



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones

**Diseño de una Red FTTH aplicando el estándar GPON en
el distrito de Santiago de Surco**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de
Telecomunicaciones

AUTOR

Santiago Renato Arribasplata Terrones

ASESOR

Mg. Rejis Renato Paredes Peñafiel

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Arribasplata, S. (2021). Diseño de una Red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	SANTIAGO RENATO ARRIBASPLATA TERRONES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71283915
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4284-2292
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	REJIS RENATO PAREDES PEÑAFIEL
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06758404
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4829-8953
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	WILBERT CHAVEZ IRAZABAL
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08121733
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LUIS ERNESTO CRUZADO MONTAÑEZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	32920395
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Santiago de Surco Urbanización: Vista Alegre Calle: Emilio Velarde

	Latitud: -12.134696 Longitud: -76.993919
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2020 – Setiembre 2020
URL de disciplinas OCDE	Telecomunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



UNMSM

Firmado digitalmente por PAREDES
PENAFIEL Rejis Renato FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.09.2021 13:16:18 -05:00



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 048/FIEE-EPIE/2021


Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo La Presidencia Del **Mg. Wilbert Chavez Irazabal** integrado por **Mg. Paredes Peñafiel, Rejis Renato** y **Ing. Cruzado Montañez, Luis Ernesto**.


Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. ARRIBASPLATA TERRONES, SANTIAGO RENATO** con código N°11190249 que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulada **DISEÑO DE UNA RED FTTH APLICANDO EL ESTANDAR GPON EN EL DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió **aprobar** otorgándole el calificativo de diecisiete (17).

Ciudad Universitaria, 18 de setiembre del 2021


Mg. Chavez Irazabal, Wilbert
Presidente de Jurado


Mg. Paredes Peñafiel, Rejis Renato
Miembro Jurado


Ing. Cruzado Montañez, Luis Ernesto
Miembro Jurado

DEDICATORIA

A Dios por brindar salud y protección a mi familia.

A mi padre y ángel guardián Santos Arribasplata y mi madre Ulda Terrones,
quienes son mis guías y modelos para seguir.

A mis cuatro abuelitos que desde el cielo me iluminan y cuidan mi camino.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla a fin de establecer el impacto positivo por la implementación de una red FTTH (Fibra hasta el hogar) aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima, departamento de Lima; la cual brindará mayor acceso a la banda ancha fija y disminuir la brecha digital que existe en el Perú ofreciendo costos accesibles a los hogares.

Actualmente existe la necesidad de mejorar las tasas de velocidades de transmisión de bajada y subida, por lo que surge la necesidad del diseño de una red que se soporte en un medio de transmisión que permita realizarlo; siendo la fibra óptica la mejor opción.

Al final del presente trabajo de suficiencia profesional se presentarán los resultados del por qué una red FTTH es la mejor opción técnica y económica frente a otras tecnologías como HFC y xDSL; y adicional, se va a presentar la evaluación financiera con un tiempo proyectado de 5 años para lograr recuperar la inversión y generar rentabilidad, por lo que se concluye que una red FTTH permite cubrir las exigencias técnicas y económicas de los hogares, razones por las cuales se convierte en una opción viable para su implementación.

Palabras claves. Fibra óptica, red FTTH, estándar GPON, banda ancha fija, brecha digital.

ABSTRACT

This research is developed in order to establish the positive impact of the implementation of a FTTH network (Fiber to the home) applying the GPON standard in the district of Santiago de Surco, province of Lima, department of Lima, which will provide greater access to fixed broadband and reduce the digital divide that exists in Peru that offers affordable costs to households.

Currently, there is a need to improve the transmission speed rates of download and upload, which is why the need arises for the design of a network that is supported by a transmission medium that allows it to be done; fiber optic being the best option.

At the end of the present work of professional sufficiency, the results of why a FTTH network is the best technical and economic option compared to other technologies such as HFC and xDSL will be presented; and additionally, the financial evaluation will be presented with a projected time of 5 years to recover the investment and generate profitability, for which it is concluded that an FTTH network allows to cover the technical and economic requirements of households, reasons why becomes a viable option for implementation.

Keywords. Fiber optic, FTTH network, GPON standard, fixed broadband, digital divide.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	2
III. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	3
3.1 Descripción de la realidad del problema	3
3.2 Definición del problema	4
3.2.1 Problema general	4
3.2.2 Problemas específicos	4
3.3 Justificación e importancia de la investigación	5
3.4 Objetivos de la actividad	5
3.4.1 Objetivo general	5
3.4.2 Objetivos específicos.....	6
3.5 Antecedentes de la Investigación	6
3.6 Bases teóricas	13
3.6.1 Red óptica pasiva (PON).....	13
3.6.2 Componentes de una red PON	15
3.6.3 Arquitectura de la red	18
3.6.4 Estándares xPON.....	21
3.6.5 Arquitecturas FTTx	25

3.6.6 Topologías de redes FTTx	28
3.6.7 Instalación de redes FTTH	31
3.7 Diseño de la investigación	34
3.7.1 Planificación de la red FTTH	34
3.7.2 Definición de la zona y cantidad de hogares	35
3.7.3 Diseño de la planta externa.....	37
3.7.4 Componentes de la red FTTH	50
3.7.5 Presupuesto de pérdidas ópticas de la red FTTH	58
3.8 Presentación de resultados	63
3.8.1 Estimación de costos.....	63
3.9 Discusión de resultados.....	74
IV. CONCLUSIONES	75
V. RECOMENDACIONES	76
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	77
VII. ANEXOS.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Conexiones a internet fijo en Perú por velocidad de transmisión (de bajada)	8
Tabla 2: Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por tecnología de acceso y empresas operadoras	10
Tabla 3: Población Económicamente Activa (PET) por educación superior en el distrito de Santiago de Surco	12
Tabla 4: Niveles socioeconómicos de Santiago de Surco al año 2018.....	13
Tabla 5: Recomendaciones ITU-T G.984.x.....	23
Tabla 6: Recomendaciones ITU-T G.987.x.....	24
Tabla 7: Ventajas y desventajas de una topología centralizada	29
Tabla 8: Ventajas y desventajas de una topología convergencia local.....	30
Tabla 9: Ventajas y desventajas de una topología distribuida.....	31
Tabla 10: Cantidad de hogares por manzana de la zona de diseño del distrito de Santiago de Surco	36
Tabla 11: Ubicación de las cajas de empalme de la red de alimentación	41
Tabla 12: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/01-02	43
Tabla 13: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/03-04	45
Tabla 14: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/05.....	47

Tabla 15: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/06-07	49
Tabla 16: Datos para el cálculo de potencia óptica de la red FTTH	58
Tabla 17: Cálculo de potencia óptica disponible en la red FTTH	59
Tabla 18: Valores de atenuación para el presupuesto óptico	59
Tabla 19: Presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de las cajas NAP con mayor longitud de fibra óptica en base a la longitud de onda de 1310 nm	62
Tabla 20: Presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de las cajas NAP con mayor longitud de fibra óptica en base a la longitud de onda de 1490 nm	62
Tabla 21: Presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de las cajas NAP con mayor longitud de fibra óptica en base a la longitud de onda de 1550 nm	63
Tabla 22: Estimación de inversión de los equipos activos y pasivos	64
Tabla 23: Estimación de inversión en servicios de instalación	65
Tabla 24: Estimación de inversión de permisos y licencias	66
Tabla 25: Estimación de ingresos con una proyección de 5 años	67
Tabla 26: Estimación de egresos al año 1	68
Tabla 27: Estimación de egresos al año 2	69
Tabla 28: Estimación de egresos al año 3	70
Tabla 29: Estimación de egresos al año 4	71
Tabla 30: Estimación de egresos al año 5	72
Tabla 31: Cálculo de flujo de caja	73
Tabla 32: Valor del VAN y TIR	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Velocidad promedio de bajada para Abril 2020 en América Latina por Ookla. Fuente: Elaboración propia	7
Figura 2: Evolución del número de conexiones de internet fijo en Perú por tipo de tecnología según OSIPTEL. Fuente: Elaboración propia.....	8
Figura 3: Número de conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por empresas operadoras según OSIPTEL. Fuente: Elaboración propia.....	9
Figura 4: Mapa del distrito de Santiago de Surco. Fuente: Google maps	11
Figura 5: Distribución poblacional de Santiago de Surco al 2017. Fuente: Elaboración propia	12
Figura 6: Diagrama de una Red óptica pasiva. Fuente: Furukawa.....	15
Figura 7: Estructura interna del splitter óptico FBT. Fuente: Elaboración propia.....	16
Figura 8: Estructura interna del splitter óptico tipo PLC. Fuente: Senko	17
Figura 9: ONT. Fuente: Zyxel	18
Figura 10: Arquitectura punto a punto. Fuente: Elaboración propia	19
Figura 11: Arquitectura tipo bus. Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura 12: Arquitectura estrella o árbol. Fuente: Elaboración propia	20
Figura 13: Arquitectura en anillo. Fuente: Elaboración propia.....	21

<i>Figura 14:</i> Fibra hasta el hogar. Fuente: Elaboración propia.....	25
Figura 15: Fibra hasta el edificio. Fuente: Elaboración propia.....	26
Figura 16: Fibra hasta el gabinete. Fuente: Elaboración propia.....	27
Figura 17: Fibra hasta el nodo. Fuente: Elaboración propia	27
Figura 18: Esquema de una topología centralizada. Fuente: Furukawa.....	29
<i>Figura 19:</i> Esquema de una topología convergencia local. Fuente: Furukawa	30
<i>Figura 20:</i> Esquema de una topología distribuida. Fuente: Furukawa.....	31
Figura 21: Mapa de la zona de diseño del distrito de Santiago de Surco. Fuente: ArcMap	36
Figura 22: <i>Casas de la zona de diseño del distrito de Santiago de Surco.</i> <i>Fuente: Google Maps</i>	37
<i>Figura 23:</i> Topología de la red FTTH. Fuente: Elaboración propia.....	39
<i>Figura 24:</i> Diagrama de la Red de distribución. Fuente: Elaboración propia	39
Figura 25: Ubicación de la OLT. Fuente: Elaboración propia	40
Figura 26: Red de alimentación. Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 27: Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/01-02”. Fuente: Elaboración propia.....	44
Figura 28: Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/03-04”. Fuente: Elaboración propia.....	46
Figura 29: Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/05”. Fuente: Elaboración propia.....	48
<i>Figura 30:</i> Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/06-07”. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 31: OLT GPON LD3032. Fuente: Furukawa	51

Figura 32: SFP C+. Fuente: Furukawa	51
Figura 33: ODF 48 hilos. Fuente: Furukawa.....	52
Figura 34: Cable de fibra óptica ADSS. Fuente: Fiberhome	52
Figura 35: Caja de empalme óptico. Fuente: Corning.....	53
Figura 36: Caja de distribución óptica NAP con 16 puertos preconectorizados. Fuente: Furukawa.....	54
Figura 37: Splitter óptico 1x8. Fuente: Furukawa	54
Figura 38: Cable drop preconectorizado. Fuente: Furukawa.....	55
Figura 39: Pigtail óptico. Fuente: Furukawa	56
Figura 40: Roseta óptica. Fuente: Furukawa.....	56
Figura 41: Cable Puente o Patchcord óptico. Fuente: Furukawa.....	57
Figura 42: ONT GPON FK-ONT-G420W. Fuente: Furukawa.....	57
Figura 43: Esquema de eventos para cálculo del presupuesto óptico de la red FTTH. Fuente: Elaboración propia	61

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el mercado de las telecomunicaciones ha presentado básicamente tres comportamientos: aparición de nuevas empresas operadoras de telecomunicaciones, desarrollos tecnológicos tanto en productos pasivos y activos, y el aumento de demanda de banda ancha por parte de los hogares. Como resultado de estos tres factores, las redes de telecomunicaciones se ven en la necesidad de mejorar la calidad de su servicio y cubrir las nuevas necesidades en velocidad de transmisión de información y alcance requeridos por el mercado.

Para cubrir el aumento de demanda de ancho de banda fija se tiene a la fibra óptica como medio de transmisión; la cual es la solución técnica por cable más idónea en la actualidad, dejando de lado a las tecnologías xDSL y HFC, las cuales presentan limitaciones técnicas como la disminución de ancho de banda a medida que el hogar del cliente, se encuentre más alejada de la central; así como del uso de componentes electrónicos en la planta externa; que generan mayores costos a la red y anchos de banda limitados por conexión.

Es por ello la importancia de desplegar redes ópticas pasivas que conecten a los hogares y puedan cubrir y superar mayores demandas de ancho de banda. El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo el diseño de una red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima, departamento de Lima. De esta manera se podrá observar que se puede brindar un servicio de mejor calidad con mayores tasas de velocidad de bajada y subida.

II. INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

Las actividades vistas en el presente trabajo de suficiencia profesional se realizaron en el distrito de Santiago de Surco. El periodo de duración fue de cinco meses, específicamente desde Mayo del 2020 hasta Setiembre del 2020.

La finalidad y objetivos es que se desarrolló en una zona donde existe mucha presencia de hogares residenciales, por lo que es ideal para mostrar las mejores bondades y ventajas de diseñar una red FTTH en esa zona. La razón social es Municipalidad de Santiago de Surco, la dirección se encuentra dentro del área delimitada por las Av. Tomas Marsano, Jirón Augusto Wiese, Jirón Ismael Bielich y la Av. Ayacucho; y por último, el correo electrónico del profesional a cargo es erick.cordova@entel.pe.

III. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Descripción de la realidad del problema

El desarrollo de un país está directamente relacionado con el desarrollo de su infraestructura de telecomunicaciones. La infinidad de aplicaciones derivadas de las telecomunicaciones han permitido facilitar la forma de educarnos, comunicarnos y llevar a cabo nuestras actividades productivas, convirtiéndose así en un factor importante de nuestra vida diaria; por estos motivos la demanda de ancho de banda es cada vez mayor por parte de los clientes; por lo que de esta manera se trata de brindar servicios de telecomunicaciones de mejor calidad tal como el servicio de internet de banda ancha fija.

Actualmente Perú se encuentra por debajo de la media global con respecto a la velocidad promedio de bajada, esto nos da como referencia de que hay muchas cosas por realizar o mejorar; siendo una de ellas, el desarrollo de redes de banda ancha fija. Por estas razones, se optó por implementar estructuras de redes FTTH (fibra hasta el hogar) aplicando el estándar GPON; la cual es una tecnología pasiva de implementación de red, que permite tener una reducción en nuestros costos de CAPEX y OPEX.

Esta investigación tiene como zona de estudio el distrito de Santiago de Surco, específicamente el área delimitada por la Av. Tomas Marsano, Jirón Augusto Wiesse, Jirón Ismael Bielich y la Av. Ayacucho. Adicionalmente, cabe

indicar que la estructura de esta red FTTH, solo se ha diseñado para atender la demanda de hogares de clientes residenciales.

3.2 Definición del problema

3.2.1 Problema general

¿En qué medida el diseño de una red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco permitirá mejorar la calidad del servicio de internet de banda ancha fija?

3.2.2 Problemas específicos

¿Cuáles son las características técnicas de una red FTTH aplicando el estándar GPON?

¿En qué medida una solución alternativa de tecnología por fibra óptica aplicando el estándar GPON, permitirá mejorar las tasas de velocidad de transmisión de bajada y subida?

¿En qué medida una estimación de costos de productos activos, pasivos, infraestructura e instalación permitirá una implementación viable para la mejora en la calidad del servicio de internet de banda ancha fija?

3.3 Justificación e importancia de la investigación

La presente investigación tiene como importancia lograr un mayor acceso de banda ancha fija en el distrito de Santiago de Surco; a través del diseño de una estructura de red FTTH aplicando el estándar GPON y utilizando como medio de transmisión la fibra óptica de inicio a fin, el cual presenta muchas ventajas en comparación a los medios de transmisión convencionales de metal; tales como: una mayor velocidad en la transmisión de datos, insensibilidad a las interferencias electromagnéticas, baja atenuación, mayor facilidad de instalación, etc. Adicionalmente, esta tecnología reduce los costos de equipos y mantenimiento; y de esta manera se puede cubrir una mayor demanda con precios al alcance de los usuarios finales.

3.4 Objetivos de la actividad

3.4.1 Objetivo general

Analizar las mejoras de la calidad del servicio de internet de banda ancha fija a través del diseño de una red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco.

3.4.2 Objetivos específicos

Analizar las características técnicas de una red FTTH aplicando el estándar GPON

Proponer una solución alternativa de tecnología para la mejora en las tasas de velocidad de transmisión de bajada y subida.

Realizar una estimación de costos de productos activos, pasivos, infraestructura e instalación.

3.5 Antecedentes de la Investigación

Como es conocimiento y evidencia para todos, internet cumple un rol cada día, más importante y esto se debe principalmente a que las personas demandan más ancho de banda fijo por las actividades que se realizan en el hogar y en nuestros días cobra mayor relevancia por el confinamiento derivado de la pandemia global y que como consecuencia se han masificado actividades como: el teletrabajo, las reuniones virtuales, etc. De acuerdo al informe de conectividad a internet publicado por Speedtest Global Index de Ookla con fecha de publicación abril 2020, nos muestra que el promedio mundial de tasas de velocidad de banda ancha fija es de 74.74Mbps de bajada y 39.62 Mbps de subida; siendo, Singapur el país con el mejor funcionamiento de internet a nivel mundial, teniendo como resultado 198.46 Mbps de bajada y donde el Perú se encuentra por debajo del promedio global, ubicándose en el puesto 103 con 22.97 Mbps de bajada. En la figura 1 se puede observar las posiciones y tasas de velocidad de bajada de diversos países latinoamericanos.

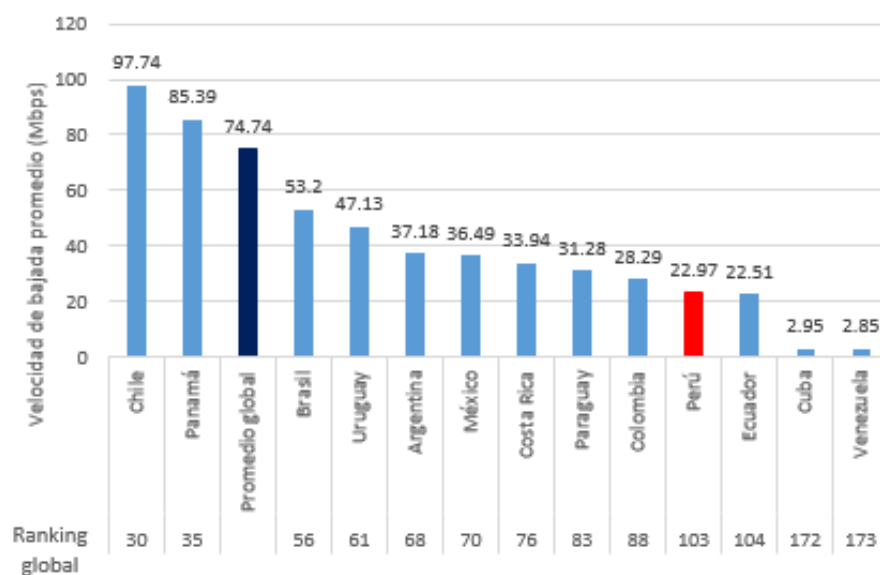


Figura 1: Velocidad promedio de bajada para Abril 2020 en América Latina por Ookla. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de evaluar el estado de la conectividad de internet fijo en el Perú, se presenta en la figura 2, la evolución en el número de conexiones de acceso a internet fijo, desagregados por las tecnologías de acceso, utilizadas desde el año 2015 hasta el tercer trimestre del año 2019 (información recogida del Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL). De acuerdo con los números mostrados, la tecnología xDSL presenta una baja considerable y la tecnología cablemódem (HFC) un crecimiento exponencial.

