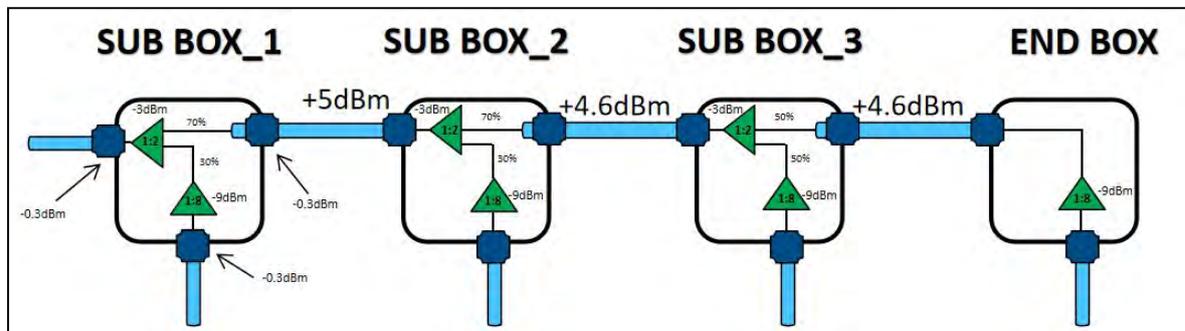
3.1.2 Equipamiento para el tendido de red de distribución

Para esta propuesta, la red de distribución permitirá extender la cobertura en las localidades rurales de interés a través de las SUB BOX, quien a su vez en forma de

cascada irán redistribuyendo las potencias a los siguientes saltos, tal como se muestra a continuación:

Figura 22

Atenuación en la red de Distribución



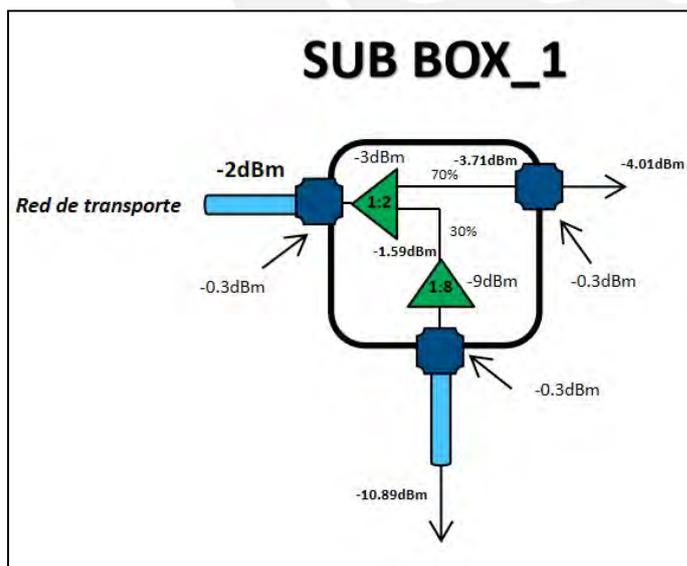
Del gráfico anterior se observa que la red de distribución está compuesta por 4 elementos, todos conteniendo splitter con cargas desbalanceadas que detallaremos a continuación:

a.1. SUB BOX_1

Es el primer elemento que recibe la potencia de la red de transporte y a través de su splitter de $1:2$, transfiere el 70% de la potencia al siguiente salto y el 30% lo transfiere a otro splitter de $1:8$, con la finalidad de brindar servicios a los clientes finales.

Figura 23

Potencia desbalanceada en el SUB BOX 1



De la figura anterior se observa que para el siguiente salto la potencia que se transfiere es de -4.01dBm , lo cual es aún muy alta para conectar directo a una ONU; por lo cual es necesario continuar con los splitter hasta llegar a una potencia óptima para conectar a los equipos de cliente; por otro lado se tiene otra ramificación que va a un

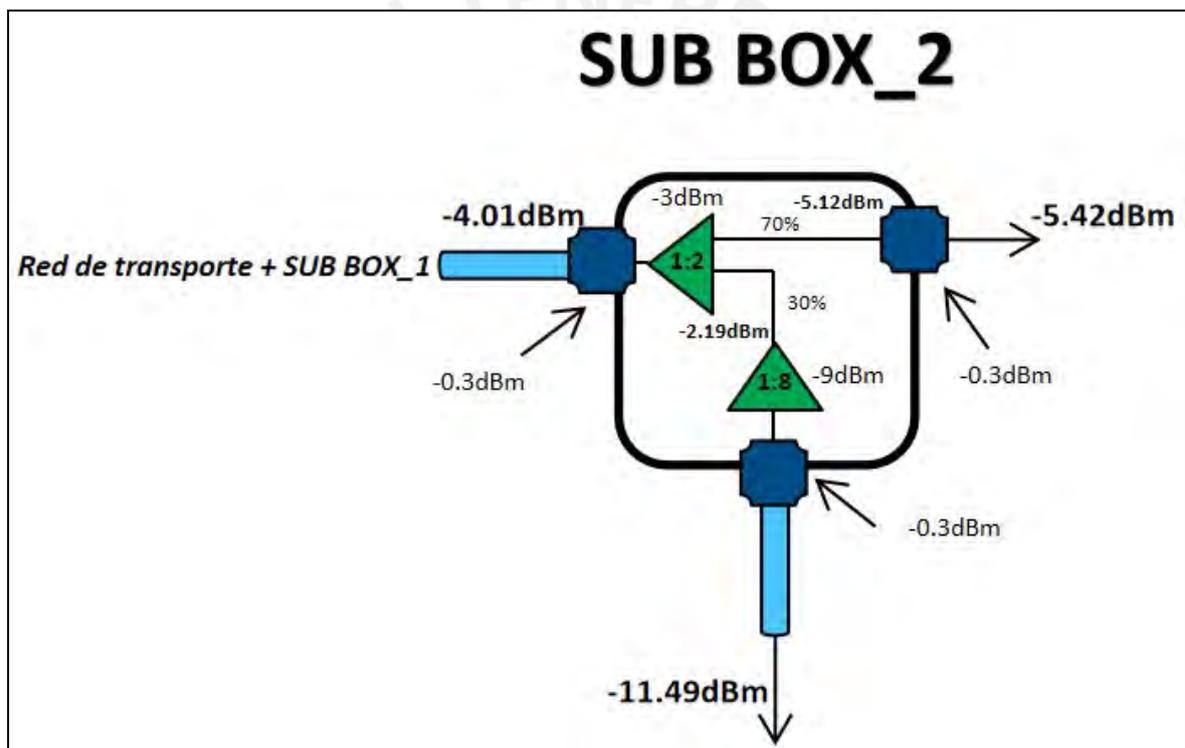
splitter de 1:8 con el cual se logra atenuar la señal óptica lo suficiente para estar en el rango de trabajo de la ONU, es decir si consideramos que la potencia que ingresa al splitter de 1:8 es de -1.59dBm y añadimos la pérdida por el mismo splitter y la pérdida por el conector, nos quedaríamos con una potencia de -10.89dBm , con lo cual se podría atender directamente a los usuarios finales.

a.2. SUB BOX_2

Es el segundo elemento que recibe la potencia de la red de transporte y a través de su splitter de 1:2, transfiere el 70% de la potencia al siguiente salto y el 30% lo transfiere a otro splitter de 1:8, con la finalidad de brindar servicios a los clientes finales.

Figura 24

Potencia desbalanceada en el SUB BOX_2



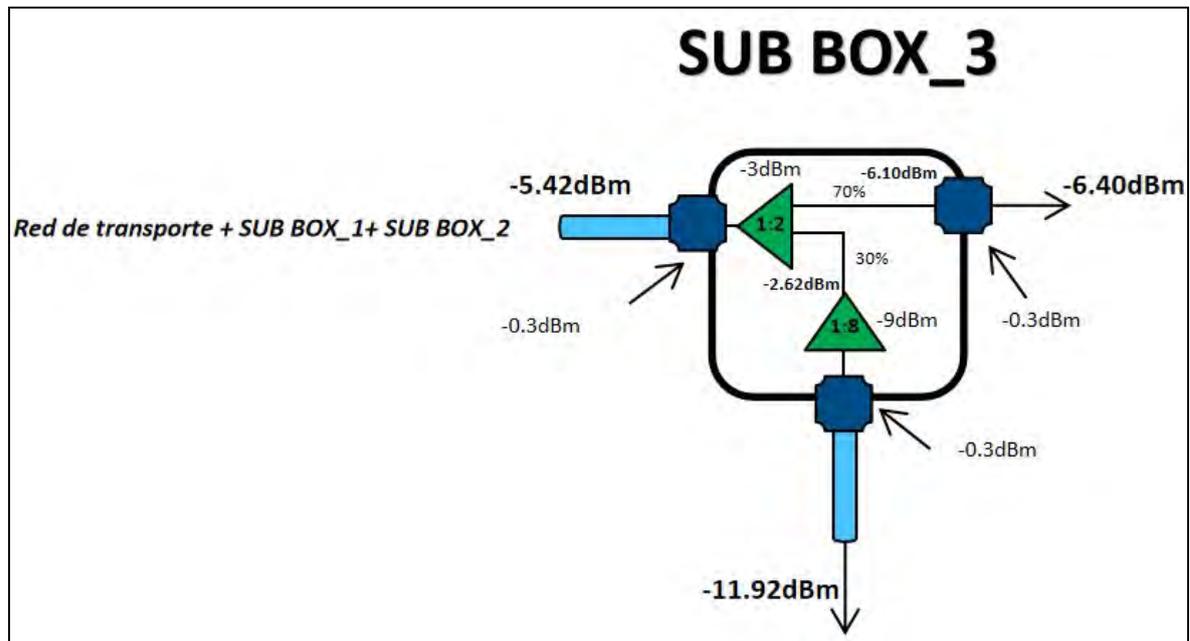
De la figura anterior se observa que para el siguiente salto la potencia que se transfiere es de -5.42dBm , lo cual es aún muy alta para conectar directo a una ONU; por lo cual es necesario continuar con los splitter hasta llegar a una potencia óptima para conectar a los equipos de cliente; por otro lado se tiene otra ramificación que va a un splitter de 1:8 con el cual se logra atenuar la señal óptica lo suficiente para estar en el rango de trabajo de la ONU, es decir si consideramos que la potencia que ingresa al splitter de 1:8 es de -2.19dBm y añadimos la pérdida por el mismo splitter y la pérdida por el conector, nos quedaríamos con una potencia de -11.49dBm , con lo cual se podría atender directamente a los usuarios finales.

a.3. SUB BOX_3

Es el tercer elemento que recibe la potencia de la red de transporte y a través de su splitter de 1:2, transfiere el 70% de la potencia al siguiente salto y el 30% lo transfiere a otro splitter de 1:8, con la finalidad de brindar servicios a los clientes finales.

Figura 25

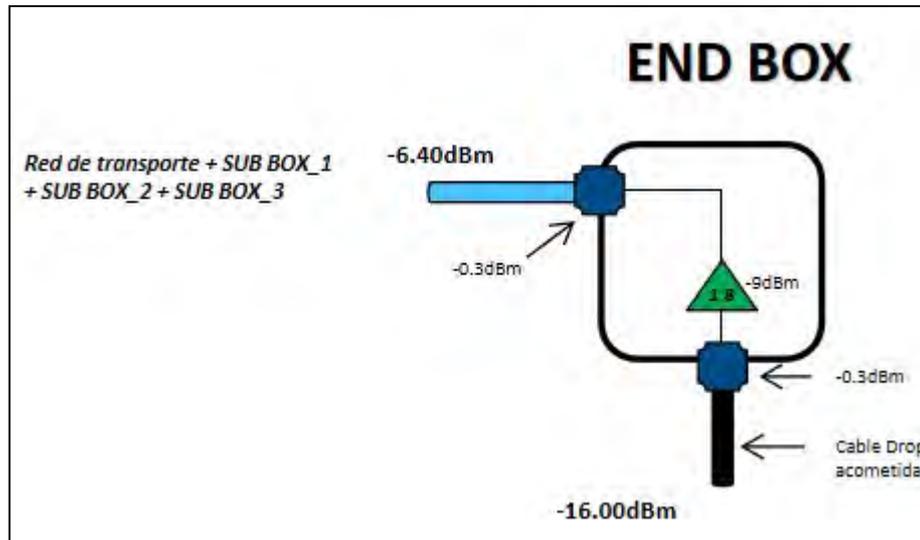
Potencia desbalanceada en el SUB BOX_3



De la figura anterior se observa que para el siguiente salto la potencia que se transfiere es de -6.40dBm , lo cual es aún muy alta para conectar directo a una ONU; por lo cual es necesario continuar con los splitter hasta llegar a una potencia óptima para conectar a los equipos de cliente; por otro lado se tiene otra ramificación que va a un splitter de 1:8 con el cual se logra atenuar la señal óptica lo suficiente para estar en el rango de trabajo de la ONU, es decir si consideramos que la potencia que ingresa al splitter de 1:8 es de -2.62dBm y añadimos la pérdida por el mismo splitter y la pérdida por el conector, nos quedaríamos con una potencia de -11.92dBm , con lo cual se podría atender directamente a los usuarios finales.

a.4. END BOX

Es el último elemento de la red de distribución que recibe potencia de la red de transporte y a través de su splitter de 1:8 brinda servicios a los clientes finales, por recomendación de la industria no se debería hacer más saltos debido podríamos salir del rango de potencia de operación de las ONU,

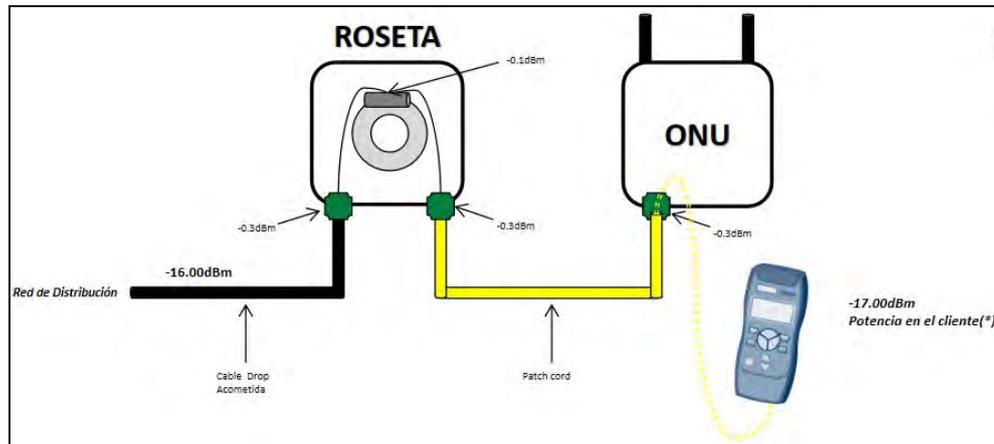
Figura 26*Potencia desbalanceada en el END BOX*

De la figura anterior se observa que para el último salto el END BOX sólo cuenta con un splitter de 1:8 para atender directamente usuarios finales, tal es así que la potencia que ingresa de saltos anteriores se verá afectada por la pérdida de 2 conectores y por la atenuación del splitter de 1:8; obteniendo a la salida una potencia de -16.00dBm , con lo cual se podría atender directamente a los usuarios finales.

