

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y

TELECOMUNICACIONES



**“DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON PARA
LA URBANIZACIÓN LAS FLORES DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE
LURIGANCHO.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MIRANO TITO, VICTOR HUGO

Villa El Salvador

2019

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3.1 Teórica:.....	2
1.3.2 Espacial:.....	3
1.3.3 Temporal:	3
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4.1 PROBLEMA GENERAL	3
1.4.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	3
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 Bases Teóricas.....	7
2.2.1 Concepto, fabricación y funcionamiento de la fibra óptica.....	7
2.2.2 Tipos de fibra óptica y conectores.....	9
2.2.3 Arquitectura de la red FTTH.....	14
2.2.4 Tecnologías xPON	18
2.2.5 Tecnologías FTTx	20
2.2.6 Tecnología FTTH	21
2.2.7 Ventajas e inconvenientes de las redes PON.....	23
2.3 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	24

CAPITULO III: Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON para La Urbanización Las Flores del distrito de San Juan de Lurigancho.	30
3.1 Requerimientos para el diseño de red FTTH.....	30
3.1.1 Ubicación geográfica.....	30
3.1.2 Alcance, limitaciones y zona de despliegue.	32
3.1.3 Características de las viviendas.	33
3.1.4 Validación de diseño en terreno.	34
3.1.5 Validación y ubicación de la PINT.	35
3.1.6 Cálculo del presupuesto óptico.	36
3.1.7 DISEÑO DE PLANO Y NOMENCLATURA.	41
3.1.8 Costo de materiales y mano de obra.....	44
3.1.9 Implementar gestión de seguridad y salud en el trabajo.	48
3.1.10 Procedimiento de construcción y validación de la red FTTH.....	51
3.2 Evaluación de resultados y retorno económico.	75
3.2.1 Análisis de perdidas.	75
3.2.2 Tasa de transmisión de datos.	77
3.2.3 Resultado económico.....	78
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	83
Bibliografía	84
ANEXOS	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa geográfico del proyecto FTTH.....	3
Figura 2. Representación de las distintas capas de un cable de fibra óptica.....	9
Figura 3. Fibra monomodo.....	10
Figura 4. Fibra multimodo.....	11
Figura 5. Conector ST.....	13
Figura 6. Conector SC.....	13
Figura 7. Conector LC.....	14
Figura 8. Distribución de una red óptica pasiva.....	15
Figura 9. Arquitectura punto a punto.....	16
Figura 10. Arquitectura en estrella o árbol.....	16
Figura 11. Arquitectura en BUS(Transporte).....	17
Figura 12. Arquitectura en anillo.....	18
Figura 13. Tabla comparativa FTTN.....	20
Figura 14. Tabla comparativa FTTC.....	20
Figura 15. Tabla comparativa FTTB.....	21
Figura 16. Tabla comparativa FTTH.....	21
Figura 17. Arquitectura FTTH.....	24
Figura 18. CABLE FIBRA ÓPTICA ADSS 96 SMF.....	25
Figura 19. OLT SmartAX EA5800 Series HUAWEI.....	26
Figura 20. ONT EG8145V5 HUAWEI.....	26
Figura 21. FAT SSC2801-TM.....	27
Figura 22. CLOSURE SSC2211-TM.....	27
Figura 23. FDT SSC2103-FM.....	28
Figura 24. Mapa del Distrito de las Flores.....	32
Figura 25. Imagen de viviendas.....	33
Figura 26. Plano AutoCAD del despliegue y diseño.....	35
Figura 27. Ubicación geográfica POP Cotabambas.....	35
Figura 28. Distancia entre el POP Cotabambas y la Urb. Las Flores.....	36
Figura 29. SFPs GPON ONU CLASS B+1.....	37
Figura 30. Presupuesto óptico.....	38
Figura 31. Plano ejemplo de la red implementada.....	41
Figura 32. Nomenclatura correspondiente al plano AutoCAD.....	42
Figura 33. FAT rotulado y etiquetado final.....	44

Figura 34. Personal con Epp completos.	48
Figura 35. Personal en plena charla de seguridad.....	49
Figura 36. Personal desplegado en un área segura.	50
Figura 37. Seguridad en la zona de trabajo.	51
Figura 38. Escenario de despliegue horizontal.	52
Figura 39. Elementos de transporte fibra óptica.....	54
Figura 40. Polea para tendido de fibra óptica.....	55
Figura 41. Proceso de lubricación de cables de fibra óptica.	56
Figura 42. Herraje de Tensión y Protección.	58
Figura 43. Tensado en postes de red existentes.	58
Figura 44. Uso de Bobina y poleas para protección.....	59
Figura 45. Herrajes de suspensión.	60
Figura 46. Herrajes de suspensión.	60
Figura 47. Preparación de fibra para el sangrado.	62
Figura 48. Retiro de protección de la fibra.	63
Figura 49. Acondicionamiento de la fibra.	64
Figura 50. Acondicionamiento de la fibra en mufa.	64
Figura 51. Aseguramiento de la fibra en mufa.	65
Figura 52. Acondicionamiento de buffer a empalmar.....	65
Figura 53. Retiro de tubos Buffer.	66
Figura 54. Proceso de empalme por fusión.	67
Figura 55. Código internacional EIA/TIA 598.	68
Figura 56. Fibra con protector de empalme termo contraíble.	68
Figura 57. Acondicionamiento de fibras empalmadas.....	69
Figura 58. Acondicionamiento de mufa para entrega.....	70
Figura 59. Acondicionamiento de equipo FAT para entrega.	70
Figura 60. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional en redes GPON ...	72
Figura 61. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional.....	73
Figura 62. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional.....	74
Figura 63. Test de perdida de potencia en 1550 y 1390.	77
Figura 64. Tendencia de recuperación.....	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de fibra multimodo.	12
Tabla 2. Tabla comparativa xPON.	19
Tabla 3. COORDENADAS DEL DISTRITO DE S.J.L.	30
Tabla 4. Cuadro de crecimiento poblacional.	31
Tabla 5. Cantidad de viviendas por vía.	34
Tabla 6. Atenuación por conectividad.	39
Tabla 7. Atenuación presente en el tendido óptico.	40
Tabla 8. Presupuesto óptico total.	40
Tabla 9. Ejemplo de nomenclatura FDT.	42
Tabla 10. Simbología utilizada en la nomenclatura.	43
Tabla 11. Ejemplo de identificación FAT.	43
Tabla 12. Costos de materiales y manos de Obra-parte 1.	45
Tabla 13. Costos de materiales y manos de Obra-parte 2.	46
Tabla 14. Costos de materiales y manos de Obra-parte 3.	47
Tabla 15. Simbología utilizada en la nomenclatura.	71
Tabla 16. Entregables para la validación de enlaces.	75
Tabla 17. Atenuación presente en cada ventana de trabajo.	76
Tabla 18. Ancho de banda según tecnología adquirida.	78
Tabla 19. Flujo de caja (VAN Y TIR).	80
Tabla 20. Cálculo del tiempo de recuperación.	81

INTRODUCCIÓN

En pleno siglo XXI reconocido como la era de la globalización en la que vivimos los avances tecnológicos que nos han ayudado a hacer nuestra vida más fácil, logrando que las telecomunicaciones presenten avances de manera exponencial. Las telecomunicaciones se han convertido en un medio imprescindible para el desarrollo de la sociedad, estas nos brindan servicios de televisión, telefonía y datos, todas integradas en la internet; las cuales, son imprescindibles en estos días para tener un país intercomunicado y globalizado.

Actualmente los valores de acceso a la banda ancha fija en el Perú que llegan al 7% a nivel nacional con velocidades de descarga de 20.56Mbps, están por debajo del promedio a nivel Latinoamericano de acceso a la banda ancha fija (10% de la población de Latinoamérica cuenta con acceso a internet). Esto nos indica que aún tenemos mucho que invertir y desarrollar en redes de banda ancha en nuestro país. Uno de estos proyectos que iniciaron esta carrera de despliegue para mejorar nuestro porcentaje de acceso hacia la banda ancha fija, es la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. Esta red es la columna vertebral en el país puesta en funcionamiento, operación y mantenimiento. Es una red de transporte de alta velocidad (aprox. 13,500 km), para conectar a 22 capitales de región y 180 capitales de provincia. Por ello la importancia de implementar redes de banda ancha que conecten con el cliente final y cubrir las demandas del mundo globalizado. Para la ejecución y despliegue de estas redes se optó por la tecnología FTTH con estándares basados en la tecnología GPON. Esta tecnología permitirá minimizar costos generando precios accesibles a la inversión.

Por lo tanto, el objetivo a desarrollar en el presente proyecto de suficiencia profesional es el diseño de una red FTTH con estándar GPON en el distrito de San Juan de Lurigancho como propuesta de desarrollo para el operador de telecomunicaciones CLARO, debido a que San Juan de Lurigancho es el distrito con mayor densidad a nivel nacional. En el desarrollo de este proyecto se realizará una evaluación socio económico del distrito, Marco teórico, Ingeniería, despliegue de la red y el análisis de la rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Este proyecto se enmarca en la baja tasa porcentual que representa el Perú a nivel nacional y en comparación a otros países de Latinoamérica, entre el 8% al 10% de la población nacional, sobre todo la rural que cuenta con este bajo porcentaje de acceso a la banda ancha fija, porcentaje que se espera incrementar con el despliegue e inversión del estado (Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica) y de toda empresa privada que contribuya con el desarrollo de las telecomunicaciones.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La falta o poca inversión que representa el estado o instituciones privadas en el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel nacional.

Los altos costos de adquisición que representan contar con acceso a la banda ancha fija respecto el marco socioeconómico en el cual se ve relacionado el cliente último o abonado.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Teórica:

Este diseño se basa en la teoría y aplicación de la fibra óptica en la ingeniería y telecomunicaciones. En este documento se redactará su proceso de implementación bajo un diseño definido para brindar servicio de telefonía, internet y televisión, comenzando con los equipos requeridos para su desarrollo tanto en planta interna como externa, su correcto funcionamiento respetando toda normatividad, plan de contingencia y normas de seguridad reglamentadas para evitar inconvenientes y averías durante su puesta en servicio.

1.3.2 Espacial:

Este proyecto se ejecutará en el departamento de Lima, provincia de Lima, distrito de San Juan de Lurigancho, urbanización Las Flores.

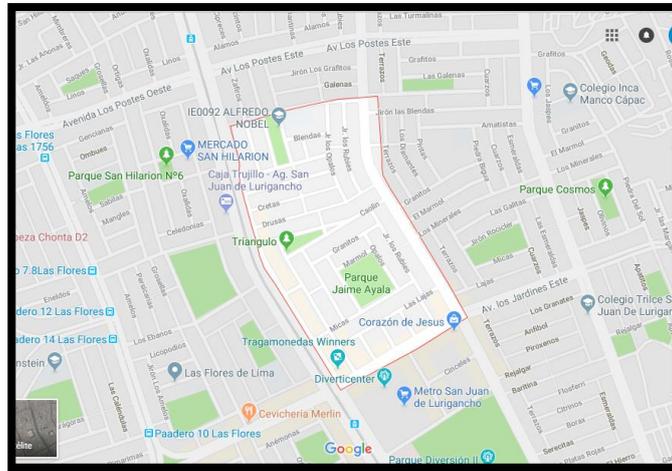


Figura 1 Mapa geográfico del proyecto FTTH.

Fuente: Google Maps.

1.3.3 Temporal:

Proyecto planificado para su ejecución en el mes de febrero del 2020 con una duración de 60 días calendario.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Es factible implementar una red FTTH y en que magnitud beneficiará en el desarrollo de las comunicaciones de la población comprendida dentro de la urbanización Las Flores del distrito de San Juan de Lurigancho?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cuál es el procedimiento adecuado para el diseño de la red y la instalación de los equipos que componen la red FTTH?
- ¿Qué beneficios conseguirá la población de la urbanización las flores con la implementación de una red FTTH en comparación con las redes HFC ya existentes?
- ¿Cuál será el nivel de inversión requerido para el despliegue y ejecución del proyecto planteado, tiempo de recuperación de la inversión y rentabilidad generada durante los años de servicio planificado?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Diseñar y proponer una red FTTH con estándar GPON para el acceso a la banda ancha fija de los usuarios o abonados pertenecientes a la urbanización Las Flores del distrito de San Juan de Lurigancho.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Establecer los requerimientos necesarios e indispensables para la ejecución del proyecto FTTH.
- Organizar, desarrollar y ejecutar los procedimientos adecuados para poder llevar a cabo la instalación y despliegue de los equipos ópticos hasta su puesta en operación y monitoreo operativo.
- Evaluar los beneficios que traerá a la población del distrito las flores la implementación de una red FTTH desplegada por el operador América Móvil del Peru en el distrito de San Juan de Lurigancho.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

Para el desarrollo de la presente investigación se ha considerado los siguientes temas de tesis y propuestas de diseño para sustentar y profundizar el presente trabajo.

- **Joseph William Arias de la Cruz (2015) Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar.**

La presente tesis se enfoca en el estudio económico, diseño e implementación de una red de banda ancha-fija (FTTH) en el distrito de Magdalena del Mar, el cual cubra la demanda existente con miras al crecimiento poblacional y tecnológico dentro de los próximos 10 años. Tesis que avala el diseño de una red con redundancia y arquitectura en anillo, la cual ayudará a la red superar posibles daños en la fibra habilitando otro puerto en la OLT para cubrir las demandas del cliente.

- **Jhonatan Roberto Asenjo Bertín (2014) Diseño y construcción de una red fibra óptica (FTTH) para brindar servicios de voz, videos y datos en sector barrios bajos de la ciudad de Valdivia.**

El presente postulado se desarrolla desde el punto de vista de la ingeniería, asociando directamente lo teórico con lo práctico, lo cual se refleja en la red FTTH implementada en este trabajo, buscando la mejor forma de optimizar los recursos, costos y tiempo asociados, buscando una mayor eficiencia y eficacia.