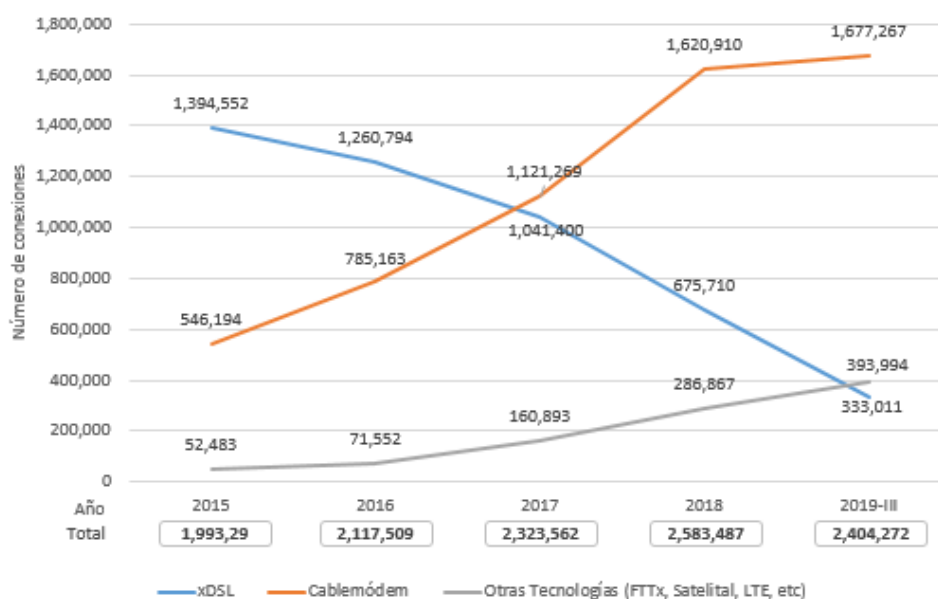


Figura 2: Evolución del número de conexiones de internet fijo en Perú por tipo de tecnología según OSIPTEL. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se presenta las conexiones por velocidad de transmisión (de bajada) dadas por OSIPTEL. De acuerdo con la información, hasta el año 2018 hubo un dominio del ancho de banda de 2048 a 4096 Kbps para luego recaer en un 83.5% aproximadamente para el año siguiente y se observa que para el año 2019-III hay un dominio del ancho de banda mayor o igual a 16 Mbps, teniendo un crecimiento de 179.5% aproximadamente comparado con el año anterior.

Tabla 1: Conexiones a internet fijo en Perú por velocidad de transmisión (de bajada)

Velocidad de transmisión (de bajada)	2016	2017	2018	2019-III
BW < 256Kbps	416	373	329	987
256 <= BW < 512 kbps	5,415	3,567	2,859	4,139
512 <= BW < 1024 kbps	148,496	81,733	47,332	18,797

1024 <= BW < 2048 kbps	357,154	315,240	230,693	73,702
2048 <= BW < 4096 kbps	1,080,036	1,116,802	912,213	150,323
4 Mbps <= BW < 8 Mbps	286,844	401,291	375,437	273,075
8 Mbps <= BW < 16 Mbps	179,785	268,098	480,829	522,774
BW >= 16 Mbps	58,254	134,047	486,714	1,360,475

Datos obtenidos de OSIPTEL (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 3 se presenta los números de conexiones de acceso a internet fijo a nivel nacional, desagregadas por empresas operadoras, información obtenida de OSIPTEL al tercer trimestre del año 2019.

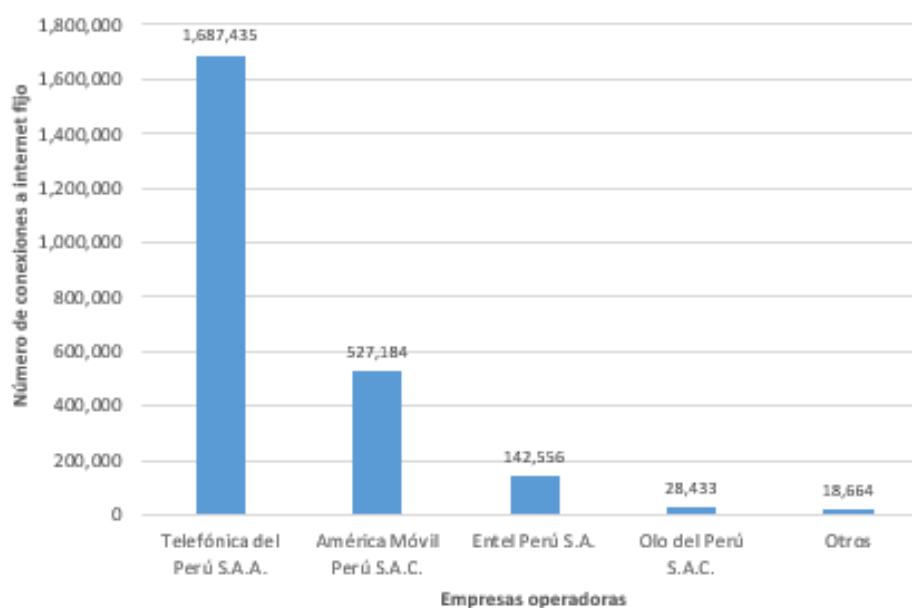


Figura 3: Número de conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por empresas operadoras según OSIPTEL. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se muestra el detalle de los números de conexiones de acceso a internet fijo a nivel nacional, desagregadas por tecnología de acceso y

empresas operadoras, información obtenida de OSIPTEL al tercer trimestre del año 2019, se observa que existe un claro dominio de la tecnología Cablemódem (HFC) como tecnología de acceso a los hogares del Perú.

Tabla 2: Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por tecnología de acceso y empresas operadoras

Número de conexiones 2019-III	Telefónica del Perú S.A.A.	América Móvil Perú S.A.C.	Entel Perú S.A.	Otros	Total Perú
xDSL	332,910	8	0	93	333,011
Cablemódem	1,203,972	470,656	0	2,639	1,677,267
Wimax	0	0	0	2,946	15,445
Otras tecnologías*	150,553	56,520	142,556	12,986	378,549
Total	1,687,435	527,184	142,556	18,664	2,404,272

*Satelital, FTTx, LTE, Microondas

Datos obtenidos de OSIPTEL (Fuente: Elaboración propia)

Ahora se realiza la evaluación socioeconómica del distrito de Santiago de Surco para tener conocimiento de su estado más actual. Santiago de Surco es uno de los 43 distritos que conforman Lima Metropolitana, limita al norte con los distritos de Ate Vitarte y San Borja, al este con La Molina y San Juan de Miraflores, al oeste con Surquillo y Miraflores y por el sur con Barranco y Chorrillos (ver figura 4).



Figura 4: Mapa del distrito de Santiago de Surco. Fuente: Google maps

En base al último censo realizado en el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito de Santiago de Surco tenía una población de 329,152 habitantes, en la figura 5 se evidencia que la distribución poblacional tiene un dominio en el rango de edad de 15 a 64 años, representando el 69.4% aproximadamente del total de habitantes y esto nos da una gran referencia de que más de la mitad de la población va a requerir de un servicio de telecomunicaciones.

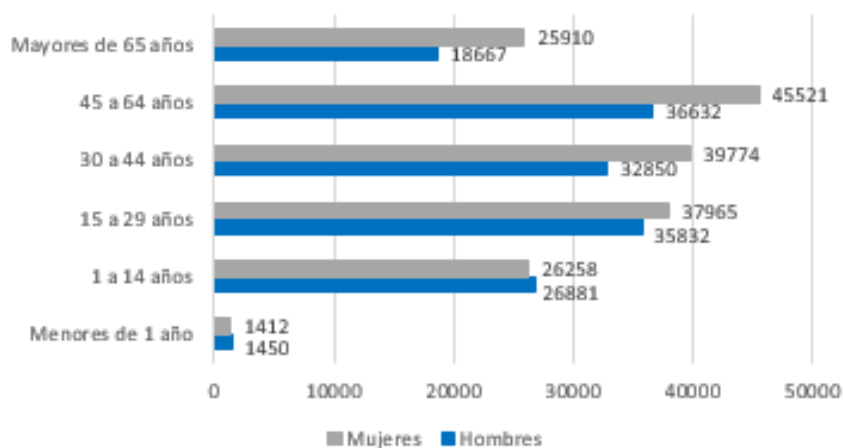


Figura 5: Distribución poblacional de Santiago de Surco al 2017. Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el convenio 138 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) establece que, para Perú, la edad mínima para definir a la Población Económicamente Activa (PET) son 14 años. Por consiguiente, en la tabla 3 se muestra que el distrito de Santiago de Surco cuenta con 277,354 habitantes considerados como población económicamente activa, de los cuales se tiene que un alto porcentaje (70.5%) es de nivel educativo superior.

Tabla 3: Población Económicamente Activa (PET) por educación superior en el distrito de Santiago de Surco

Distrito	Población total	PET	Educación superior		
			Total	No Universitaria	Universitaria
Santiago de Surco	329,152	277,354	70.5 %	18 %	52.5 %

Datos obtenidos del censo 2017 (Fuente: INEI)

De acuerdo con el estudio realizado por Equifax al año 2018 (Equifax es una empresa multinacional que se dedica a la elaboración de informes de solvencia económica para empresas sobre posibles clientes y conocer su historial crediticio). El nivel socioeconómico del distrito de Santiago de Surco que presenta el menor porcentaje es el nivel E con 3%, los niveles C y D suman 28% y los datos más interesantes es que el nivel que presenta mayor concentración es el nivel B con 46% seguido del nivel A con 24% (ver tabla 4).

Tabla 4: Niveles socioeconómicos de Santiago de Surco al año 2018

Distrito	NSE A	NSE B	NSE C	NSE D	NSE E
Santiago de Surco	24%	46%	21%	7%	3%

Datos obtenidos de Equifax al año 2018 (Fuente: Elaboración propia)

3.6 Bases teóricas

3.6.1 Red óptica pasiva (PON)

La red PON (Passive Optical Network) es una red de fibra óptica de tipo monomodo, cuya arquitectura puede ser de tipo punto a punto o punto a multipunto; este segundo tipo de arquitectura se logra al emplear divisores ópticos (conocidos como splitter ópticos); los cuales permiten distribuir la señal óptica desde una fibra de entrada a varias fibras de salida, de tal manera que con una fibra que parte de un puerto PON de un equipo Terminal de Línea óptica (OLT), ubicado en el edificio de la oficina central (CO – Central Office)

se puede dar servicio a múltiples usuarios; lo cual conlleva a una optimización de recursos (ver figura 6).

El término “pasiva” hace referencia a la ausencia de cualquier componente activo entre la oficina central y el usuario, esto hace que la red PON ofrezca una alta eficiencia en costos económicos y operativos. Al implementar una red de fibra óptica, se apertura un gran campo de posibilidades de despliegue de las redes de telecomunicaciones, debido que es un medio de transmisión que brinda muchas ventajas en comparación de los medios de transmisión metálicos tradicionales. A continuación, se detallarán las características más resaltantes:

- Ahorro económico en el costo por despliegue y por mantenimiento de la red; debido que los componentes pasivos no requieren alimentación de energía, mantenimiento periódico y otros cuidados comparados con los componentes activos.
- Las redes PON permiten manejar eficientemente el tráfico de la red gracias a la tecnología WDM (Wavelength División Multiplexing) o Multiplexación por longitud de onda, esta tecnología evita la mezcla de las señales, tanto de voz, datos y videos; transportándose en diferentes longitudes de onda (nm); en ambas direcciones de subida y bajada simultáneamente.
- Alta disponibilidad de ancho de banda en las redes PON, el cual puede alcanzar los 2.5 Gbps en sentido descendente (Downstream) para los usuarios finales y con la aplicación de nuevas tecnologías esta velocidad se acrecienta a 10 y 40Gbps a futuro.
- La cobertura física de las redes PON pueden llegar hasta los 20km desde la oficina central; sin el uso de equipo activo intermedio, pero puede alcanzar una conexión lógica hasta de 60 kilómetros de alcance. (VIAVI Solutions, s.f.)

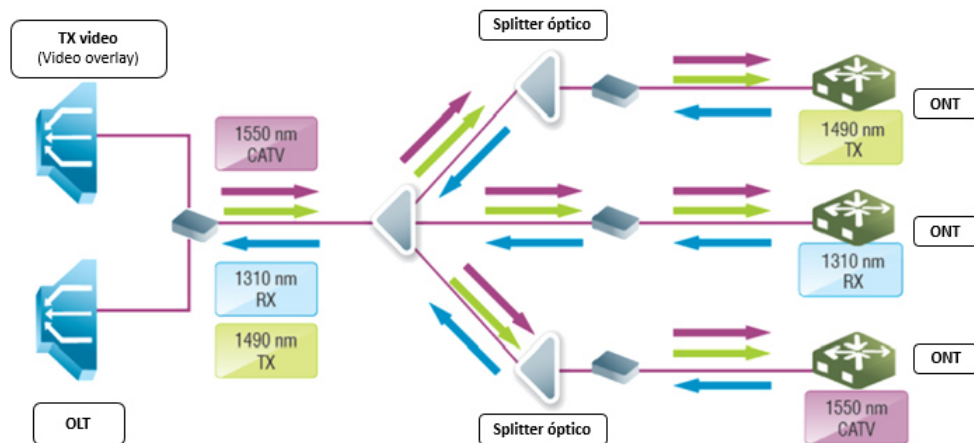


Figura 6: Diagrama de una Red óptica pasiva. Fuente: Furukawa

3.6.2 Componentes de una red PON

Una red PON está conformado principalmente por tres elementos:

3.6.2.1 OLT. El Terminal de Línea óptica – OLT (Optical Line Terminal), es el elemento activo que se encuentra en la parte inicial de la red, específicamente en la oficina central del proveedor de servicios de telecomunicaciones. La OLT cumple un rol muy importante porque es el equipo que realiza las acciones necesarias para la identificación y liberación de los servicios al cliente, así como también centraliza todas las operaciones que se realicen en las redes PON. Cada OLT tiene la capacidad para brindar servicios a centenas o miles de usuarios.

La elección de una OLT depende de la densidad de usuarios y zonas a elegir y de la demanda de servicios requeridos; así mismo, de la OLT parten los hilos de alimentación, para alimentar a los cables de distribución y llegar a los usuarios, a través de los cables de acometida ópticos.

La OLT transmite voz y datos en la longitud de onda de 1490 nm hacia la ONT (sentido descendente o Downstream); la cual a través de un proceso de multiplexado óptico se une a una señal de video que se transmite a una

longitud de onda de 1550 nm, también descendente de manera simultánea por cada puerto PON de salida y a través de la longitud de onda de 1310 nm, se transmite voz y datos desde la ONT a la OLT (en sentido ascendente o upstream). Se observa que la OLT utiliza distintas longitudes de onda para cada servicio, de esta manera se consigue evitar interferencias entre el sentido ascendente y descendente.

3.6.2.2 El Divisor o Splitter Óptico. Es un elemento pasivo que tiene como función dividir el nivel de potencia de la señal óptica, para posibilitar la ramificación de la red y de esta forma se consigue brindar señal óptica a varios puntos a partir de una sola fibra; donde a este tipo de red se le denomina punto – multipunto. Existen dos tecnologías en la construcción del Splitter óptico:

- FBT (Fused Biconical Taper)

La técnica FBT consiste en construir un splitter óptico a través de la unión térmica de dos fibras independientes, las cortezas (claddings) se funden de forma que pueda haber transferencia de energía de un conductor a otro por acoplamiento (ver figura 7).

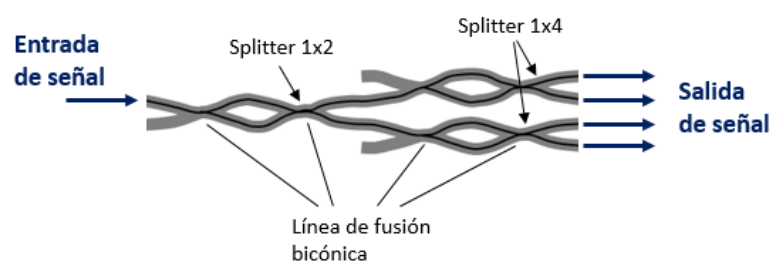


Figura 7: Estructura interna del splitter óptico FBT. Fuente: Elaboración propia

- PLC (Planar Lightwave Circuit)

La técnica PLC se basa en construir un splitter a través de una especie de litografía; que se imprime en sustrato de sílice donde se encuentran formadas las guías de onda. En comparación con el splitter FBT, el splitter PLC tiene ventajas de insensibilidad a la longitud de onda, división uniforme y alta estabilidad. Este tipo de splitter es ampliamente utilizado en las redes PON (ver figura 8).

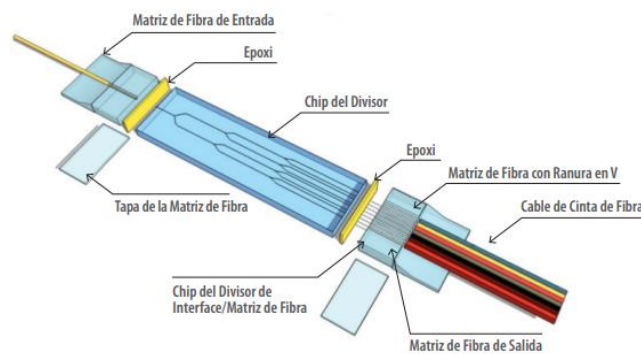


Figura 8: Estructura interna del splitter óptico tipo PLC. Fuente: Senko

3.6.2.3 ONT. La Terminación de Red óptica – ONT (Optical Network Termination); es el elemento encargado en la posición del cliente; de recibir, procesar y filtrar las señales que son suministradas en forma descendente (de OLT a ONT). Una vez filtrada la información requerida, este elemento se encarga de suministrar la información correspondiente a cada terminal de servicio, del usuario. En el sentido, ascendente (de ONT a OLT), la ONT encapsula la información solicitada por el usuario y la envía a la OLT (ver figura 9). (VIAVI Solutions, s.f.)



Figura 9: ONT. Fuente: Zyxel

3.6.3 Arquitectura de la red

Con el fin de brindar un servicio de calidad a los usuarios finales, la arquitectura de la red debe ser desarrollada, tomando en cuenta los siguientes aspectos: metodología de desarrollo o despliegue, calidad y bajos costos en la construcción, despliegue y mantenimiento; tomando en cuenta: la demanda de servicio, el número y velocidad de los servicios por usuario, el ámbito de despliegue, el desarrollo futuro de la red y la redundancia en sus conexiones. A continuación, se describirán algunos modelos de arquitecturas de red óptica de distribución (ODN):

3.6.3.1 *Arquitectura punto a punto.* Este tipo de arquitectura que se presenta en la figura 10, consiste en enlaces directos desde la OLT hacia la ONT mediante cables de fibra óptica; esto genera que el costo por implementación sea muy elevado por el gran número de fibras (N) y de transceptores ($2N$) que se deben emplear, motivo por el cual no es una arquitectura usada para las redes de fibra hasta el hogar.