Cabe precisar que a estos valores de potencia les falta añadir las atenuaciones por longitud y eventos propios de la planta externa en cada localidad rural.

3.1.3 Equipamiento para el tendido de red de acceso

Para la presente propuesta la red de acceso denominaremos como aquella que interconecta el END BOX con el equipo óptico del cliente, en adelante ONU; para ello usaremos un cable con mensajero tipo Drop flexible, el cual ingresará al establecimiento o casa del cliente hasta una roseta óptica donde se hará un empalme por fusión para obtener del otro lado de la Roseta un patch cord que se conectará a la ONU a fin de dar el servicio deseado

Figura 27*Equipamiento para red de acceso*

De la figura anterior, se observa que manteniendo la practicidad del pre conectorizado usaremos una roseta óptica que ya contiene una fusión interna, y conectores tanto del lado para la red de distribución, cable drop; así como para el lado del equipo del cliente ONU; con ello se aprecia que el técnico instalador no debería usar ninguna máquina de alta precisión, costosa ya que en las zonas rurales de nuestro país el acceso es complicado, las condiciones ambientales no son siempre favorables y muchas marcas de fusionadoras no tienen los mismo resultados a diferentes niveles de presión atmosféricas.

Como resumen de la red FTTH se puede decir que al optar por una solución pre conectorizada, obtendremos avances rápidos con valores estándar de atenuación en cada enlace tal es así que podemos concluir que solo los elementos pasivos de nuestra red FTTH, desde el ODF hasta la ONU acumulan una atenuación de -22.00dB , lo cual deberá ser añadido a la atenuación por distancia y eventos propios en la planta externa.

3.2. Recurso de energía

Para cumplir con el energizado de la OLT outdoor requerimos arrendar 0.5KW a la empresa concesionaria, para ello necesitaremos instalar una llave termo magnética cerca al gabinete para así luego conectar con un cable al rectificador, para mayor detalle a continuación se muestra una instalación:

Figura 28*Llave termomagnética de respaldo de energía*

De la Figura se observa el punto donde se recibe el cable de energía con los 0.5KW, posterior a ello se conecta un cable de energía al rectificador como se muestra a continuación:

Figura 29*Recorrido del cable de energía*

Con ello, energizamos el rectificador quien a su vez convertirá la energía de AC a DC, ahora se debe considerar que los umbrales de energía de la OLT son los siguientes:

- Voltaje de trabajo: DC: -48 V ($\pm 20\%$), -60 V ($\pm 20\%$); AC: 88V~290V
- Corriente de trabajo: DC: 5 A; AC: 2 A

En atención a ello, extraeremos un reporte de una OLT en funcionamiento donde podremos observar la capacidad de la potencia y el consumo de energía con un total de 15 clientes ubicados en un mismo puerto de servicio:

Figura 30

Verificación de cantidad de ONUs

```
#show gpon onu state
```

OnuIndex	Admin state	OMCC state	Phase state	Speed mode
1/3/1:1	enable	enable	working	GPON
1/3/1:2	enable	enable	working	GPON
1/3/1:3	enable	disable	OffLine	N/A
1/3/1:4	enable	enable	working	GPON
1/3/1:5	enable	enable	working	GPON
1/3/1:6	enable	enable	working	GPON
1/3/1:7	enable	disable	DyingGasp	GPON
1/3/1:8	enable	disable	OffLine	N/A
1/3/1:9	enable	enable	working	GPON
1/3/1:10	enable	enable	working	GPON
1/3/1:11	enable	disable	OffLine	N/A
1/3/1:12	enable	enable	working	GPON
1/3/1:13	enable	enable	working	GPON
1/3/1:14	enable	enable	working	GPON
1/3/1:65	enable	disable	OffLine	N/A

ONU Number: 10/15

De la figura anterior se observa que todos los clientes están ubicados en el puerto de servicio 1/3/1, ahora veremos cuanto consumen en energía en la OLT:

Figura 31

Consumo de energía de la OLT

```
OLT_C610_YAUYOS_1#show power
```

[shelf 1 ICC]:

Total power capacity	: 327.44W	Total used power	: 69.06W
Power type	: DC	Power group numbers	: 1
Power modules per group	: 2	Division numbers	: 1
Redundancy type	: 1+1		

Group 0 (N)	power capacity	: 163.72W
Group 0 (1)	power capacity	: 163.72W
Used power		: 69.06W

Supply	Power	Power	Power	Phy	Power	Com	Run
Division	Module	Name	Vendor	Status	Status	Status	Status
0	0	PD130-12AA	M/A	online	normal	normal	normal
0	1	PD130-12AA	M/A	online	normal	normal	normal

Power	Power	Power	Output	Output	Power	Power	Software
Module	Temperature	Capacity	Voltage	Current	Allotted	Available	Version
0	50C	163.72W	47.63V	1.45A	69.06W	94.66W	V0.0
1	50C	163.72W	47.63V	0.00A	0.00W	163.72W	V0.0

De la gráfica anterior se observa que la capacidad de la potencia de la OLT es de

327.44W, por lo cual necesitamos arrendar del concesionario eléctrico 0.5KW; para cubrir esta demanda; por otro lado, podemos ver que considerando 15 usuarios finales el consumo de energía en la OLT es de 69W es decir un 20% aproximadamente.

3.3. Recurso de red

En esta sección hablaremos de los recursos de red que nos permitirán configurar las OLTs outdoor para esta propuesta, lo que es la OLT trabaja a nivel de capa 2 y capa 3 es decir podemos configurar IP para ciertas VLAN con la finalidad de interconectar a equipos IP y poder cursar tráfico de servicios hacia los usuarios finales a través de la OLT por sus puertos uplink; no obstante debemos conocer que estos puertos son configurados como switchport por ello la configuración es en capa 2, quien a su vez canalizará el tráfico de cada servicio hacia los equipos IP como servidores de contenidos a través de VLANs y también enrutar el tráfico descendente hacia las ONUs permitiendo que se le asigne una IP a cada equipo de usuario para tener una comunicación end to end, a continuación definiremos a modo de ejemplo 2 OLTs de la región Huancavelica, provincia Huaytará distritos Santo Domingo de Capillas, para atender a las localidades beneficiarias de Santo Domingo de Capillas y Huañacancha; así como, una OLT en el distrito de Querco quien brindará servicio en la localidad de Pacamarca; estas 3 localidades rurales forman partes de las beneficiarias en el Proyecto Regional Huancavelica y serán partes del análisis en la presente tesis para hacer una migración en sus redes de acceso de Redes terrestres de microondas a una red FTTH, para ello en el siguiente cuadro definiremos nombres de las OLT referenciales y asociados al nombre del distrito, IP de las OLTs, VLAN de servicio, VLAN de gestión y equipo y puerto de capacidad Gbps para conectar en los nodos distritales del Proyecto Regional Huancavelica:

Tabla 4

Recursos de red para los distritos.

OLT GPON	ANILLO	IP OLT	IP GATEWAY	VLAN DATOS	VLAN VOZ	VLAN EMPRESAS	VLAN GESTION	Metro Origen	
								ROUTER MULTIFUNCION	Port
OLT_C610_STO DOMINGO DE CAPILLAS_1	HUAYTARÁ	10.10.10.3	10.10.10.2	1731	3731	741	2001	STO-DOMINGO_HL4	GE0/9/1
OLT_C610_QUERCO_1	HUAYTARÁ	10.10.10.7	10.10.10.6	1736	3736	746	2001	QUERCO_HW1_HL4	GE0/4/1

Del cuadro anterior vemos que para la OLT_C610_STO DOMINGO DE CAPILLAS_1, se esta asignando una IP de la OLT 10.10.10.3/24 el cual servirá para identificar la OLT en un diagrama lógico de la red; además configuraremos la IP GATEWAY 10.10.10.2 en

el equipo router multifunción del nodo distrital, ya que este equipo va estar conectado directamente a través de un cable de fibra óptica a la OLT y será el siguiente salto para direccionar tráfico hacia los servidores de contenidos y servidor de gestión.

Para este particular se ha tomado como muestra al distrito de Santo Domingo de Capillas ya que cuenta con dos localidades beneficiarias de un aproximado de 300 habitantes y 70 hogares en cada uno, por lo cual vamos a poder atender con una sola OLT asignando 8 puertos de servicios a cada localidad. Por otro lado, hemos tomado como muestra la localidad beneficiaria Pacamarca quien en la región Huancavelica esta mas distante de un nodo distrital esto con la finalidad de hacer un cálculo de link budget y demostrar que incluso para los lugares más remoto se puede implementar esta solución.

3.4. Configuración de OLT

En este ítem detallaremos las líneas de comando por CLI que se debe configurar en cada OLT para proveer los servicios de Datos y VoIP, con esto pretendemos ofrecer un paquete de servicios a los usuarios finales de última generación por una sola estructura:

3.4.1. Configuración de servicios VoIP y Datos en OLT

En este ítem vamos a tomar como ejemplo la OLT_C610_STO DOMINGO DE CAPILLAS_1, para generar las líneas de comando.

```

conf t.....entramos en modo configuración en la OLT
aaa-authentication-template 2001.....modo de autenticación
aaa-authentication-type local
exit
system-user
authentication-template 1
bind aaa-authentication-template 2001.....configuración de usuario
exit
authorization-template 1
bind aaa-authorization-template 2001
local-privilege-level 15.....configuración de grado de privilegios
exit
strong-password check disable .....configuración de modo de contraseña
no global-user-aging day
user-name zte.....usuario
password zte.....password
bind authentication-template 1
bind authorization-template 1
no once-password.....para que entre a modo root automáticamente

```

exit

exit

gpon.....*configuraremos los perfiles de los servicios*

profile tcont T4_1G type 4 maximum 1000000

profile tcont T4_100M type 4 maximum 100000

profile tcont T1_128K type 1 fixed 128

profile tcont Speedy_IPTV type 3 assured 4864 maximum 18432

exit

pon.....*configuramos el perfil del ONU estándar*

onu-type ZTE-F668 gpon

onu-type ZTE-F668 gpon max-tcont 8

onu-type ZTE-F668 gpon max-gemport 32

onu-type-if ZTE-F668 eth_0/1

onu-type-if ZTE-F668 eth_0/2

onu-type-if ZTE-F668 eth_0/3

onu-type-if ZTE-F668 eth_0/4

onu-type-if ZTE-F668 pots_0/1

onu-type-if ZTE-F668 pots_0/2

onu-type HGU-ENTERPRISE gpon

onu-type HGU-ENTERPRISE gpon max-tcont 8

onu-type HGU-ENTERPRISE gpon max-gemport 128

onu-type-if HGU-ENTERPRISE eth_0/1

onu-type-if HGU-ENTERPRISE eth_0/2

onu-type-if HGU-ENTERPRISE eth_0/3

onu-type-if HGU-ENTERPRISE eth_0/4

onu-type-if HGU-ENTERPRISE pots_0/1

onu-type-if HGU-ENTERPRISE pots_0/2

exit

vlan 1731.....*VLAN de datos*

exit

vlan 741.....*VLAN para empresas*

exit

vlan 3731.....*VLAN para voz*

```

exit
vlan 2001.....VLAN para gestión de la OLT
exit

```

// a continuación se configura el snmp server donde se gestionará la OLT y se podrá monitorear remotamente

```

snmp-server community TDP_public2 view AllView ro
snmp-server community TDP_private2 view AllView rw
snmp-server host 10.123.239.6 trap version 2c TDP_public2 udp-port 162
snmp-server version v2c enable

```

```

interface vlan2001.....configuramos la vlan de gestión
ip address 10.10.10.3 255.255.255.0.....configuramos la IP de OLT
exit
hostname OLT_C610_STO DOMINGO DE CAPILLAS_1.....nombre de la OLT
ip route 10.123.239.6 255.255.255.255 10.10.10.2.....configuramos ruta al server

```

```

interface xgei-1/1/1.....configuramos el interface uplink
switchport mode hybrid
switchport vlan 1731,3731,741,2001 tag
no shut
exit

```

```

interface smartgroup1.....configuramos para agrupar interfaces uplink
switchport mode hybrid
switchport vlan 1731,3731,741,2001 tag
exit
lacp

```

```

interface smartgroup1
lacp mode 802.3ad.....configuramos el protocolo LACP
lacp load-balance src-mac
exit

```

```

interface xgei-1/1/1
smartgroup 1 mode active
exit
exit

```

```
ssh server enable
```

```
interface xgei-1/1/1.....encendemos los puertos uplink
```

```
no shut
```

```
speed speed-1G
```

```
exit
```

```
interface xgei-1/1/2.....en este caso no prenderemos los demas puertos
```

```
speed speed-1G
```

```
exit
```

```
interface xgei-1/1/3
```

```
speed speed-1G
```

```
exit
```

```
interface xgei-1/1/4
```

```
speed speed-1G
```

```
exit
```

//Ahora configuramos los planes de los servicios a ofrecer, se puede añadir mas planes dependiendo la demanda

```
traffic-profile G_SP_35M_UP cir 39424 cbs 1023 pir 39424 pbs 1023
```

```
traffic-profile G_SP_50M_UP cir 56320 cbs 1023 pir 56320 pbs 1023
```

```
traffic-profile G_SP_70M_UP10_UP cir 78848 cbs 1023 pir 78848 pbs 1023
```

```
traffic-profile G_SP_140M_UP cir 179200 cbs 1023 pir 179200 pbs 1023
```

```
traffic-profile G_SP_200MB_UP cir 256000 cbs 1023 pir 256000 pbs 1023
```

```
traffic-profile G_SP_300M_UP cir 320000 cbs 1023 pir 320000 pbs 1023
```

```
traffic-profile G_SP_500M_UP cir 563200 cbs 1023 pir 563200 pbs 1023
```

```
traffic-profile G_SP_1000M_UP cir 1126400 cbs 1023 pir 1126400 pbs 1023
```

Estas últimas líneas obedecen a los planes del servicio de acceso a internet a ofrecer en los usuarios finales donde como ejemplo se ha considerado planes desde 35Mbps hasta 1Gbps, esto se ve acotado por el valor del CIR, lo cual puede variar ya que según lo indicado por el ente regulador de la telecomunicaciones OSIPTEL los ISP tienen la opción de asegurar la velocidad hasta un 40% del valor ofrecido.