El área de cobertura de la red que se ha diseñado en la presente tesis es total para el sector planteado, con lo cual los usuarios que demandan los distintos servicios prestados podrán tener la opción de migrar desde la red de Cu a una red FO de mayores prestaciones, con lo anterior se busca además ofrecer nuevos servicios, también a la vez de blindar el sector contra lo ofrecido por las Empresas de la competencia. Es importante mencionar que una red GPON debe ser la red válida para cualquier nuevo sector que se esté urbanizando.

➤ **Álvaro Osorio G. (2016) Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina.**

La presente tesis de maestría se basa en el análisis y estudio del marco situacional en que se encuentra el país de Argentina dentro de la región de (Latinoamérica) quien viene rezagada respecto a otros países como Brasil, Uruguay o Chile respecto al despliegue de redes GPON-FTTH, tomando en consideración sus inicios, su despliegue, su capacidad de crecimiento, comparativa con otras tecnologías, sus virtudes y desventajas, además de su impacto en el mercado Laboral y Educativo.

La tesis resalta el cambio tecnológico del mundo metálico hacia las redes ópticas y que alargar el período de vida de los sistemas actualmente instalados tiende a provocar mal funcionamiento y retraso tecnológico en el área de las telecomunicaciones, esto se traduce en una mala experiencia para el usuario final, en base a la creencia de que las redes FTTH son costosas cuando la mirada debería ser diferente. La red de acceso fija/móvil es única, deja de ser un cuello de botella y permite crecer en anchos de banda sin límite y esto permite que una empresa de comunicaciones no tenga límite en la creación de servicios sobre la misma(voz, internet, video).

2.2 Bases Teóricas

En este capítulo, se realizará una breve descripción de la teoría que envuelve a la fibra óptica, la cual es la base para el análisis posterior referente al diseño y la construcción de una red FTTH.

Los temas que se abordarán son los más relevantes para introducirse de manera adecuada a una red de fibra óptica, se mencionarán de forma sintetizada, enfocándose en los conceptos esenciales, los temas que se mencionarán son:

2.2.1 Concepto, fabricación y funcionamiento de la fibra óptica.

Con la invención y construcción del láser, en la década de los 60 volvió a tomarse la idea sobre la posibilidad de utilizar la luz como soporte de comunicaciones fiables y con alta potencialidad de transmisión de información, debido a la elevada frecuencia portadora (aprox. 10^{14} GHz). Por entonces, empezaron los estudios básicos sobre modulación y detección óptica. Los primeros experimentos de comunicación óptica fueron hechos a través de la atmósfera, los cuales pusieron de manifiesto diversos obstáculos como la escasa fiabilidad debida a precipitaciones, contaminación o turbulencias atmosféricas, haciendo a esta forma de transmisión muy dependiente del medio. El empleo de fibras de vidrio como medio guía no tardó en resultar atractivo: tamaño, peso, facilidad de manejo, flexibilidad y costo. En concreto, las fibras de vidrio permitían guiar la luz mediante múltiples reflexiones internas de los rayos luminosos, sin embargo, en un principio presentaban elevadas atenuaciones.

Las redes de fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

Las fibras ópticas pueden usarse actualmente como los alambres de cobre convencionales, tanto en pequeños ambientes autónomos (tales como sistemas de procesamiento de datos de aviones), como en grandes redes geográficas (como los sistemas de largas líneas urbanas mantenidos por compañías telefónicas).

El principio en que se basa la transmisión de luz por la fibra es la reflexión interna total; la luz que viaja por el centro o núcleo de la fibra incide sobre la superficie

externa con un ángulo mayor que el ángulo crítico, de forma que toda la luz se refleja sin pérdidas al interior de la fibra. Así, la luz puede transmitirse a larga distancia reflejándose miles de veces. Para evitar pérdidas por dispersión de luz debido a impurezas de la superficie de la fibra, el núcleo de la fibra óptica está recubierto por una capa de vidrio con un índice de refracción mucho menor; las reflexiones se producen en la superficie que separa la fibra de vidrio y el recubrimiento.

La fibra óptica consiste en una guía de luz con materiales mucho mejores en varios aspectos. A esto le podemos añadir que en la fibra óptica la señal no se atenúa tanto como en el cobre, ya que en las fibras no se pierde información por refracción o dispersión de luz consiguiéndose así buenos rendimientos, en el cobre, sin embargo, las señales se ven atenuadas por la resistencia del material a la propagación de las ondas electromagnéticas de forma mayor. Además, se pueden emitir a la vez por el cable varias señales diferentes con distintas frecuencias para distinguirlas, lo que en telefonía se llama unir o multiplexar diferentes conversaciones eléctricas.

La mayoría de las fibras ópticas se hacen de arena o sílice, materia prima abundante en comparación con el cobre. Los dos constituyentes esenciales de las fibras ópticas son el núcleo y el revestimiento. El núcleo es la parte más interna de la fibra y es la que guía la luz. Consiste en una o varias hebras delgadas de vidrio o plástico con diámetro de 50 a 125 micras. El revestimiento es la parte que rodea y protege al núcleo.

El fundamento de la fibra óptica es el siguiente: la luz enviada por el interior de la fibra se refleja en sus paredes, lo que tiene como consecuencia guiar el haz luminoso a lo largo de la fibra, incluso cuando ésta está curvada. Un enlace óptico comprende un foco luminoso láser que funciona en el infrarrojo próximo (a una longitud de onda de 1,3 o 1,5 μm). La luz emitida es modulada por un transmisor, un sistema controlado por la señal eléctrica que aporta la información. Los impulsos luminosos se envían a través de la fibra; en el otro extremo, un fotodiodo (o receptor) reconvierte la señal óptica en señal eléctrica. Y ésta es transformada finalmente en sonido, imagen o texto en el teléfono, la televisión o la pantalla del ordenador.

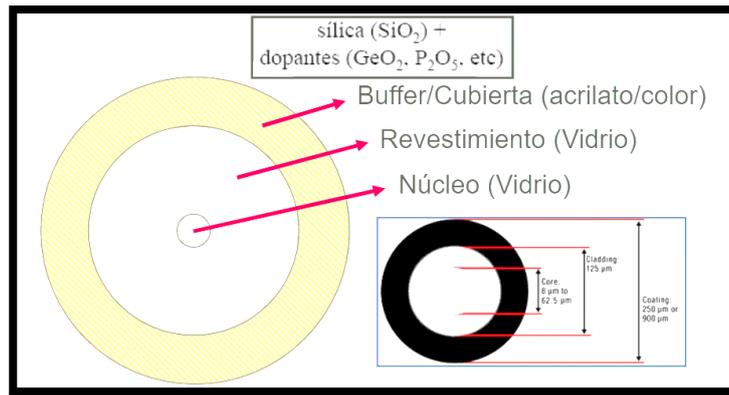


Figura 2. Representación de las distintas capas de un cable de fibra óptica.

Fuente: <https://www.q10academico.com/EducacionVirtual>

Componentes de la fibra óptica.

El núcleo:

En sílice, cuarzo fundido o plástico - en el cual se propagan las ondas ópticas. Diámetro: 50 o 62,5 μm para la fibra multimodo y 9 μm para la fibra monomodo.

La funda Óptica:

Generalmente de los mismos materiales que el núcleo, pero con aditivos que confinan las ondas ópticas en el núcleo.

El revestimiento de protección:

Por lo general está fabricado en plástico y asegura la protección mecánica de la fibra.

2.2.2 Tipos de fibra óptica y conectores.

2.2.2.1 Fibra Monomodo

Potencialmente, esta es la fibra que ofrece la mayor capacidad de transporte de información. Tiene una banda de paso del orden de los 100 GHz/km. Los mayores flujos se consiguen con esta fibra, pero también es la más compleja de implantar. Los rayos que tiene siguen una trayectoria que sigue el eje de la fibra, por lo que se ha ganado el nombre de "monomodo" (modo de propagación, o camino del haz luminoso, único). Son fibras que tienen el diámetro del núcleo en el mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas que transmiten, es

decir, de unos 5 a 8 mm. Si el núcleo está constituido de un material cuyo índice de refracción es muy diferente al de la cubierta, entonces se habla de fibras monomodo de índice escalonado. Los elevados flujos que se pueden alcanzar constituyen la principal ventaja de las fibras monomodo, ya que sus pequeñas dimensiones implican un manejo delicado.

TIPOS:

OS1 monomodo:

Puede ser usado en interiores y la distancia en la que puede ser desplegado es de máximo 2.000 metros y permite velocidades desde 1 hasta 10 gigabits de ethernet.

OS2 monomodo:

Está diseñado para todos los usos, haciéndolo más que adecuado para exteriores. La distancia en la que puede ser desplegado varía entre 5.000 a 10.000 metros. Esto permite desde 1 a 10 gigabits de Ethernet.

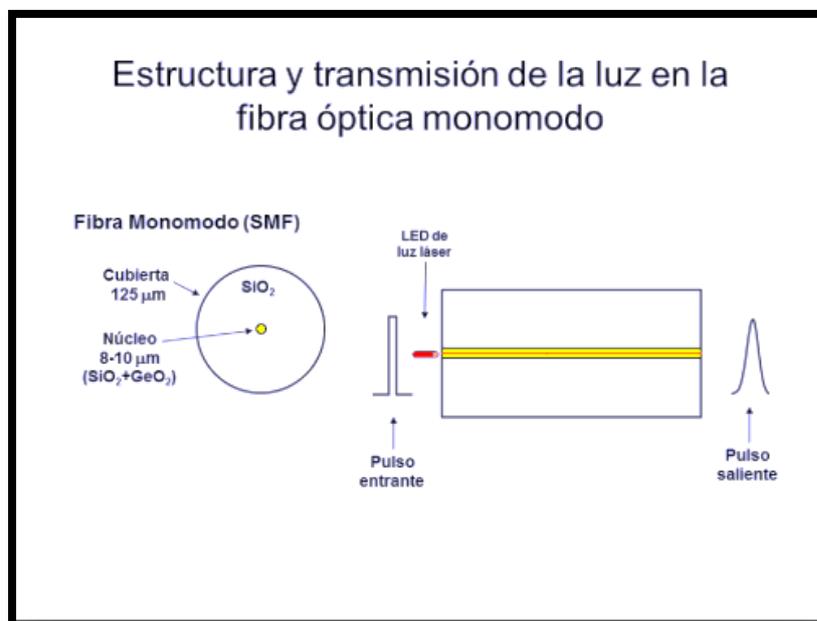


Figura 3. Fibra monomodo.

Fuente: <https://www.televes.com/es/infoteleves/info-122>

2.2.2.2 Fibra Multimodo

Soporta la propagación de varios modos de transmisión, esto es gracias a que el diámetro del núcleo de este tipo de fibras es amplio, y suele estar comprendido

entre 50 y 62.5 micras, por lo que el acoplamiento de la luz en diferentes modos es más sencillo.

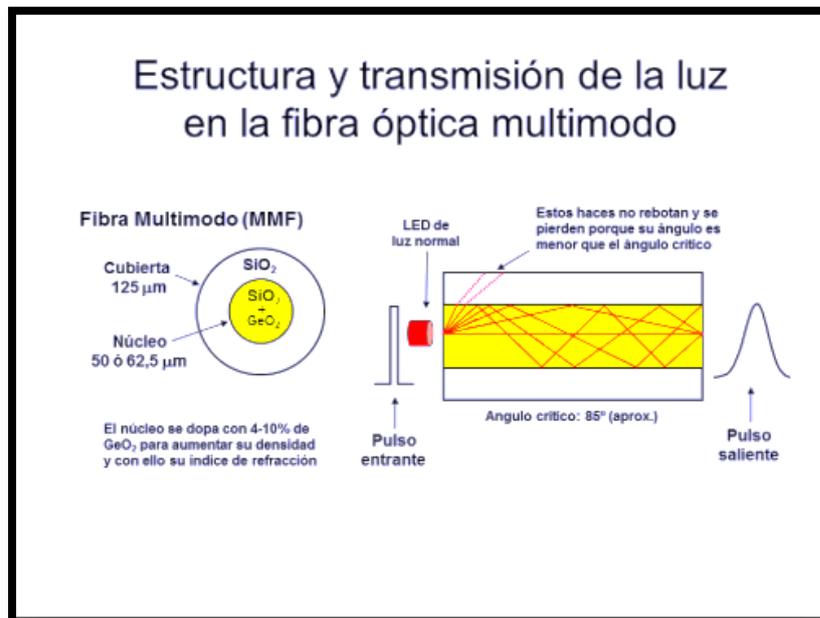


Figura 4. Fibra multimodo.

Fuente: Elaboración propia

Los equipos utilizados para las comunicaciones sobre fibra óptica multimodo son más barato que el utilizado para la fibra óptica monomodo. La velocidad típica de transmisión y los límites de distancia están ubicado en los 100 Mbit/s en distancias de hasta 2 kilómetros (100BASE-FX), 1 Gbit/s hasta 1000 metros y 10 Gbit/s hasta los 550 metros.

Como es lógico, este tipo de fibra tiene peores prestaciones que el anterior, ya que posee una velocidad de propagación menor y una atenuación mayor, debida a las reflexiones interiores.

Tabla 1. Tipos de fibra multimodo.