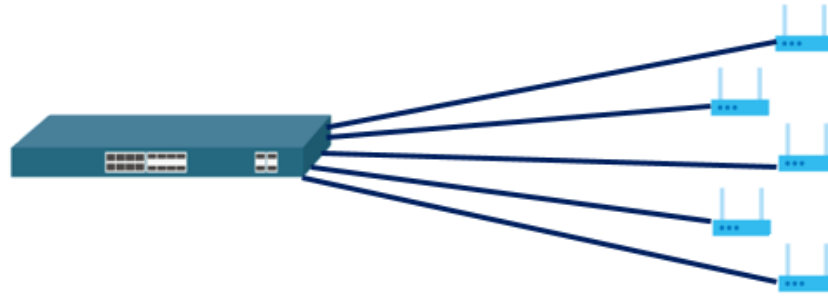


Figura 10: Arquitectura punto a punto. Fuente: Elaboración propia

3.6.3.2 Arquitectura punto a multipunto. Este tipo de arquitectura es la base de las redes PON, en el cual varios usuarios finales comparten la conexión con un único hilo de fibra óptica; a través de 1 o 2 splitters ópticos; lo cual permite, disminuir el costo de la red. Este tipo de arquitecturas de redes PON, adoptan diversos tipos de configuraciones:

- **Configuración tipo bus**

En este tipo de configuración; la arquitectura punto a multipunto; muestra a las ONTs conectadas a un enlace común (ver figura 11). El proceso consta del despliegue de un cable de fibra óptica que parte de la oficina central (CO – Central Office) y en ciertos puntos del despliegue troncal se generan ramificaciones para luego brindar señal a las ONT, por lo que la conexión es física. El principal inconveniente de esta configuración es que, si se presenta una ruptura del enlace de fibra óptica en un punto dado de la red, va a dejar sin señal a todos los usuarios ubicados después de la ruptura.

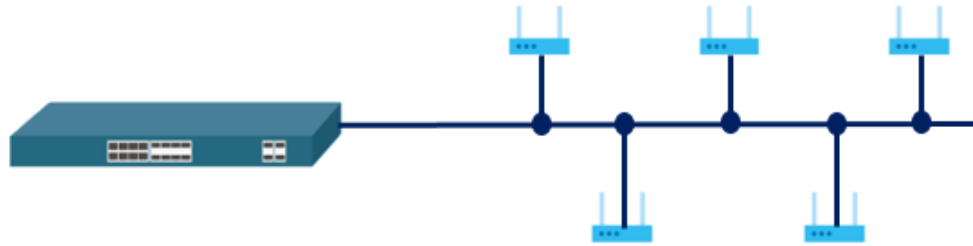


Figura 11: Arquitectura tipo bus. Fuente: Elaboración propia

- **Configuración estrella o árbol**

La configuración estrella o árbol de una arquitectura punto a multipunto, que se presenta en la figura 12, es la más utilizada en las redes PON debido a su bajo costo de implementación y eficiencia. Consiste en un enlace único que va desde la OLT hasta un splitter óptico, en el cual este dispositivo divide la señal a varios usuarios finales (ONT). Una de las ventajas de este tipo de arquitectura es la escalabilidad, esto quiere decir que, si hay un aumento de usuarios en la red, esta puede dividirse en varias subredes; a través de una segunda etapa de splitters.

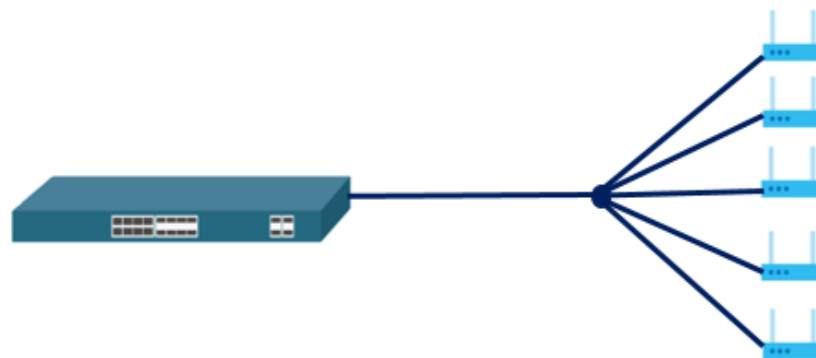


Figura 12: Arquitectura estrella o árbol. Fuente: Elaboración propia

- **Configuración en anillo**

La configuración en anillo de una arquitectura punto a multipunto, que se presenta en la figura 13. El proceso de la configuración en anillo consta del despliegue de un cable de fibra óptica que tiene a la oficina central (CO – Central Office) como origen y fin, formando así un anillo óptico y en ciertos puntos del anillo óptico se generan tramos de distribución donde finalmente brindarán señal a las ONT, por lo que la conexión es física. Adicional, se caracteriza por su robustez y confiabilidad, pues permite mantener el servicio de la red en caso uno de los lados presente ruptura de enlace de fibra óptica. (The Fiber Optic Association Inc., s.f.)

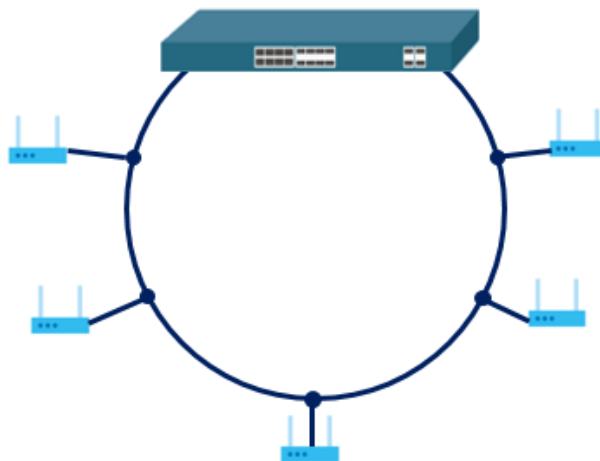


Figura 13: Arquitectura en anillo. Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Estándares xPON

Existen diversos estándares xPON, que presentan distintos métodos de implementar una red PON dependiendo de la tecnología a usar, de esta manera se utiliza la letra inicial “x” para clasificarlos.

3.6.4.1 APON. (ATM (Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network) o Red óptica pasiva por modo de transferencia asíncrona. APON fue el primer estándar de la red PON y especificada por la recomendación ITU-T G.983. Las especificaciones técnicas iniciales para las redes PON fueron establecidas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual adoptó el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (capa de enlace de datos). Este estándar tuvo dos principales inconvenientes, el primero fue la incapacidad de manejo de video debido que no contaba con una longitud de onda asignada para este servicio y el segundo fue la limitación respecto a la velocidad de transmisión del canal descendente a una tasa no mayor a 155 Mbps.

3.6.4.2 BPON. La Red óptica pasiva de Banda Ancha (Broadband Passive Optical Network) – BPON se basa en la arquitectura de las redes APON, pero con la ventaja que pueden soportar otros estándares de banda ancha como distribución de video y Multiplexaje por División de Longitud de onda (WDM). BPON se encuentra especificado en la recomendación ITU-T G.983 y se modificó para admitir tráfico asimétrico y simétrico, para asimétrico trabaja en canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps, mientras que para el simétrico trabaja en canal descendente y ascendente de 622 Mbps. Otras características de BPON es que permite un alcance de 20 kilómetros y 64 usuarios por puerto BPON.

3.6.4.3 EPON. La Red óptica Pasiva Ethernet – EPON o Ethernet Passive Optical Network; surge como una nueva especificación a través del grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile), el cual fue constituido por la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). EPON nació bajo la norma IEEE 802.3ah; con características de transferencia de información simétrica tanto descendente y ascendente a una velocidad máxima de 1.25 Gbps, para un alcance máximo de red de 20 km y un máximo de 32 usuarios por puerto EPON. Sus principales ventajas frente a APON y BPON es que ofrece QoS (Quality of Service) en ambos sentidos (ascendente y descendente), y facilita mucho la llegada de la fibra óptica hasta los usuarios debido a que los equipos con los que se accede son más económicos porque ofrecen interfaces ethernet.

3.6.4.4 GPON. La Red óptica pasiva con Capacidad Gigabit – GPON (Gigabit - Capable Passive Optical Network); es una evolución de las redes BPON y hoy en día, es el estándar más avanzado sobre el que se sigue trabajando.

GPON se encuentra especificado en la recomendación ITU-T G.984 y soporta tasas de transferencia simétrica y asimétrica; en el caso simétrico, es de 622 Mbps y 1.25 Gbps y para el caso asimétrico es de 2.5 Gbps descendente y 1.25 Gbps ascendente, en el presente trabajo de suficiencia profesional será usado este tipo de estándar y transmisión asimétrica. En el sentido descendente, se aplica la técnica de difusión ancha o broadcast a través de TDM; el cual todos los datos que nacen de la OLT son dirigidos a todas las ONT, cada ONT tiene como función filtrar o procesar sus datos requeridos y en el sentido ascendente, se trabaja con la tecnología TDMA (Time Division Multiple Access); para este caso. Para una perfecta sincronización en la transferencia de información de subida, la OLT, asigna ventanas o rangos de tiempo a todas las ONT para evitar el traslape de paquetes de información; por esta razón, es importante que la OLT tenga identificado las distancias a las ONT para tener en cuenta el retardo. Permite un alcance máximo de 20 kilómetros y 64 usuarios por puerto GPON.

En la tabla 5 se muestra todas las publicaciones de la recomendación ITU-T G.984

Tabla 5: Recomendaciones ITU-T G.984.x

ITU-T G.984. x	Definición
ITU-T G.984.1	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Características generales (03/2008)
ITU-T G.984.2	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Especificación de la capa dependiente de medios físicos (08/2019)

ITU-T G.984.3	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Especificación de la capa de convergencia de transmisión (01/2014)
ITU-T G.984.4	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Especificación de interfaz de control y gestión de la ONT (02/2008)
ITU-T G.984.5	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Banda de ampliación (05/2014)
ITU-T G.984.6	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Extensión de alcance (03/2008)
ITU-T G.984.7	Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabit (GPON): Largo alcance (07/2010)

Datos obtenidos de la ITU-T G.984.x (Fuente: Elaboración propia)

3.6.4.5 XG-PON. La versión 10G del estándar GPON se conoce como XG-PON. Se encuentra especificado en la recomendación ITU-T G.987, se trata de un estándar que puede ofrecer velocidades muy altas, tal como su nombre indica 10Gbps para velocidades de bajada y 2.5 Gbps para velocidades de subida. Permite un alcance máximo de 20 kilómetros y 64 usuarios por puerto XG-PON. En la tabla 6 se muestra todas las publicaciones de la recomendación ITU-T G.987. (The Fiber Optic Association Inc., s.f.)

Tabla 6: Recomendaciones ITU-T G.987.x

ITU-T G.987.x	Definición
ITU-T G.987	Sistemas de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Definiciones, abreviaturas y siglas (06/2012)
ITU-T G.987.1	Sistemas de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales (03/2020)
ITU-T G.987.2	Sistemas de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente de medios físicos (08/2017)

ITU-T G.987.3 Sistemas de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa de convergencia de transmisión (03/2020)

Datos obtenidos de la ITU-T G.987.x (Fuente: Elaboración propia)

3.6.5 Arquitecturas FTTx

El término FTTx (Fiber to the “x”) es un término genérico que se utiliza para cualquier infraestructura de red que utilice fibra óptica para sustituir de manera completa o parcial la totalidad del enlace. Existen básicamente cinco tipos de arquitecturas.

3.6.5.1 FTTH. La arquitectura de la Fibra hasta el hogar- FTTH (Fiber to the Home); hace referencia a la extensión de la fibra óptica, desde la oficina central hasta el interior del hogar del usuario (ver figura 14).. La extensión de fibra está comprendida desde un puerto PON de la OLT hasta el puerto de entrada de la ONT; que se encuentra en el interior del hogar del cliente final; desde el cual las conexiones a los terminales de servicio final se realizan a través de cable coaxial, par trenzado o WiFi.



Figura 14: Fibra hasta el hogar. Fuente: Elaboración propia

3.6.5.2 FTTB. La Fibra hasta el Edificio (FTTB); hace referencia a la extensión de la fibra óptica, comprendida desde un puerto de salida PON de la OLT instalado en la oficina central hasta la entrada del edificio (cámara de ingreso). La red interna del edificio se alimenta a través de una red de cobre repartiendo señal a cada departamento (ver figura 15).

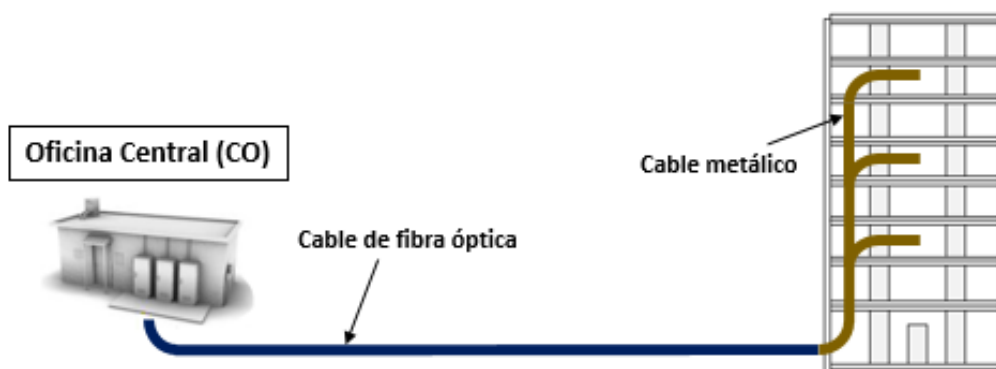


Figura 15: Fibra hasta el edificio. Fuente: Elaboración propia

3.6.5.3 FTTC. La Fibra hasta el Gabinete – FTTC (Fiber to the Cabinet); hace referencia a la extensión de la fibra óptica que comprende desde la salida de un puerto PON de la OLT hasta un Gabinete o Armario Óptico que se encuentra a menos de 300 metros. De dicho Gabinete, salen cables coaxiales para poder efectuar la distribución de servicio a los clientes en sus respectivas viviendas u oficinas de trabajo (ver figura 16).

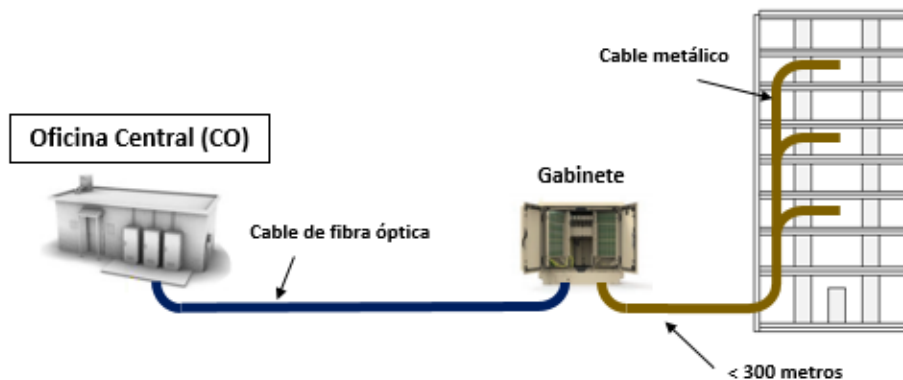


Figura 16: Fibra hasta el gabinete. Fuente: Elaboración propia

3.6.5.4 FTTN. La Fibra hasta el Nodo – FTTN (Fiber to the Node), hace referencia a la extensión de la fibra óptica, comprendida desde el puerto PON de la OLT, instalado en la oficina central hasta la posición de un nodo (ver figura 17). El Nodo se encuentra ubicado a más de 300 metros del usuario, típicamente en las inmediaciones del barrio, por lo que también la letra N se suele asignar a neighborhood (barrio o vecindario).

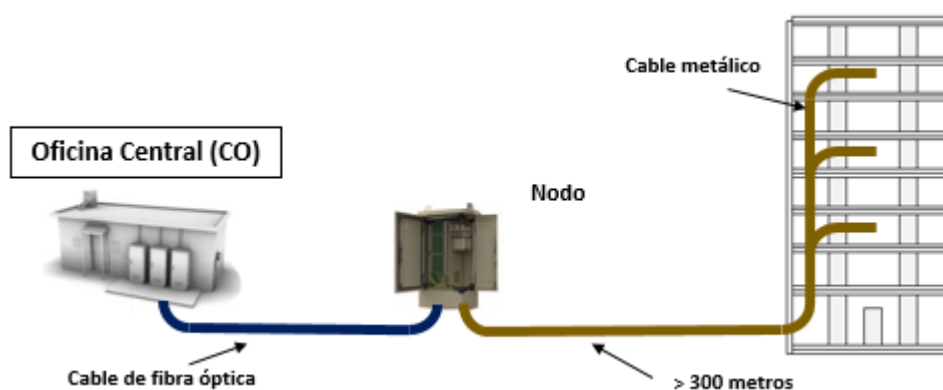


Figura 17: Fibra hasta el nodo. Fuente: Elaboración propia

3.6.5.5 FTTA. La Fibra hasta la Antena – FTTA (Fiber to the Antenna); hace referencia a la extensión de línea óptica, que se establece desde un puerto de OLT hasta la parte superior de la torre de una antena, de un sistema de comunicación celular; reemplazando juntamente con un cable eléctrico a la función que cumplían un cable coaxial. Una de las ventajas que presenta esta arquitectura de despliegue de red de acceso, es que en el mismo espacio que ocupa un solo cable coaxial, cabe mayor cantidad de cables de fibra debido que el diámetro externo y peso del cable es menor. (The Fiber Optic Association Inc., s.f.)

3.6.6 Topologías de redes FTTx

La variación de la posición de los splitter ópticos define tres diferentes topologías:

3.6.6.1 Topología centralizada. Consiste en ubicar al splitter óptico, en el mismo sitio que la OLT (ver figura 18), esto quiere decir en el local de la central telefónica (Central Office - CO). Normalmente se implementa para suscriptores dentro de los 8 kilómetros de radio de cobertura de la CO. Se recomienda usar esta topología cuando se requiere mayor flexibilidad en la gestión de conexiones de los usuarios finales y en la utilidad de los dispositivos conectados. En la tabla 7 se muestra sus ventajas y desventajas.

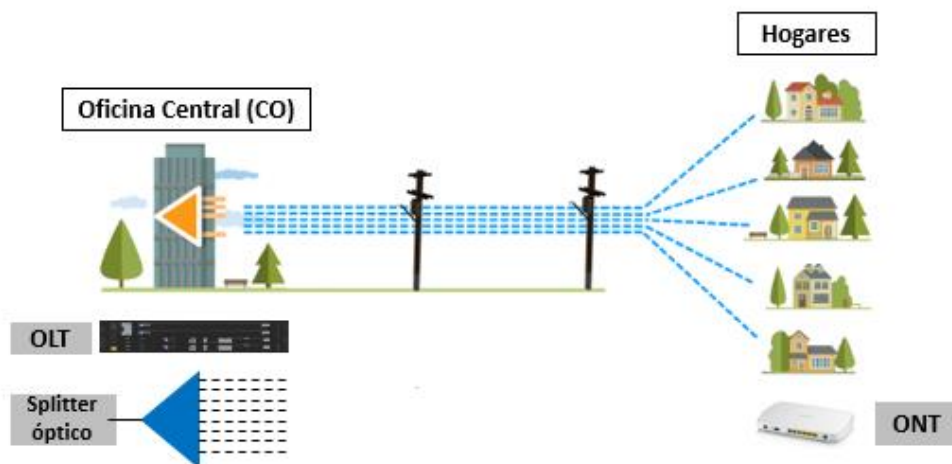


Figura 18: Esquema de una topología centralizada. Fuente: Furukawa

Tabla 7: Ventajas y desventajas de una topología centralizada

Ventaja	Desventaja
- Fibra dedicada para cada usuario desde la central	- Alta ocupación de infraestructura (aérea y subterránea)
- Crecimiento escalonado de equipos y pasivos	- Alta inversión inicial tanto en la red óptica y en servicios de instalación
- Facilidad de ampliación de ancho de banda por usuario	- Gestión de fibras desde la central

Datos obtenidos de Furukawa (Fuente: Elaboración propia)

3.6.6.2 Topología convergencia local. Hace referencia al caso en el cual, el splitter óptico tiene una ubicación única y centralizada a lo largo de toda la red (ver figura 19). Es la topología más común utilizada en Estados Unidos y Canadá. En la tabla 8 se muestra sus ventajas y desventajas.