Para provisionar los servicios a los clientes finales usaremos VLAN stacking con la finalidad de reutilizar las VLAN de servicios asignados, es decir, para el tráfico de la data por usuario usaremos una etiqueta VLAN interna y una etiqueta VLAN externa.

3.4.2. Configuración de servicios TVIP en OLT

El formato para configurar la OLT, los comandos son iguales ya que se desplegará el mismo modelo de equipo en todos los proyectos, lo que va cambiar es básicamente la IP de cada OLT, las VLAN de servicios y la ruta al servidor snmp.

Por ello en este ítem mostraremos los recursos que se necesita para proveer el servicio de IPTV y la configuración en la OLT de este servicio.

Tabla 5

Recursos para IPTV en las OLT

OLT FTTH	IP-Interface Relay-OLT	IP UNICAST	IP MCAST	IP OLT	RED RELAY	DIRECCION GATEWAY UNICAST (192.168.16.0/20)	DIRECCION GATEWAY MCAST(192.168.2.0/20)
OLT_C610_STO DOMINGO DE CAPILLAS_1	10.0.0.1	192.168.2.34	192.168.16.34	10.10.10.3	10.0.0.0	192.168.2.33	192.168.16.33
OLT_C610_QUERCO_1	10.0.64.1	192.168.2.38	192.168.16.38	10.10.10.7	10.0.64.0	192.168.2.37	192.168.16.37

Del cuadro anterior se observa los recursos para IPTV que se debe considerar en las OLT, vemos que tenemos un canal Unicast donde se tendrá un servidor DHCP de contenidos que permitirá la comunicación end to end; por otro lado tenemos un canal Multicast donde se podrá transmitir a un grupo de clientes suscritos a este tipo de contenido. Para este ejemplo vamos a considerar que tenemos ya definido un servidor DHCP principal y secundario, con lo cual a continuación mostraremos la configuración que se debe seguir en la OLT para configurar el servicio de IPTV:

```

conf t.....se ingresa en modo configuración
interface smartgroup1.....configuramos el smartgroup1
  switchport vlan 4000,4001 tag.....usaremos VLAN para IPTV
exit
igmp span-vlan enable.....habilitamos el protocolo igmp
igmp enable
vlan 40.....usaremos vlan 40 para asociar al gempport
  description USER_VLAN_IPTV
  multicast-packet dropUnknown
  igmp span-vlan
exit
vlan 4000.....configuramos la VLAN UNICAST
  description VLAN-IPTV-UNICAST

```

```

exit
vlan 4001.....configuramos la VLAN MULTICAST
  description VLAN-IPTV-MULTICAST
  multicast-packet dropUnknown
exit
ip vrf IPTV_UNICAST
  description IPTV-UNICAST
  rd 4000:4000
  address-family ipv4
exit
exit
interface vlan40
  ip vrf forwarding IPTV_UNICAST
  ip address 10.0.0.1 255.255.192.0.....interface relay
exit
interface vlan4000
  ip vrf forwarding IPTV_UNICAST
  ip address 192.168.2.34/30.....IP unicast
exit
interface vlan4001
  ip address 192.168.16.34/30.....IP multicast
exit
router bgp 64883
  synchronization disable
  bgp router-id 10.10.10.3.....IP OLT_C610_STO DOMINGO DE CAPILLAS_1
  no address-family ipv4 vrf IPTV_UNICAST
  address-family ipv4 vrf IPTV_UNICAST
  network 10.0.0.0 255.255.192.0.....configuramos ip red relay
  neighbor 192.168.2.33 remote-as 6147.....configuramos gw unicast
  neighbor 192.168.2.33 activate
  neighbor 192.168.2.33 description HL4-2
exit
exit
igmp mvlan 4001
  query-version v2
  dscp 34

```

```

group 238.0.0.0 to 238.0.0.254
group 237.2.0.0 to 237.2.1.254
group 239.130.0.0 to 239.132.0.1
group-filter disable
host-ip 192.168.16.34.....configuramos IP multicast
priority 4
source-port smartgroup1
ssm-address-range 232.0.0.0 255.0.0.0
exit
mvlan-translate 4001 to 40
ip dhcp relay server group 1
  server 1 10.252.37.4 master.....servidor DHCP principal
  server 2 10.252.38.4.....servidor DHCP secundario
exit
dhcp
  enable
  interface vlan40
    mode proxy
    relay server group 1
    relay agent 10.0.0.1.....interface relay
  exit
exit
exit
exit

```

3.5. Provisionamiento de servicios en la ONU

En este ítem mostraremos la línea de comandos para provisionar de servicios en los equipos ONU de los clientes finales:

```

conf t.....procedemos a entrar en modo conf
interface gpon_olt-1/3/1.....ingresamos a la interface del 1er puerto PON
  onu 1 type ZTE-F668 sn MSTC32FB4D43.....renombramos a la ONU como 1
exit
interface gpon_onu-1/3/1:1.....ahora entramos a la interface de la ONU
  tcont 1 profile T4_1G
  tcont 2 profile T1_128K
  tcont 3 profile Speedy_IPTV
  gempport 1 tcont 1

```

```

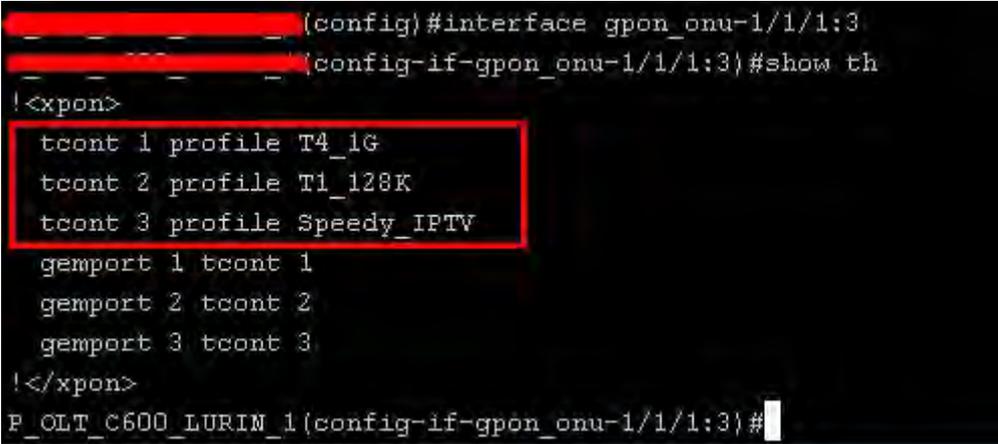
gempport 2 tcont 2
gempport 3 tcont 3.....configuramos los tcont y gempport de servicio
exit
pon-onu-mng gpon_onu-1/3/1:1.....asignamos a cada gempport una VLAN
service HSI gempport 1 vlan 10.....VLAN 10 para datos
service VOIP gempport 2 vlan 20.....VLAN 20 para VoIP
service IPTV gempport 3 vlan 40.....VLAN 40 para IPTV
exit
interface vport-1/3/1.1:1.....configuramos servicio de datos a 70Mbps
service-port 1 user-vlan 10 vlan 11 svlan 1731 ingress G_SP_70M_UP10_UP egress
G_SP_70M_UP10
exit
interface vport-1/3/1.1:2.....configuramos servicio de VoIP
service-port 2 user-vlan 20 vlan 11 svlan 3731
exit
interface vport-1/3/1.1:3.....configuramos servicio de IPTV
service-port 3 user-vlan 40 vlan 40 egress Speedy_ipvt
exit
igmp mvlan 4001.....enrutamos tráfico multicast
receive-port vport-1/3/1.1:3
exit

```

Para mayor detalle a continuación se muestra como refleja estas configuraciones en la OLT, para este ejemplo tomaremos una ONU 3 ubicada en el 1er puerto PON:

Figura 32

Perfil configurados en la OLT



```

P_OLT_C600_LURIN_1(config)#interface gpon_onu-1/1/1:3
P_OLT_C600_LURIN_1(config-if-gpon_onu-1/1/1:3)#show th
!<xpon>
tcont 1 profile T4_1G
tcont 2 profile T1_128K
tcont 3 profile Speedy_IPTV
gempport 1 tcont 1
gempport 2 tcont 2
gempport 3 tcont 3
!</xpon>
P_OLT_C600_LURIN_1(config-if-gpon_onu-1/1/1:3)#

```

De la gráfica anterior se observa cómo queda grabado los perfiles de los servicios

configurados en la ONU.

Figura 33

Vport configurados en la OLT

```

[redacted] (config)#interface vport-1/1/1.2:1
[redacted] (config-if-vport-1/1/1.2:1)#show th
!<MSAN>
  service-port 1 user-vlan 10 vln 11 svlan 1812
!</MSAN>
[redacted] (config-if-vport-1/1/1.2:1)#exit
[redacted] (config)#interface vport-1/1/1.2:2
[redacted] (config-if-vport-1/1/1.2:2)#show th
!<MSAN>
  service-port 2 user-vlan 20 vln 11 svlan 3812
!</MSAN>
[redacted] (config-if-vport-1/1/1.2:2)#exit
[redacted] (config)#interface vport-1/1/1.2:3
[redacted] (config-if-vport-1/1/1.2:3)#show th
!<MSAN>
  service-port 3 user-vlan 40 vln 40 egress Speedy_iptv
!</MSAN>

```

De la figura anterior se observa cómo se graba la configuración en cada vport de servicio.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS ECONÓMICO Y ESTRATÉGICO

En el presente capítulo se presentan los costos estimados para la etapa de pre inversión, ejecución, operación y mantenimiento, respecto a la propuesta de una red de acceso FTTH para el distrito de Santo Domingo de Capillas, provincia Huaytará, región Huancavelica; en el cual atenderemos a las dos localidades beneficiarias: “i) Santo Domingo de Capillas, con sus beneficiarios I.E. José Carlos Mariategui y C.S. Santo Domingo de Capillas; y ii) Centro Poblado Huañacancha, con sólo 1 entidad beneficiaria el P.S. Huañacancha” esto de acuerdo a lo estipulado en el Proyecto Regional Huancavelica; lo cual tomaremos como una muestra para el resto de distritos de la región y a su vez como referencia para las demás regiones.

4.1. Costo de Inversión

Los costos de inversión están divididos, según lo indicado en la Tabla N° 4.1, y considerando el tipo de cambio del dólar de acuerdo a la base de datos de la SBS, para este particular se consideró la base de datos septiembre del año 2023, fecha en que se formuló el proyecto.

Tabla 6

Costo de inversión a nivel de componentes

COMPONENTES	S/	\$ USD
Estudio y elaboración de expediente	S/15.646,80	\$4.103,54
CAPEX	S/83.894,79	\$22.019,63
Instalación	S/42.596,82	\$11.180,27
Operación y Mantenimiento	S/1.297.105,00	\$335.169,25
Total de Inversión	S/1.439.243,41	\$372.472,69

Nota. Elaboración propia.

4.1.1 Estudio y elaboración de expediente

En esta sección, analizaremos los costos para el estudio en campo o levantamiento de información además de la elaboración del expediente técnico; Para este particular de acuerdo al mercado se ha sacado una cotización por postes para calcular el coste de esta actividad, donde de acuerdo al diseño de la red FTTH del distrito de Santo Domingo de Capillas se tiene la siguiente cantidad de infraestructura considerando sus dos centros poblados beneficiarios siendo Santo Domingo de Capillas y Huañacancha:

Tabla 7

Costo de estudio y elaboración de expediente (S/ con IGV)

N°	ITEM	DESCRIPCIÓN	CENTRO POBLADO	CANTIDAD POSTES	COSTO/U	TOTAL + IGV (S/)	TOTAL + IGV (\$)
1	POSTE	NUEVO	Santo Domingo de Capillas	5	S/195,00	S/1.150,50	\$301,73
2	POSTE	EXISTENTE	Santo Domingo de Capillas	10	S/195,00	S/2.301,00	\$603,46
3	POSTE	NUEVO	Huañacancha	50	S/195,00	S/11.505,00	\$3.017,31
4	POSTE	EXISTENTE	Huañacancha	3	S/195,00	S/690,30	\$181,04
TOTAL ESTUDIO DE CAMPO STO. DOMINGO DE CAPILLAS				68	S/195,00	S/15.646,80	\$4.103,54

Del cuadro anterior se observa que el monto total considerando IGV asciende a \$4.103,54 (Cuadro mil ciento tres con 00/54 céntimos de dólar).