Categoría	Ancho de banda modal mínimo 850 NM/1300 NM	Ethernet de alta velocidad 100BASE-FX	Ethernet de 1GB 1000BASE-SX	Ethernet de 1GB 1000BASE-LX	Ethernet de 10GB 10GBASE-SR	Ethernet de 40GB 40GBASE-SR4
OM1 (62.5/125)	200/500 MHz-km	2000 m	275 m	550 m	33 m	No soportado
OM2 (50/125)	500/500 MHz-km	2000 m	550 m	550 m	82 m	No soportado
OM3 (50/125) - Optimizada para láser	1500/2000 MHz-km	2000 m	550 m	550 m	300 m	100 m (330 m QSFP + ESR4)
OM4 (50/125) Optimizada para láser	3500/4700 MHz-km	2000 m	550 m	5550 m	400 m	150 m (550 m QSFP + ESR4)

Fuente: <https://beyondtech.us/blogs/beyondtech-en-espanol/diferencias-entre-cables-de-fibra-optica-monomodo-y-multimodo>

2.2.2.3 Tipos de conectores para fibra óptica.

Un conector es aquel elemento que tiene como función conectar o unir el extremo de un cable de fibra óptica para permitir una conexión y desconexión fácil. Su meta es acoplar mecánicamente los núcleos de las fibras para que la luz pueda pasar. La interfaz se completa cuando los dos conectores se presionan entre sí. Un conector apropiado permite que no haya espacios con aire entre los dos puntos. Los conectores vienen en muchas formas y tamaño. Las características que los separan incluyen el tipo de acople (como de jale/empuje) y el tamaño de la contera.

Conector ST (Straight Tip)

El conector ST (Straight Tip o Punta Recta), originalmente desarrollado por AT&T(American Telephone and Telegraph), usa una contera de 2,5 mm con un cuerpo redondo de plástico o metal. Este conector posee un puerto y un conector que se aseguran en su lugar con un medio giro al mecanismo tipo bayoneta. Este es el conector más popular para redes multimodos.



Figura 5. Conector ST.

Fuente: https://shopdelta.eu/cable-flexible-pigtail-monomodo-conector-st-pig-st_l6_p3057.html

Conector SC(Square conector)

Este conector diseñado en Japón tiene una contera de 2,5 mm que sostiene una sola fibra. El método de conexión es de empuje/jale. El cuerpo del conector es cuadrado y tiene dos conectores unidos con un sujetador plástico (conexión dúplex). El diseñador original del conector SC fue NTT, una compañía de telecomunicaciones japonesa. Este conector se usa ampliamente en sistemas de modo único.



Figura 6. Conector SC.

Fuente: <https://sillexfiber.com/producto/conector-fibra-optica-sc/>

Conector LC (Little connector)

Un conector LC (Conector Pequeño) tiene un mecanismo de jale/empuje con el cuerpo del conector diseñado como un cuadrado. Desarrollado por Lucent Technologies es una unidad pequeña popular. Los dos conectores que forman al LC están en una configuración dúplex, unidos con un sujetador plástico. La contera es pequeña, de 1,25 mm, diseñada para adaptarse a requerimientos de espacios pequeños. El LC provee buen desempeño y es recomendable en conexiones de modo único.

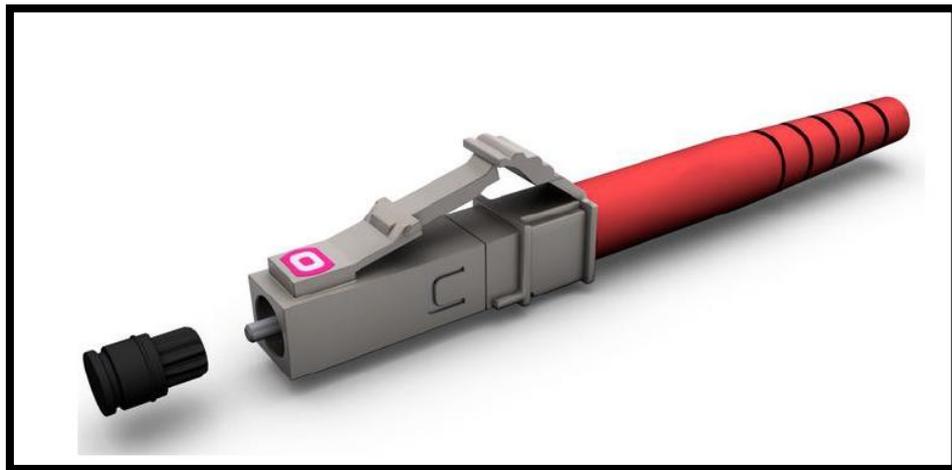


Figura 7. Conector LC.

FUENTE: <https://fibrasopticasdemexico.com/tienda/producto/conector-lc/>

2.2.3 Arquitectura de la red FTTH.

Las instalaciones FTTH se basan en 2 arquitecturas, una de una línea directa desde la planta hasta el hogar en una configuración punto a punto P2P (peer to peer) y otra de arquitectura punto multipunto P2MP, utilizando básicamente splitters en una red óptica pasiva, la cual puede utilizar básicamente Gigabit Ethernet o un Modo de Transferencia Asíncrona ATM.

Una red óptica pasiva PON, está compuesta por splitters pasivos entre la central y el abonado. En pocas palabras se puede considerar que un sistema PON es una forma limitada de red completamente óptica que no tiene electrónica en su arquitectura, excepto en los extremos de la red, compuesta por “árboles” de vidrio que transmiten señales de longitudes de onda ampliamente espaciadas.

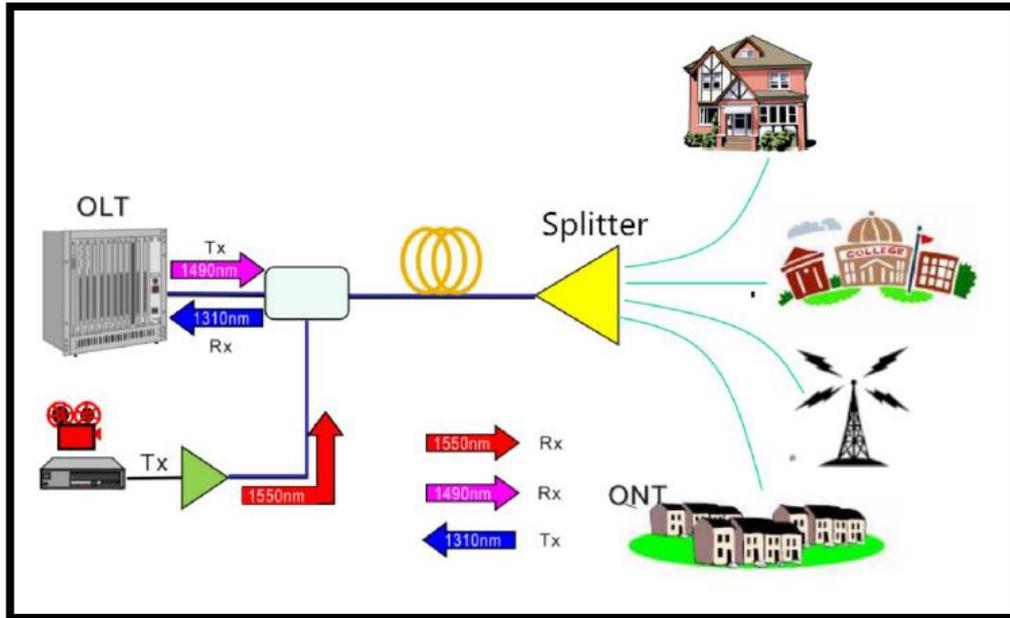


Figura 8. Distribución de una red óptica pasiva.

Fuente: <https://naseros.com/2017/03/13/como-funciona-una-conexion-de-fibra-gpon-y-ftth/>

2.2.3.1 Arquitectura P2P (punto a punto)

La arquitectura conocida como ODN (Optical Distribution Network) está clasificada en "home run" Punto a Punto, redes estrella pasiva también consideradas punto a punto. En éste primer caso, una fibra sale desde la Central y va directamente hacia el abonado, aunque se podría creer que este sistema Punto a Punto como una opción más cara, sin embargo, algunos proveedores están considerando este tipo de redes ya que en la actualidad los cables de multifibras son casi tan económicos en materiales y costos de instalación que los cables de la misma longitud con unas pocas fibras. El gran problema de este tipo de topología es en la Central, por puerto óptico electrónico que se debería utilizar, incrementando considerablemente los costos.

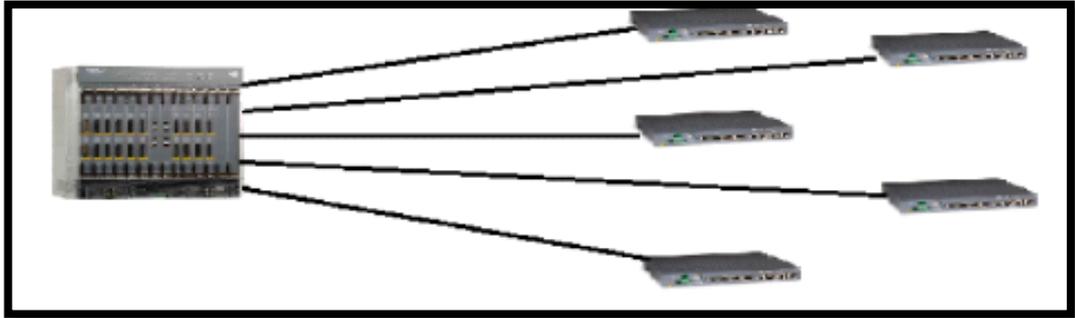


Figura 9. Arquitectura punto a punto.

Fuente: Elaboración propia

2.2.3.2 Arquitectura P2PM (punto multipunto)

La arquitectura punto a multipunto, comúnmente llamada Red Óptica Pasiva (Passive Optical Network- PON). El objetivo de esta arquitectura es disminuir el precio de la red mediante el uso de elementos pasivos sencillos; debido a que, se reparte los costes entre varios segmentos de la red. A continuación, desarrollaremos las arquitecturas punto a multipunto.

Arquitectura en estrella o árbol

La arquitectura en estrella o árbol es el más utilizado en las redes FTTH debido a su bajo costo y a su gran eficiencia. Esta estructura consiste en un tramo único desde el OLT hasta un nodo óptico en donde habrá un divisor óptico, este dispositivo pasivo repartirá la señal enviándola a sus respectivos usuarios.

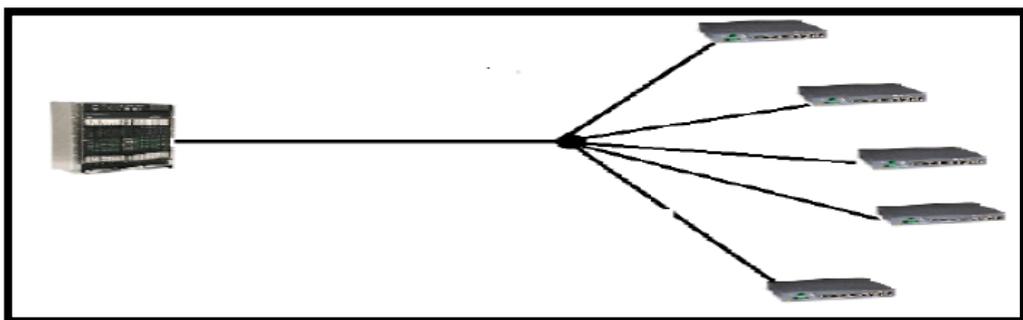


Figura 10. Arquitectura en estrella o árbol.

Fuente: Elaboración propia

Arquitectura en BUS

La arquitectura en BUS(Transporte), se presenta en la figura 2-11, usa un único enlace. Este enlace está conectado a los ONT's de la red con el nodo central. Evidentemente, el gran inconveniente de esta red es la confiabilidad en la transmisión; ya que, la ruptura de esta red dejaría sin comunicación a todos los usuarios que están el tramo posterior de la ruptura del cable.

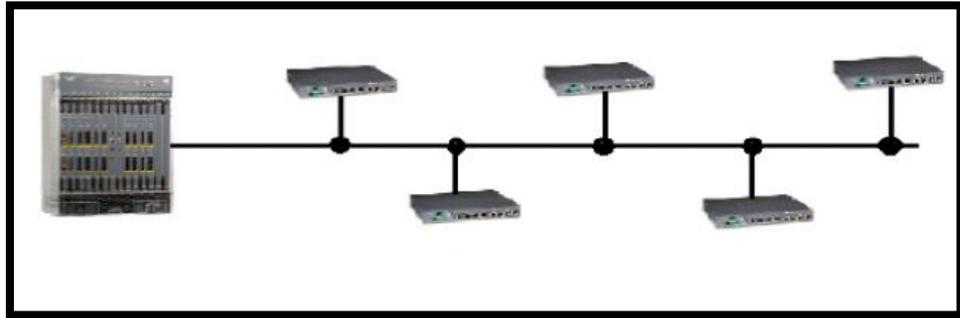


Figura 11. Arquitectura en BUS(Transporte).

Fuente: Elaboración propia

Arquitectura en Anillo

La arquitectura en anillo, se presenta en la figura 2-12, es el más usado; debido a que, posee confiabilidad en su arquitectura. Los anillos son capaces de recuperar la comunicación después de un fallo utilizando dos técnicas de protección: la protección de ruta y el enlace/nodo de recuperación. La primera consiste en reenviar el tráfico desde el OLT en el sentido contrario al sentido anterior. La segunda técnica es similar, pero en este caso el tráfico se re direcciona en el nodo/enlace donde se ha producido la rotura.

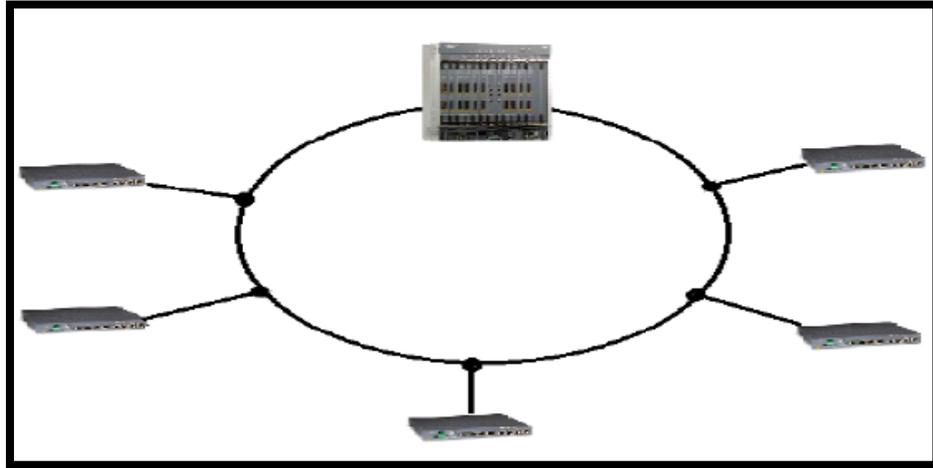


Figura 12. Arquitectura en anillo.