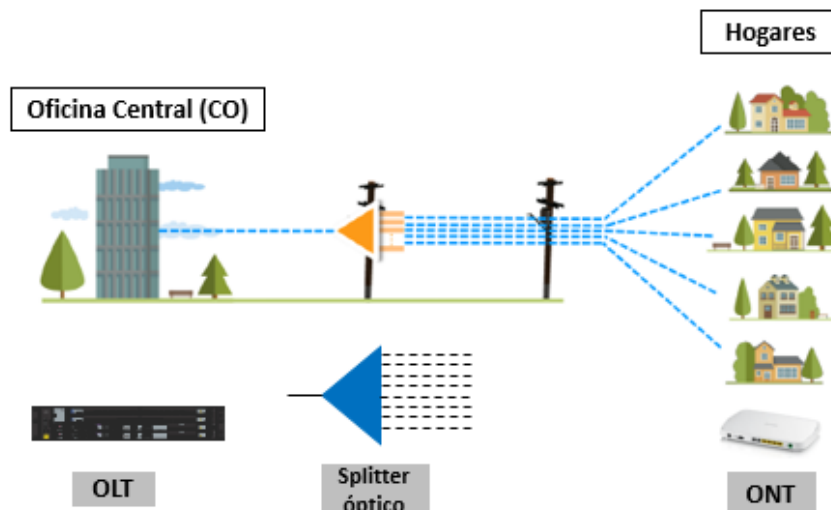


Figura 19: Esquema de una topología convergencia local. Fuente: Furukawa

Tabla 8: Ventajas y desventajas de una topología convergencia local

Ventaja	Desventaja
- Fibra dedicada para cada usuario a partir del punto de convergencia local	- Gran cantidad de fibras en la red de distribución
- Optimización de fibras entre la central y el punto de convergencia local, esto quiere decir menos fibra en la red de alimentación.	- Se requiere de mayor uso de postes o cámaras para realizar la activación, desactivación o reubicación de usuarios finales

Datos obtenidos de Furukawa (Fuente: Elaboración propia)

3.6.6.3 Topología distribuida. Se implementa cuando existen dos o más niveles de división óptica a lo largo de toda la red (ver figura 20). El tamaño físico de los componentes pasivos en campo puede reducirse a medida que los puertos en cada ubicación se comparten hasta el último punto de acceso. Este tipo de topología es más comúnmente utilizada en América del Sur y Europa. En la tabla 9 se muestra sus ventajas y desventajas. (VIAMI Solutions, s.f.)

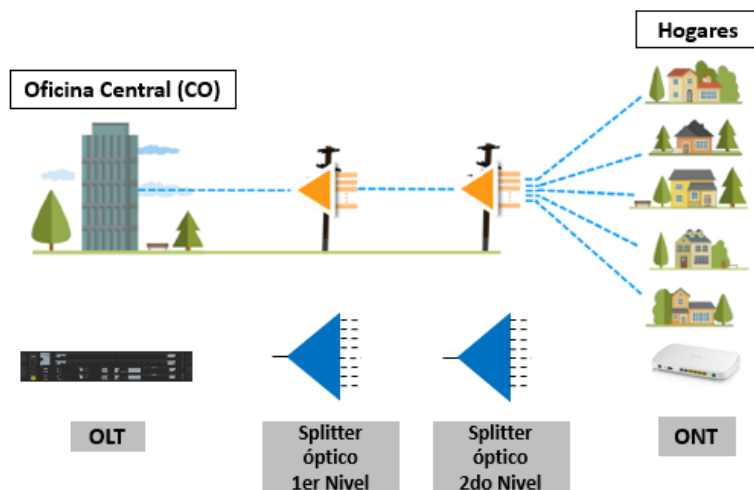


Figura 20: Esquema de una topología distribuida. Fuente: Furukawa

Tabla 9: Ventajas y desventajas de una topología distribuida

Ventaja	Desventaja
<ul style="list-style-type: none"> - Red óptica mínima, se instala a medida a medida que los usuarios van requiriendo. - Menor costo inicial de implementación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere de alto conocimiento en lectura de mediciones reflectométricas (OTDR) para localizar fallos en la red óptica. - Es una red menos flexible por lo que requiere una planificación cuidadosa al momento de realizar el diseño.

Datos obtenidos de Furukawa (Fuente: Elaboración propia)

3.6.7 Instalación de redes FTTH

Al desplegar una red con cables de fibra óptica, existen numerosos métodos para aplicar, la elección de un método en específico está en función de la dificultad regulatoria de la zona (tendido aéreo o subterráneo), presupuesto

económico, característica de la red y los productos que se puedan tener en stock.

3.6.7.1 Instalación aérea. La instalación aérea de cables de fibra óptica puede ser en postes o en torres, para este caso como vamos a diseñar sobre una red urbana, el enfoque será a través de redes de postes de comunicaciones o de postes de alumbrado eléctrico. Hay dos tipos de instalaciones aéreas, tipo soportado y auto-soportado. El tipo soportado se usa cuando no se utiliza cable cilíndrico no auto-soportado y se emplea cable mensajero (cable trenzado de hilos acerados), el cual es devanado o tejido junto con el cable de fibra óptica para brindarle el soporte requerido. El tipo auto-soportado se usa un cable ADSS (All Dielectric Self Supporting) traducido al español significa “todo dieléctrico auto soportado”, este tipo de cable está completamente compuesto por material dieléctrico, por lo que es inmune a las interferencias electromagnéticas en el caso de compartir infraestructura eléctrica, adicional, el cable en su interior cuenta con un miembro tensor central de fibra de aramida o kevlar en una estructura de varilla, el cual le brinda rigidez mecánica para su sostenimiento. Existen dos tipos de ferretería de sujeción del cable: ferretería de retención y suspensión. La ferretería de retención se emplea cuando se tiene desvíos mayores a 20° y vanos o span (distancia entre poste a poste) mayores a 200 metros y la ferretería el herraje de suspensión se emplea para líneas rectas, desvíos menores a 20° y hasta un vano o span máximo de 100 metros.

3.6.7.2 Instalación subterránea. Con respecto a este tipo de instalación se tiene dos tipos:

- **Directamente enterrado**

En este tipo de instalación, el cable es colocado en una zanja con un piso debidamente apisonado para el depósito del cable; donde no existe ductos, miniductos o microductos, pero puede haber cajas subterráneas. Es importante la señalización con el objetivo de evitar que futuras excavaciones puedan destruir o afectar accidentalmente el desempeño del cable; así

mismo, el cable a instalar debe estar compuesto de doble chaqueta o con armadura metálica o dieléctrica.

- ***Canalizado***

En este tipo de instalación, la parte más importante es la infraestructura que son los ductos, miniductos o microductos y las cámaras de paso (concreto o prefabricada), debido que en estas serán acomodadas y fijadas los cables de fibra óptica. En cada cámara de paso, debe permanecer siempre una persona para traccionar el cable longitudinalmente y guiar el cable hacia para la entrada al tramo de ducto siguiente en tramos largos; y de esta manera evitar, que por una tracción única del cable se puedan generar tensiones excesivas, que puedan dañar a las fibras del cable; por lo que, es necesario que el proceso de tendido del cable sea ejecutado por etapas. En este proceso en los puntos intermedios del tendido, se debe de tener presente que el excedente del cable en bobina sea retirado de la bobina o carrete, disponiéndola en forma de figura en ocho. Es importante que los cables no permanezcan tensionados en el interior de los ductos, miniductos o microductos; ni en las cámaras de paso. En los casos donde no hubiera empalmes, deben ser acomodados en las partes laterales de las cámaras de paso y fijados con abrazaderas plásticas.

En el caso de los tendidos micro canalizados; los microductos brindan la opción de aprovechar la infraestructura existente para su instalación; gracias a su menor diámetro de sección transversal, caben en muchas instalaciones construidas para el tendido de cables de cobre convencionales, o en su defecto cuando no existe infraestructura existente, se procede a realizar micro zanjas con dimensiones entre 2.5 a 6cm de ancho y 30cm de profundidad máxima, esta acción se realiza a través del uso de máquinas especializadas que cuentan con cuchillas de corte de concreto o asfalto de espesor reducido. Este tipo de corte es exclusivo para redes de telecomunicaciones de fibra óptica. Las ventajas que ofrece este tipo de instalación es que al realizar los cortes no genera mayor dificultad al tráfico de vehículos, ni cierre de carriles de las vías de transporte y el impacto ambiental es menor en caso de ser desplegada en zonas urbanas. En este tipo de instalación; se usan

microcables de fibra óptica con diámetros externos desde 6 hasta 11mm aproximadamente; la forma de tender el microcable por el microducto es mediante la aplicación de la técnica de soplado a través del uso de aire comprimido, generada por una compresora de aire de flujo continuo; esta técnica de soplado del cable óptico permite realizar despliegues de cable mucho más rápido, minimizando los riesgos de rotura del microcable. (The Fiber Optic Association Inc., s.f.)

3.7 Diseño de la investigación

3.7.1 Planificación de la red FTTH

En la planificación se muestra todos los puntos a tener en cuenta para el diseño de la red FTTH:

- **Definición de la zona y cantidad de hogares:** La zona se encuentra dentro del distrito de Santiago de Surco, dentro del área delimitada por la Av. Tomas Marsano, Jirón Augusto Wiese, Jirón Ismael Bielich y la Av. Ayacucho. La cantidad de hogares son 411, mayor detalle en el punto 3.7.2.
- **Ubicación de la Oficina central:** La oficina central donde se ubicará la OLT se encuentra en la Calle Emilio Velarde 121, mayor detalle en el punto 3.7.3.1.
- **Definición del tipo de servicio y ancho de banda a brindar:** Se está considerando el servicio de datos con un plan asimétrico de 400 Mbps (de bajada) y 200 Mbps (de subida) garantizado como mínimo un 40% de acuerdo con lo establecido

por OSIPTEL y considerando que el 40% de los hogares estarán conectados al mismo tiempo.

- **Razón de división óptica:** Se considera una división óptica de 1x64 en dos niveles de splitter de 1x8 y 1x8, este tipo de división óptica se optó porque al ser un despliegue masivo de hogares en todas las manzanas de la zona, se va a requerir muchos puntos de distribución (cajas NAP) y también permite una optimización de cables de acometida ya que se va a considerar acometidas de máximo 100 metros, esto conlleva también a un ahorro económico en el presupuesto.
- **Topología de red:** Topología distribuida.
- **Posicionamiento de los componentes de la red FTTH.**
- **Definición de las rutas de los tramos de alimentación y distribución.**
- **Presupuesto de atenuaciones ópticas.**
- **Gestión de permisos municipales para la implementación de la red FTTH como planta externa.**

3.7.2 Definición de la zona y cantidad de hogares

El diseño de la red FTTH se realiza en el distrito de Santiago de Surco, específicamente el área se encuentra delimitada por la Av. Tomas Marsano, Jirón Augusto Wiese, Jirón Ismael Bielich y la Av. Ayacucho. En la figura 21 se muestra la zona de intervención para el diseño y los números que se encuentran dentro de cada manzana hace referencia a su ID de identificación; donde en la tabla 10 se muestra la cantidad de hogares por manzana.



Figura 21: Mapa de la zona de diseño del distrito de Santiago de Surco.
Fuente: ArcMap

Tabla 10: Cantidad de hogares por manzana de la zona de diseño del distrito de Santiago de Surco

Número de manzana	ID Manzana	Cantidad de hogares
1	12169	29
2	12170	23
3	12171	15
4	12183	30
5	12607	18
6	12175	28
7	12155	28
8	12154	24
9	12147	24
10	12201	33
11	12200	15
12	12148	24
13	12153	31
14	12150	19
15	12149	18

16	12151	27
17	12152	25
Total		411

Datos propios (Fuente: Elaboración propia)

La zona donde se va a realizar el diseño es un conjunto residencial de viviendas unifamiliares de 2 pisos, seguido por algunos edificios, cabe resaltar que en el diseño no se van a considerar edificios ni empresas ya que es una red FTTH, en la figura 22 se muestra algunas casas de la zona.



Figura 22: Casas de la zona de diseño del distrito de Santiago de Surco.
Fuente: Google Maps

3.7.3 Diseño de la planta externa

Para empezar el diseño de la planta externa se debe tener definido la zona y la cantidad de hogares mediante un relevamiento de campo, en este caso ya se tiene establecido estos dos factores en el punto 3.7.2.

Se va a aplicar una topología distribuida con una razón de división óptica de 1x64 segmentado en dos niveles de splitter 1x8 y 1x8, esto hace que por cada puerto GPON de la OLT se pueda atender a 64 hogares, para tener una referencia de la cantidad de hilos que se va a necesitar en la red de alimentación se realiza una división de los 411 hogares entre 64 usuarios por puerto GPON de la OLT, la división da como resultado 7 en número redondeado, esto quiere decir que se va a necesitar 7 hilos como mínimo en la red de alimentación. Los cables ópticos tendrán 12 hilos por buffer y en este caso se va a optar por un cable de 48 hilos para toda la red (red de alimentación y distribución), la razón económica es que prácticamente no hay diferencia de precios entre cables de 24 y 48 hilos por lo que se está optando por 48 hilos y por una razón técnica, referida a que los hilos adicionales se dejan como respaldo para una futura expansión de la red y otros servicios que se quieran brindar como las conexiones de tipo punto a punto, etc.

Ahora se procede a definir la ubicación de la OLT, la topología de la red FTTH, la ruta de la red de alimentación donde se van a encontrar los splitter ópticos de primer nivel 1x8 y finalmente la ruta de la red de distribución donde se van a encontrar los splitter ópticos de segundo nivel 1x8.

En la figura 23 se muestra la topología de la red FTTH. En la red de alimentación se está considerando un anillo físico utilizando cable de fibra óptica de 48 hilos con cuatro cajas de empalme o mufas, estas tienen la abreviatura de CE (Caja de empalme), las CE tienen la capacidad de soportar uno o más splitter de primer nivel 1x8.

En la red de distribución se sigue considerando usar cable de 48 hilos, cada splitter de primer nivel 1x8 se deriva con su propio ramal de cable de 48 hilos. El funcionamiento de la red de distribución consiste en que el cable de 48 hilos parte de la caja de empalme, ingresa a la NAP 1, se deja el hilo 1 para empalmar con la entrada del splitter de segundo nivel 1x8, luego el cable de 48 hilos sale de la NAP 1 para ingresar a la NAP 2 y empalmar el hilo 2 con la entrada del splitter de segundo nivel 1x8, luego el cable de 48 hilos sale de la NAP 2 para ingresar a la NAP 3 y empalmar el hilo 3 con la entrada del splitter de segundo nivel 1x8, luego el cable de 48 hilos sale de la NAP 3 para

ingresar a la NAP 4 y empalmar el hilo 4 con la entrada del splitter de segundo nivel 1x8; y así este procedimiento se realiza hasta la última NAP del ramal del cable de 48 hilos (ver figura 24).

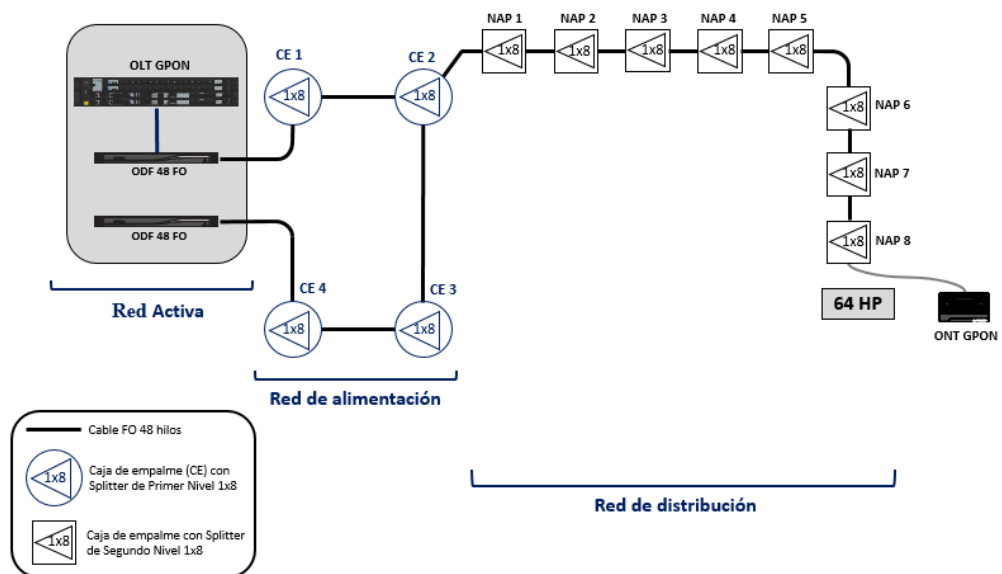


Figura 23: Topología de la red FTTH. Fuente: Elaboración propia

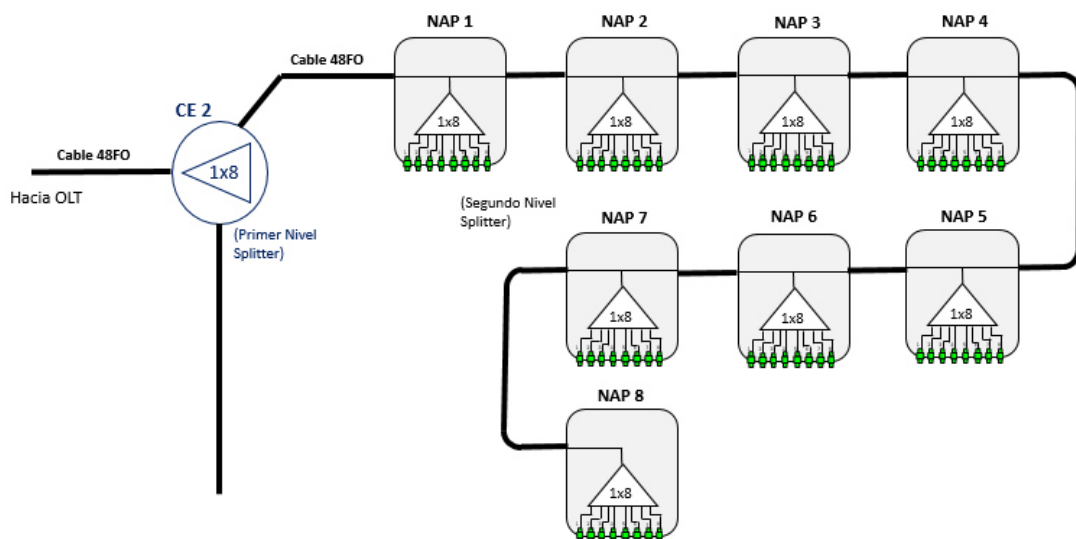


Figura 24: Diagrama de la Red de distribución. Fuente: Elaboración propia

3.7.3.1 Ubicación de la OLT. La OLT se localizará en Calle Emilio Velarde 121 debido que actualmente existe equipamiento activo de otras operadoras y cuenta con facilidades de espacio, seguridad, aire acondicionado y energía, por lo que se puede alquilar un espacio. En la figura 25 se muestra la ubicación en plano AutoCAD, la simbología es un rectángulo de color rojo y tiene la codificación “01_LM_Surco”, los dígitos “01” significa que es la primera OLT, “LM” significa Lima Metropolitana y “Surco”, la abreviatura del distrito donde se encuentra ubicado la OLT.