4.1.2. EI CAPEX

Refleja los costos de aquella infraestructura de telecomunicaciones que conecta con fibra óptica los centros poblados beneficiarios a la Capitales Distritales (PR Huancavelica). Los rubros que componen el CAPEX de la Red de Transporte son:

- Red Pasiva de fibra óptica.
- Red Activa en los cuales se considera los equipos GPON.
- Infraestructura
- Equipos de abonado

Tabla 8

CAPEX (\$ con IGV)

N°	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	C/U	USD sin IGV
DETALLE DE LA INVERSIÓN - RED FTTH SIN IGV					
1	RED PASIVA DE FIBRA ÓPTICA				\$3.624,97
1.1	Cable de Fibra óptica	m	5250	0,55	\$2.887,50
1.2	Cajas de empalme o splitter	unidad	15	6,43	\$96,45
1.3	Cable Drop pre conectorizado de fibra óptica	m	1650	0,15	\$247,50
1.4	Patch cord LC-UPC/LC-UPC (uplink)	unidad	8	5,90	\$47,20
1.5	Patch cord SC-UPC/SC-APC (downlink)	unidad	16	6,02	\$96,32
1.6	Ferretería	total	-	250,00	\$250,00
2	RED ACTIVA DE FIBRA ÓPTICA				\$6.461,33
2.1	Gabinete EC90EB outdoor	unidad	1	1650,68	\$1.650,68
2.2	OLT C610	unidad	1	3045,70	\$3.045,70
2.3	Gabinete ZXA10 BC100	unidad	1	1004,95	\$1.004,95

2.4 Banco de baterías 14Ah	unidad	1	760,00	\$760,00
3 INFRAESTRUCTURA				\$7.510,00
3.1 Poste de concreto 10m	unidad	48	120,00	\$5.760,00
3.2 Poste de fibra de vidrio 10m	unidad	7	250,00	\$1.750,00
4 EQUIPOS DE ABONADO				\$175,80
4.1 Cable de acometida de fibra óptica	m	120	0,03	\$3,45
4.2 Roseta óptica	unidad	3	0,60	\$1,80
4.3 Patch cord	unidad	3	0,99	\$2,97
4.4 ONU	unidad	3	55,86	\$167,58
SUB - TOTAL RED FTTH				\$17.772,10
CONTINGENCIA GENERAL DE LA RED FTTH - 5%				\$888,60
TOTAL CAPEX - RED FTTH + IGV				\$22.019,63

El cuadro anterior refleja el coste de los componentes de la red FTTH para el distrito de Santo Domingo de Capillas, con sus dos centros poblados beneficiarios; con esto se beneficiaría a un total de 724 personas y 580 viviendas con cobertura para el acceso a internet de banda ancha por fibra óptica.

4.1.3 Instalación

En este ítem se muestra el detalle del costo para la instalación de una red FTTH considerando desde el montaje del gabinete de la OLT, despliegue de la red de fibra óptica, empalme por fusión, instalación de HUB, instalación de postes y conexión a los usuarios finales, para mayor información el siguiente cuadro:

Tabla 9

Costo de Instalación (\$ con IGV)

N°	Partida	Unidad	Costo	Cantidad Total	Costo Total
1	Cable de fibra óptica	ml	\$0,58	7000	\$4.041,99
2	Caja de empalme (fusión)	Und	\$21,00	2	\$41,99
3	Hub splitter (preconectorizado)	Und	\$5,25	13	\$68,24
4	Fusión de fibra óptica	Hilo	\$3,94	24	\$94,49
5	Conexión de abonado	ONU	\$39,37	3	\$118,11
6	Excavación e instalación de poste	Poste	\$39,37	55	\$2.165,35
7	Traslado de Gabinete OLT	Und	\$262,47	1	\$262,47
8	Montaje de OLT	Und	\$1.312,34	1	\$1.312,34
9	Integración y prueba de servicios	Und	\$918,64	1	\$918,64
TOTAL DE INSTALACIÓN SIN IGV					\$9.023,62
CONTINGENCIA 5%					\$451,18
TOTAL+IGV					\$11.180,27

4.1.4 Operación y Mantenimiento

Para el cálculo de operación y Mantenimiento consideraremos un tiempo de 3 años, en el cual se espera conectar la totalidad de los hogares, instituciones (públicas o privadas) y empresas, para lo cual se ha proyecta las siguientes partidas de gastos mensuales:

a Distribución de incidencia por año

En este ítem vamos a tomar como referencia las estadísticas de los operadores comerciales respecto al tipo de incidencias que reportar por año:

Tabla 10

Incidencia por año

N°	Centro Poblado	Corte de Fibra	Energía AC	Equipo OLT	Pérdida de Gestión	Intermitencia	Equipo ONU
1	Santo Domingo de Capillas	6	12	4	4	4	4
2	Huañacancha	6	12	4	4	4	4

Del cuadro anterior se observa, que en la planta externa y debido a estar en una zona rural de tránsito de camiones y transporte agrario se proyecta tener un corte de hasta 6 veces en 1 año del cable de fibra óptica, ahora en prevención de esto se ha optado por evitar los cruces de carretera de manera diagonal, siendo siempre de manera perpendicular y la menor distancia posible; para ello la cuadrilla a cargo contará con reserva de cable de fibra óptica en los postes además de rollos de cable en el almacén; ahora respecto a la energía comercial es sabido que en zonas rurales es muy frecuente hayas cortes de energía por lo cual los equipos como medida de protección muchas veces optan por quedarse en modo arranque y resulta necesario la atención presencial para correr la configuración nuevamente, sin embargo para evitar ello se ha considera como una opción instalar junto al gabinete de la OLT un gabinet de banco de batería (BB) lo cual le dará una autonomía de hasta 4 horas, tiempo suficiente para que los técnicos puedan prever casos de desconfiguración de los equipos activos; esto está ligado al equipo OLT ya que en nuestra res FTTH es uno de los equipos que requiere suministro eléctrico; de manera adicional podemos señalar que la OLT debido a estar expuesto y por los cambios de temperatura además de por actos de vandalismo, está sujeto a constante monitoreo, por ello la ubicación es en capitales distritales y con acceso vehicular; también tenemos el tema de pérdida de gestión esto se debe a problemas de conectividad principalmente física o casos como falla de módulos uplink, también tenemos el tema de intermitencia y esto ligado al servicio que se brinda a los usuarios finales, normalmente

esto se debe a fallas de conexión en la última milla, para lo cual se plantea tener un soporte remoto donde los usuarios podrán contactarse en caso de fallas del servicio; y finalmente tenemos las incidencias en los equipos ONUs y esto muchas veces se da por la fluctuación de la tensión en los abonados provocando desconfiguración en las ONUs o fallas a nivel de hardware.

b Cálculo para cuadrillas

En este ítem vamos a calcular en base a la cantidad de km que tenemos desplegado de cable de fibra óptica en el distrito de Santo Domingo de Capillas, la cantidad de personal necesario para atender la etapa de Operación y Mantenimiento del proyecto.

Tabla 11 Cuadrilla por Distrito

N°	Distrito	Km FO	OLT	Hilos empalmados	Cantidad de Cuadrilla
1	Santo Domingo de Capillas	7	1	16	0,035

Del cuadro anterior observamos que para el distrito en mención se tiene desplegado 7km de cable de fibra óptica, esto dado que es una red FTTH donde no podemos alejarnos mucho del equipo GPON que para este particular es la OLT; además tomando como referencia los proyectos regionales del PRONATEL, vamos a considerar a 1 cuadrilla de personal técnico con capacidad de atención de hasta 200km de cable; con ello vemos que 1 cuadrilla podrá atender de manera holgada el proceso de O&M además que tendremos capacidad de expansión ante algún requerimiento adicional.

c Componente por cuadrilla

En este ítem se va a detallar la cantidad y tipo de personal por cuadrilla necesario para atender la etapa de O&M del proyecto.

Tabla 12

Componente por Cuadrilla

N°	Distrito	Cantidad de Cuadrilla	Técnico Multifuncional	Técnico Empalmador	Técnico Liniero
1	Estándar	1	1	1	1
1	Santo Domingo de Capillas	0,035	0,035	0,035	0,035

De lo anterior se observa, que al ser una red FTTH y estar compuesta por tendido de cable y fusiones, lo que se busca contar con 1 personal calificado para atender distintas necesidades básicas, por ejemplo reseteo de equipos, mantenimiento al cableado eléctrico, limpieza de equipos ópticos, eléctricos o electrónicos, al cual denominaremos técnico multifuncional; por otro lado necesitaremos a un técnico empalmador que se

encargue principalmente de mantener en óptimas condiciones los eventos dentro de la caja de empalme, pruebas de trazas reflectométricas e identifique fallas, además de atender fusiones o tendido de cable de reserva en caso de corte de cable; finalmente se tendrá un personal liniero que apoyará en el tema de despliegue de cable de fibra óptica quien se apoyará del técnico empalmador así como, será también el encargo de acondicionar reserva en caso presente evento alto de atenuación o poda de arbusto y todo lo referente al tendido aéreo.

d Costo de mano de obra directa mensual

En el presente ítem se detallará el costo de mano de obra del personal que estará en planilla a cargo de la etapa de O&M del proyecto, para lo cual se ha estimado un costo promedio mensual de acuerdo al mercado:

Tabla 13

Componente por Cuadrilla

N°	Cargo	Sueldo mensual	Factor C/empresa	Cantidad	Costo Mensual
1	Jefe de Proyecto	S/5.500,00	1,5	1	\$2.131,78
2	Coordinador Logístico	S/4.000,00	1,5	1	\$1.550,39
3	Técnico Multifuncional	S/3.000,00	1,5	1	\$1.162,79
4	Técnico Empalmador	S/3.000,00	1,5	1	\$1.162,79
5	Técnico Liniero	S/3.000,00	1,5	1	\$1.162,79
					\$7.170,54

De acuerdo al cuadro anterior observamos que el costo de mano de obra asciende a S/27.750,00 veintisiete mil setecientos cincuenta con 00/100 soles; lo cual considerando el tipo de cambio del dólar a 3.87, el costo total mensual de la mano de obra asciende a siete mil ciento setenta con 54/100 dólares.

e Costo de recurso de flota mensual

En este ítem veremos los gastos respecto a la flota que permitirá el desplazamiento del personal descrito en el ítem anterior:

Tabla 14

Costo de flota mensual

N°	Recursos de Flota	Cantidad	C/mes	Costo Total
1	alquiler de camioneta 4x4	1	S/5.000,00	\$1.291,99
2	Porta bobina	1	S/150,00	\$38,76
3	Mantenimiento de carro	1	S/100,00	\$25,84
4	Combustible	1	S/700,00	\$180,88
				\$1.537,47

Como se observa, el costo mensual de la flota en dólares americanos asciende a mil quinientos treinta y siete con 47/100 dólares, y esto estará sujeto al desplazamiento de la cuadrilla para las diversas actividades.

f Costo de equipos y accesorios para medición

En el presente ítem describiremos el detalle de los equipos y accesorios que usaremos para las mediciones a nivel, eléctrico, óptico, niveles de seguridad, etc; para mayor detalle ver la siguiente tabla:

Tabla 15

Costo de equipos de medición mensual

N°	Equipos	Costo/unidad	Cantidad	Costo Total	Costo Mensual
1	Empalmadora + Cortadora	S/10.800,00	1	S/10.800,00	\$77,52
2	Alicate de fibra de 3 agujeros	S/60,00	2	S/120,00	\$,86
3	Bobina de lanzamiento	S/800,00	2	S/1.600,00	\$11,48
4	Visualizador de Falla (VFL)	S/300,00	2	S/600,00	\$4,31
5	Fuente de luz no visible	S/500,00	2	S/1.000,00	\$7,18
6	Power meter	S/500,00	2	S/1.000,00	\$7,18
7	OTDR	S/20.000,00	1	S/20.000,00	\$143,55
8	Sonda de Inspección	S/5.000,00	1	S/5.000,00	\$35,89
9	Multímetro	S/800,00	2	S/1.600,00	\$11,48
10	Pinza amperimétrica	S/800,00	1	S/800,00	\$5,74
11	Laptop core i5	S/4.000,00	2	S/8.000,00	\$57,42
12	Teléfono móvil	S/800,00	5	S/4.000,00	\$28,71
13	Generador Portátil	S/3.500,00	1	S/3.500,00	\$25,12
14	Escalera telescópica	S/2.000,00	1	S/2.000,00	\$14,36
15	Rotuladora	S/1.300,00	1	S/1.300,00	\$9,33
16	Cable consola ZTE	S/100,00	2	S/200,00	\$1,44
17	Cable serial	S/80,00	2	S/160,00	\$1,15
18	Cable UTP RJ 45	S/100,00	2	S/200,00	\$1,44
19	Cable UTP RJ 11	S/100,00	2	S/200,00	\$1,44
20	Extensión eléctrica 20m	S/80,00	2	S/160,00	\$1,15
21	Kit de limpieza de equipo electrónicos	S/160,00	1	S/160,00	\$1,15
22	Kit de limpieza de equipo ópticos	S/100,00	1	S/100,00	\$,72
23	Pértiga de aluminio	S/300,00	1	S/300,00	\$2,15
24	Caja de herramientas	S/200,00	1	S/200,00	\$1,44
25	kit Brochas 1", 2" y 4"	S/280,00	1	S/280,00	\$2,01
26	Jumper FO monomodo SC-SC de 15m	S/40,00	4	S/160,00	\$1,15
27	Cartucho para etiquetadora	S/40,00	2	S/80,00	\$,57
28	Cono de seguridad	S/40,00	2	S/80,00	\$,57
29	Malla de seguridad (rollo)	S/45,00	1	S/45,00	\$,32
					\$456,83

De la tabla anterior se observa, que se ha considerado costos mensuales a todos los equipos y accesorios, esto ha sido calculado considerando un tiempo de vida de 3 años dado que es lo esperado para los equipos de medición, entonces lo que se hizo fue extraer del mercado los precios promedios de todos los componentes y dividirlos entre 36 meses; con lo cual se ha obtenido la misma unidad de medida de los demás ítem, siendo esto cuatrocientos cincuenta y seis con 83/100 dólares mensuales.

g Costo de equipos de seguridad

En este ítem consideraremos los accesorios necesarios para que el personal de la cuadrilla pueda ejecutar adecuadamente sus actividades durante el periodo de O&M:

Tabla 16

Costo de equipos de seguridad

N°	Equipos	Costo/unidad	Cantidad	Costo	Costo Mensual
	Arnés	S/650,00	2	S/1.300,00	\$9,33
	Guantes antideslizante	S/80,00	2	S/160,00	\$1,15
	Polea de 12"	S/200,00	2	S/400,00	\$2,87
	Cuerdas de sogá 10m	S/200,00	2	S/400,00	\$2,87
					\$16,22