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Tecnologías xPON

2.2.4.1 APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)

APON fue la primera red PON (Passive Optical Network). Esta basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de las ONU (Optical Network Unit) que estén conectadas. Su principal desventaja constituye en la incapacidad de manejo de video, debido a la carencia en longitud de onda asignada para este efecto.

2.2.4.2 BPON (Broadband Passive Optical Network)

BPON es una tecnología nació de una mejora del estándar APON para obtener más acceso a servicios como Ethernet, VPL(Virtual Private Lan), distribución de video y multiplicación de longitud de onda (WDM), logrando así un mejor ancho de banda. Admite un tráfico asimétrico en el canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps; y un tráfico simétrico en canal descendente y ascendente de 622 Mbps. Otras características de esta tecnología es que tiene un alcance de 20 Km y puede tener hasta un máximo de 64 usuarios por puerto BPON.

2.2.4.3 GPON (Gigabit Passive Optical Network)

GPON es una red óptica punto-multipunto en la que no existe elementos activos entre la OLT y la ONT. Esta tecnología tiene un tráfico asimétrico descendente de 2.5 Gbps y tráfico asimétrico ascendente de 1.25 Gbps, el cual será usado en la presente tesis. Otras características de esta tecnología es que posee codificación de línea NRZ, encriptación AES y tener máximo de usuario de hasta 128 usuarios por puerto GPON.

2.2.4.4 EPON (Ethernet Passive Optical Network)

EPON es la especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile - Ethernet en la última milla) constituido por la IEEE para. Las velocidades de transmisión se manejan en forma simétrica, siendo una restricción sobre su estándar similar GPON, así en valores, la capacidad que soporta EPON es: 1.25 Gbps/1.25 Gbps. Otras características de esta tecnología es que puede tener un máximo de 32 usuarios y un máximo alcance de 20 Km. Las ventajas que presenta respecto los anteriores estándares son:

Trabaja directamente a velocidades de Gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios, la interconexión de islas EPON es más simple y la reducción de los costos debido a que no utilizan elementos ATM y SDH.

Tabla 2. Tabla comparativa xPON.

Parámetros	BPON	EPON	GPON
Standard	ITU-T G.983	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984
Tasa de descarga	622 Mbps	1.25 Gbps	2.5 Gbps
Tasa de carga	155 Mbps	1.25 Gbps	1.25 Gbps

Fuente: Elaboración propia

2.2.5 Tecnologías FTTx

2.2.5.1 FTTN (Fiber to the Neighborhood o fibra hacia el vecindario)

FTTN es una red de comunicación que usa fibra óptica el cual conecta al proveedor de servicio con un punto de acceso cerca del vecindario.

El área de servicio que puede atender el nodo es por lo general hasta 1,5 Km. De radio y puede contener varios cientos de usuarios. La fibra hasta el nodo permite el suministro de servicios de banda ancha, como Internet de alta velocidad. Entre el armario de fibra óptica y los usuarios se utilizan protocolos de comunicación de alta velocidad como el acceso de banda ancha por cable (por lo general DOCSIS) o alguna de las tecnologías de línea de abonado digital (xDSL). El coste de la implementación es menor que el de la FTTH, pero su potencial de ancho de banda es limitado a largo plazo al tener una parte de red que no es de fibra óptica. Una variante de esta técnica para los proveedores de televisión por cable es la opción híbrida fibra óptica- cable coaxial (HFC).

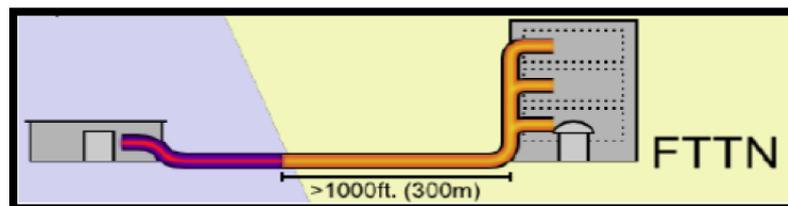


Figura 13. Tabla comparativa FTTN.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>

2.2.5.2 FTTC (Fiber to the Curb o fibra hasta la manzana)

FTTC es muy parecido a FTTN, pero la mayor diferencia es que el nodo está mucho más cerca al usuario, normalmente a menos de 300 metros.

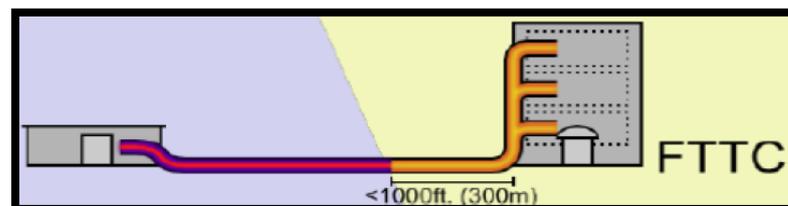


Figura 14. Tabla comparativa FTTC.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>

2.2.5.3 FTTB (Fiber to the Building o fibra hacia el edificio)

FTTB es un tipo de red que llega solo hasta el edificio y luego la red interna del edificio que se reparte a cada usuario mediante cobre.

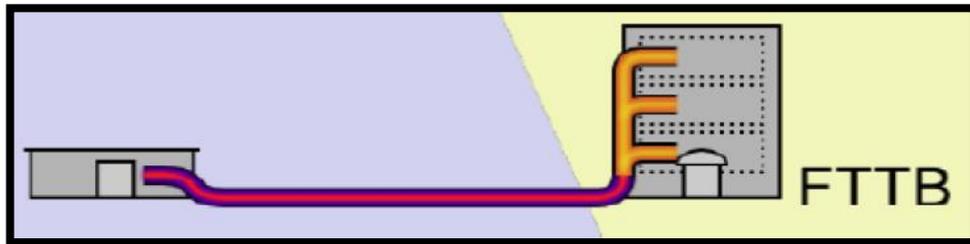


Figura 15. Tabla comparativa FTTB.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>

2.2.5.4 FTTH (Fiber to the home o fibra hasta la casa)

FTTH es una forma de entrega de comunicaciones en la que la fibra se extiende desde la oficina central hasta la casa u oficina del abonado. Una vez en la casa del abonado la señal puede ser transmitida a través del espacio utilizando cualquier medio, incluyendo par trenzado, cable coaxial, comunicación inalámbrica, línea eléctrica o fibra óptica.



Figura 16. Tabla comparativa FTTH.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/FTTx>

2.2.6 Tecnología FTTH

El servicio que se brindará con esta tecnología será el servicio Triple Play, Debido a su gran capacidad de transmisión este podrá transportar este servicio.

Este servicio consiste en la convergencia de los servicios de voz, datos y televisión utilizando el mismo medio para satisfacer las tres necesidades diferentes en el momento y en el lugar que desee el usuario y con las mejores condiciones. La televisión será ofrecida con IPTV (Televisión IP). En cuanto a los anchos de banda, estos son variables según el tipo de contenido, siendo necesarios mayores anchos de banda para deportes o películas de acción con muchos cambios de imagen.

Algunas ventajas del Triple Play es el ahorro en el costo de producción y mantenimiento de redes; ya que, el proveedor utiliza una sola red para enviar los tres tráficos. En cuanto al usuario, esta simplificación en los costos del proveedor genera una disminución en el monto total al concentrar todos los servicios en uno solo. Otra de las ventajas importantes es el ahorro en ancho de banda, ya que estas redes permiten la comprensión de voz y datos. Por otro lado, también tiene sus desventajas, aunque estas sean pocas. Debido a que los servicios convergen en el mismo medio condicionan a los servicios ofrecidos. Estos deben tener la misma o mejor calidad que los servicios tradicionales por lo que ofrecer QoS es una tarea compleja debido a que en una infraestructura compartida, se pueden encontrar defectos como insuficiente ancho de banda, fallo de enlace, fallos inherentes al protocolo como pérdida de paquetes, congestión en la red, jitter (variación en cuanto a la cantidad de latencia entre paquetes de datos que se reciben).

2.2.6.1 Ventajas de las redes FTTH

- Enorme capacidad de transmisión de información.
- Baja atenuación: Largas distancias sin repetidores (hasta 20 Kms).
- Posibilidad de brindar N-Play sin limitaciones, y servicios futuros de gran ancho de banda. Red totalmente pasiva, sin necesidad de instalar equipos activos en la planta externa. Posibilidad de actualizar una red CATV a FTTH, y seguir brindando televisión ya sea analógica o digital utilizando Redes RFoG.
- Soporta no solo Televisión digital, sino también Televisión convencional analógica (CATV), bajando los costos de mantenimiento de la red (OPEX), entre otros.
- Opción ideal para cable operadores que tienen que actualizar su planta externa, debido al deterioro con el paso del tiempo de la misma.

- Su principal ventaja es su proyección. Ampliación del ancho de banda (futuro, escalable a 10Gbps) con nuevas tecnologías, solo cambiando el equipo en la cabecera, sin necesidad de actualizar la red.

2.2.6.2 Desventajas de las redes FTTH

- Fragilidad de las fibras
- Los diminutos núcleos de los cables deben alinearse con extrema precisión al momento de empalmar, para evitar una excesiva pérdida de señal.
- Dificultad de reparar un cable de fibra roto.
- La especialización del personal encargado de realizar las soldaduras y empalmes.
- Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya este instalada la red de fibra óptica.

2.2.7 Ventajas e inconvenientes de las redes PON.

2.2.7.1 Inconvenientes de las redes PON

- La introducción del divisor óptico pasivo produce pérdidas en el sistema. Por lo que al aumentar el de nivel de divisores ópticos en la red aumentaría las pérdidas en el sistema. Otro motivo que produzca pérdidas en el sistema es el aumento de usuarios en la red; ya que, al aumentar el número de usuarios se necesitarían divisores ópticos de mayor capacidad y por ende un mayor con mayor atenuación.
- La información se transporta a través de un mismo canal físico, lo cual aumenta la probabilidad de escuchas lo que disminuiría la seguridad de la red. Para esto este inconveniente se debe establecer un alto nivel de encriptación
- Los usuarios están conectados a la OLT de un mismo canal físico, entonces si el canal físico se rompe los usuarios que estén después de la ruptura perderían el servicio temporalmente. Como solución para este inconveniente se recomienda tener dos niveles de divisor óptico. El primero una arquitectura anillo y el segundo con arquitectura de árbol. Entonces si existiera una ruptura en alguna parte de la red este tendría dos caminos para brindar el servicio.

2.2.7.2 Ventajas de las redes PON

- El uso de elementos pasivos abarata los costos en el despliegue de la red y de mantenimiento.
- El alcance es mayor a comparación de las tecnologías existentes en el mercado, para brindar el servicio. La distancia máxima entre la OLT y ONT es de 20 Km; mientras que, que en las otras tienen un alcance máximo de 3 Km
- La tasa descendente puede alcanzar a los 2.5 Gbps para el usuario. Por lo que es capaz de proporcionar el servicio de triple play (datos, video y telefonía).

2.3 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Redes FTTH

Las denominadas redes FTTH son sistemas compuestos fundamentalmente por fibra óptica que llegan hasta los usuarios. Esta arquitectura actualmente ya es una realidad en muchas regiones del planeta con millones de hogares conectados a la nube informática a través de este concepto de red de nueva generación.



Figura 17. Arquitectura FTTH.

Fuente: <https://es.slideshare.net/JuanEmilioSenor/ftth-monetizacin-de-la-red>

Fibra Óptica

Fibra óptica son filamentos de vidrio (compuestos de cristales naturales) o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya (incluyendo curvas y esquinas) sin interrupción.

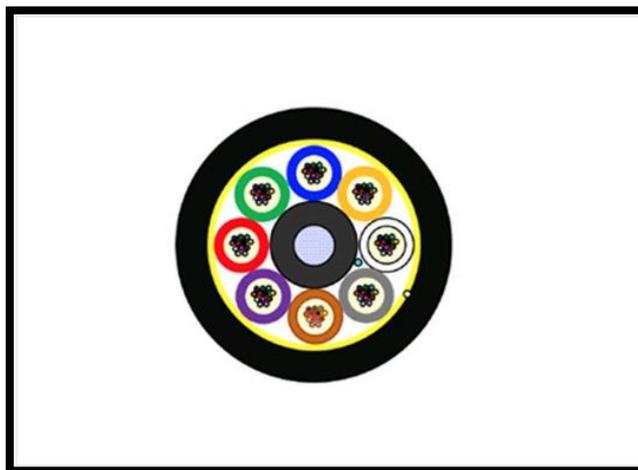


Figura 18. CABLE FIBRA ÓPTICA ADSS 96 SMF.

Fuente: <http://www.nexus.com.pe/productos-detalle/samsung-ad10-096-s-cable-fibra-optica-adss-96-smf/>

Fibra DROP

Es un cable óptico de acometida, que puede instalarse tanto en ambientes exteriores e interiores, conformada por una fibra monomodo de baja sensibilidad a curvaturas. El cable se utiliza para proporcionar las altas individuales de cliente en tramos de exterior en la red de dispersión FTTH desde cajas terminales ópticas con conectores ópticos del tipo SC/APC.

OLT (Optical Line Terminal)

Elemento activo situado en la cabecera (propiedad del operador), del que parten las fibras ópticas hacia los usuarios.