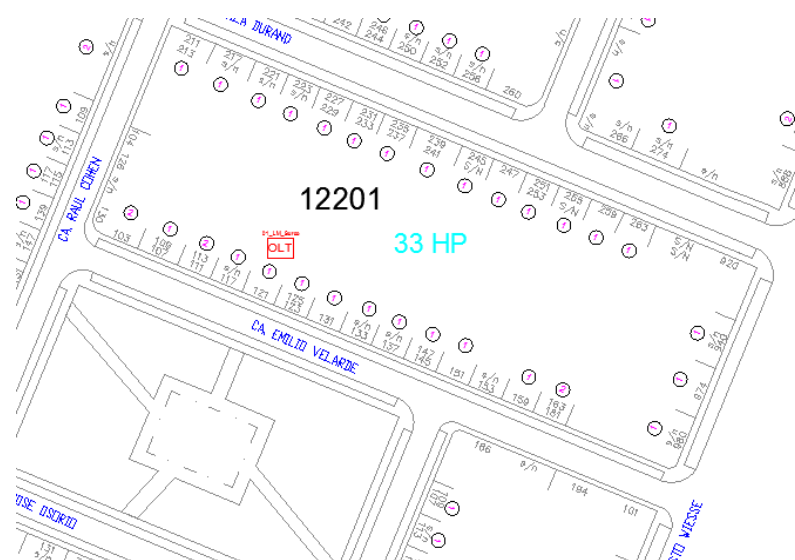


Figura 25: Ubicación de la OLT. Fuente: Elaboración propia

3.7.3.2 Red de alimentación. La red de alimentación está conformada por un anillo físico de un cable de fibra óptica de 48 hilos y tendrá 7 splitter ópticos de primer nivel 1x8 sin conectores tanto en la entrada y salida, los cuales estarán dentro de 4 cajas de empalme.

En la tabla 11 se muestran los detalles de las cajas de empalme como ubicación en coordenadas (grados decimales), nombre y cantidad de splitter ópticos por caja de empalme.

Tabla 11: Ubicación de las cajas de empalme de la red de alimentación

Caja de empalme (CE)	Codificación	Cantidad de Splitter de Primer Nivel 1x8	Coordenadas (Grados decimales)	
			Latitud	Longitud
1	01_LM_Surco/01-02	2	-12.133990°	-76.994548°
2	01_LM_Surco/03-04	2	-12.134894°	-76.995718°
3	01_LM_Surco/05	1	-12.135561°	-76.995143°
4	01_LM_Surco/06-07	2	-12.135407°	-76.993612°

Datos propios (Fuente: Elaboración propia)

Para explicar la codificación de las cajas de empalme de la tabla 11, se toma como ejemplo la caja de empalme 1, el cual es “01_LM_Surco/01-02”, la codificación “01_LM_Surco” proviene de la OLT y los dígitos “01” y “02” significa que en esa caja de empalme se encuentran el primer y segundo splitter de primer nivel 1x8 de la red FTTH. En la figura 26 se muestra la ubicación de las cajas de empalme (círculo color azul) y el recorrido del anillo del cable de fibra óptica de 48 hilos (líneas color azul).



Figura 26: Red de alimentación. Fuente: Elaboración propia

3.7.3.3 Red de distribución. La red de distribución está conformada por los ramales de los cables de fibra óptica de 48 hilos que parten de las cajas de empalme que contienen los splitter ópticos de primer nivel 1x8. En la red de distribución se colocarán las cajas NAP, estas cajas cuentan con 16 puertos preconectorizados, de los cuales se usarán 8 puertos para instalar los splitter ópticos de segundo nivel 1x8 en cada caja NAP, los 8 puertos restantes quedan como reserva para futuras ampliaciones debido que en la zona se aprecia que las viviendas residenciales se están convirtiendo en edificios habitacionales.

En la tabla 12 se muestran los detalles de la red de distribución que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/01-02”.

Tabla 12: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/01-02

Código Caja de empalme Splitter óptico 1er Nivel	Código Caja NAP Splitter óptico 2do Nivel	Coordenadas (Grados decimales)		Cantidad de hogares
		Latitud	Longitud	
01_LM_Surco/01	01_LM_Surco/01-1	-12.133308°	-76.993700°	8
	01_LM_Surco/01-2	-12.132761°	-76.994061°	8
	01_LM_Surco/01-3	-12.133439°	-76.994447°	8
	01_LM_Surco/01-4	-12.133262°	-76.994882°	8
	01_LM_Surco/01-5	-12.132909°	-76.994674°	8
	01_LM_Surco/01-6	-12.132444°	-76.994391°	8
	01_LM_Surco/01-7	-12.132205°	-76.994916°	8
	01_LM_Surco/01-8	-12.133166°	-76.995438°	8
01_LM_Surco/02	01_LM_Surco/02-1	-12.134058°	-76.994165°	8
	01_LM_Surco/02-2	-12.134286°	-76.993575°	8
	01_LM_Surco/02-3	-12.133895°	-76.993269°	8
	01_LM_Surco/02-4	-12.133697°	-76.993757°	8
	01_LM_Surco/02-5	-12.132894°	-76.993088°	8
	01_LM_Surco/02-6	-12.133124°	-76.992546°	8
	01_LM_Surco/02-7	-12.133563°	-76.992297°	8
	01_LM_Surco/02-8	-12.133422°	-76.993058°	8

Datos propios (Fuente: Elaboración propia)

Para explicar la codificación de las Cajas NAP de la tabla 12, se toma como ejemplo la NAP “01_LM_Surco/01-1”, la codificación “01_LM_Surco/01” proviene de la caja de empalme y el código “-1” significa que proviene del puerto 1 de salida del splitter de primer nivel 1x8 de la caja de empalme, la misma idea se replica para codificar las demás cajas NAP de la red FTTH.

En la figura 27 se muestra la ubicación de las cajas NAP (círculo color negro) y el recorrido de la red de distribución con cables de fibra óptica de 48 hilos (líneas color amarillo) que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/01-02”.



Figura 27: Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/01-02”.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestran los detalles de la red de distribución que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/03-04”.

Tabla 13: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/03-04

Código Caja de empalme Splitter óptico 1er Nivel	Código Caja NAP Splitter óptico 2do Nivel	Coordenadas (Grados decimales)		Cantidad de hogares
		Latitud	Longitud	
01_LM_Surco/03	01_LM_Surco/03-1	-12.134763°	-76.995598°	7
	01_LM_Surco/03-2	-12.134145°	-76.995322°	8
	01_LM_Surco/03-3	-12.134110°	-76.994719°	8
	01_LM_Surco/03-4	-12.134408°	-76.994830°	8
	01_LM_Surco/03-5	-12.134917°	-76.995062°	8
	01_LM_Surco/03-6	-12.135301°	-76.994238°	8
	01_LM_Surco/03-7	-12.134940°	-76.994436°	8
	01_LM_Surco/03-8	-12.134389°	-76.994200°	8
01_LM_Surco/04	01_LM_Surco/04-1	-12.133595°	-76.995681°	8
	01_LM_Surco/04-2	-12.134194°	-76.996067°	8
	01_LM_Surco/04-3	-12.134537°	-76.996536°	8
	01_LM_Surco/04-4	-12.135481°	-76.996197°	8
	01_LM_Surco/04-5	-12.136003°	-76.995533°	8
	01_LM_Surco/04-6	-12.135241°	-76.995689°	7
	01_LM_Surco/04-7	-12.134896°	-76.995942°	8

Datos propios (Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 13 se observa que de la caja de empalme “01_LM_Surco/04” se van a usar 7 hilos de salida del splitter óptico de primer nivel 1x8 debido que la zona que resta será cubierta por la caja de empalme “01_LM_Surco/06”

En la figura 28 se muestra la ubicación de las cajas NAP (círculo color negro) y el recorrido de la red de distribución con cables de fibra óptica de 48 hilos (líneas color amarillo) que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/03-04”.

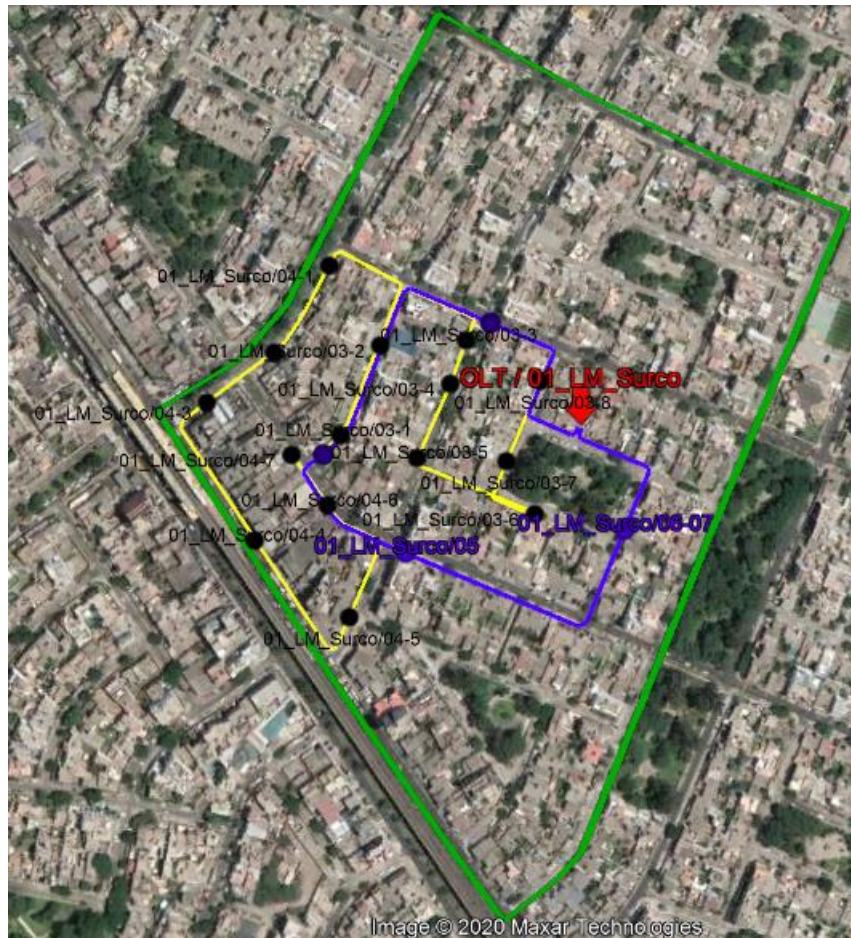


Figura 28: Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/03-04”.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestran los detalles de la red de distribución que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/05”.

Tabla 14: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/05

Código Caja de empalme Splitter óptico 1er Nivel	Código Caja NAP Splitter óptico 2do Nivel	Coordenadas (Grados decimales)		Cantidad de hogares
		Latitud	Longitud	
01_LM_Surco/05	01_LM_Surco/05-1	-12.136864°	-76.995240°	8
	01_LM_Surco/05-2	-12.137428°	-76.994840°	8
	01_LM_Surco/05-3	-12.137772°	-76.994583°	8
	01_LM_Surco/05-4	-12.137152°	-76.993822°	8
	01_LM_Surco/05-5	-12.137022°	-76.994313°	8
	01_LM_Surco/05-6	-12.136548°	-76.994873°	8

Datos propios (Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 14 se observa que de la caja de empalme “01_LM_Surco/05” solo se van a usar 6 hilos de salida del splitter óptico de primer nivel 1x8 debido que la otra manzana será cubierta por la caja de empalme “01_LM_Surco/06”.

En la figura 29 se muestra la ubicación de las cajas NAP (círculo color negro) y el recorrido de la red de distribución con un cable de fibra óptica de 48 hilos (líneas color amarillo) que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/05”.



Figura 29: Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/05”.
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se muestran los detalles de la red de distribución que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/06-07”.

Tabla 15: Red de distribución de la Caja de empalme 01_LM_Surco/06-07

Código Caja de empalme Splitter óptico 1er Nivel	Código Caja NAP Splitter óptico 2do Nivel	Coordenadas (Grados decimales)		Cantidad de hogares
		Latitud	Longitud	
01_LM_Surco/06	01_LM_Surco/06-1	-12.135814°	-76.994273°	8
	01_LM_Surco/06-2	-12.135525°	-76.994955°	7
	01_LM_Surco/06-3	-12.136119°	-76.995028°	7
	01_LM_Surco/06-4	-12.136315°	-76.994557°	8
	01_LM_Surco/06-5	-12.136494°	-76.994145°	8
	01_LM_Surco/06-6	-12.136156°	-76.993653°	8
	01_LM_Surco/06-7	-12.135801°	-76.994517°	8
01_LM_Surco/07	01_LM_Surco/07-1	-12.135588°	-76.993705°	8
	01_LM_Surco/07-2	-12.135658°	-76.993206°	7
	01_LM_Surco/07-3	-12.134964°	-76.993532°	8
	01_LM_Surco/07-4	-12.134737°	-76.994064°	8
	01_LM_Surco/07-5	-12.134397°	-76.993557°	8
	01_LM_Surco/07-6	-12.134652°	-76.992994°	8
	01_LM_Surco/07-7	-12.134129°	-76.992536°	8
	01_LM_Surco/07-8	-12.133896°	-76.992985°	8

Datos propios (Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 15 se observa que de la caja de empalme “01_LM_Surco/06” se van a usar 7 hilos de salida del splitter óptico de primer nivel 1x8 y el último hilo quedará como reserva para futuras ampliaciones.

En la figura 30 se muestra la ubicación de las cajas NAP (círculo color negro) y el recorrido de la red de distribución con un cable de fibra óptica de 48 hilos (líneas color amarillo) que parte de la caja de empalme “01_LM_Surco/06-07”.



Figura 30: Red de distribución de la caja de empalme “01_LM_Surco/06-07”.
Fuente: Elaboración propia

Para visualizar el diseño de toda la red FTTH en un solo panorama donde se muestra la red de alimentación, red de distribución y de última milla (acceso a los hogares), ver anexo 1.

3.7.4 Componentes de la red FTTH

3.7.4.1 OLT. La OLT es elemento activo principal de la red de acceso y tiene como función principal a través de los puertos GPON de transmitir y recibir la información a cada usuario final de la red, en forma descendente y

ascendente. Se considera como OLT al de la marca Furukawa con código GPON LD 3032 (ver figura 31), que cuenta con 2 slots, donde cada slot posee 16 ranuras de puertos GPON y donde cada puerto GPON tiene una capacidad máxima de 128 usuarios, para más información ver anexo 2.



Figura 31: OLT GPON LD3032. Fuente: Furukawa

3.7.4.2 SFP C+. Los transceptores ópticos o SFP son dispositivos utilizados en los puertos de la OLT, en este caso a puertos GPON. El SFP es de la marca Furukawa (ver figura 32) y es compatible con la OLT GPON LD3032 de la marca Furukawa, el tipo de SFP elegido para el diseño es C+ con conector SC/UPC, para más información ver anexo 3.



Figura 32: SFP C+. Fuente: Furukawa

3.7.4.3 ODF. El Optical Distribution Frame (ODF) es el bastidor principal de distribución óptica que permite la conexión entre la planta externa y la planta

interna. El ODF es de la marca Furukawa (ver figura 33), la altura del ODF es de 1 RU (4.44cm), tiene una capacidad máxima de 48 empalmes y los conectores son SC/APC, donde solamente se tiene habilitado para nuestro caso con 24 adaptadores SC-APC, para más información ver anexo 4.

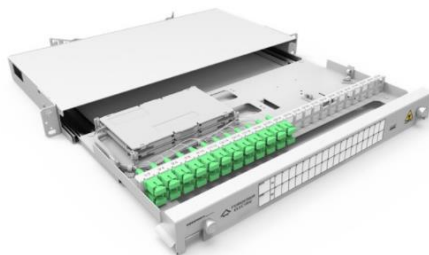


Figura 33: ODF 48 hilos. Fuente: Furukawa

3.7.4.4 Cable de fibra óptica ADSS. El cable de fibra óptica es de la marca Fiberhome (ver figura 34), el tipo de fibra es monomodo G.652D, este tipo de fibra se utiliza para despliegues de planta externa y largas distancias debido que posee un pico de agua (water-peak) reducido en el rango de longitud de onda de 1383 nm, por lo que puede ser utilizado en longitudes de onda de 1310 nm y 1550 nm. Adicional, cuenta con 48 hilos, la estructura física del cable es ADSS (All Dielectric Self Supporting) es decir está fabricado para instalaciones aéreas soportando un span máximo de 100 metros (distancia de poste a poste), para más información ver anexo 5.



Figura 34: Cable de fibra óptica ADSS. Fuente: Fiberhome

3.7.4.5 Caja de empalme óptico. La caja de empalme o mufa es de la marca Corning (ver figura 35), es un dispositivo de cierre mecánico que posee una capacidad de hasta 144 empalmes, 1 puerto oval principal de entrada, 5 puertos de derivación (permite el ingreso de 5 cables de fibra óptica adicionales), el tipo de cierre es mecánico y dentro de la mufa se instalarán los splitter ópticos de primer nivel, para más información ver anexo 6.



Figura 35: Caja de empalme óptico. Fuente: Corning

3.7.4.6 Caja de distribución óptica NAP. La caja NAP (Network Access Point) aloja los splitter ópticos de segundo nivel 1x8, la NAP es de la marca Furukawa con código FK-CTOP-16P (ver figura 36), cuenta con 16 puertos preconectorizados con conectores internos SC/APC y tiene la versatilidad de que puede ser instalada en poste, cable mensajero y cámaras subterráneas, para más información ver anexo 7.



Figura 36: Caja de distribución óptica NAP con 16 puertos preconectorizados. Fuente: Furukawa

3.7.4.7 Splitter óptico. El splitter óptico es un dispositivo óptico pasivo que, tiene como función dividir la señal de entrada en N señales de salida. El splitter óptico es de la marca Furukawa (ver figura 37). Para el diseño de la red FTTH del presente trabajo de suficiencia profesional se usará el mismo tipo de splitter óptico 1x8 tanto para el splitter de primer nivel y segundo nivel, para el primer nivel no tendrá conectores en ambos extremos y para el segundo nivel solo la salida tendrá conectores SC/APC, para más información ver anexo 8.



Figura 37: Splitter óptico 1x8. Fuente: Furukawa

3.7.4.8 Cable de acometida o Drop preconectorizado. El cable de acometida o drop preconectorizado posee un solo hilo de fibra óptica de tipo monomodo G.657A1, este tipo de fibra presenta una menor sensibilidad a la

pérdida ocasionada por curvatura por lo que es apto para despliegues en redes de acceso, permite un radio de curvatura de 10mm de acuerdo con la recomendación ITU-T G.657. Es de la marca Furukawa (ver figura 38); el cual tiene, como función el enlace desde la caja NAP hasta el hogar del usuario final y su despliegue es aérea autosoportada, adecuado para la instalación en postes, para más información ver anexo 9.



Figura 38: Cable drop preconectorizado. Fuente: Furukawa

3.7.4.9 Pigtail óptico. El pigtail óptico tiene como función la interconexión entre el cable de acometida o drop flat preconectorizado de 1 hilo tipo G.657A1 y la roseta óptica mediante un empalme por fusión, dicho empalme por fusión se realizará dentro del hogar del usuario final. El pigtail óptico es de la marca Furukawa (ver figura 39), el conector a usar es SC/APC y tiene un diámetro externo de 0.9mm.