Del cuadro anterior se observa que al igual que el ítem anterior se ha considerado un costo mensual para tener una sola unidad de medida, el cual ha sido posible considerando un tiempo de vida de 3 años para los equipos de seguridad, claro esto sujeto a constante supervisión; siendo así y considerando el tipo de cambio vigente (octubre -2023) el costo mensual para estos equipos asciende a dieciséis con 22/00 dólares.

h Costo de alquiler de local

En este ítem se muestra el costo de alquiler de local necesario para usar como almacén y oficinas; ahora como es una zona rural y de acuerdo a las encuestas realizadas con los pobladores, se tiene como costo promedio lo siguiente:

Tabla 17

Costo de alquiler de local

N°	Distrito	Costo/unidad	Cantidad	Costo	Costo Mensual
	Santo Domingo de Capillas	1	1	S/500,00	\$129,20

\$129,20

De similar manera que en los ítems anteriores pasaremos a unidades por mes y en dólares, por lo cual considerando el tipo de cambio de octubre 2023, el costo mensual de arriendo asciende a ciento veintinueve con 20/100 dólares.

i Costo de Operación y Mantenimiento del proyecto

Para concluir con el análisis de los costos para la etapa de O&M del proyecto, resumiremos en una sola tabla los gastos mensuales detallados anteriormente, además consideraremos un tiempo de 3 años para esta etapa lo cual puede ser modificado de acuerdo al comportamiento del proyecto, no obstante los parámetros ya están definidos y acotados a un mes por lo cual resultará más fácil tener un estimado de costo ante una expansión; cabe precisar que se ha considerado el tipo de cambio del mes de octubre-2023 siendo este 3.87 para tener todos los costos a la misma unidad:

Tabla 18

Costo de la etapa de O&M

N°	Descripción	Costo/mes
1	Mano de obra directa	\$7.170,54
2	Recurso de flota	\$1.537,47
3	Equipos de medición	\$456,83
4	Equipos de seguridad	\$16,22
5	Alquiler de local	\$129,20
		\$9.310,26
	En 3 años de O&M	\$335.169,25

Ahora del cuadro anterior se observa que mensualmente el costo de O&M asciende a nueve mil trescientos diez con 26/100 dólares, lo cual al proyectarlo por 3 años resulta un monto total de trescientos treinta y cinco mil ciento sesenta y nueve con 25/100 dólares.

CAPÍTULO V EJECUCIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se mostrará la planificación, ejecución y resultados del

proyecto en mención, considerando el diseño de la red FTTH para el distrito de Santo Domingo de Capillas, el cual ha sido considerado como modelo ya que es uno de los distritos beneficiarios del Proyecto Regional “Instalación de banda ancha para la conectividad integral y el desarrollo social de la región Huancavelica” ; es así, que se mostrará el enfoque y planeamiento lograr, la organización para la adjudicación y ejecución del proyecto ya mencionado usando un cronograma de actividades, posteriormente se mostrará algunas fotografías obtenidas de proyectos similares ejecutados en zonas rurales y distritales en el Perú.

5.1 Organización del Proyecto

En el presente numeral se describirá la forma de la Organización para lograr la ejecución y operación del proyecto en mención.

a Organización para la adjudicación

Para lograr la adjudicación del proyecto necesitamos tener un estudio de ingeniería el cual contemple la información real de campo para lograr un diseño más certero, además después de ello necesitaremos elaborar los expedientes para poder promover el proyecto y elevarlos a una licitación, en este proceso recurriremos a entidades como PROINVERSION, MTC, MEF y entidades privadas que puedan ver atractivo el proyecto y den soporte con la inversión para ser más rápido el proceso; finalmente se busca suscribir un contrato con la empresa ganadora de la licitación en base a su propuesta técnica y financiera quien tendrá la obligación de ejecutar el proyecto dentro del tiempo estipulado en el contrato y la operación del mismo; para mayor detalle a continuación se muestra la siguiente tabla donde se mostrará la organización para lograr el objetivo del presente ítem:

Tabla 19

Organización para Ejecución del proyecto

N°	Actividad	Involucrados	Tiempo (meses)
1	Estudio de Ingeniería	ENCARGADO	5
2	Elaboración de expediente Técnico	ENCARGADO	5
3	Adjudicación	ENCARGADO/PROINVERSION /MEF	12
4	Replanteo del diseño del proyecto	ADJUDICATARIO/ENCARGADO	2
5	Despliegue del proyecto	ADJUDICATARIO/ENCARGADO	18
6	Pruebas de aceptación y puesta en marcha	ADJUDICATARIO/ENCARGADO	2
TOTAL			44

Del cuadro anterior, se observa que la organización para la ejecución del proyecto concierne en, como TERCERO tomar la iniciativa para identificar la necesidad en los Proyectos Regionales, en este particular del PR-HUANCAVELICA, donde se percibe la necesidad por contar con un medio en la red de acceso para los Proyectos Regionales

con mayor capacidad de transmisión; luego de ello se debe ejecutar un Estudio de Ingeniería con el cual se pueda recolectar la información necesaria para la elaboración del expediente técnico; para ello se proyecta un tiempo suficiente de 5 meses, para la subcontratación o ejecución directa para elaborar este estudio de campo.

Posterior a ello, en 5 meses se debe organizar con subcontratistas la elaboración de expedientes técnicos, es decir la elaboración del expediente técnico de la planta externa a una subcon especializada en dimensionamiento y diseño de redes de fibra óptica a fin que defina la ruta del cable de fibra óptica, con esta ruta se va subcontratar a otra empresa encargada de elaborar el expediente para los permisos medio ambientales y descarte de invasión de zonas protegidas o amortiguamiento; con estos expedientes básicos podemos seguir con el paso de la Adjudicación.

Para el proceso de adjudicación recurriremos a la entidad de PROINVERSION para a través de ellos se pueda promover la ejecución del proyecto FTTH a fin de mejorar la capacidad de transporte de la red de acceso de los proyectos regionales, para tal fin estimamos máximo un tiempo de 12 meses.

Luego que se adjudique el proyecto, en conjunto con la entidad encargada empezarán el proceso de ejecución el cual de acuerdo a la cantidad de kilómetros de fibra óptica y con una extensión de hasta 1000km de fibra óptica no deberá tardar más de 20 meses para su despliegue, considerando como obstáculos obtener los permisos viales, eléctricos, ambientales y SERNAMP; así como los permisos locales y conflictos sociales que siempre aparecen en campo; para ello el adjudicatario deberá indicar como referencia que es un proyecto de expansión de los Proyectos Regionales de banda ancha los cuales ya han sensibilizados a todas las zonas de interés.

Para poder dar por concluido y aceptado la red FTTH debe pasar por un proceso de recepción donde la entidad a cargo del proyecto supervise y acepte las pruebas realizadas por el adjudicatario, esto no sólo será a nivel de mediciones sino también pruebas de redundancia en el equipos OLT, sensores del gabinete para ver la funcionalidad de las alarmas y gestión; así como la planta externa donde se debe verificar el buen estado de las estructuras donde se soporta el cable de fibra óptica, para tal fin se estima un tiempo no mayor de 2 meses.

b Organización para la operación y mantenimiento

Finalmente, y una vez aceptada la red por la entidad encargada del proyecto empieza la etapa de O&M, durante el cual se empezará a brindar servicios de acceso a internet por fibra óptica y además algunas acciones preventivas/correctivas a la red FTTH, para esta actividad se estima un tiempo de 3 años en el cual se proyecta tener una conectividad del 100% en la zona de interés.

Tabla 20*Organización para O&M del proyecto*

N°	Actividad	Involucrados	Tiempo (meses)
1	Operación y Mantenimiento	ADJUDICATARIO/ENCARGADO ABONADOS	36
T O T A L			36

5.2 Tiempo del Proyecto y Cronograma de actividades

En este ítem se mostrará el tiempo que compete cada actividad y sub actividad; así como el cronograma que permitirá concluir paso a paso cada etapa del proyecto.

5.2.1 Tiempo de ejecución y cronograma para la etapa de Estudio

A continuación se observa que dividimos en 2 sub actividades la etapa de estudio del proyecto; primero como Estudio de Ingeniería se observa que se dedicará en total 5 meses para el levantamiento de información en campo, procesamiento de información y la elaboración del diseño preliminar del proyecto; para estos procesos se va requerir el apoyo de una subcontratista o con personal propio; Luego que tengamos el diseño y por ende la ruta del cable de fibra óptica podremos empezar con la elaboración de los expedientes de cara a las entidades involucradas con la finalidad de advertir algún cambio de ruta y por ende un cambio en la inversión del proyecto, para este proceso se estima un tiempo de 5 meses adicionales.

Tabla 21*Tiempo y cronograma del Estudio del Proyecto*

N°	Actividad	Involucrados	Meses	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
1	Estudio de Ingeniería	ENCARGADO	5										
1.1	Levantamiento de información en campo	Subcon	1										
1.2	Procesamiento de información	Subcon	1										
1.3	Diseño de Ingeniería del proyecto	Encargado/Subcon	2										
1.4	Estudio económico del proyecto	Encargado	1										
2	Elaboración de expediente Técnico	TERCERO	5										
2.1	Elaboración del expediente para SERNAMP	Encargado/Subcon	1										
2.2	Elaboración del expediente para MINAM	Encargado/Subcon	1										
2.3	Elaboración del expediente para PROVIAS	Encargado/Subcon	1										
2.4	Elaboración del expediente para ELÉCTRICA	Encargado/Subcon	1										
2.5	Elaboración del expediente MUNICIPAL	Encargado/Subcon	1										

Del cuadro anterior se observa que para esta etapa de Estudio del Proyecto se estima un tiempo de 10 meses.

5.2.2 Tiempo de ejecución y cronograma para la etapa de Adjudicación

A continuación se observa que dividimos en 5 sub actividades la etapa de adjudicación del proyecto; esto debido a los procesos estándares en esta etapa donde encargaremos a Proinversión el proceso de promoción y adjudicación a fin de promover la inversión privada.

Tabla 22

Tiempo y cronograma de adjudicación del Proyecto

N°	Actividad	Involucrados	Meses	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
3	Adjudicación	Encargado/ Proinversión/MEF	12												
3.1	Revisión de los expedientes y viabilidad del proceso	Proinversión/MEF	3												
3.2	Promoción del proyecto e inicio del proceso	Proinversión	3												
3.3	Presentación de los postores y propuestas	Proinversión/Postores	1												
3.4	Revisión de propuestas técnicas/económicas	Proinversión	1												
3.5	Observación y subsanación de observaciones	Proinversión/Postores	2												
3.6	Otorgamiento de buena pro	Proinversión	1												
3.7	Suscripción de contrato	Encargado/Proinversión /Postores	1												

Del cuadro anterior se observa que para esta etapa de adjudicación del Proyecto se estima un tiempo de 12 meses, donde se contempla ya la suscripción del contrato.

5.2.3 Tiempo y cronograma para la etapa de Ejecución total del proyecto

A continuación se observa que dividimos en 3 sub actividades la etapa de ejecución del proyecto; debido a que la empresa adjudicada debe ejecutar primero un replanteo en campo del diseño entregado en la etapa de adjudicación, ya que este último es el responsable de entregar una red con altos estándares de calidad asegurando un tiempo prudente de vida útil del proyecto; con este dato finalmente se tendrá un diseño final el cual puede estar sujeto a cambio durante la ejecución si se presenta algún conflicto social; para ello y debido a la cobertura del proyecto se estima que en 2 meses se tendrá lista esta etapa; Luego empezaremos el despliegue del proyecto el cual considerando los materiales a instalar y el personal a cargo, se estimado un plazo no mayor a 18 meses donde se tenga la red completamente terminada, con recepción y conformidad de obra de parte de las entidades competentes y lista para entrar en marcha; Finalmente para hacer entrega de la obra se procederá a ejecutar un acta de protocolo de pruebas donde el adjudicatario hará las mediciones y pruebas en campo y el Encargado del proyecto hará la versión de supervisor a fin de asegurar la calidad de la red, para esta etapa se estima un tiempo no mayor de 2 meses.

Tabla 23*Tiempo y cronograma de ejecución del Proyecto*

N°	Actividad	Involucrados	Meses	M2	M4	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22
4	Ejecución Total del proyecto	Adjudicatario /Encargado	22											
4.1	Replanteo del diseño del proyecto	Adjudicatario /Encargado	2											
4.2	Despliegue del proyecto	Adjudicatario /Encargado	18											
4.3	Pruebas de aceptación y puesta en marcha	Adjudicatario /Encargado	2											

Del cuadro anterior se observa que se ha estimado un tiempo de hasta 22 meses para culminar la ejecución del proyecto incluido la entrega de obra al ente encargado.

5.2.4 Tiempo de ejecución y cronograma para la etapa de O&M

Para este proyecto se ha estimado un tiempo de 36 meses, donde se planea la conexión a los usuarios nuevos y mantenimiento preventivo/correctivo de la red FTTH; se estima que en este tiempo se logre la conexión del 100% de los usuarios identificados en el distrito en mención.

5.2.5 Tiempo total del Proyecto

En este ítem se presentará un resumen de las etapas del proyecto desde el estudio, ejecución y la etapa de O&M; dado que es importante conocer cuánto es el tiempo que demanda ejecutar un proyecto de esta embargadora:

Tabla 24*Tiempo total del Proyecto*

N°	Etapas	Actividades	Tiempo (meses)
1		Estudio de Ingeniería	5
2	Estudio / Pre Inversión	Elaboración de expediente Técnico	5
3		Adjudicación	12
		Replanteo del diseño del proyecto	2
4	Ejecución del Proyecto	Despliegue del proyecto	18
5		Pruebas de aceptación y puesta en marcha	2
6	Operación y Mantenimiento	Operación y Mantenimiento	36
TOTAL			80

Del cuadro anterior se observa que el tiempo total que demanda ejecutar un proyecto de FTTH en zonas rurales, con inversión del sector privado y promovido por el Estado

Peruano es de hasta 80 meses, considerando un total de 3 años para la etapa de O&M.