Figura 19. OLT SmartAX EA5800 Series HUAWEI

Fuente: <https://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access/olt/ea5800>

ONT (Optical Network Terminal)

Es un equipo que convierte la información óptica en eléctrica (convertor de medios), usa varias longitudes de onda (1310, 1490 y 1550 nm) para transmitir y recibir de forma simultánea voz, datos y vídeo por una sola fibra monomodo.



Figura 20. ONT EG8145V5 HUAWEI

Fuente: <https://e.huawei.com/es/products/fixed-network/access>

FAT: SSC2801-TM

Fast Acces terminal (FAT), es un equipo pasivo encargado de la distribución y almacenamiento de las fibras empalmadas, cada equipo cuenta con hasta 8 puertos de distribución.



Figura 21. FAT SSC2801-TM

Fuente: Guía de Instalación FTTH – Huawei.

CLOSURE: SSC2110-FM

Closure o cierre, es un equipo pasivo encargado de la distribución mediante empalme de los distintos sectores de distribución de los equipos terminales.



Figura 22. CLOSURE SSC2110-FM.

Fuente: Guía de Instalación FTTH – Huawei.

FDT: SSC2103-FM

Fiber Distribution Terminal(FDT), equipo pasivo de mayor distribución encargado del dimensionamiento de la red a través de los distintos empalmes realizados en los splitter 1x8 que conforman la estructura del enlace.



Figura 23. FDT SSC2103-FM.

Fuente: Guía de Instalación FTTH – Huawei

ST (Straight Tip ó Punta Recta)

Es el conector más usado especialmente en terminaciones de cables MM y para aplicaciones de Redes.

SC (Subscriber Connector or «Square Connector» ó Conector de Suscriptor).

Conector de bajas pérdidas, muy usado en instalaciones de SM y aplicaciones de Redes y CATV.

LC (Lucent Connector or «Little Connector» ó Conector pequeño).

Conector más pequeño y sofisticado, usado en Transceivers y equipos de comunicación de alta densidad de datos.

FC (Ferule Connector ó Conector Férula).

Conector usado para equipos de medición como OTDR. Además, comúnmente utilizado en conexiones de CATV.

ODN (Red de distribución óptica).

La ODN es el medio de transmisión óptica para la conexión física de las ONU a las OLT. Su alcance es de 20 km o más. Dentro de la ODN, el cable de fibra óptica, los conectores de fibra óptica, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares colaboran entre sí.

ONU (Unidad de red óptica)

La ONU convierte las señales ópticas transmitidas a través de la fibra en señales eléctricas. Estas señales eléctricas son enviadas a los suscriptores individuales. En general, existe cierta distancia u otra red de acceso entre la ONU y las instalaciones donde se encuentra usuario final.

PON (Red óptica pasiva)

Una red óptica pasiva (PON) es un sistema de red con cableado de fibra óptica que envía la señal de todo o casi todo el recorrido hasta el usuario final. El sistema se describe de diferente forma según dónde termine la red PON, así pues, tendríamos: fibra hasta la acera (FTTC), fibra hasta el edificio (FTTB) o fibra al hogar (FTTH).

SFP OPTICO

Un SFP, definido como small form-factor pluggable, es un transceptor insertable en caliente que se emplea para servir de interface entre un equipo de comunicaciones (switch, router, conversor de medios) y un enlace por fibra óptica.

Podemos encontrar los siguientes tipos más comunes de interfaces ópticos Gigabit para fibras monomodo en segunda y tercera ventana (1310 nm y 1550 nm respectivamente)

CAPITULO III: DISEÑO DE UNA RED FTTH UTILIZANDO EL ESTÁNDAR GPON PARA LA URBANIZACIÓN LAS FLORES DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO.

En el presente capítulo se desarrollará la descripción del proyecto de diseño de Red FTTH propuesto bajo estándares de calidad e ingeniería, partiendo desde los requerimientos de su implementación, aplicando como referencia los distintos antecedentes de esta tecnología y proyectos ya ejecutados.

3.1 Requerimientos para el diseño de red FTTH

3.1.1 Ubicación geográfica.

GEOGRAFIA:

San Juan de Lurigancho está ubicado a 220 metros sobre el nivel del mar llegando su parte más alta a 2240 m.s.n.m. (cumbres Cerro Colorado), tiene un área de 131.250 Km² (1.7 veces más grande que el distrito Comas), constituyendo el 4.91% del territorio de la Provincia de Lima y el 0.38% del Departamento de Lima. Ocho zonas y 16 comunas. Se encuentra ubicado al noreste de la Provincia de Lima, se desarrolla desde la margen derecha del río Rímac hacia las elevaciones del Cerro Colorado Norte, flanqueado hacia el este por divisoria de Cerro Mirador, Ladrón, Pirámide y Cantería; por el oeste la divisoria la definen los Cerros Balcón, Negro, Babilonia. Su clima es de tipo desértico con escasas precipitaciones en invierno. La temperatura media oscila entre los 17° C. a 19° C.

Tabla 3. COORDENADAS DEL DISTRITO DE S.J.L.

ORIENTACION	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Latitud Sur	11°51'27"	12°59'12"	12°02'02"	11°51'45"
Latitud Oeste	76°56'27"	77°01'48"	77°00'38"	76°53'35"

Fuente: <https://declara.jne.gob.pe/ASSETS/PLANGOBIERNO>

UBICACIÓN:

Tiene como límites a los siguientes distritos:

Por el Norte: con el Distrito de Carabaylo.

Por el Noroeste: con el Distrito de Comas.

Por el Sur con el Distrito de El Agustino.

Por el Este con el Distrito de: Lurigancho - Chosica

Por el Noreste: Distrito de San Antonio de Chaclla - Huarochiri

Por el Oeste con el Distrito de Independencia

POBLACION

San Juan de Lurigancho es el distrito de mayor concentración poblacional del Perú y América Latina (Densidad Poblacional = 8,148 Hab/Km²); distrito ubicado en la Provincia de Lima con un total de 1,069,5661 habitantes, según proyecciones del INEI tomando en cuenta el último censo poblacional del año 2007 y provincia Constitucional del Callao), lo que significa que San Juan de Lurigancho concentra el 11% del total de la Provincia de Lima y un 2.8 % del total de la población peruana. Para atender las necesidades de la población actualmente se tiene un Presupuesto del año 2013 de más de S/.100 millones de soles.

Tabla 4. Cuadro de crecimiento poblacional.

AÑOS	POBLACION TOTAL	
	San Juan de Lurigancho	Incremento
1.972	86.173	
1.981	259.340	173.167
1.993	582.975	323.635
2.007	898.443	315.468
2.012	1,025,929	127,486
2.013	1,047,725	21,796
2.014 ¹	1,069,566	22,000
2015	1,091,303	21,737

Fuente: <https://declara.ine.gob.pe/ASSETS/PLANGOBIERNO>

3.1.2 Alcance, limitaciones y zona de despliegue.

El diseño a realizar se efectuará en el distrito de San Juan de Lurigancho urbanización Las Flores, en la ciudad de Lima. El diseño de la red FTTH abarcará parcialmente las siguientes vías: Calle los Zafiros, Calle Caolín, Calle S/N, Av las Micas, Av las Lajas, Jirón Las Perlas, Jirón Los Rubíes. Adicionalmente las manzanas serán denominadas como: M-1, M-2, M-3, M-4, M5, con 28, 28, 18, 35 y 39 número de viviendas respectivamente.

La red ha sido diseñada para las viviendas unifamiliares, ya que es una red de fibra hacia el hogar, por lo que se obvio los edificios y negocios.

Este proyecto se concentra principalmente en el diseño de la red FTTH con GPON, por lo que no se ahondará a profundidad los servicios Triple Play, si no que será tomada superficialmente.

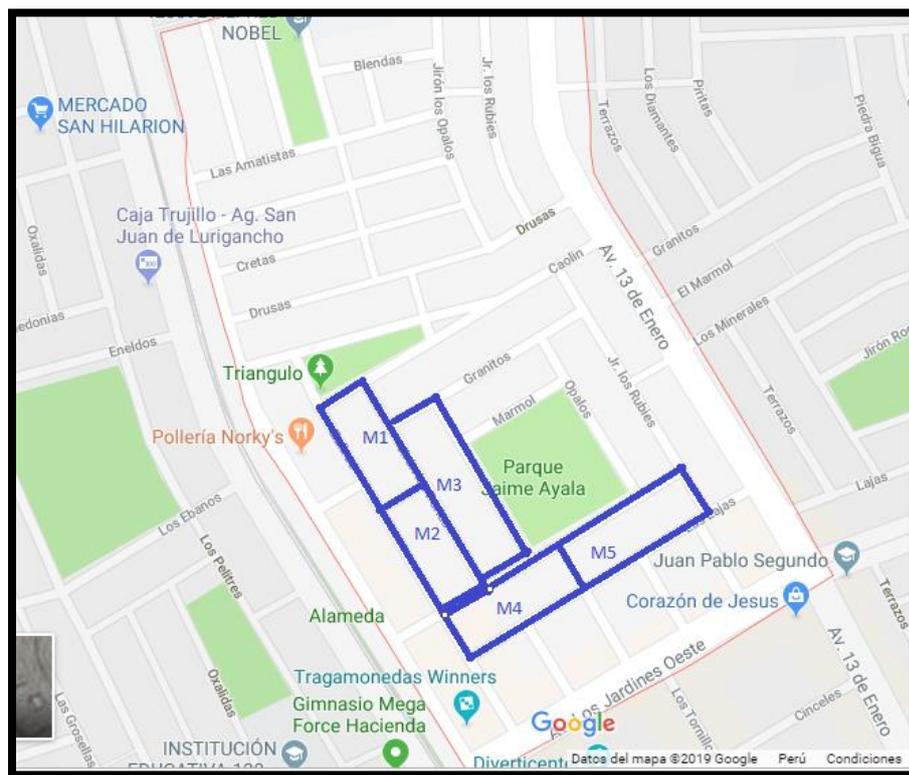


Figura 24. Mapa del Distrito de las Flores.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Características de las viviendas.

La zona en donde se realizará el diseño de red es una zona residencial conformada mayormente por casas y algunos edificios. El diseño solo se centrará en las casas y no para los edificios; ya que, es una red FTTH.

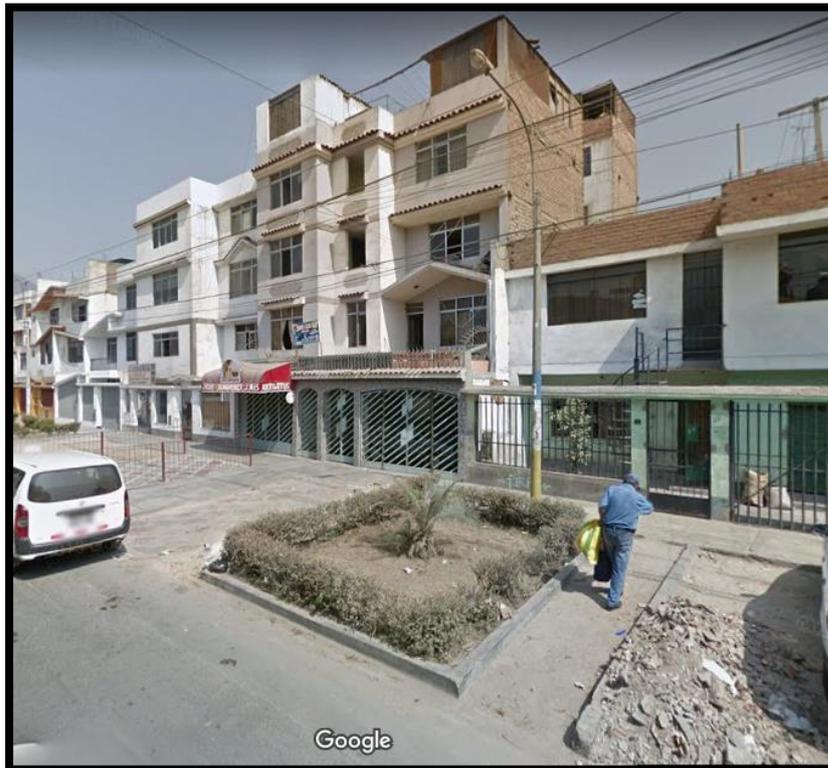


Figura 25. Imagen de viviendas.

FUENTE: Google Maps.

Cantidad de viviendas por vía:

Tabla 5. Cantidad de viviendas por vía.

UBICACIÓN	NUMERO DE CASAS
Calle los Zafiros	30
Calle Caolín	2
Av. Las micas	36
Av. Las Lajas	30
Jirón Las Perlas	44
Jirón Los Rubíes	2
Calle S/N	4

Fuente: Elaboración propia.

El área que se seleccionó para el diseño cuenta con una cantidad total de 148 viviendas conectadas a un divisor óptico de (SPLITTER) 1:4, de esta manera se garantizan 256 puntos de conexión; ya que, cada fibra estará conectado a un puerto GPON que tiene la capacidad de dar servicio a 32 usuarios. Para la elección del número de fibras a utilizar desde el OLT hacia los divisores ópticos se ha realizado atendiendo las siguientes características:

- Cantidad de usuarios por manzana
- Futuras problemas en alguna fibra
- Posibilidad de nuevas viviendas en la manzana
- Tener una red de contingencia

3.1.4 Validación de diseño en terreno.

Se realiza visita a terreno con plano, el cual cuenta con la ubicación georreferenciada de cada uno de los postes de la red, así como también la distribución de cables de la operadora América Móvil, ya sean estos de Cu o FO. En campo se valida la disponibilidad de 34 postes propietario para la instalación de los 48 equipos FAT ,3 CLOSURE y 1 FDT, que según diseño se requieren para el despliegue de la red FTTH, también se procede a la validación del estado de los mismos debido a que deben cumplir con los estándares de calidad que exige la norma de construcción de América móvil del Perú.