Figura 39: Pigtail óptico. Fuente: Furukawa

3.7.4.10 Roseta óptica. La roseta óptica es el punto de terminación del cable de acometida que parte de la caja NAP de segundo nivel de splitter; el cual, se conecta al pigtail óptico a través de un empalme por fusión; el cual termina a un extremo interno de un dispositivo adaptador óptico de tipo SC-APC. La roseta óptica será de la marca Furukawa (ver figura 40) y se instala dentro del hogar del usuario final.



Figura 40: Roseta óptica. Fuente: Furukawa

3.7.4.11 Cable Puente o Patchcord óptico. El cable puente (terminología UIT-T) o patchcord óptico es el punto de interconexión entre la roseta óptica

y la ONT. El patchcord óptico es de la marca Furukawa (ver figura 41), los conectores por ambos extremos son SC/APC – SC/APC.

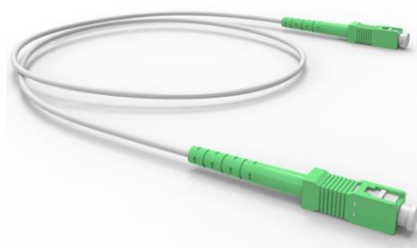


Figura 41: Cable Puente o Patchcord óptico. Fuente: Furukawa

3.7.4.12 **ONT.** La ONT es un dispositivo activo de terminación de la conexión de acceso óptico, que se instala en el hogar del usuario final y es de la marca Furukawa con código GPON FK-ONT-G420W (ver figura 42). La ONT tiene la capacidad de soportar servicios de datos y voz, cuenta con un puerto óptico GPON con conector SC/APC, 4 interfaces RJ-45 10/100/1000 Base-T (GbE), 2 interfaces RJ-11 FxS (telefonía analógica) y antena WiFi, para más información ver anexo 10.



Figura 42: ONT GPON FK-ONT-G420W. Fuente: Furukawa

3.7.5 Presupuesto de pérdidas ópticas de la red FTTH

Calcular el presupuesto de pérdidas ópticas (Loss Budget) de la red FTTH es indispensable previo al despliegue en físico porque nos indicará lo máximo que podemos llegar en cuestión de metraje, cantidad de hogares a atender, el número de splitter ópticos que podemos considerar y el ratio máximo de división óptica por puerto GPON OLT.

En primer lugar, se tiene que saber la cantidad de potencia óptica que se va a tener disponible para que pueda funcionar la red, este dato está basado entre la potencia que emite el transmisor y la sensibilidad del receptor, para el cálculo se va a considerar el peor escenario con el que nos podamos garantizar el funcionamiento de la red FTTH, considerando que solo se va a brindar el servicio de datos. En la tabla 16 se muestran los datos de la potencia de transmisión y sensibilidad de recepción de la OLT (ver anexo 3) y ONT (ver anexo 10) obtenidos de sus especificaciones técnicas.

Tabla 16: Datos para el cálculo de potencia óptica de la red FTTH

	Potencia de Transmisión	Sensibilidad de recepción
OLT (GPON LD3032) con SFP C+	3 a +7 dBm	-12 a -30 dBm
ONT (GPON FK-ONT-G420W)	0.5 a +5 dBm	-8 a -27 dBm

Datos obtenidos de las especificaciones técnicas del SFP C+ y ONT de Furukawa (Fuente: Elaboración propia)

Una vez se tiene definido los datos se procede a realizar el cálculo de la cantidad de potencia óptica disponible, el cual es la resta de la potencia mínima de transmisión del emisor frente a la sensibilidad mínima del receptor,

como la comunicación es bidireccional se realizará el cálculo en ambos sentidos, ver tabla 17.

Tabla 17: Cálculo de potencia óptica disponible en la red FTTH

	Presupuesto 1 OLT -> ONT	Presupuesto 2 ONT ->OLT
OLT - Potencia mínima Tx	+3 dBm	-
ONT - Sensibilidad mínima Rx	-27 dBm	-
ONT - Potencia Mínima Tx	-	+0.5 dBm
OLT - Sensibilidad mínima Rx	-	-30 dBm
Luz disponible	+30 dB	+30.5 dB

Datos obtenidos de las especificaciones técnicas del fabricante (Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 17 se va a tomar como referencia el peor escenario, el cual es 30 dB para 1490 nm (sentido OLT a ONT, downstream), esto quiere decir que tenemos como presupuesto de pérdida óptica un máximo de 30 dB a lo largo del enlace de la red FTTH. Para realizar el cálculo del presupuesto de pérdida óptica se tiene en consideración cinco valores, los cuales se muestran en la tabla 18.

Tabla 18: Valores de atenuación para el presupuesto óptico

	Valor
Fibra óptica	
<i>Ambos estándar ITU G.652D (Red de distribución) y G.657A (Red de acceso)</i>	0.4 dB/km (1310 nm)
	0.4 dB/km (1490 nm)
	0.3 dB/km (1550 nm)
Empalme por fusión	
<i>ANSI / TIA / EIA-568-C.3</i>	0.3 dB

Conector ANSI / TIA / EIA-568-C.3	0.75 dB
Empalme mecánico ITU-T L.12	0.5 dB
Splitter óptico 1x8 <i>Fabricante Furukawa (ver anexo 8)</i>	10.5 dB

(Fuente: Elaboración propia)

El cálculo se realizará en base a las longitudes de onda de 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm, a continuación, se muestra las ecuaciones 1, 2 y 3 para el cálculo del presupuesto de pérdida óptica (Loss Budget) en las tres longitudes de onda:

$$LB_{1310nm} = (Long_{red} \times L_{fo\ 1310nm}) + (n_{fus} \times L_{fus}) + (n_{con} \times L_{con}) + (n_{splt} \times L_{splt\ 1x8}) \quad (1)$$

$$LB_{1490nm} = (Long_{red} \times L_{fo\ 1490nm}) + (n_{fus} \times L_{fus}) + (n_{con} \times L_{con}) + (n_{splt} \times L_{splt\ 1x8}) \quad (2)$$

$$LB_{1550nm} = (Long_{red} \times L_{fo\ 1550nm}) + (n_{fus} \times L_{fus}) + (n_{con} \times L_{con}) + (n_{splt} \times L_{splt\ 1x8}) \quad (3)$$

En la figura 43 se muestra el esquema de la red FTTH que parte de la OLT, ubicado en la oficina central del proveedor hasta la ONT, ubicado en el hogar del usuario final.

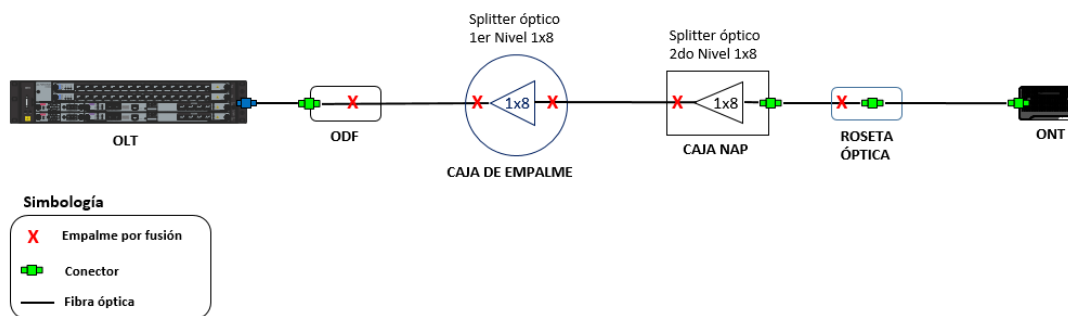


Figura 43: Esquema de eventos para cálculo del presupuesto óptico de la red FTTH. Fuente: Elaboración propia

De la figura 43, se desprende que para la habilitación de todos los hogares se va a presentar 5 empalmes por fusión, 5 enfrentamientos de conectores y 2 splitter ópticos 1x8, esto quiere decir que se tendrán atenuaciones de 1.5 dB, 3.75 dB y 21 dB, respectivamente. Adicional se va a considerar 2 metros de longitud de patchcord óptico de la OLT al ODF y de la roseta óptica a la ONT, 1 metro de longitud de pigtail dentro del ODF y la roseta óptica, 100 metros de longitud de cable drop preconectorizado para instalar a todos los hogares por caja NAP.

En las tablas 19, 20 y 21 se muestran los resultados del presupuesto de pérdidas ópticas de los hogares de las cajas NAP con mayor longitud de fibra óptica para las longitudes de onda de 1310 nm, 1490 nm y 1550 nm, para visualizar el presupuesto de pérdidas óptica de todos los hogares asociados a todas las cajas NAP y en las tres longitudes de onda, ver anexos 11, 12 y 13.

Tabla 19: Presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de las cajas NAP con mayor longitud de fibra óptica en base a la longitud de onda de 1310 nm

Caja NAP	Aten. Fibra 1310nm (dB)	Aten. Fusiones (dB)	Aten. Conectores (dB)	Aten. Splitter óptico 1x8 (dB)	Aten. Total (dB)
01_LM_Surco/01-8	0.54	1.5	3.75	21	26.79
01_LM_Surco/02-8	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/03-8	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/04-7	0.59	1.5	3.75	21	26.84
01_LM_Surco/05-6	0.61	1.5	3.75	21	26.86
01_LM_Surco/06-7	0.70	1.5	3.75	21	26.95
01_LM_Surco/07-8	0.77	1.5	3.75	21	27.02

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 20: Presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de las cajas NAP con mayor longitud de fibra óptica en base a la longitud de onda de 1490 nm

Caja NAP	Aten. Fibra 1490nm (dB)	Aten. Fusiones (dB)	Aten. Conectores (dB)	Aten. Splitter óptico 1x8 (dB)	Aten. Total (dB)
01_LM_Surco/01-8	0.54	1.5	3.75	21	26.79
01_LM_Surco/02-8	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/03-8	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/04-7	0.59	1.5	3.75	21	26.84
01_LM_Surco/05-6	0.61	1.5	3.75	21	26.86
01_LM_Surco/06-7	0.70	1.5	3.75	21	26.95
01_LM_Surco/07-8	0.77	1.5	3.75	21	27.02

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 21: Presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de las cajas NAP con mayor longitud de fibra óptica en base a la longitud de onda de 1550 nm

Cajas NAP	Aten. Fibra 1550nm (dB)	Aten. Fusiones (dB)	Aten. Conectores (dB)	Aten. Splitter óptico 1x8 (dB)	Aten. total (dB)
01_LM_Surco/01-8	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/02-8	0.33	1.5	3.75	21	26.58
01_LM_Surco/03-8	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/04-7	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/05-6	0.46	1.5	3.75	21	26.71
01_LM_Surco/06-7	0.53	1.5	3.75	21	26.78
01_LM_Surco/07-8	0.58	1.5	3.75	21	26.83

(Fuente: Elaboración propia)

De las tablas 19, 20 y 21 se observa que el valor máximo de atenuación de la red FTTH es 27.02 dB en las longitudes de onda de 1310 nm y 1490 nm, este valor es menor comparado con la atenuación máxima del sistema obtenido de la tabla 17, el cual es 30 dB, lo que lleva a tener un margen de 2.98 dB, esto es útil para cualquier evento de atenuación que se puede suscitar en el futuro como empalmes por fusión, conectorizaciones ópticas, empalmes mecánicos, etc. Como conclusión se da por aceptado el presupuesto óptico.

3.8 Presentación de resultados

3.8.1 Estimación de costos

Una vez concluido y dado por válido la parte técnica, se procede a plasmar económicamente el diseño y se evaluará en un tiempo de 5 años para saber si hay generación de rentabilidad. Los costos de los bienes, servicios y licencias que se mostrarán en los siguientes puntos han sido obtenidos de personas y empresas especialistas en el rubro, los costos no incluirán el IGV (18%) y se expresarán en sol (S/) como unidad monetaria del Perú.

3.8.1.1 Estimación de inversión inicial. Para obtener los costos de inversión inicial se debe considerar los costos de los equipos activos y pasivos, servicios de instalación, licencias y permisos legales. En la tabla 22 se muestra la estimación de inversión de los equipos activos y pasivos

Tabla 22: Estimación de inversión de los equipos activos y pasivos

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
OLT GPON LD3032	Furukawa	1	unidad	S/10,294.20	S/10,294.20
SFP C+	Furukawa	7	unidad	S/288.96	S/2,022.72
Gabinete 42RU	Toten	1	unidad	S/2,972.68	S/2,972.68
Patchcord simplex SC/UPC - SC/APC, SM, 2 metros	Furukawa	7	unidad	S/13.55	S/94.82
ODF 48 hilos	Furukawa	2	unidad	S/343.14	S/686.28
Pigtail SC/APC, 1 metro	Furukawa	530	unidad	S/3.14	S/1,665.49
Cable de FO 48 hilos, SM G.652D, ADSS Span 200	Fiberhome	8000	metro	S/2.67	S/21,383.04
Caja de empalme óptico para 144FO	Corning	4	unidad	S/449.91	S/1,799.64
Splitter óptico PLC 1X8, SM, sin conectores	Furukawa	7	unidad	S/24.20	S/169.40

Caja de distribución óptica NAP, 16 puertos precon.	Furukawa	52	unidad	S/252.84	S/13,147.68
Splitter óptico PLC 1X8, SM, sin conector a SC/APC	Furukawa	52	unidad	S/59.24	S/3,080.31
				Sub total	S/57,316.26

(Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 23 se muestra la estimación de inversión en servicios de instalación.

Tabla 23: Estimación de inversión en servicios de instalación

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
Instalación de tendido aéreo a todo costo	-	7100	metro	S/20.37	S/144,638.93
Instalación de caja NAP en poste o mensajero	-	52	unidad	S/106.55	S/5,540.81
Instalación de splitter óptico 1x8	-	59	unidad	S/25.79	S/1,521.59
Mediciones ópticas OTDR	-	59	unidad	S/13.73	S/809.81
Medición de potencia en cajas NAP	-	416	unidad	S/11.59	S/4,823.32
Suministro e instalación de Cable mensajero 1/4"	-	1560	metro	S/2.64	S/4,113.35
				Sub total	S/161,447.80

(Fuente: Elaboración propia)

En la tabla 24 se muestra la estimación de inversión en licencias y permisos.

Tabla 24: Estimación de inversión de permisos y licencias

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
SUIIT* (3200 metros de construcción)	-	3	glb	S/51.80	S/155.40
Gestión de permiso municipal	-	1	glb	S/670.00	S/670.00
				Sub total	S/825.40

*: Solicitud Única de Instalación de Infraestructura de Telecomunicaciones

(Fuente: Elaboración propia)

Sumando los costos de las tablas 22, 23 y 24 se tiene que la estimación total de inversión es de un monto: **S/ 219,589.46 + IGV.**

3.8.1.2 Estimación de ingresos. Para calcular los ingresos que percibirá la red FTTH por brindar el servicio de internet se considerará un monto de S/ 90.00 + IGV por el plan asimétrico de 400 Mbps descarga y 200 Mbps carga. El cálculo se realizará con una proyección de 5 años con porcentajes de penetración del 10%, 20%, 30%, 45% y 60% de crecimiento anual en base a los 411 hogares, de todas maneras, es importante recalcar que la red FTTH está preparada para brindar servicio a los 411 hogares y muchos más, pero los porcentajes de penetración indicados son los más pegados a la realidad. En la tabla 25 se mostrará la estimación de ingresos proyectados a 5 años.

Tabla 25: Estimación de ingresos con una proyección de 5 años

Año	Descripción	Hogares	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio total (S/)
1	Ingresos con un 10% de penetración	42	12	mes	S/90.00	S/45,360.00
2	Ingresos con un 20% de penetración	83	12	mes	S/90.00	S/89,640.00
3	Ingresos con un 30% de penetración	124	12	mes	S/90.00	S/133,920.00
4	Ingresos con un 45% de penetración	185	12	mes	S/90.00	S/199,800.00
5	Ingresos con un 60% de penetración	247	12	mes	S/90.00	S/266,760.00
Sub total						S/735,480.00

(Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 25 se tiene que los ingresos con una proyección de 5 años ascienden al monto de **S/ 735,480.00 + IGV.**

3.8.1.3 Estimación de egresos. Para calcular los egresos de la red FTTH de igual manera se hará con una proyección de 5 años en el que se mostrará los costos de equipamiento, servicios de instalación y administración de la red considerando los incrementos de porcentaje de penetración anual, los cuales son 10%, 20, 30%, 45% y 60%, respectivamente. En la tabla 26 se muestra los egresos al año 1.

Tabla 26: Estimación de egresos al año 1

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
Cable drop preconectorizado 1 hilo, 100 metros	Furukawa	42	unid.	S/106.55	S/4,475.27
Roseta óptica	Furukawa	42	unid.	S/5.60	S/235.14
Patchcord simplex SC/APC - SC/APC, SM, 2 metros	Furukawa	42	unid.	S/14.27	S/599.23
ONT GPON FK-ONT-G420W	Furukawa	42	unid.	S/198.66	S/8,343.72
Patchcord UTP RJ-45 CAT6, 0.9 metros	Siemon	42	unid.	S/5.85	S/245.76
Instalación de cable drop precon hasta el hogar	-	42	glb	S/195.05	S/8,192.02
220 puntos de apoyo en postes TdP*	-	1	mes	S/6.75	S/1,485.00
220 puntos de apoyo en postes TdP	-	11	mes	S/3.60	S/8,712.00
Administración de la red	-	12	mes	S/1,800.00	S/21,600.00
*Al ser la primera vez se cobra un adicional para la Supervisión (Fuente: Elaboración propia)				Sub total	S/53,888.14

De la tabla 26 se muestra que los egresos al año 1 será de **S/ 53,888.14 + IGV** y se está considerando la instalación a 42 hogares que es el resultado

redondeado si se calcula el 10% de los 411 hogares. En la tabla 27 se muestra los egresos al año 2.

Tabla 27: Estimación de egresos al año 2

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
Cable drop preconectorizado 1 hilo, 100 metros	Furukawa	41	unidad	S/106.55	S/4,368.71
Roseta óptica	Furukawa	41	unidad	S/5.60	S/229.54
Patchcord simplex SC/APC - SC/APC, SM, 2 metros	Furukawa	41	unidad	S/14.27	S/584.96
ONT GPON FK-ONT-G420W	Furukawa	41	unidad	S/198.66	S/8,145.06
Patchcord UTP RJ-45 CAT6, 0.9 metros	Siemon	41	unidad	S/5.85	S/239.91
Instalación de cable drop precon hasta el hogar	-	41	glb	S/195.05	S/7,996.97
220 puntos de apoyo en postes TdP	-	12	mes	S/3.60	S/9,504.00
Administración de la red	-	12	mes	S/1,800.00	S/21,600.00
Sub total					S/52,669.16

(Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 27 se muestra que los egresos al año 2 será de **S/ 52,669.16 + IGV** y se está considerando la instalación a 83 hogares que es el resultado redondeado si se calcula el 20% de los 411 hogares, pero hay que tener en cuenta que ya se tenía presupuestado 42 hogares al año 1 por lo que restando

entre 83 y 42 nos da como resultado 41, la misma idea se va a replicar para los tres años siguientes al momento de realizar los cálculos de egresos. En la tabla 28 se muestra los egresos al año 3.