5.3 Población Beneficiaria del Proyecto

En el presente ítem se busca mostrar la población actual y proyectada en los próximos 10 años, lo cual demostrará la estabilidad en los próximos años del proyecto y brindará sostenibilidad en el tiempo, para este particular tomaremos como muestra el distrito de Santo Domingo de Capillas el cual, de acuerdo al PR-HUANCAVELICA, cuenta con dos centros poblados beneficiarios siendo estos: i) Santo Domingo de Capillas y ii) Huañacancha; los cuales serán parte de este análisis:

5.3.1 Población en el Centro Poblado de Santo Domingo de Capillas

En el presente ítem se mostrará la proyección de la población en el centro poblado ya mencionado y la proyección de los hogares hasta el año 2032.

a Proyección de población

Se ha considerado una tasa de crecimiento de 2%, el cual ha sido calculado considerando el CENSO del INEI 2017 para la provincia Huaytará y los datos del CPI del año 2020, de la siguiente manera:

$$5\sqrt{\left(\frac{19000}{17247}\right)} - 1 \approx 2\%$$

Donde 5 es la cantidad de años de diferencia entre cada muestra, y los datos interiores la población en cada año, para mayor detalle se muestra a continuación la siguiente tabla:

Tabla 25

Cálculo de tasa de crecimiento poblacional

	FUENTE: INEI	Estimaciones y proyecciones de población en base al Censo 2017. Elaboración: Departamento de estadística - C.P.I.
	CENSO 2017	DATO 2022
POBLACIÓN PROVINCIA HUAYTARÁ	17247	19000

Ahora considerando esa tasa de crecimiento proyectaremos la población desde el año vigente hasta el año 2032, por rango de edades.

Tabla 26

Proyección de población en Santo Domingo de Capillas

N°	CENTRO POBLADO	REGIÓN NATURAL	ALTITUD	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
	SANTO DOMINGO DE CAPILLAS	Quechua	3 482	189	192	196	200	204	208	212	216	220	225
1	Menores de 1 año	Quechua	3 482	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	De 1 a 4 años	Quechua	3 482	14	14	14	15	15	15	16	16	16	16
3	De 5 a 9 años	Quechua	3 482	20	20	21	21	22	22	23	23	23	24
4	De 10 a 14 años	Quechua	3 482	14	14	14	14	15	15	15	16	16	16
5	De 15 a 19 años	Quechua	3 482	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13
6	De 20 a 24 años	Quechua	3 482	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
7	De 25 a 29 años	Quechua	3 482	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12
8	De 30 a 34 años	Quechua	3 482	15	15	15	15	16	16	16	17	17	17
9	De 35 a 39 años	Quechua	3 482	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10
10	De 40 a 44 años	Quechua	3 482	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13
11	De 45 a 49 años	Quechua	3 482	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10
12	De 50 a 54 años	Quechua	3 482	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
13	De 55 a 59 años	Quechua	3 482	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13
14	De 60 a 64 años	Quechua	3 482	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12
15	De 65 y más años	Quechua	3 482	33	33	34	35	35	36	37	38	38	39

De la tabla anterior se observa que la mayor cantidad de población se encuentra en el rango mayor de 65 años, y esto es debido a ser una zona rural; el otro dato que se extrae es que el segundo grupo con mayor población es en el rango de edad de 5 a 9 años; y estos son los niños de la educación primaria y en tercer grupo los jóvenes de 10 a 14 años, quienes estarían cursando la secundaria; es por ello que se concluye que el proyecto será de interés por parte de los usuarios finales y ayudará mucho a reducir la brecha digital, dando la oportunidad de navegar en plataforma con información pesada sin tener que migrar de su lugar de origen.

b Proyección de Hogares

Por otro lado, a continuación observaremos la proyección de número de hogares que se convertirán en unidad de clientes a futuro, para ello se ha considerado una tasa de crecimiento variable a lo largo de los años, el cual ha sido calculado considerando el CENSO del INEI 2017 para la provincia Huaytará y los datos del CPI del año 2020, de la siguiente manera:

Tabla 27

Tasa de crecimiento en hogares

	FUENTE: INEI	Estimaciones y proyecciones de población en base al Censo 2017. Elaboración: Departamendo de estadística - C.P.I.
	CENSO 2017	DATO 2022
POBLACIÓN PROVINCIA HUAYTARÁ	11152	6900

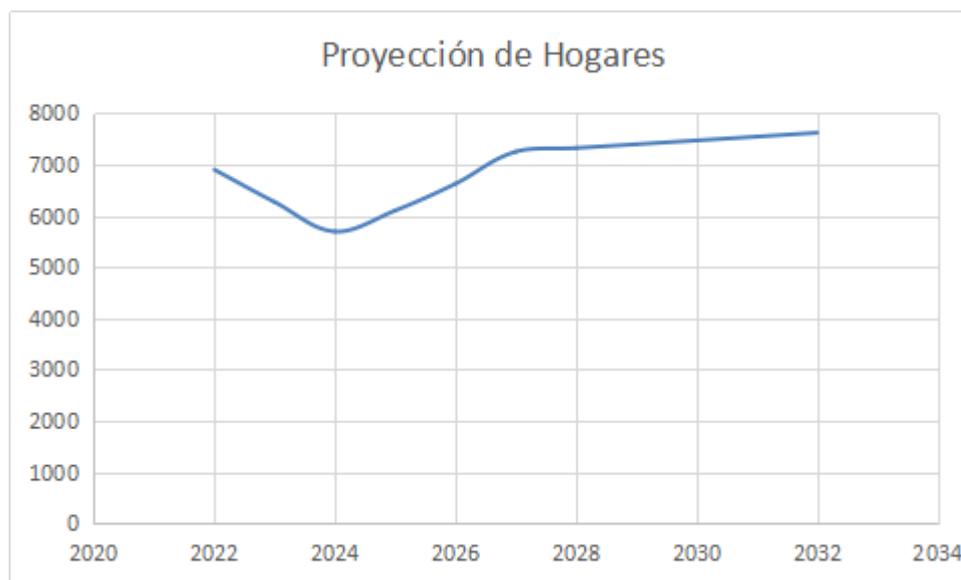
Del cuadro anterior se observa, que la población va disminuyendo al año 2022; y esto es debido al efecto pandemia de los años 2020 y 2021; donde como todo conocemos la tasa de mortalidad y migración fue muy variable, rompiendo el sentido común de proyección tanto a nivel poblacional como hogares; y esto último debido que en las últimas encuestas al censar en un hogar y ver sólo un habitante o ninguno se ha omitido en la contabilidad total de hogares; no obstante se conoce que poco a poco se va normalizando las estadísticas que hemos venido viendo en años anteriores, para mayor visibilidad se muestra a continuación la proyección de hogares en la provincia Huaytará:

Tabla 28

Proyección de hogares-Huaytará

AÑO	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Hogares	6900	6268	5694	6105	6628	7252	7324	7398	7472	7546	7622

Del cuadro anterior, se observa que la cantidad de hogares varía a lo largo de los años empezando a ascender en el año 2025 y llegando a tener una tendencia positiva desde el año 2027, este es un dato recopilado por encuestas a profesionales en este rubro; ya que a la fecha no se ha oficializado ningún documento, para mayor visualización ver la siguiente gráfica:

**Tabla 29**

Proyección de Hogares - Santo Domingo de Capillas

CENTRO POBLADO	REGIÓN NATURAL	ALTITUD	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
SANTO DOMINGO DE CAPILLAS	Quechua	3 482	76	69	74	80	88	89	90	90	91	92

Del cuadro anterior se observa que la cantidad de hogares oscila entre 80 a lo largo de 10 años y es la proyección de hogares para atender con servicio de acceso a internet por FTTH.

5.3.2 Población en el Centro Poblado de Huañacancha

En el presente ítem se mostrará la proyección de la población en el centro poblado ya mencionado y la proyección de los hogares hasta el año 2032.

a Proyección de población

Considerando lo detallado en el numeral 5.3.1, ítem a) donde se observa la tasa de crecimiento de población, vamos a tomar como referencia el mismo concepto y mostraremos en el siguiente cuadro, la distribución de población en todos los rangos de edades:

Tabla 30

Proyección de población en huañacancha.

N°	CENTRO POBLADO	REGIÓN NATURAL	ALTITUD	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
----	----------------	----------------	---------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

HUAÑACANCHA		Suni	3 806	270	275	280	286	291	297	303	309	315	321
1	Menores de 1 año			4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	De 1 a 4 años			20	20	21	21	21	22	22	23	23	23
3	De 5 a 9 años			29	29	30	30	31	32	32	33	33	34
4	De 10 a 14 años			19	20	20	21	21	21	22	22	23	23
5	De 15 a 19 años			16	16	17	17	17	18	18	18	19	19
6	De 20 a 24 años			15	15	15	16	16	16	17	17	17	18
7	De 25 a 29 años			14	14	15	15	15	16	16	16	17	17
8	De 30 a 34 años			21	21	22	22	23	23	23	24	24	25
9	De 35 a 39 años			12	13	13	13	13	14	14	14	14	15
10	De 40 a 44 años			16	16	17	17	17	18	18	18	19	19
11	De 45 a 49 años			12	12	12	12	12	13	13	13	13	14
12	De 50 a 54 años			15	15	15	16	16	16	17	17	17	18
13	De 55 a 59 años			16	16	17	17	17	18	18	18	19	19
14	De 60 a 64 años			15	15	15	15	16	16	16	17	17	17
15	De 65 y más años			47	48	49	50	51	52	53	54	55	56

De la tabla anterior se observa que la mayor cantidad de población se encuentra en el rango mayor de 65 años, y esto es debido a ser una zona rural; el otro dato que se extrae es que el segundo grupo con mayor población es en el rango de edad de 5 a 9 años; y estos son los niños de la educación primaria y en tercer grupo los jóvenes de 10 a 14 años, quienes estarían cursando la secundaria; es por ello que se concluye que el proyecto será de interés por parte de los usuarios finales y ayudará mucho a reducir la brecha digital, dando la oportunidad de navegar en plataforma con información pesada sin tener que migrar de su lugar de origen.

b Proyección de Hogares

Considerando lo detallado en el numeral 5.3.1, ítem b) donde se observa la tasa de crecimiento variable de hogares después del efecto pandemia, vamos a tomar como referencia el mismo concepto y mostraremos en el siguiente cuadro, la distribución de hogares:

Tabla 31
Proyección de Hogares en Huañacancha

CENTRO POBLADO	REGIÓN NATURAL	ALTITUD	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
HUAÑACANCHA A	Suni	3 806	70	64	68	74	81	82	83	84	85	85

Del cuadro anterior se observa que la cantidad de hogares oscila entre 80 a lo largo de 10 años y es la proyección de hogares para atender con servicio de acceso a internet por

FTTH.

Como conclusión del numeral 5.3, se puede obtener que la cantidad total de hogares a conectar con el servicio de acceso a internet mediante una red FTTH es en total de 160 hogares en el distrito de Santo Domingo de Capillas; lo cual será cubierto por una OLT outdoor compacta, donde de cada puerto pueda provisionarse hasta 64 usuarios; es decir de una sola OLT, se tomaría 1 tarjeta para el centro poblado Santo Domingo de Capillas y la otra tarjeta para el centro poblado Huañacancha, a fin de tener escalabilidad en el tiempo, con esto se beneficiaría a un total de 450 personas aproximadamente.

5.4 Distribución de materiales para el Proyecto

En el presente numeral se detallará los materiales de acuerdo al diseño de las redes FTTH para los centros poblados beneficiarios en el distrito de Santo Domingo de Capillas.

5.4.1 Materiales en el centro poblado Santo Domingo de Capillas

En el presente ítem se mostrará la cantidad de materiales activos y pasivos que vamos a requerir para el despliegue de la red de FTTH en el centro poblado en mención.

Figura 34

Red FTTH en el distrito de Santo Domingo de Capillas.



De la figura anterior, se distingue dos rutas una superior en color morado y otra inferior en color verde, ambos van a dividirse a partir del primer HUB 1:2, que tendremos después de la OLT.

a Red Backbone de Santo Domingo de Capillas

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH que une la OLT outdoor y el primer HUB de 1:2.

Tabla 32

Materiales en backbone Santo Domingo de Capillas

BACKBONE						
N°	DESCRIPCION	EQUIPO	LONGITUD	LATITUD	DISTANCIA (m)	ACUMULADO
	SITE-SANTO DOMINGO DE CAPILLAS	ROUTER AGREGADOR	-75,243884	-13,73636		
	OLT_STO DOMINGO_1	OLT/ODF	-75,243592	-13,73628	32,80	32,80
1	PN_C_10m		-75,243513	-13,736411	16,90	
2	PN_C_10m		-75,243507	-13,736653	26,94	
3	PE_C_10m_BT	HUB 1:2	-75,243252	-13,737035	50,68	94,52

Del cuadro anterior se observa, que el primer elemento de la red es la OLT outoodr, luego tenemos el ODF integrado en el mismo gabinete, posterior a ello, empezamos con la red de planta externa donde plantaremos 2 postes nuevos de concreto de 10m y usaremos un poste existente para instalar el HUB BOX de 1:2; como se observa; por ello desde la OLT se calcula un total de 127m de cable de fibra óptica mínimo de 12 hilos.

b Red distribución brazo superior de Santo Domingo de Capillas

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH que une el primer HUB de 1:2. y el último Splitter de 1:8 instalado para brindar servicio de acceso a internet en la parte superior del centro poblado.