Figura 26. Plano AutoCAD del despliegue y diseño.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 Validación y ubicación de la PINT.

Para este diseño se está considerando un POP(Point of presence) ya existente (POP Cotabambas) el cual se ubica a 8.1 km aproximadamente a nuestro plano en diseño, ofreciendo valores ópticos dentro del margen de aceptación que requiere el presente proyecto.

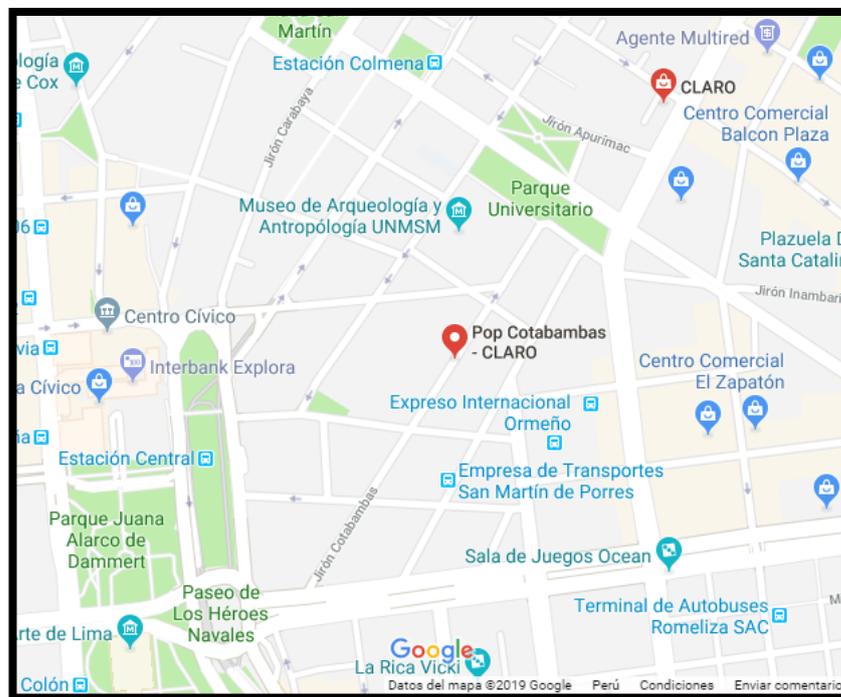


Figura 27. Ubicación geográfica POP Cotabambas

Fuente: Google Maps.

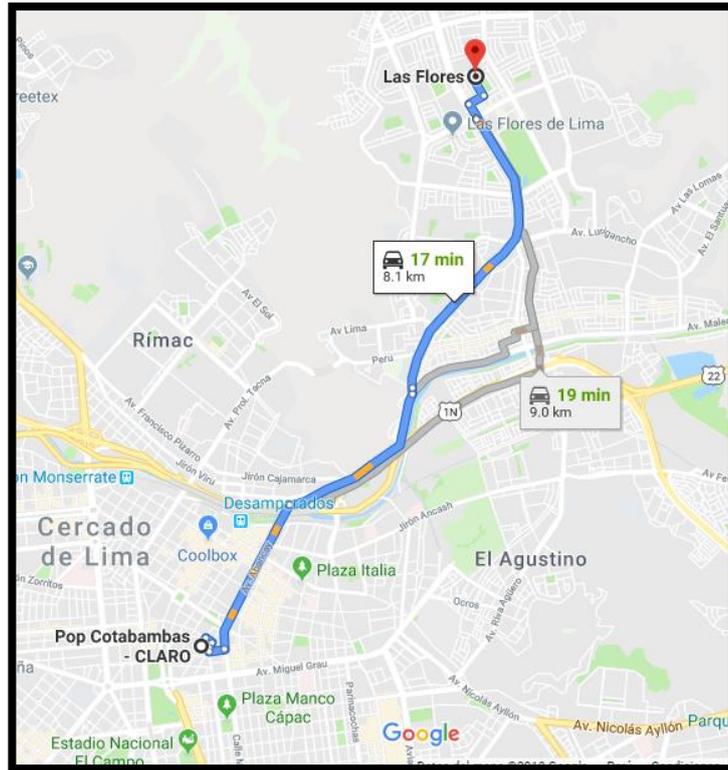


Figura 28. Distancia entre el POP Cotabambas y la Urb. Las Flores.

Fuente: Google Maps.

3.1.6 Cálculo del presupuesto óptico.

Actualmente el rango de operación de las ONT domiciliarias usadas por América móvil del Perú se encuentra en un rango de operación óptima entre -12 dB y -28 dB según las especificaciones del fabricante Huawei.

Un rango menor produce saturación de potencia por lo que el equipo es incapaz de sincronizar con la OLT que provee sus servicios; y un rango mayor, produce pérdida de paquetes, lo que se traduce en pixelación para el caso de servicios de Video por demanda. Es por ello que al diseñar la red es necesario que la potencia final que llega al cliente esté entre los rangos mencionados.

El dispositivo base que hace la conversión desde el equipo de última milla (OLT SmartAX EA5800 Series HUAWEI) hacia la red pasiva son los SFPs. Actualmente América Móvil del Perú usa SFPs los cuales a su salida entregan una potencia de 1.5 dB aproximadamente.



Figura 29. SFPs GPON ONU CLASS B+1.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se procede a realizar el presupuesto óptico tomando en consideración los valores ópticos anteriormente mencionados.

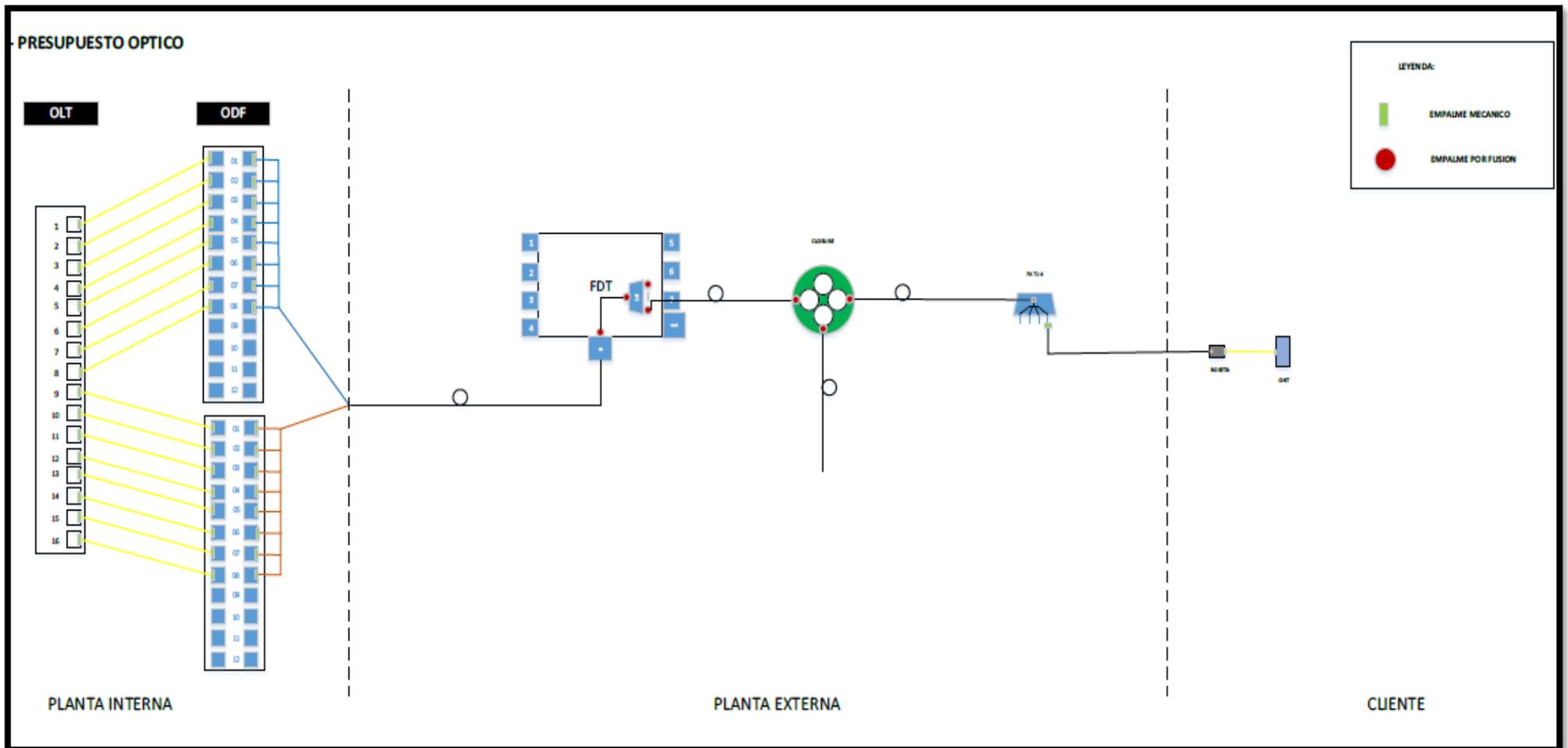


Figura 30. Presupuesto óptico.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

3.1.6.1 Atenuación por conectividad.

La atenuación medida que excede el presupuesto óptico puede o no indicar un problema, primero que nada, limpie e inspeccione todos los conectores, reemplace los Patchcords con sospecha de daño y repita la medición.

Los trazos OTDR de la fibra en cuestión deben ser revisados para detectar pérdidas excesivas en conectores, empalmes o alguna otra anomalía como dobleces. También puede ser útil comparar los resultados en una dirección Vs el otro sentido.

$$P.OPT. (1310) = PERDIDA FIXED (conectividad) + PERDIDA FO (1310) < 25 \text{ dB}$$

$$P.OPT. (1550) = PERDIDA FIXED (conectividad) + PERDIDA FO (1550) < 25 \text{ dB}$$

Tabla 6. Atenuación por conectividad.

ATENUACION	CANTIDAD	VALOR	TOTALdB
Potencia Tx Gpon	1	-1.5	-1.5
splitter 1:8 (1er Nivel)	1	10.5	10.5
splitter 1:4 (2do nivel)	1	7.4	7.4
CATV combiner IL	1	1	1
Empalme fabrica/Conectores (OLT OUT - ODF IN - ODF OUT - FAT OUT - ROSETA OUT -ONT IN)	6	0.2	1.2
Empalme mecánico (Roseta)	1	0.5	0.5
Empalme Fusion (FDT IN - FDT OUT - FAT IN)	3	0.1	0.3
Empalme Fusión por closure	5	0.1	0.5
Total perdida por conectividad			19.9

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.2 Atenuación por distancia de fibra óptica.

En este esquema se está considerando fibras con 96, 48 y 24 hilos respectivamente las cuales deben presentar perdidas no mayores a 0.35dB en ventana de 1310 nm y 0.20dB en ventana 1550nm.

En líneas generales para la distribución en un plano deberá manejar 70% de cable de 48H y 30% de cable de 24H.

La ruta de F.O principal deberá ser levantada, diseñada e implementada desde el HUB hacia los FDT con cable de 96 hilos.

Tabla 7. Atenuación presente en el tendido óptico.

RECORRIDO	DISTANCIA/Km	VALOR Db/Km	TOTAL Db
OLT A ODF	0.02	0.35	0.007
ODF A FAT [04,41,03](52) - ULTIMO TRAMO	11	0.35	3.85
FAT A ONT	0.1	0.35	0.035
TOTAL DISTANCIA	11.2	Atenuación total	3.892

Fuente: Elaboración propia

3.1.6.3 Presupuesto óptico final.

Los resultados serán evaluados como Pasa/Falla de acuerdo al criterio de calidad establecido por ingeniería, operador de la red, requerimientos del fabricante o recomendaciones aplicables.

La interpretación de resultados se compone de anomalías o excepciones que el enlace de fibra presente. Esta etapa es crítica para realizar evaluaciones de desempeño y reduce el tiempo requerido para detección de fallas y resolución de problemas.

Tabla 8. Presupuesto óptico total.

Ventana de trabajo	Atenuación total en el sistema
PON Atenuación (1310)0.35dB/Km	23.792
CATV Atenuación (1550)0.20dB/Km	22.124

Fuente: Elaboración propia

3.1.7 DISEÑO DE PLANO Y NOMENCLATURA.

En esta etapa del proyecto se realiza el Diseño de la Red, se darán a conocer el Diseño de Red final, en el cual se mencionará la nomenclatura utilizada a modo de conocimiento general y entendimiento del diseño.

3.1.7.1 Diseño de Plano (Autocad).

Ya completado la validación de la zona de despliegue, validación de la ubicación geográfica de la PINT, así como también el cálculo estimado del presupuesto óptico FTTH, se procede a dibujar en Autocad la red de fibra óptica de la nueva red en el sector. La red es dibujada con líneas de color rojo(96 hilos), azul(48 hilos) y lila(24 hilos), las cuales representan las distintas fibras clasificadas según los hilos que las conforman.

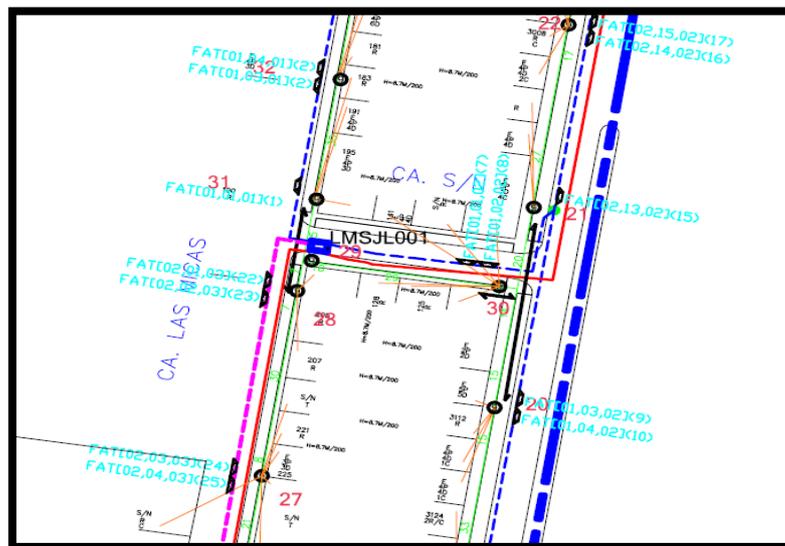


Figura 31. Plano ejemplo de la red implementada.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.7.2 Nomenclatura.