Tabla 28: Estimación de egresos al año 3

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
Cable drop preconectorizado 1 hilo, 100 metros	Furukawa	41	unidad	S/106.55	S/4,368.71
Roseta óptica	Furukawa	41	unidad	S/5.60	S/229.54
Patchcord simplex SC/APC - SC/APC, SM, 2 metros	Furukawa	41	unidad	S/14.27	S/584.96
ONT GPON FK-ONT-G420W	Furukawa	41	unidad	S/198.66	S/8,145.06
Patchcord UTP RJ-45 CAT6, 0.9 metros	Siemon	41	unidad	S/5.85	S/239.91
Instalación de cable drop precon hasta el hogar	-	41	glb	S/195.05	S/7,996.97
220 puntos de apoyo en postes TdP	-	12	mes	S/3.60	S/9,504.00
Administración de la red	-	12	mes	S/1,800.00	S/21,600.00
Sub total					S/52,669.16

(Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 28 se muestra que los egresos al año 3 será de **S/ 52,669.16 + IGV**. En la tabla 29 se muestra los egresos al año 4.

Tabla 29: Estimación de egresos al año 4

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
Cable drop preconectorizado 1 hilo, 100 metros	Furukawa	61	unidad	S/106.55	S/6,499.79
Roseta óptica	Furukawa	61	unidad	S/5.60	S/341.51
Patchcord simplex SC/APC - SC/APC, SM, 2 metros	Furukawa	61	unidad	S/14.27	S/870.31
ONT GPON FK-ONT-G420W	Furukawa	61	unidad	S/198.66	S/12,118.26
Patchcord UTP RJ-45 CAT6, 0.9 metros	Siemon	61	unidad	S/5.85	S/356.94
Instalación de cable drop precon hasta el hogar	-	41	glb	S/195.05	S/7,996.97
220 puntos de apoyo en postes TdP	-	12	mes	S/3.60	S/9,504.00
Administración de la red	-	12	mes	S/1,800.00	S/21,600.00
Sub total					S/59,287.79

(Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 29 se muestra que los egresos al año 4 será de **S/ 59,287.79 + IGV**. En la tabla 30 se muestra los egresos al año 5.

Tabla 30: Estimación de egresos al año 5

Descripción	Marca	Cantidad	Unidad	Precio unitario (S/)	Precio Total (S/)
Cable drop preconectorizado 1 hilo, 100 metros	Furukawa	62	unidad	S/106.55	S/6,606.35
Roseta óptica	Furukawa	62	unidad	S/5.60	S/347.11
Patchcord simplex SC/APC - SC/APC, SM, 2 metros	Furukawa	62	unidad	S/14.27	S/884.58
ONT GPON FK-ONT-G420W	Furukawa	62	unidad	S/198.66	S/12,316.92
Patchcord UTP RJ-45 CAT6, 0.9 metros	Siemon	62	unidad	S/5.85	S/362.79
Instalación de cable drop precon hasta el hogar	-	62	glb	S/195.05	S/12,092.98
220 puntos de apoyo en postes TdP	-	12	mes	S/3.60	S/9,504.00
Administración de la red	-	12	mes	S/1,800.00	S/21,600.00
				Sub total	S/63,714.73

(Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 30 se muestra que los egresos al año 5 será de **S/ 63,714.73 + IGV.**

3.8.1.4 Estimación de flujo de caja. En la tabla 31 se muestra la estimación de flujo de caja con los resúmenes de los ingresos y egresos que se desarrollaron en los puntos 3.8.1.2 y 3.8.1.3, respectivamente.

Tabla 31: Cálculo de flujo de caja

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos	0	S/45,360 .00	S/89,640 .00	S/133,920 .00	S/199,800 .00	S/266,760 .00
Egresos	S/219,589. 47	S/53,888 .14	S/52,669 .16	S/52,669. 16	S/59,287. 79	S/63,714. 73
Flujo	S/219,589. 47	S/8,528. 14	S/36,970 .84	S/81,250. 84	S/140,512 .21	S/203,045 .27

(Fuente: Elaboración propia)

Una vez estimado los cálculos del flujo de caja con una proyección de 5 años, se procede a calcular el VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno). La función del VAN es determinar la viabilidad de un proyecto midiendo los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial (año 0), de quedar ganancia o número positivo, el proyecto se declara como viable y con respecto al TIR, es la tasa de interés o rentabilidad que genera el proyecto y el resultado está dado en porcentaje y el cálculo es el mismo que el VAN solo que el VAN se considera 0, cuando la TIR es mayor a la tasa de descuento quiere decir que el proyecto se declara como aceptado. En este caso se considera un 10% de tasa para el cálculo del VAN, en la tabla 32 se muestra el valor del VAN y TIR.

Tabla 32: Valor del VAN y TIR

Tasa	10%
VAN (Valor Actual Neto)	S/86,303.93
TIR (Tasa Interna de Retorno)	19%

(Fuente: Elaboración propia)

De la tabla 32 se muestra que el VAN es positivo y la TIR es mayor a la tasa del 10% que se consideró para el cálculo, por lo que se concluye que la red FTTH es viable económicamente.

3.9 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos tanto técnica y económicamente fueron los esperados debido que se presenta los mismos resultados en otros países, pero con ciertas variaciones mínimas como los costos del equipamiento y costos de los servicios de instalación.

IV. CONCLUSIONES

1. Perú necesita realizar despliegues masivos de redes FTTH para reducir notablemente la diferencia o brecha existente con respecto al promedio mundial de velocidad de banda ancha fija de bajada y subida, puesto que actualmente Perú se encuentra muy por debajo del promedio.
2. Se diseñó una red FTTH aplicando el estándar GPON en el distrito de Santiago de Surco, específicamente el área delimitada por la Av. Tomas Marsano, Jirón Augusto Wiese, Jirón Ismael Bielich y la Av. Ayacucho. Con ello, se está buscando beneficiar a 411 hogares.
3. A cada hogar se estará brindando un plan asimétrico de 400 Mbps (de bajada) y 200 Mbps (de subida) garantizando como mínimo un 40%, de acuerdo con lo establecido por OSIPTEL.
4. Se diseñó una red de alimentación en anillo físico, el cual permite una optimización de hilos en la red, puesto que el mismo hilo se puede usar por ambos lados.
5. Técnicamente el diseño de la red FTTH es viable debido que el valor de mayor atenuación en la red es 27.02 dB en la longitud de onda de 1310 nm y 1490 nm, cuyo valor es menor a los 30 dB que se tiene como presupuesto óptico.
6. Económicamente el diseño de la red FTTH es viable debido que el valor del VAN son S/86,303.93 soles y presenta un TIR del 19% (mayor valor que la tasa considerada del 10%).

V. RECOMENDACIONES

1. La ubicación de la OLT debe estar lo más cercano posible al área de despliegue de la red FTTH, esto con la finalidad de presentar ahorro de costos de diseño e implementación y también considerar facilidades de espacio, energía, aire acondicionado, seguridad y mantenimiento.
2. En la última milla de la red FTTH, la utilización de cables y cajas de distribución deben ser preconectorizados y ensamblados en fábrica, esto acelera la construcción de la red, optimiza costos de servicios y reduce la mano de obra técnica.
3. Antes de realizar cualquier conectorización óptica tanto en la planta externa o interna, se debe realizar una inspección y limpieza al conector óptico, esto se debe a que hoy en día los conectores ópticos contaminados son la principal causa de fallas en la red.
4. Para realizar el cálculo del presupuesto óptico de pérdida se recomienda tener un margen adicional de 1.5dB a 3dB, puesto que este valor nos va a permitir cubrir ciertos eventos reflectivos como empalmes por fusión, conectorización o ampliación de red FTTH en el futuro.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Cancino, H. (19 de mayo de 2020). *Sepa que países lideran el ranking de velocidades de internet en Latinoamérica y cuánto impactó el COVID-19.*

<https://tecno.americaeconomia.com/articulos/sepa-que-paises-lideran-el-ranking-de-velocidades-de-internet-en-latinoamerica-y-cuanto>

INEI (noviembre de 2016). *Planos estratificados de Lima Metropolitana a nivel de manzana 2016.* Obtenido de INEI:

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1403/libro.pdf

OSIPTEL (setiembre de 2019). *Los servicios públicos de telecomunicaciones en los hogares peruanos.* Obtenido de OSIPTEL:

<https://www.osiptel.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/par/erestel-2018-servicios-telecomunicaciones-hogares/erestel-2018-servicios-telecomunicaciones-hogares.pdf>

OSIPTEL (noviembre de 2019). *5.2 Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por tecnología de acceso y velocidad de transmisión,*

desde diciembre 2010. <https://www.osiptel.gob.pe/articulo/52-conexiones-de-acceso-a-internet-fijo-desagregadas-por-t>

OSIPTTEL (noviembre de 2019). *5.3 Conexiones de acceso a internet fijo, desagregadas por tecnología de acceso y empresa operadora*
<https://www.osiptel.gob.pe/articulo/53-conexiones-de-acceso-a-internet-fijo-desagregadas-por-t>

Viavi Solutions (s.f.). *Red Óptica Pasiva (PON).*

<https://www.viavisolutions.com/es-es/red-optica-pasiva-pon>

Corning Optical Communications (s.f.). *Presupuesto total de pérdida por enlace.*

<https://www.corning.com/opcomm/wcd/calculators/linkloss-esp.html>

The Fiber Optic Association (s.f.). *Presupuesto de potencia y de pérdida óptica*

<https://www.thefoa.org/ESP-Design/Ch9.htm>

The Fiber Optic Association (s.f.). *Fiber to the Home*

<https://www.thefoa.org/tech/ref/appln/FTTH.html>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Zona y diseño de la red FTTH en el distrito de Santiago de Surco



Anexo 2. Especificación técnica de la OLT GPON LD3032


**CHASIS CONCENTRADOR OPTICO
GPON LD3032**


Tipo del producto	Equipo GPON FBS
Descripción	La OLT (Optical Line Terminal) LD3032 es un equipo usado en redes FTTx (Fiber To The X) como concentrador de abonados. Su función es distribuir el acceso a cada abonado de la red y realizar tareas de gerencia, tales como control de acceso, gestión de banda, disposición de servicios, etc. Chasis con altura de 2RU (unidades de rack).
Características Generales	<ul style="list-style-type: none"> * Configurable para operar en modo de redundancia entre puertos GPON del mismo módulo de servicio o mediante diferentes módulos de servicio en la misma OLT (redundancia de Tipo B considerando hasta 32 ONT por puerto redundante); * 2 slots para módulos de servicio: <ul style="list-style-type: none"> * Total de 32 puertos, considerando 16 interfaces GPON por módulo; * Capacidad total para atender hasta 128 abonados en cada interface GPON; * Posibilidad de atender hasta 4.096 abonados por chasis; * Permite la redundancia entre puertos GPON de un mismo módulo de servicio o módulos de servicios diferentes (Redundancia tipo B). * 2 slots para módulo de control y gestión (switching): <ul style="list-style-type: none"> * Cada módulo presenta: <ul style="list-style-type: none"> * 4 puertos de uplink 10GE (SFP+); * 1 puerto MGMT (RJ45); * 1 puerto Alarma (RJ45); * 1 puerto Console (RJ45); * 1 puerto microSD; * Capacidad total de uplink: 40 GE; * Posibilidad de instalación de 2 módulos de switching para que funcionen en redundancia; * 320 Gbps de capacidad de switching. * Fuentes y ventiladores hot-swappable; * LEDs indicativos de alarma.
GPON	<ul style="list-style-type: none"> * OLT GPON compatible con ITU-T G.984; * Soporta NSR (Non-Status Reporting) y SR (Status Reporting) DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) – G.984.3; * Gestión remota de ONT; * Ranging automático de ONT; * Múltiples T-CONTs por ONT;

Anexo 3. Especificación técnica del SFP C+


**MÓDULO SFP GPON LR 1490NM
SC-UPC**


Descripción Los módulos transceptores ópticos Furukawa SFP son componentes utilizados para conectar equipos GPON. Los SFP mencionados abajo se pueden ser aplicados a los puertos ópticos GPON en la plataforma OLT de Furukawa. La elección del modelo SFP depende de algunos factores, como la aplicación y el rango óptico necesarios para la red.

Características Generales	Parámetro	Min	Típico	Max
	Tensión (Voc)		3.135	3.3
Corriente GPON Clase B+ (mA)		-	300	600
Corriente GPON Clase C+ (mA)		-	-	600
Corriente GPON Clase C++ (mA)		-	350	600
Temperatura de Operación (°C)		0	25	70
Temperatura de Almacenamiento (°C)		-40	-	85
Humedad Relativa - Operación (%)		0	-	80
Humedad Relativa - Almacenamiento (%)		0	-	95

Características Técnicas **MÓDULO SFP CLASSE C+ 2.5GBPS LR 1490NM (20KM) - Código 35610275**
Conector SC-UPC // Monomodo

Transmisión	Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo
	Tipo de Transmisión		1490 nm DFB	
Velocidad de señalización +/- 100 ppm (Mbps)		2488 Down / 1244 Up		
Potencia media de emisión (dBm)		+3	-	+7
Salida óptica con Tx OFF (dBm)		-	-	-50
Tiempo de ascenso y descenso óptico (ps)		-	-	160
Longitud de onda óptica central (nm)		1480	1490	1500
Modo de supresión lateral (dBHz)		30	-	-
Potencia de extinción (dB)		9	-	-

Recepción	Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo
	Tipo de Recepción		1310nm APD	
Longitud de onda (nm)		1270	1310	1360
Sensibilidad de Recepción (dBm)		-	-	-30
Sobrecarga óptica de Recepción (dBm)		-12	-	-

Anexo 4. Especificación técnica del ODF 48 hilos


**DISTRIBUIDOR INTERNO ÓPTICO
BT48**


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

Anexo 5. Especificación técnica del cable de fibra óptica ADSS



武汉烽火国际技术有限责任公司
WUHAN FIBERHOME INTERNATIONAL TECHNOLOGIES CO.,LTD.

ADSS – 48 B1.3 Span 100m

Max Span: 100m Max applied voltage:110kv

Max operating weather conditions: 25m/s wind speed and no ice load

Cable cross-section and dimensions

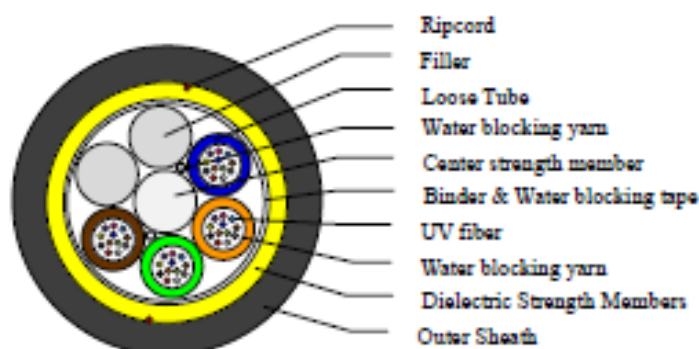


Figure. Cable Cross-Section (A-end)

Item	Material	Description
Outer sheath	HDPE	HDPE
Dielectric Strength Members	Aramid yarns	Additional strength member
Binder	Polyester yarn	Cable core binding
Water blocking yarn	Water blocking yarn	Water blocking & moisture proof
Water blocking tape	Water blocking tape	Water blocking & moisture proof
Filler	PP	Diameter same as tube,
Loose tube	PBTP	Colors of tubes: blue, orange, green, brown
Tube filling	Water blocking yarn	Water Blocking & Moisture Proof
Fiber	Silicon-based fiber(G652D)	UV fiber, color with: blue, orange, green, brown, gray, white, red, black, yellow, violet, pink, aqua
Center strength member	FRP	FRP
Cable O.D.	11.0±0.5mm	
Cable weight	85±15kg	

Cable main mechanical properties and application

Serial No.	Item	Requirement
1	MAT	2170N
2	Allowable crush resistance (N) (short time)	2243N /10cm
3	Allowable crush resistance (N) (long time)	1122 N /10cm
4	Operation temperature	-30 ° C +70° C
5	Storage temperature	-40 ° C +70° C

Anexo 6. Especificación técnica de la caja de empalme óptico

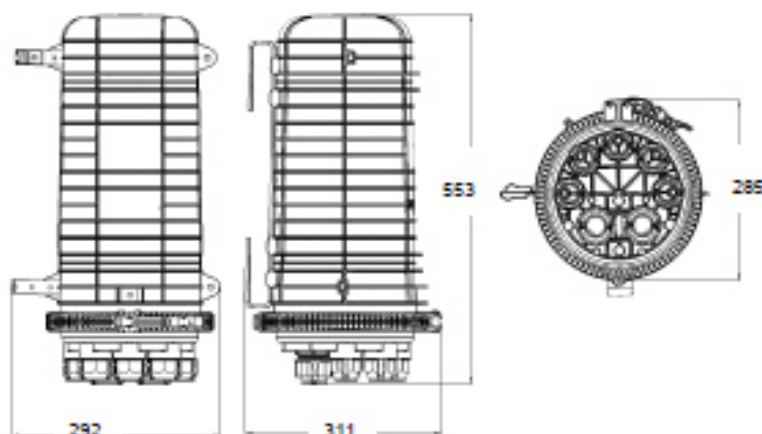
Caja de Empalme Óptico

Caja de Empalme Óptica - CEFO G2

Especificaciones

Especificaciones generales	
Aplicación	Red aérea y subterránea
Tipo de Montaje	Fijación en mensajero, poste o soportes en galerías subterráneas
Entrada del cable principal al diámetro entre 7,5 y 25 mm.	2 (cables independientes) o 1 (una trampa)
Salidas para cables de derivación con un diámetro de 8 a 22 mm (anillo de sellado con 1 entrada)	5 (cables independientes)
Salidas para cables de derivación con un diámetro de 8 a 11 mm (anillo de sellado con 2 entradas)	10 (cables independientes)

Configuraciones y dimensiones (en mm)		
Modelo	Número de bandejas	Número de Fibras
CEFO G2 12 FO	1	1 hasta 12 fibras
CEFO G2 24 FO	1	12 hasta 24 fibras
CEFO G2 36 FO	2	12 a 36 fibras
CEFO G2 48 FO	2	12 a 48 fibras
CEFO G2 60 FO	3	12 a 60 fibras
CEFO G2 72 FO	3	12 hasta 72 fibras
CEFO G2 84 FO	4	12 hasta 84 fibras
CEFO G2 96 FO	4	12 hasta 96 fibras
CEFO G2 108 FO	5	12 Hasta 108 fibras
CEFO G2 120 FO	5	12 Hasta 120 fibras
CEFO G2 132 FO	6	12 Hasta 132 fibras
CEFO G2 144 FO	6	12 Hasta 144 fibras




Anexo 7. Especificación técnica de la caja de distribución óptica NAP


**CAJA TERMINAL OPTICA
PRE-CONECTORIZADA
FK-CTOP-16P (INLINE
SLIMCONNECTOR)**



Descripción	Las Cajas de Terminación Óptica Pre-Conectorizadas Inline FK-CTOP-16P son utilizadas como punto de interconexión entre la red de distribución y las redes de acceso y de terminación. Son equipadas con conectores externos reforzados SlimConnector, que permiten la instalación de cables drop sin necesidad de apertura del producto.
Aplicación	La Caja de terminación Pre-Conectorizada FK-CTOP-16P es utilizada en redes ópticas externas aéreas o subterráneas. Productos para instalaciones en mensajero, postes o pared.
Ventajas	Los conectores externos robustos permiten la conexión de cables drop pre-conectorizados sin afectar que los circuitos adyacentes, permitiendo la instalación de nuevos clientes sin la necesidad de apertura del producto.
Certificaciones	ANATEL para caja terminal óptica subterránea para pequeñas edificaciones ANATEL 07231-19-00258
Color	Negro RAL9005, Gris RAL7035.
Material del cuerpo del producto	Polipropileno reforzado con aditivo de protección UV.
Cantidad de Empalmes	32 empalmes ópticos por bandeja de empalme; Posee 2 bandejas de empalme, 64 empalmes ópticos. Capacidad máxima de 3 bandejas de empalme.
Grado de Protección	IP68 Instalaciones subterráneas, probado en 1m de columna de agua.
Peso (Kg)	2,43kg
Tipo de sistema de sellado	Mecánico con goma de vedación.
Altura (mm)	200
Ancho (mm)	340
Profundidad (mm)	135