Tabla 33

Red distribución - brazo superior Capillas

BRAZO SUPERIOR						
N°	DESCRIPCION	ELEMENTO	LONGITUD	LATITUD	DISTANCIA (m)	ACUMULADO
3	PE_C_10m_BT	HUB 1:2	-75,243252	-13,737035		
4	PE_C_10m_BT		-75,243497	-13,737158	29,82158963	
5	PE_C_10m_BT	SPLITTER 1:8	-75,243628	-13,737242	16,97330851	46,79
6	PE_C_10m_BT		-75,243337	-13,737542	45,88446868	
7	PE_C_10m_BT	SPLITTER 1:8	-75,243317	-13,737773	25,80503294	71,68
8	PE_C_10m_BT		-75,243232	-13,738073	34,63688924	
9	PE_C_10m_BT	SPLITTER 1:8	-75,243009	-13,738234	30,04434429	64,68
10	PE_C_10m_BT		-75,242812	-13,738349	24,85268925	
11	PE_C_10m_BT		-75,242513	-13,738561	40,02815592	
12	PE_C_10m_BT	SPLITTER 1:8	-75,242204	-13,738823	44,35110447	109,23

Como se ha observado en la gráfica de la red del centro poblado, se observa un brazo superior de la red FTTH en color morado, el cual este compuesto por un total de 10 postes de concreto existentes, 4 splitter de 1:8 con tecnología desbalanceado que

permite la conexión al usuario final desde el primer splitter y un total de casi 300m de cable de fibra óptica pre conectorizada.

c Red distribución brazo inferior de Santo Domingo de Capillas

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH que une el primer HUB de 1:2. y el último Splitter de 1:8 instalado para brindar servicio de acceso a internet en la parte inferior del centro poblado.

Tabla 34

Red distribución - brazo inferior Sto. Domingo de Capillas

BRAZO INFERIOR						
N°	DESCRIPCION	ELEMENTO	LONGITUD	LATIDUD	DISTANCIA (m)	ACUMULADO
3	PE_C_10m_BT	HUB 1:2	-75,243252	-13,737035		
13	PN_FV_10m	SPLITTER 1:8	-75,242984	-13,737378	47,93396716	47,93
14	PN_FV_10m		-75,242721	-13,737854	60,13640134	
15	PN_FV_10m	SPLITTER 1:8	-75,242386	-13,73798	38,84501374	98,98

Como se ha observado en la gráfica de la red del centro poblado, se observa un brazo inferior de la red FTTH en color verde, el cual esta compuesto por un total de 3 postes de fibra de vidrio nuevos, 2 splitter de 1:8 con tecnología desbalanceado que permite la conexión al usuario final desde el primer splitter y un total de casi 150m de cable de fibra óptica pre conectorizada.

d Red de acometida de Santo Domingo de Capillas

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH que une el primer y segundo plitter de 1:8 de la red inferior, con la I.E. José Carlos Mariategui y el Centro de Salud de Santo Domingo de Capillas.

Tabla 35

Red acometida de Sto. Domingo de Capillas

ACOMETIDA PARA CLIENTE				
N°	DESCRIPCION	LONGITUD	LATIDUD	DISTANCIA (m)
1	PN_FV_10m	-75,242984	-13,737378	
	I.E. JOSE CARLOS MARIATEGUI	-75,242930	-13,737050	36,97597534
2	PN_FV_10m	-75,242386	-13,73798	
	CS SANTO DOMINGO DE CAPILLAS	-75,24239	-13,73772	28,94567771

Como se ha observado en la gráfica de la red del centro poblado, se observa unas líneas de acometidas que buscan conectar a las entidades beneficiarias en el menor

tiempo posible, el cual esta compuesto por un total de dos cables, uniendo en el brazo inferior a dichas entidades beneficiaria con dos cables Drop de 37m y 30m aproximadamente.

5.4.2 Materiales en el centro poblado Huañacancha

En el presente ítem se mostrará la cantidad de materiales activos y pasivos que vamos a requerir para el despliegue de la red de FTTH en el centro poblado en mención.

Figura 35

Red FTTH en el distrito de Huañacancha



De la figura anterior, se distingue una ruta en color amarillo que une la capital del distrito y donde está el nodo distrital de Santo Domingo de Capillas; esto en la mano derecha de la imagen; por otro lado se encuentra en la izquierda de la imagen el centro poblado Huañacancha.

a Red Backbone de Huañacancha

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH que une la OLT outdoor y el primer HUB de 1:2.

Tabla 36

Materiales en backbone Huañacancha

BACKBONE						
N°	DESCRIPCION	EQUIPO	LONGITUD	LATITUD	DISTANCIA (m)	ACUMULADO
	SITE-SANTO DOMINGO DE CAPILLAS	ROUTER AGREGADOR	-75,243592	-13,73628		
	OLT_STO DOMINGO_1	OLT/ODF	-75,243314	-13,73643	32,81	32,81
1	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,243079	-13,73641	34,12	
2	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,241880	-13,73676	25,47	
3	PN_FV_10m	POSTE NUEVO	-75,241007	-13,73747	135,25	
4	PN_FV_10m	POSTE	-75,240422	-13,73771	123,33	

		NUEVO				
5	PN_FV_10m	POSTE NUEVO	-75,240071	-13,73777	68,67	
6	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,239825	-13,73770	38,64	
7	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,239476	-13,73771	27,78	
8	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,238885	-13,73807	37,75	
9	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,237962	-13,73812	75,43	
10	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,237531	-13,73730	99,97	
11	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,236845	-13,73667	102,59	
12	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,236419	-13,73652	102,08	
13	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,235766	-13,73613	48,96	
14	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,234861	-13,73607	82,77	
15	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,234044	-13,73598	98,12	
16	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,232975	-13,73605	88,90	
17	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,232294	-13,73627	115,84	
18	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,231493	-13,73644	77,82	
19	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,230010	-13,73703	88,59	
20	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,229302	-13,73708	173,29	
21	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,228675	-13,73693	76,74	
22	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,226326	-13,73685	69,67	1791,76
23	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,225291	-13,73681	254,16	
24	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,224389	-13,73668	112,03	
25	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,223383	-13,73671	98,49	
26	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,222727	-13,73663	108,82	
27	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,221112	-13,73654	71,42	
28	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,219902	-13,73616	174,92	
29	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,219131	-13,73615	137,79	
30	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,217277	-13,73651	83,38	
31	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,215726	-13,73612	204,51	
32	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,214885	-13,73642	173,27	
33	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,214091	-13,73662	96,73	
34	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,212485	-13,73510	88,93	
35	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,211922	-13,73468	242,70	
36	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,211455	-13,73412	76,76	

37	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,210929	-13,73357	79,97	
38	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,209524	-13,73289	84,06	
39	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,208062	-13,732315	169,49	
40	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,243592	-13,73628	170,64	2428,06

Del cuadro anterior se observa, que el primer elemento de la red es la OLT outoodr, luego tenemos el ODF integrado en el mismo gabinete, posterior a ello, empezamos con la red de planta externa donde plantaremos 40 postes nuevos, 37 son de concreto de 10m y 3 son de fibra de vidrio y usaremos un poste nuevo para instalar el HUB BOX de 1:2; como se observa; por ello desde la OLT se calcula un total de 4252m de cable de fibra óptica mínimo de 12 hilos.

b Red distribución brazo superior de Huañacancha

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH que une el primer HUB de 1:2. y el último Splitter de 1:8 instalado para brindar servicio de acceso a internet en la parte superior del centro poblado en color verde.

Tabla 37

Red distribución - brazo superior Huañacancha

BRAZO SUPERIOR						
N°	DESCRIPCION	EQUIPO	LONGITUD	LATITUD	DISTANCE (m)	DISTANCE LINK
40	PN_C_10m	HUB 1:2	-75,208062	-13,73231		
50	PN_C_10m	SPLITTER 1:8	-75,207051	-13,73202	113,9598183	113,9598183
51	PN_C_10m	POSTE NUEVO	-75,206423	-13,73195	68,38029796	
52	PN_C_10m	SPLITTER 1:8	-75,206115	-13,73168	44,86211602	113,242414
53	PN_FV_10m	SPLITTER 1:8	-75,205544	-13,73176	62,32221417	62,32221417

Como se ha observado en la gráfica de la red del centro poblado, se observa un brazo superior de la red FTTH en color verde, el cual esta compuesto por un total de 4 postes de concreto nuevos, 1 poste de fibra de vidrio, 3 splitter de 1:8 con tecnología desbalanceado que permite la conexión al usuario final desde el primer splitter y un total de casi 290m de cable de fibra óptica pre conectorizada.

c Red distribución brazo inferior de Huañacancha

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH

que une el primer HUB de 1:2. y el último Splitter de 1:8 instalado para brindar servicio de acceso a internet en la parte inferior del centro poblado.

Tabla 38

Red distribución - brazo inferior Huañacancha.

BRAZO INFERIOR						
N°	DESCRIPCION	EQUIPO	LONGITUD	LATIDUD	DISTANCIA (m)	ACUMULADO
40	PN_C_10m	HUB 1:2	-75,208062	-13,73231		
41	PN_C_10m		-75,206955	-13,73165	140,3372524	
42	PN_C_10m	SPLITTER 1:8	-75,206100	-13,73112	109,6163526	249,953605
43	PN_C_10m	SPLITTER 1:8	-75,205473	-13,73124	69,01973715	69,01973715
44	PE_C_10m_B T		-75,205262	-13,73124	22,8168915	
45	PE_C_10m_B T		-75,205074	-13,73113	23,96515534	
46	PE_C_10m_B T		-75,204616	-13,73091	54,90930038	
47	PN_C_10m	SPLITTER 1:8	-75,204406	-13,73067	35,74638238	137,4377296
48	PN_C_10m		-75,203990	-13,73027	62,59421925	
49	PN_C_10m	SPLITTER 1:8	-75,203179	-13,72957	117,6114378	180,205657

Como se ha observado en la gráfica de la red del centro poblado, se observa un brazo inferior de la red FTTH en color morado, el cual esta compuesto por un total de 7 postes de concreto nuevos, 4 splitter de 1:8 con tecnología desbalanceado que permite la conexión al usuario final desde el primer splitter y un total de casi 6400m de cable de fibra óptica pre conectorizada.

d Red de acometida de Huañacancha

En el presente ítem mostraremos los materiales dimensionados para la red de FTTH que une el segundo plitter de 1:8 de la red superior, con la P.S. Huañacancha.

Tabla 39

Red acometida de Huañacancha

ACOMETIDA PARA CLIENTE					
N°	DESCRIPCION	TIPO DE FIBRA	LONGITUD	LATIDUD	DISTANCIA (m)
53	PN_FV_12m	SPLITTER 1:8	-75,205544	-13,73176	
	CS HUAÑACANCHA		-75,205400	-13,731810	16,73187875

Como se ha observado en la gráfica de la red del centro poblado, se observa unas líneas de acometidas que buscan conectar a las entidades beneficiarias en el menor tiempo posible, el cual esta compuesto por un total de un cable, uniendo en el brazo

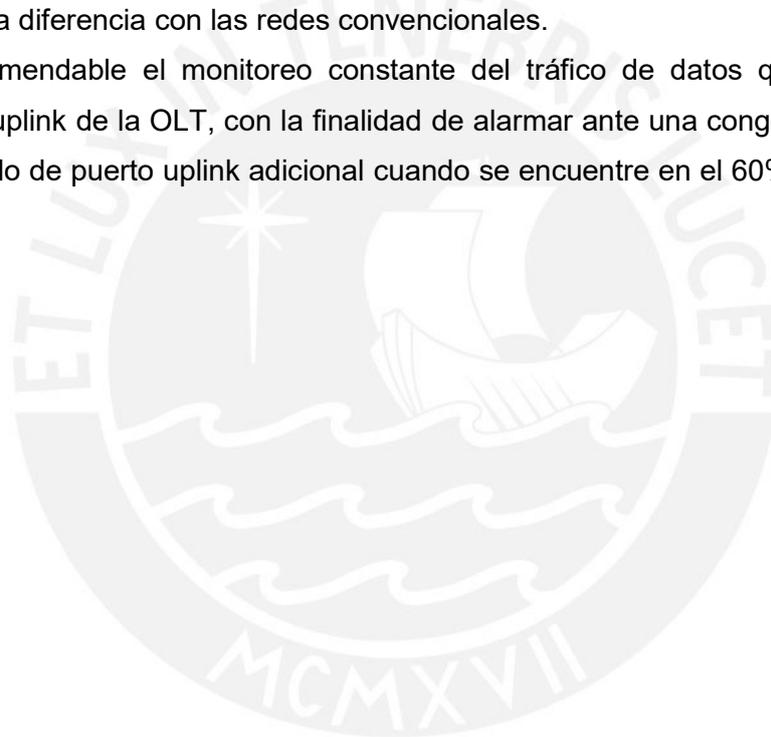
superior a dicha entidad beneficiaria con el P.S. Huañacancha a través un cable drop de 20m.