En la siguiente etapa se menciona la principal nomenclatura utilizada en los planos a modo de referencia y como guía para la correcta interpretación de éste.

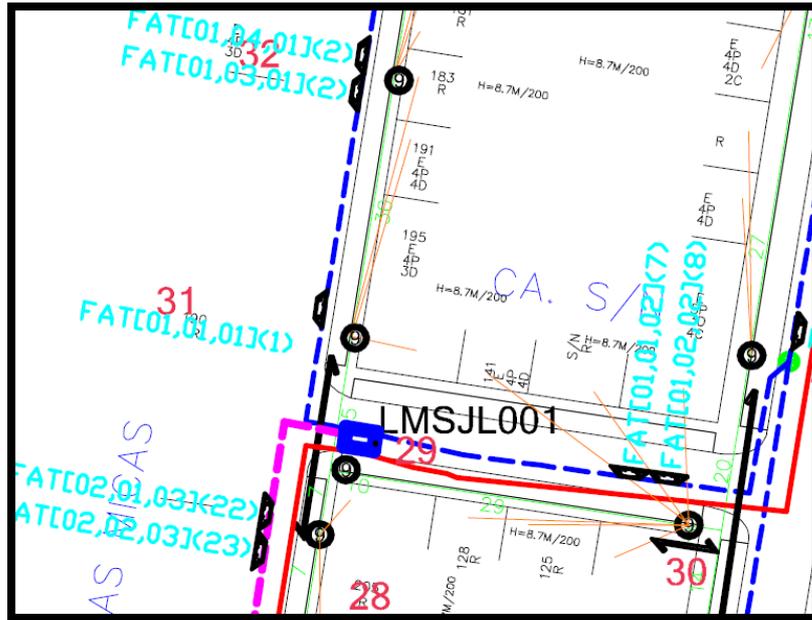


Figura 32. Visualización de la nomenclatura correspondiente al plano AutoCAD.

Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura del FDT en plano.

Tabla 9. Ejemplo de nomenclatura FDT.

N° de dígitos IDENTIFICACION	NOMENCLATURA FDT				
	2	2	3	1	1
	DEPARTAMENTO	DISTRITO	NUMERO		CODIGO FTTH
	DD	dd	###	-	F
EJEMPLO S/CLOSSURE	LM	SC	100	-	F
EJEMPLO C/CLOSSURE	LM	SC	100	1	F
EJEMPLO FDT : LMSCXXX-F					

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Nomenclatura en FAT en plano.

Tabla 10. Simbología utilizada en la nomenclatura.

IDENTIFICACION DE FAT EN PLANOS			Cantidad Caracteres	Observaciones
ELEMENTO	ID	EJEMPLO FAT[02,03,05](21)	17	
TECNOLOGÍA	FAT	FAT	3	
AGRUPACIÓN	[]	[]		
Separador	,	,		
N°Splitter 1:8	XX	03	2	Splitter de 1er Nivel al cual está conectado el FAT
N°Hilo del Splitter 1:8	YY	05	2	Salida del Splitter de 1er nivel al cual está conectado el FAT
N°Puerto FDT	ZZ	02	2	Puerto de salida de la fibra que brindará la conexión a los elementos FAT
Separador		()		
N°de FAT Correlativo	WW	21	2	Indica físicamente la identificación del elemento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Ejemplo de identificación FAT.

	01 Splitter	02 Splitters
FDT	LMSC123-F	LMSC123-F
Splitter-1	FAT[07,03,02]	FAT[07,03,02]
Splitter-2		FAT[01,09,02]
N°FAT	08	08
Asignación Hilos de Cable Distribución	3B-7H	3B-7H / 3B-9H
Asignación de Hilos de Cable Troncal	90H	90H / 96H

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

OBSERVACION:

Para casos de 02 Splitters en un solo FAT se debe utilizar el mismo número correlativo ya asignado al FAT.



Figura 33. FAT rotulado y etiquetado final.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

3.1.8 Costo de materiales y mano de obra.

En la siguiente fase se empieza a construir en terreno el proyecto, para lo cual el Contratista dispone de cuadrillas de planta externa, quienes extenderán cada uno de los cables de fibra óptica según diseño propuesto.

Actualmente la red de distribución óptica de América Móvil del Perú se encuentra estandarizada según la **Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú)**, con lo cual al dibujar la red en Autocad, es posible fácilmente realizar el cálculo del metraje a utilizar con respecto a cables coaxiales y de fibra óptica debido a que se conoce la distancia entre cada uno de los postes.

Tabla 12. Costos de materiales y manos de Obra-parte 1.

RECURSO	MARCA	MODELO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO UNITARIO (S/.)	Precio Parcial (S/.)
TRAMITES LEGALES							
LICENCIAS PARA TENDIDO AEREO Y SUBTERRANEO				2	196.92	659.7	S/ 1,319.40
Autorización para subestaciones subterráneas y cajas de inspección			CAMARA	7	35.5	118.92	S/ 832.44
Ampliación de redes subterráneo (ductos, tuberías , telecomunicaciones, eléctricas)			ML	3500	0.8	2.68	S/ 9,380.00
Licencias de uso de infraestructura pública				2	95.28	319.2	S/ 638.40
SUBTOTAL							S/ 12,170.24
EQUIPOS DE COMUNICACIÓN E INTERCONEXION							
ONT	HUAWEI	EG8145V5	UN	148	80	268	S/ 39,664.00
Equipo Pasivo FAT	HUAWEI	SSC2801-TM	UN	48	50	167.5	S/ 8,040.00
Equipo Pasivo FDT	HUAWEI	SSC2103-FM	UN	1	120	402	S/ 402.00
Equipo pasivo de empalme 48 hilos CLOSURE	HUAWEI	SSC2211-TM	UN	3	52.5	175.875	S/ 527.63
SPLITTER 1:4	HUAWEI		UN	54	21.5	72.025	S/ 3,889.35
SPLITTER 1:8	HUAWEI		UN	7	30	100.5	S/ 703.50
SUBTOTAL							S/ 53,226.48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Costos de materiales y manos de Obra-parte 2.

RECURSO	MARCA	MODELO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO UNITARIO (S/.)	Precio Parcial (S/.)
MATERIALES Y ACCESORIOS FEEDER / INCL. MANO DE OBRA							
Instalar cable de f.o en canalizacion o canalizacion lateral			ML	3500	0.7	2.4	S/ 8,312.50
Cable optico de 96 hilos monomodo condumex G.657A			M	11200	1.9	6.5	S/ 72,800.00
Instalar cable o acometida cilindrica de f.o en postes			ML	7700	0.6	1.95	S/ 15,015.00
Instalar cable mensajero 1/4" y accesorios			ML	1163	0.6	2.12	S/ 2,465.56
Instalar Cruceta en Poste			UN	173	7.5	25.0	S/ 4,325.00
Instalar brazo de extension hasta 1m			UN	22	6.8	22.7	S/ 498.96
Soldado y Desoldado de tapa de camara			UN	7	28.7	96.3	S/ 666.61
Canalizacion de 1 Via Bajo Vereda / Concreto / Asfalto			M	4	78.8	264.0	S/ 1,015.38
Reposicion vereda 175 kg/cm2, hasta 10 cm, incl. Afirmado F=0 10 m			M*M	1	23.5	78.8	S/ 106.01
Reposicion asfalto en caliente Espesor=2" (5.0cm) (M2)			M*M	1	20.1	67.3	S/ 90.53
Cruceta desarrollo de cable			UN	2	9.9	33.1	S/ 76.44
Sello de Ducto T-DUX-100-KIT-SPN			UN	14	34.7	116.3	S/ 1,609.62
Kit Herraje inicio/fin p/cable fibra optica			UN	223	4.5	15.11	S/ 3,369.53
Kit Herraje preformado p/cable mensajero			UN	39	9.0	30.18	S/ 1,177.02
Kit Herraje de suspension para fibra optica			UN	20	9.9	33.03	S/ 660.60
Cruceta desarrollo de cable			M	171	0.8	2.61	S/ 446.31
Cable mensajero de 1/4"			UN	1163	3.4	11.4	S/ 13,258.20
Grapa de cruce o clamp de suspension para cruce americano			UN	19	7.1	23.65	S/ 449.35
SUBTOTAL							S/ 126,342.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Costos de materiales y manos de Obra-parte 3.

RECURSO	MARCA	MODELO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO UNITARIO (S/.)	Precio Parcial (S/.)
MATERIALES Y ACCESORIOS FDT / INCL. MANO DE OBRAS							
Instalar cable o acometida cilindrica de f.o en postes			ML	2500	0.6	1.95	S/ 4,875.00
Cable optico de 96/48/24 hilos monomodo condumex G.657A			M	2500	1.9	6.50	S/ 16,250.00
Cable conectorizado 100 metros SC/APC			UN	150	74.6	250.00	S/ 37,500.00
Instalar cable mensajero 1/4" y accesorios			ML	366	0.6	2.12	S/ 775.92
Instalar Cruceta en Poste			UN	54	7.5	25.0	S/ 1,350.00
Empalme de f.o Monomodo sin servicio			UN	191	9.8	32.9	S/ 6,285.81
Medicion Unidireccional con Power Meter			SET	108	4.8	16.0	S/ 1,726.92
Medicion Unidireccional con OTDR			SET	54	3.2	10.7	S/ 575.64
Medicion Bidireccional con OLTS			SET	54	8.8	29.5	S/ 1,593.54
Inspeccion de conectores con microscopio optico			SET	54	4.1	13.6	S/ 736.56
Instalacion de Equipo pasivo FAT			UN	48	38.6	129.2	S/ 6,200.64
Instalacion de Equipo pasivo FDT			UN	1	126.2	422.7	S/ 422.73
Instalacion de Caja de Empalme de 96,48,24,12 hilos			UN	3	66.9	224.08	S/ 672.24
Kit Herraje inicio/fin p/cable fibra optica			UN	70	4.5	15.11	S/ 1,057.70
Kit Herraje preformado p/cable mensajero			UN	12	9.0	30.18	S/ 362.16
Kit Herraje de suspension para fibra optica			UN	6	9.9	33.03	S/ 198.18
Cruceta desarrollo de cable			M	54	0.8	2.61	S/ 140.94
Cable mensajero de 1/4"			UN	366	3.4	11.4	S/ 4,172.40
Grapa de cruce o clamp de suspension para cruce americano			UN	6	7.1	23.65	S/ 141.90
instalacion de equipos ONT - ABONADO			UN	148	68.7	230	S/ 34,040.00
SUBTOTAL							S/ 119,078.28
Subtotal sin IGV (S/.)							S/ 310,817.61
IGV: 18% (S/.)							S/ 55,947.17
TOTAL							S/ 366,764.78

Fuente: Elaboración propia.

El costo total de la inversión para esta red es de 366,764.78 nuevos soles incluido IGV. El dinero invertido se tendrá que recuperar con el cobro que se realizará al brindar los servicios de Internet, IPTV y VoIP, para eso se hará una estimación de ingresos.

3.1.9 Implementar gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Requerimientos generales.

- Revisión de EPPs
- Charla de seguridad de 5 minutos
- Seguridad en la zona de trabajo

3.1.9.1 Revisión de EPPs.

El personal especializado asignado al despliegue de actividades de la red FTTH está obligado a portar con sus implementos de seguridad según **Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú)**.



Figura 34. Personal con Epp completos.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.9.2 Charla de seguridad de 5 minutos.

Temas de Charla:

1. Protección de manos
2. Protección a la cabeza
3. Protección a los pies
4. Orden y limpieza
5. Riesgos potenciales
6. Riesgo eléctrico
7. Trabajo en altura
8. Primeros auxilios (rutas de evacuación y centros de atención más cercanos)



Figura 35. Personal en plena charla de seguridad.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).



Figura 36. Personal desplegado en un área segura.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.9.3 Seguridad en la zona de trabajo.

Antes de empezar con las labores de trabajo se procederá a señalizar el área de trabajo.

La señalización debe abarcar toda la zona de trabajo y se requerirá disponer del número necesario de señalización es a fin de mantener alerta a peatones y conductores de vehículos sobre la extensión de dicha zona.

Se usarán cercos de seguridad y señales para desvío de peatones, señales para desvío del tránsito vehicular en las zonas de trabajo.



Figura 37. Seguridad en la zona de trabajo.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

3.1.10 Procedimiento de construcción y validación de la red FTTH.

En la siguiente etapa del trabajo se explicarán los procedimientos adecuados para la construcción de la red FTTH en base a las especificaciones técnicas y normativas del cliente América Móvil del Perú.

Una vez aprobado el proyecto desde el área de Diseño, se procede a asignar el proyecto a los Contratistas de planta externa de América Móvil del Perú, el cual a su vez tiene 5 días hábiles para revisar el proyecto y realizar cualquier tipo de consultas, modificaciones, etc. En el mismo tiempo, se realiza la solicitud interna de los materiales del proyecto al área logística, los cuales se entregarán al Contratista respectivo; entregado los materiales se procede a la construcción de la red.