Hasta 16 Adaptadores SlimConnector. (8 en cada cara de la caja terminal)


Anexo 8. Especificación técnica del splitter óptico



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
 ET02371 v1 - 12/11/2019




DIVISOR ÓPTICO 1XN EQUILIBRADO



Descripción	<p>Splitters Ópticos son componentes pasivos que realizan la división del señal óptico en una red PON. Son constituidos por una fibra de entrada y N fibras de salida, las cuales dividen la potencia del señal óptico proporcionalmente, caracterizándolos como splitters equilibrados. Son utilizados principalmente en redes ópticas FTTxPON y redes HFC (Cable TV).</p> <p>Disponibles en tres modelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conectorizado en la entrada y salidas; - Conectorizado sólo en las salidas; - No conectorizado.
Compatibilidad	Bandejas de Empalme o Módulos Conectorizados.
Tipo de la Fibra	Fibras de Entrada y Salidas del Tipo "Bend Insensitive" G.657A ⁽²⁾ .
Norma	<ul style="list-style-type: none"> * Telcordia GR-1209 (Componentes Ópticos Pasivos) * Telcordia GR-1221 (Requisitos de Confiabilidad para Componentes Ópticos Pasivos) * IEC 61753-1 (Dispositivos de Interconexión de Fibra Óptica y Componentes Pasivos - Estándar de Rendimiento)
Certificaciones	ANATEL (Homologación 01837-11-00256 y 01835-11-00256)
Accesorios Incluidos	Hoja de Pruebas (Medidas de Pérdida de Inserción y Pérdidas de Retorno ⁽¹⁾).
Garantía	12 meses
Desempeño	

Modelos	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Banda Óptica Pasante	PLC: 1200-1650 FBT:1200-1360nm e 1480-1650nm					
Pérdida de Inserción Máxima (dB) - Desconsiderar Pérdidas	3,7	7,1	10,5	13,7	17,1	20,5



Este documento técnico es de propiedad y propiedad exclusiva de Furukawa Electric Latin S. A. Está prohibida su reproducción total o parcial sin mencionar su autoría, así como la modificación de su contenido o contexto. Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

1/3

de Conexiones						
Uniformidad (dB)	0,5	0,6	1	1,3	1,5	1,7
Sensibilidad a la Polarización Máxima - PDL (dB)	0,2	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
Directividad (dB)	>55					
Pérdida de Retorno (dB)	>55					

**Características
Dimensionales**

/*****

CON CONECTOR:

Modelos	1x2 FBT		1x2 PLC		1x4		1x8	
	E/S	S	E/S	S	E/S	S	E/S	S
Tipo de Conectorización	E/S		E/S		E/S		E/S	
Profundidad	50mm		55mm		55mm		55mm	
Diámetro	3.0mm		N/A		N/A		N/A	
Ancho	N/A		7mm		7mm		7mm	
Altura	N/A		4mm		4mm		4mm	
Longitud del Pigtail de Entrada	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m
Longitud del Pigtail de Salida	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m
Diámetro del Pigtail	900µm ó 2mm							

Modelos	1x8 Compacto		1x16		1x32	
	S	S	E/S	S	E/S	S
Tipo de Conectorización	S		E/S		E/S	
Profundidad	90mm		60mm		80mm	
Diámetro	N/A		N/A		N/A	
Ancho	20mm		12mm		20mm	
Altura	10mm		4mm		6mm	
Longitud del Pigtail de Entrada	2.0m		1.5m	0.6m	1.5m	0.6m
Longitud del Pigtail de Salida	0.7 ó 0.9m		0.6m	0.6m	0.6m	0.6m
Diámetro del Pigtail	900µm ó 2mm					

- * S - Divisor Conectorizado sólo en la Salida;
- * E/S - Divisor Conectorizado en la Entrada y en las Salidas.

/*****

SIN CONECTOR:


Modelos	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Profundidad	50mm	40mm	40mm	40mm	50mm	60mm
Diámetro	3mm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ancho	N/A	4mm	4mm	4mm	7mm	12mm
Altura	N/A	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm


Anexo 9. Especificación técnica del cable drop preconectorizado


**DROP FLAT COMPACTO
PRECONECTORIZADO
SLIMCONNECTOR**



Descripción	Los Cables Ópticos Drop pre-conectorizados son fácilmente conectados a las cajas de terminación óptica CTO Pre-conectorizado. No hay necesidad de abrir la caja para la activación de nuevos clientes. Por lo tanto, este material realiza la conexión de la red de acceso al cliente. El cable es de tipo Fig. 8 con dimensiones compactas y de baja fricción. Por otra parte, se compone de elementos de tracción hechos de alambre de acero que permite que el cable sea empujado a través del conducto sin el uso de una guía de instalación.
Aplicación	Cable Drop Pre-conectorizado para Cajas Ópticas Pre-conectorizadas
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> * Flexibilidad y facilidad de expansión sin degradación de la calidad; * Garantiza un alto rendimiento y fiabilidad en la gestión del cableado óptico; * Instalación y reconfiguración rápida y fácil; * Manejo sencillo, sin necesidad de herramientas especiales; * Diseñado para soportar una tensión máxima axial de 45kg * Diseñado para cajas de conexión externas de la red de acceso * IP 68
Ambiente de Instalación	Interior/Exterior
Ambiente de Operación	Aérea autosoportada
Temperatura de Operación (°C)	+ -25°/+75°
Longitud	50, 100, 150, 220 y 300m
Color	Gris o Negro
Tipo de Cable	Cable Óptico Drop. Fig. 8 Compacto Baja Fricción
Tipo de Conector	Slimconnector
Tipo de la Fibra	G-657 BLJ-AB, 9/125µm
Tipo de Pulido	APC

Anexo 10. Especificación técnica de la ONT GPON FK-ONT-G420W


ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
ET02746 v1 - 01/12/2019



MODEM OPTICO GPON
FK-ONT-G420W



Descripción

La FK-ONT-G420W es una ONT (Optical Network Terminal) compatible con estándar ITU-T G.984. El equipamiento soporta tasas de hasta 1.25Gbps para upstream y 2.5Gbps para downstream. La ONT soporta servicios completos de datos y voz, con antena WiFi integrada.

Características de Funcionamiento

GPON

- * De acuerdo con el estándar GPON ITU-T G.984.x;
- * Transmisor de 1.244Gbps sentido upstream en modo rajada;
- * Receptor de 2.488Gbps sentido downstream;
- * Longitud onda de transmisión: 1310nm;
- * Longitud de onda de recepción: 1490nm;
- * Framing totalmente compatible con ITU-T G.984;
- * Múltiples T-CONTs por dispositivo;
- * Múltiples GEM Ports por dispositivo;
- * Soporta modo Single T-CONT o modo Multiple T-CONTs;
- * Mapeo flexible entre GEM Ports y T-CONTs;
- * Forward Error Correction (FEC);
- * Soporte para Multicast GEM Port;
- * Mapeo de GEM Ports en una T-CONT con scheduling basado en filas de prioridad;
- * Potencia Óptica de Transmisión: 0,5dBm ~ +5dBm
- * Potencia Óptica de Recepción: -8dBm ~ -27dBm

Layer 2

- * En conformidad con IEEE 802.1D y 802.1Q;
- * Configuración de puerta untagged;
- * Hasta 128 direcciones MAC por dispositivo;
- * Aprendizaje de direcciones MAC con auto-aging;
- * Switch virtual basado en 802.1Q VLAN;
- * VLAN tagging/detagging por puerta Ethernet;
- * VLAN stacking (Q-in-Q) y VLAN Translation;
- * Filtro de VLAN por puerta;
- * Filtro de dirección de destino por puerta;

Layer 3

- * Cliente PPPoE: un cliente por ONT;



Este documento técnico es de propiedad y propiedad exclusiva de Furukawa Electric Latin S. A. Está prohibida su reproducción total o parcial sin mencionar su autoría, así como la modificación de su contenido o contexto. Todas las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

1/4

Anexo 11. Cálculo del presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de todas las cajas NAP de la red FTTH en base a la longitud de onda de 1310 nm

Caja NAP	Aten. Fibra 1310nm (dB)	Aten. Empalmes (dB)	Aten. Conectores (dB)	Aten. Splitter óptico 1x8 (dB)	Aten. Total (dB)
01_LM_Surco/01-1	0.19	1.5	3.75	21	26.44
01_LM_Surco/01-2	0.27	1.5	3.75	21	26.52
01_LM_Surco/01-3	0.31	1.5	3.75	21	26.56
01_LM_Surco/01-4	0.38	1.5	3.75	21	26.63
01_LM_Surco/01-5	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/01-6	0.43	1.5	3.75	21	26.68
01_LM_Surco/01-7	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/01-8	0.54	1.5	3.75	21	26.79
01_LM_Surco/02-1	0.14	1.5	3.75	21	26.39
01_LM_Surco/02-2	0.17	1.5	3.75	21	26.42
01_LM_Surco/02-3	0.22	1.5	3.75	21	26.47
01_LM_Surco/02-4	0.25	1.5	3.75	21	26.50
01_LM_Surco/02-5	0.33	1.5	3.75	21	26.58
01_LM_Surco/02-6	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/02-7	0.39	1.5	3.75	21	26.64
01_LM_Surco/02-8	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/03-1	0.23	1.5	3.75	21	26.48
01_LM_Surco/03-2	0.26	1.5	3.75	21	26.51
01_LM_Surco/03-3	0.32	1.5	3.75	21	26.57
01_LM_Surco/03-4	0.34	1.5	3.75	21	26.59
01_LM_Surco/03-5	0.37	1.5	3.75	21	26.62
01_LM_Surco/03-6	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/03-7	0.45	1.5	3.75	21	26.70
01_LM_Surco/03-8	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/04-1	0.32	1.5	3.75	21	26.57
01_LM_Surco/04-2	0.35	1.5	3.75	21	26.60

01_LM_Surco/04-3	0.39	1.5	3.75	21	26.64
01_LM_Surco/04-4	0.45	1.5	3.75	21	26.70
01_LM_Surco/04-5	0.51	1.5	3.75	21	26.76
01_LM_Surco/04-6	0.56	1.5	3.75	21	26.81
01_LM_Surco/04-7	0.59	1.5	3.75	21	26.84
01_LM_Surco/05-1	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/05-2	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/05-3	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/05-4	0.49	1.5	3.75	21	26.74
01_LM_Surco/05-5	0.56	1.5	3.75	21	26.81
01_LM_Surco/05-6	0.61	1.5	3.75	21	26.86
01_LM_Surco/06-1	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/06-2	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/06-3	0.54	1.5	3.75	21	26.79
01_LM_Surco/06-4	0.57	1.5	3.75	21	26.82
01_LM_Surco/06-5	0.59	1.5	3.75	21	26.84
01_LM_Surco/06-6	0.65	1.5	3.75	21	26.90
01_LM_Surco/06-7	0.70	1.5	3.75	21	26.95
01_LM_Surco/07-1	0.39	1.5	3.75	21	26.64
01_LM_Surco/07-2	0.47	1.5	3.75	21	26.72
01_LM_Surco/07-3	0.53	1.5	3.75	21	26.78
01_LM_Surco/07-4	0.56	1.5	3.75	21	26.81
01_LM_Surco/07-5	0.63	1.5	3.75	21	26.88
01_LM_Surco/07-6	0.66	1.5	3.75	21	26.91
01_LM_Surco/07-7	0.70	1.5	3.75	21	26.95
01_LM_Surco/07-8	0.77	1.5	3.75	21	27.02

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 12. Cálculo del presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de todas las cajas NAP de la red FTTH en base a la longitud de onda de 1490 nm

Caja NAP	Aten. Fibra 1490nm (dB)	Aten. Empalmes (dB)	Aten. Conectores (dB)	Aten. Splitter óptico 1x8 (dB)	Aten. Total (dB)
01_LM_Surco/01-1	0.19	1.5	3.75	21	26.44
01_LM_Surco/01-2	0.27	1.5	3.75	21	26.52
01_LM_Surco/01-3	0.31	1.5	3.75	21	26.56
01_LM_Surco/01-4	0.38	1.5	3.75	21	26.63
01_LM_Surco/01-5	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/01-6	0.43	1.5	3.75	21	26.68
01_LM_Surco/01-7	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/01-8	0.54	1.5	3.75	21	26.79
01_LM_Surco/02-1	0.14	1.5	3.75	21	26.39
01_LM_Surco/02-2	0.17	1.5	3.75	21	26.42
01_LM_Surco/02-3	0.22	1.5	3.75	21	26.47
01_LM_Surco/02-4	0.25	1.5	3.75	21	26.50
01_LM_Surco/02-5	0.33	1.5	3.75	21	26.58
01_LM_Surco/02-6	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/02-7	0.39	1.5	3.75	21	26.64
01_LM_Surco/02-8	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/03-1	0.23	1.5	3.75	21	26.48
01_LM_Surco/03-2	0.26	1.5	3.75	21	26.51
01_LM_Surco/03-3	0.32	1.5	3.75	21	26.57
01_LM_Surco/03-4	0.34	1.5	3.75	21	26.59
01_LM_Surco/03-5	0.37	1.5	3.75	21	26.62
01_LM_Surco/03-6	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/03-7	0.45	1.5	3.75	21	26.70
01_LM_Surco/03-8	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/04-1	0.32	1.5	3.75	21	26.57
01_LM_Surco/04-2	0.35	1.5	3.75	21	26.60

01_LM_Surco/04-3	0.39	1.5	3.75	21	26.64
01_LM_Surco/04-4	0.45	1.5	3.75	21	26.70
01_LM_Surco/04-5	0.51	1.5	3.75	21	26.76
01_LM_Surco/04-6	0.56	1.5	3.75	21	26.81
01_LM_Surco/04-7	0.59	1.5	3.75	21	26.84
01_LM_Surco/05-1	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/05-2	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/05-3	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/05-4	0.49	1.5	3.75	21	26.74
01_LM_Surco/05-5	0.56	1.5	3.75	21	26.81
01_LM_Surco/05-6	0.61	1.5	3.75	21	26.86
01_LM_Surco/06-1	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/06-2	0.48	1.5	3.75	21	26.73
01_LM_Surco/06-3	0.54	1.5	3.75	21	26.79
01_LM_Surco/06-4	0.57	1.5	3.75	21	26.82
01_LM_Surco/06-5	0.59	1.5	3.75	21	26.84
01_LM_Surco/06-6	0.65	1.5	3.75	21	26.90
01_LM_Surco/06-7	0.70	1.5	3.75	21	26.95
01_LM_Surco/07-1	0.39	1.5	3.75	21	26.64
01_LM_Surco/07-2	0.47	1.5	3.75	21	26.72
01_LM_Surco/07-3	0.53	1.5	3.75	21	26.78
01_LM_Surco/07-4	0.56	1.5	3.75	21	26.81
01_LM_Surco/07-5	0.63	1.5	3.75	21	26.88
01_LM_Surco/07-6	0.66	1.5	3.75	21	26.91
01_LM_Surco/07-7	0.70	1.5	3.75	21	26.95
01_LM_Surco/07-8	0.77	1.5	3.75	21	27.02

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo 13. Cálculo del presupuesto de pérdidas ópticas para los hogares de todas las cajas NAP de la red FTTH en base a la longitud de onda de 1550 nm

Caja NAP	Aten. Fibra 1550nm (dB)	Aten. Empalmes (dB)	Aten. Conectores (dB)	Aten. Splitter óptico 1x8 (dB)	Aten. Total (dB)
01_LM_Surco/01-1	0.14	1.5	3.75	21	26.39
01_LM_Surco/01-2	0.20	1.5	3.75	21	26.45
01_LM_Surco/01-3	0.23	1.5	3.75	21	26.48
01_LM_Surco/01-4	0.29	1.5	3.75	21	26.54
01_LM_Surco/01-5	0.30	1.5	3.75	21	26.55
01_LM_Surco/01-6	0.32	1.5	3.75	21	26.57
01_LM_Surco/01-7	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/01-8	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/02-1	0.10	1.5	3.75	21	26.35
01_LM_Surco/02-2	0.13	1.5	3.75	21	26.38
01_LM_Surco/02-3	0.17	1.5	3.75	21	26.42
01_LM_Surco/02-4	0.19	1.5	3.75	21	26.44
01_LM_Surco/02-5	0.24	1.5	3.75	21	26.49
01_LM_Surco/02-6	0.27	1.5	3.75	21	26.52
01_LM_Surco/02-7	0.29	1.5	3.75	21	26.54
01_LM_Surco/02-8	0.33	1.5	3.75	21	26.58
01_LM_Surco/03-1	0.17	1.5	3.75	21	26.42
01_LM_Surco/03-2	0.20	1.5	3.75	21	26.45
01_LM_Surco/03-3	0.24	1.5	3.75	21	26.49
01_LM_Surco/03-4	0.25	1.5	3.75	21	26.50
01_LM_Surco/03-5	0.27	1.5	3.75	21	26.52
01_LM_Surco/03-6	0.31	1.5	3.75	21	26.56
01_LM_Surco/03-7	0.34	1.5	3.75	21	26.59
01_LM_Surco/03-8	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/04-1	0.24	1.5	3.75	21	26.49
01_LM_Surco/04-2	0.27	1.5	3.75	21	26.52
01_LM_Surco/04-3	0.29	1.5	3.75	21	26.54
01_LM_Surco/04-4	0.34	1.5	3.75	21	26.59
01_LM_Surco/04-5	0.38	1.5	3.75	21	26.63

01_LM_Surco/04-6	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/04-7	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/05-1	0.27	1.5	3.75	21	26.52
01_LM_Surco/05-2	0.30	1.5	3.75	21	26.55
01_LM_Surco/05-3	0.31	1.5	3.75	21	26.56
01_LM_Surco/05-4	0.37	1.5	3.75	21	26.62
01_LM_Surco/05-5	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/05-6	0.46	1.5	3.75	21	26.71
01_LM_Surco/06-1	0.33	1.5	3.75	21	26.58
01_LM_Surco/06-2	0.36	1.5	3.75	21	26.61
01_LM_Surco/06-3	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/06-4	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/06-5	0.44	1.5	3.75	21	26.69
01_LM_Surco/06-6	0.49	1.5	3.75	21	26.74
01_LM_Surco/06-7	0.53	1.5	3.75	21	26.78
01_LM_Surco/07-1	0.30	1.5	3.75	21	26.55
01_LM_Surco/07-2	0.35	1.5	3.75	21	26.60
01_LM_Surco/07-3	0.40	1.5	3.75	21	26.65
01_LM_Surco/07-4	0.42	1.5	3.75	21	26.67
01_LM_Surco/07-5	0.47	1.5	3.75	21	26.72
01_LM_Surco/07-6	0.49	1.5	3.75	21	26.74
01_LM_Surco/07-7	0.53	1.5	3.75	21	26.78
01_LM_Surco/07-8	0.58	1.5	3.75	21	26.83

(Fuente: Elaboración propia)