CONCLUSIONES

- El Proyecto reduce la brecha digital beneficiando a 2 localidades en el distrito de Santo Domingo de Capillas, provincia Huaytará, región Huancavelica con la cobertura del servicio de acceso a Internet, VoIP e IPTV en banda ancha en una red FTTH; así mismo, se brinda conectividad para 1 local escolar, 2 establecimientos de salud, los cuales son parte de la lista de beneficiarios en el PR-HUANCAVELICA.
- El Proyecto contempla el despliegue de 7km de cable de fibra óptica a través de redes eléctricas existentes y estructura nueva; la instalación de 48 postes de concreto y 7 postes de fibra de vidrio; 1 gabinete para la OLT outdoor que a su vez irá montado en un poste de concreto.
- Para el presente proyecto de red de acceso por FTTH, se ha tomado una muestra del proyecto “Instalación de banda ancha para la conectividad integral y el desarrollo social de la región Huancavelica”; precisando que el alcance de los gastos de Operación y Mantenimiento tiene cobertura hasta los 200km de cable de fibra óptica.
- Para la ejecución de la red de acceso por FTTH en el distrito de Santo Domingo de Capillas, provincia Huaytará, región Huancavelica; reemplazando las redes por microondas de los proyectos regionales se estima un costo para la etapa de estudio de S/15.646,80, para cubrir los costos de los materiales a instalar CAPEX asciende a S/83.894,79, para la ejecución del proyecto asciende a S/42.596,82; y para la etapa de Operación y Mantenimiento por 3 años con cobertura hasta 200km de cable de fibra óptica un monto que asciende a S/1.297.105,00.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable, brindar conectividad por FTTH con los servicios de acceso a internet, VoIP e IPTV, en las localidades no contempladas en el “Instalación de banda ancha para la conectividad integral y el desarrollo social de la región Huancavelica”
- Se recomienda continuar brindando sensibilización y capacitación en el uso de redes FTTH, ya que esto permitirá explotar al máximo la capacidad de la misma; además de informar las aplicaciones o plataformas con contenido de alta calidad que demande alta tráfico de datos y por ende una mejor experiencia del usuario que perciba la diferencia con las redes convencionales.
- Es recomendable el monitoreo constante del tráfico de datos que cursa por los puertos uplink de la OLT, con la finalidad de alarmar ante una congestión y aumentar un módulo de puerto uplink adicional cuando se encuentre en el 60% de la capacidad de uso.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] PRONATEL, guía para estudios para elaboración de Proyectos de Inversión Pública <http://www.PRONATEL.gob.pe/pg/gu-iacuteas-instructivos.php>, visto por última vez el 07/11/2023.
- [2] UIT-T, especificaciones técnicas del cable y la fibra óptica respecto al estándar G.652 <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652-201611-l/es>, visto por última vez el 07/11/2023.
- [3] OSINERMIN, datos de las líneas de baja, media y alta tensión en la región Huancavelica <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/MapaSEIN/>, visto por última vez el 07/11/2023.
- [4] INEI, indicadores poblacionales de la región Huancavelica: <http://webinei.inei.gob.pe:8080/SIRTOD1/inicio.html#app=db26&49c3-selectedIndex=1&93f0-selectedIndex=1>, visto por última vez el 07/11/2023.
- [5] Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- [6] MINSA, base de datos de los establecimientos de salud en la región Huancavelica <http://datos.minsa.gob.pe/dataset/registro-nacional-de-establecimientos-de-salud-y-servicios-medicos-de-apoyo-lima/resource-0#{}>, visto por última vez el 07/11/2023.
- [7] MINEDU, base de datos de las entidades educativas en la región Huancavelica <http://sigmed.minedu.gob.pe/mapaeducativo/>, visto por última vez el 07/11/2023.
- [8] SBS, datos histórico para tipos de cambio http://www.sbs.gob.pe/app/pp/SISTIP_PORTAL/Paginas/Publicacion/TipoCambioPr_omedio.aspx, visto por última vez el 07/11/2023.
- [9] Chomycs, B. (2002) *Instalaciones de Fibra Óptica, fundamentos, técnicas y aplicaciones*. Madrid: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- [10] Introduction to DWDM Technology – Cisco Systems <http://www.cisco.com/web/AT/assets/docs/dwdm.pdf>, visto por última vez el 07/11/2023

ANEXOS



ANEXO A

Listado de nodos ópticos del PR-HUANCAVELICA

N	CodINEI2010	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	X_COOR	Y_COOR	Altura
1	901010001	HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	-74.9628	-12.78027	3,705
2	901020001	HUANCAVELICA	ACOBAMBILLA	ACOBAMBILLA	-75.32498	-12.66557	3,847
3	901030001	HUANCAVELICA	ACORIA	ACORIA	-74.86492	-12.64242	3,228
4	901040001	HUANCAVELICA	CONAYCA	CONAYCA	-75.00681	-12.51952	3,716
5	901050001	HUANCAVELICA	CUENCA	CUENCA	-75.03973	-12.43141	3,204
6	901060001	HUANCAVELICA	HUACHOCOLPA	HUACHOCOLPA	-74.94799	-13.03143	4,001
7	901070001	HUANCAVELICA	HUAYLLAHUARA	HUAYLLAHUARA	-75.17863	-12.40957	3,891
8	901080001	HUANCAVELICA	IZCUCHACA	IZCUCHACA	-74.99783	-12.50008	2,907
9	901090001	HUANCAVELICA	LARIA	LARIA	-75.03659	-12.55737	3,956
10	901100001	HUANCAVELICA	MANTA	MANTA	-75.21156	-12.62149	3,743
11	901110001	HUANCAVELICA	MARISCALCACERES	MARISCALCACERES	-74.93389	-12.53458	2,864
12	901120001	HUANCAVELICA	MOYA	MOYA	-75.15552	-12.42405	3,203
13	901130001	HUANCAVELICA	NUEVO OCCORO	OCCORO	-75.01953	-12.59447	3,872
14	901140001	HUANCAVELICA	PALCA	PALCA	-74.9804	-12.65678	3,721
15	901150001	HUANCAVELICA	PILCHACA	PILCHACA	-75.0821	-12.40016	3,589
16	901160001	HUANCAVELICA	VILCA	VILCA	-75.15551	-12.42404	3,206
17	901170001	HUANCAVELICA	YAULI	YAULI	-74.84887	-12.77012	3,514
18	902010001	ACOBAMBA	ACOBAMBA	ACOBAMBA	-74.56924	-12.84306	3,452
19	902020001	ACOBAMBA	ANDABAMBA	ANDABAMBA	-74.62328	-12.69355	3,500
20	902030001	ACOBAMBA	ANTA	ANTA	-74.63821	-12.81227	3,599
21	902040001	ACOBAMBA	CAJA	CAJA	-74.4655	-12.91802	3,396
22	902050001	ACOBAMBA	MARCAS	MARCAS	-74.39765	-12.89042	3,415
23	902060001	ACOBAMBA	PAUCARA	PAUCARA	-74.66639	-12.7296	3,832
24	902070001	ACOBAMBA	POMACOCHA	POMACOCHA	-74.53165	-12.87371	3,166
25	902070008	ACOBAMBA	POMACOCHA	CHOCLOCOCHA	-74.54433	-12.85006	3,365
26	902080001	ACOBAMBA	ROSARIO	ROSARIO	-74.58263	-12.7208	3727
27	903010001	ANGARAES	LIRCAY	LIRCAY	-74.7136	-12.99605	3,677
28	903020001	ANGARAES	ANCHONGA	ANCHONGA	-74.6904	-12.91384	3,315
29	903030001	ANGARAES	CALLANMARCA	CALLANMARCA	-74.62341	-12.8668	3,544
30	903040001	ANGARAES	CCOCHACCASA	CCOCHACCASA	-74.76983	-12.92524	4,183
31	903050001	ANGARAES	CHINCHO	CHINCHO	-74.36745	-12.97239	3,181
32	903060001	ANGARAES	CONGALLA	CONGALLA	-74.49188	-12.95598	3,542

N	CodINEI20 10	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	X_COOR	Y_COOR	Altura
33	903070001	ANGARAES	HUANCA- HUANCA	HUANCA HUANCA	-74.60983	-12.91872	3,588
34	903080001	ANGARAES	HUAYLLAY GRANDE	HUAYLLAY GRANDE	-74.70187	-12.94261	3,628
35	903090001	ANGARAES	JULCAMARCA	JULCAMARCA	-74.44399	-13.01473	3,432
36	903100001	ANGARAES	SAN ANTONIO DE ANTAPARCO	ANTAPARCO	-74.41124	-13.07644	2,765
37	903110001	ANGARAES	SANTO TOMAS DE PATA	SANTO TOMAS DE PATA	-74.41861	-13.11332	3,159
38	903120001	ANGARAES	SECCLLA	SECCLLA	-74.48354	-13.05105	3,328
39	904010001	CASTROVI RREYNA	CASTROVIRR EYNA	CASTROVIRR EYNA	-75.31879	-13.27801	4,201
40	904020001	CASTROVI RREYNA	ARMA	ARMA	-75.54312	-13.12811	3,334
41	904030001	CASTROVI RREYNA	AURAHUA	AURAHUA	-75.57139	-13.03559	3,522
42	904040001	CASTROVI RREYNA	CAPILLAS	CAPILLAS	-75.54222	-13.2932	3,226
43	904050001	CASTROVI RREYNA	CHUPAMARCA	CHUPAMARC A	-75.60834	-13.03713	3,436
44	904060001	CASTROVI RREYNA	COCAS	COCAS	-75.37095	-13.2716	3,433
45	904070001	CASTROVI RREYNA	HUACHOS	HUACHOS	-75.53288	-13.22117	2,733
46	904080001	CASTROVI RREYNA	HUAMATAMBO	HUAMATAMB O	-75.67828	-13.09472	3,087
47	904090001	CASTROVI RREYNA	MOLLEPAMPA	MOLLEPAMPA	-75.41936	-13.3104	2476
48	904100001	CASTROVI RREYNA	SAN JUAN	SAN JUAN	-75.63454	-13.20389	1,946
49	904110001	CASTROVI RREYNA	SANTA ANA	SANTA ANA	-75.13907	-13.07104	4,544
50	904120001	CASTROVI RREYNA	TANTARA	TANTARA	-75.64644	-13.07527	2,898
51	904130001	CASTROVI RREYNA	TICRAPO	TICRAPO	-75.42892	-13.39288	2,400
52	905010001	CHURCAMP A	CHURCAMP A	CHURCAMP A	-74.38683	-12.73896	3,386
53	905020001	CHURCAMP A	ANCO	LA ESMERALDA	-74.58732	-12.68241	2,456
54	905110001	CHURCAMP A	COSME	SANTA CLARA DE COSME*	-74.65833	-12.57314	3,496
55	905030001	CHURCAMP A	CHINCHIHUAS I	CHINCHIHUAS I	-74.54577	-12.51697	2,796
56	905040001	CHURCAMP A	EL CARMEN	PAUCARBAMB ILLA	-74.48074	-12.72685	3,155
57	905060001	CHURCAMP A	LOCROJA	LOCROJA	-74.44205	-12.74008	3,411
58	905070001	CHURCAMP A	PAUCARBAMB A	PAUCARBAMB A	-74.53168	-12.55425	3,403
59	905080001	CHURCAMP A	SAN MIGUEL DE MAYOCC	MAYOCC	-74.3896	-12.80616	2,249
60	905090001	CHURCAMP A	SAN PEDRO DE CORIS	SAN PEDRO DE CORIS	-74.41174	-12.5779	3,580

N	CodINEI2010	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	X_COOR	Y_COOR	Altura
61	905100001	CHURCAMP A	PACHAMARCA	PACHAMARCA	-74.52639	-12.5151	2,780
62	906010001	HUAYTARA	HUAYTARA	HUAYTARA	-75.35468	-13.60459	2,761
63	906020001	HUAYTARA	AYAVI	AYAVI	-75.34938	-13.70378	3,802
64	906030001	HUAYTARA	CORDOVA	CORDOVA	-75.18473	-14.04045	3,249
65	906040001	HUAYTARA	HUAYACUNDO ARMA	HUAYACUND O ARMA	-75.3144	-13.53432	3,125
66	906050001	HUAYTARA	LARAMARCA	LARAMARCA	-75.0362	-13.94639	3,442
67	906060001	HUAYTARA	OCOYO	OCOYO	-75.02353	-14.00892	1,961
68	906070001	HUAYTARA	PILPICHACA	PILPICHACA	-74.97878	-13.33146	4,076
69	906080001	HUAYTARA	QUERCO	QUERCO	-74.97603	-13.97921	2,925
70	906090001	HUAYTARA	QUITO-ARMA	QUITO ARMA	-75.32966	-13.52891	2,994
71	906100001	HUAYTARA	SAN ANTONIO DE CUSICANCHA	CUSICANCHA	-75.29367	-13.50146	3,306
72	906110001	HUAYTARA	SAN FRANCISCO DE SANGAYAICO	SAN FRANCISCO DE SANGALLAICO	-75.24725	-13.7956	3,404
73	906120001	HUAYTARA	SAN ISIDRO	SAN JUAN DE HUIRPCANC HA	-75.23812	-13.95905	3,651
74	906130001	HUAYTARA	SANTIAGO DE CHOCORVOS	SANTIAGO DE CHOCORVOS	-75.25704	-13.82582	2,627
75	906140001	HUAYTARA	SANTIAGO DE QUIRAHUARA	SANTIAGO DE QUIRAHUARA	-74.97737	-14.05482	2,833
76	906150001	HUAYTARA	SANTO DOMINGO DE CAPILLAS	SANTO DOMINGO DE CAPILLAS	-75.24278	-13.73767	3,472
77	906160001	HUAYTARA	TAMBO	TAMBO	-75.27688	-13.69197	3,259
78	907010001	TAYACAJA	PAMPAS	PAMPAS	-74.8682	-12.39937	3,273
79	907020001	TAYACAJA	ACOSTAMBO	ACOSTAMBO	-75.05512	-12.36568	3,623
80	907030001	TAYACAJA	ACRAQUIA	ACRAQUIA	-74.90137	-12.40729	3,296
81	907040001	TAYACAJA	AHUAYCHA	AHUAYCHA	-74.89096	-12.40766	3,287
82	907050001	TAYACAJA	COLCABAMBA	COLCABAMBA	-74.6805	-12.41102	2,957
83	907060001	TAYACAJA	DANIEL HERNANDEZ	MARISCAL CACERES	-74.85793	-12.39001	3,274
84	907070001	TAYACAJA	HUACHOCOLP A	HUACHOCOLP A	-74.59434	-12.04849	2,913
85	907090001	TAYACAJA	HUARIBAMBA	HUARIBAMBA	-74.93803	-12.27983	3,067
86	907100001	TAYACAJA	AHUIMPUQUIO	AHUIMPUQUI O	-75.0694	-12.32901	3,655
87	907110001	TAYACAJA	PAZOS	PAZOS	-75.07059	-12.25942	3,816
88	907130001	TAYACAJA	QUISHUAR	QUISHUAR	-74.77721	-12.24369	3,137
89	907140001	TAYACAJA	SALCABAMBA	SALCABAMBA	-74.78094	-12.20133	3,076
90	907150001	TAYACAJA	SALCAHUASI	SALCAHUASI	-74.7516	-12.10414	3,198
91	907160001	TAYACAJA	SAN MARCOS DE ROCCHAC	SAN MARCOS DE ROCCHAC	-74.86359	-12.0936	3,212
92	907170001	TAYACAJA	SURCUBAMBA	SURCUBAMBA	-74.63047	-12.11656	2,598
93	907180001	TAYACAJA	TINTAY PUNCU	TINTAY	-74.54409	-12.15042	2,393
94	907050088	TAYACAJA	COLCABAMBA	OCORO	-74.64748	-12.42512	3,016
95	901180001	HUANCAVE LICA	ASCENSION	ASCENSION	-74.9797	-12.78229	3730

Fuente: Apéndice 1, Tuo anexo 8-A del PR-HUANCAVELICA