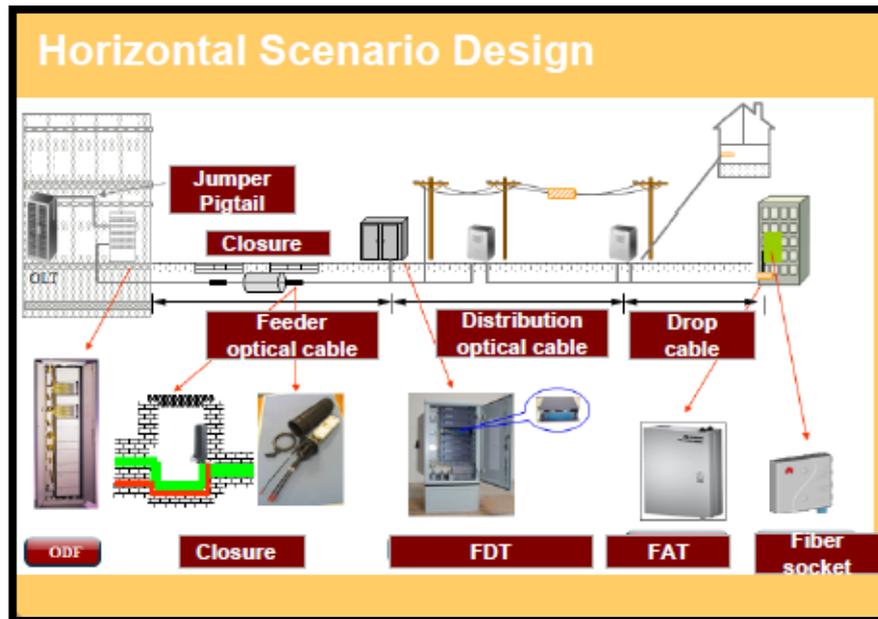


Figura 38. Escenario de despliegue horizontal.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

3.1.10.1 Procedimiento canalización de fibra óptica.

Para evaluar la ruta a utilizar en el tendido de cable, se considerará lo siguiente:

- Estado físico de los ductos
- Máxima y mínimas curvaturas en la ruta.
- Presencia de otros cables en los ductos.
- Puntos de acceso con variaciones bruscas en dirección.
- Máxima distancia de tracción.
- Acceso de ductos en puntos intermedios.
- Periodos de trabajo
- Interrupción de tráfico.
- Relación de diámetro entre cables y ductos
- Máxima pendiente de la ruta.
- Número de tramos inclinados y curvos sobre la longitud de tendido.
- Posición esperada de los puntos de empalme.
- Provisión de la guía de ducto.
- Provisión de personal para tracción intermedia en aquellos tramos que por su longitud y /o número de curvas lo requiera.

Consideraciones sobre la instalación.

- Se verificará el ducto asignado por diseño.
- Considerar que el cable no debe ocupar más del 70% del espacio disponible en el ducto.
- En el desarrollo del cable en la cámara, al ser tendido, no debe obstruir el recorrido de los cables existentes o proyectados.
- La tensión de tracción durante el desenrollado del cable no debe superar la tensión permisible. Debe conocerse previamente los valores máximos indicados por el fabricante.
- El tendido de cable se realizará principalmente mediante tracción manual y será mecánica en casos de tramos, cuya distancia entre cámaras adyacente sea mayor a 200 metros. De usar winches, la tensión deberá monitorearse en todo momento mediante dinamómetro.
- Cada carrete debe girar según el sentido de giro señalado por el fabricante.
- Cuando se desenrolla el cable, este deberá apoyarse en una superficie limpia.
- Considerar el radio de curvatura mínimo permisible.
- Mantener la punta del cable sujeta al carrete hasta llegar al punto donde se iniciará el tendido del cable. No liberar la punta hasta el momento de iniciar el tendido.
- Establecer buena comunicación entre los puntos de tiro, alimentación y posiciones de monitoreo.
- Para evitar daños al cable, se utilizarán poleas de arrastre, eliminándolas sobre tensiones que se pudieran producir.
- Si el cable debe ser removido del carrete, previo o durante su instalación, se utilizará la configuración de figura ocho para evitar su anudamiento y/o torcedura. Colocar barreras protectoras, para evitar el paso de vehículos o personas sobre el cable.

Tendido.

- Basados en la ruta del cable de fibra óptica, en los recursos humanos y físicos disponibles, se debe desarrollar un plan de tendido el que debe considerar los siguientes factores:
- Máxima carga de tracción, para cada tramo de tendido.
- Puntos óptimos para la ubicación de empalmes.
- Asignación de ducto
- Cambios de elevación
- Posición de curvatura.
- Principales obstáculos en la ruta.
- Puntos de emplazamiento de carretes.
- La planificación se orientará a que el tendido se realice siempre de mayor a menor pendiente e iniciándolo tan próximo de los obstáculos como sea posible

Lubricación y roce del candado.

Al instalar el cable principalmente en tendidos de larga distancia, debe prestarse especial atención a su fricción y lubricación. La lubricación puede tener efectos ventajosos ya que reduce la fricción. De emplearse estos deberán aplicarse de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

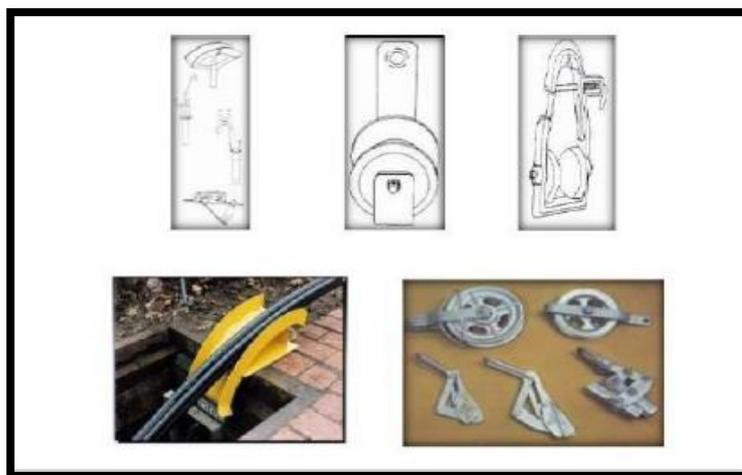


Figura 39. Elementos de transporte fibra óptica.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Tendido de cable de fibra con arrastre manual.

Esta técnica se utilizará preferentemente en tramos de poca longitud.

Guías, Poleas y Barras de expansión.

- Disponer en cada cámara de las barras de expansión y empotramiento, tales que permitan un montaje firme y seguro de las guías, poleas y rodillos para arrastrar el cable.
- Montar las guías, poleas y rodillos de acuerdo a las curvaturas a observar en cada cámara y de acuerdo a las tensiones esperadas en cada punto de arrastre.
- Disponer de las guías de boca de ducto para ingreso/salida de cables en cada cámara.
- Montar ductos protectores corrugados para ingreso/salida de cámara, tanto en la cámara inicial como terminal.
- Disponer de las boquillas para entrada y salida de cable de los ductos.
- Instalar los rodillos protectores de esquina.
- Verificar que todas las poleas y rodillos montados giren adecuadamente.
- Sí no se dispone de la ferretería guía, para el acceso del cable a las cámaras o para la tracción intermedia, ésta podrá ser suplida por operarios que emulen estas tareas.



Figura 40. Polea para tendido de fibra óptica.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Lubricación del cable

- La lubricación del cable se hará efectiva solo si ésta ha sido previamente planificada. Sí se utiliza extracción intermedia, no es recomendable aplicar lubricación al cable, dado que se dificultará su manipulación.
- El lubricante podrá ser aplicado manualmente, utilizando paños embebidos o bien mediante dosificadores.
- Disponer la cantidad suficiente de lubricante, para la longitud de cable a traccionar.
- Iniciar la lubricación una vez que el cable ha penetrado algunos metros en el ducto.
- Aplicar solo el lubricante necesario para empapar la cubierta. No aplicar lubricante en exceso, dado que esto podría dificultar eventuales movimientos posteriores al cable.



Figura 41. Proceso de lubricación de cables de fibra óptica.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Sellado de ductos y etiquetado del cable

Una vez que el cable ha sido fijado, se procederá al sellado de todos los ductos involucrados, para lo cual se usará el elemento homologado por la empresa (T-DUX). Terminada la instalación del cable se colocará en todas las cámaras por donde pasa el cable de fibra óptica las etiquetas que identifiquen que el cable es de fibra óptica, estas se pondrán al cable en las entradas de los ductos, en el medio

de la cámara, cerca de las mangas de empalme y en el túnel de cables. Así mismo se colocará el número de proyecto, SOT, número de fibras, tipo y puntos de enlace.

Soldado de cámaras

Al término deberán quedar soldadas de igual forma en 4 puntos. Asimismo, deberán ser soldadas las tapas de cámaras ubicadas en zonas con alto riesgo de robo solicitando para ello autorización del supervisor de AMERICA MOVIL encargado de la obra.

3.1.10.2 Instalación del cableado aéreo.

Consideraciones Preliminares Generales:

- Conocer al detalle la información de los planos y la norma de instalación.
- Realizar inspección ocular al área de trabajo
- Al recoger carrete de fibra, verificar número de carrete, tipo de fibra y realizar pruebas eléctricas y reflecto métricas de continuidad.
- Utilizar herramientas con vida útil vigente según marca
- Respetar el Sistema de protección eléctrica de la red aérea.
- Todo instrumento de medición debe contar con respectivo certificado de calibración vigente.

Procedimiento de instalación de cableado.

Previo al inicio de la actividad en terreno, se deben conocer la información técnica de los planos del diseño verificar en terreno que la longitud de los vanos coincida con lo estipulado en los planos. Se debe recorrer la ruta completa y dejarla libre de obstáculos, podando los árboles existentes si fuere necesario, retirando las anillas de conducción para despejar la ruta del cable y permitir el libre desplazamiento de la máquina enlazadora posterior al devanado. En puntos forzosos de contacto del cable telefónico con ramas de árboles o líneas eléctricas, se deberán emplear molduras adicionales de PVC protegiendo el cable telefónico.

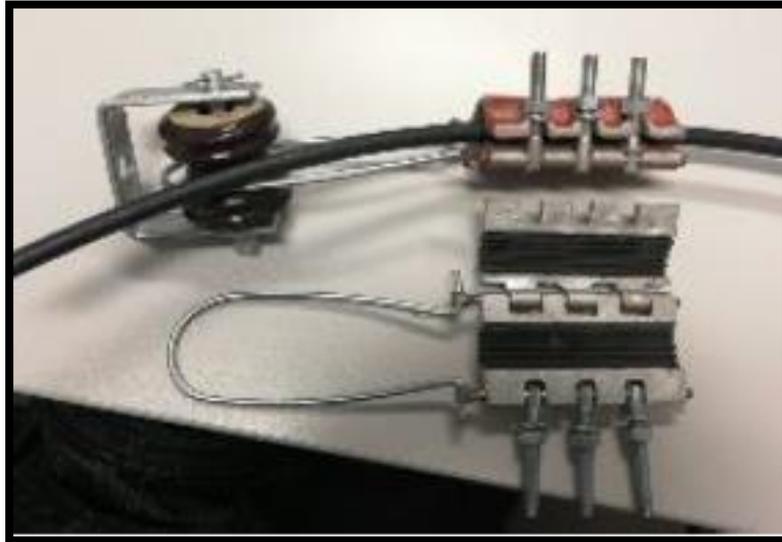


Figura 42. Herraje de Tensión y Protección.

Fuente: Elaboración propia.

En proximidad de líneas eléctricas se deben tomar las medidas adicionales de seguridad para prevenir accidentes a trabajadores, a terceros y/o daños materiales. Se debe instalar una polea guía en el poste más cercano al carrete de cable y en los puntos de quiebre.

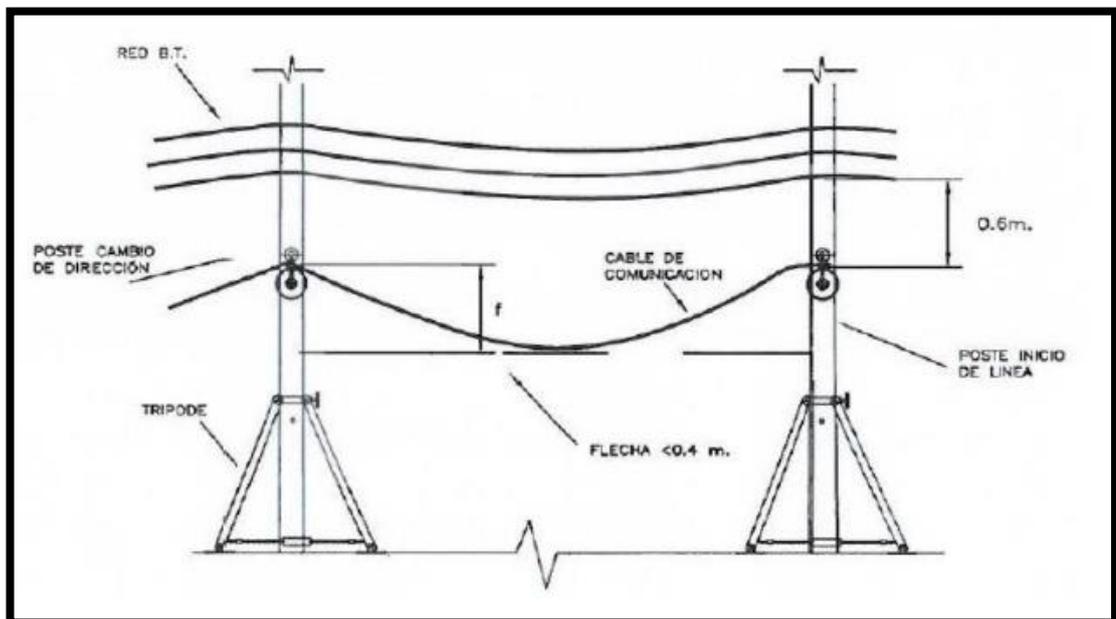


Figura 43. Tensado en postes de red existentes.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

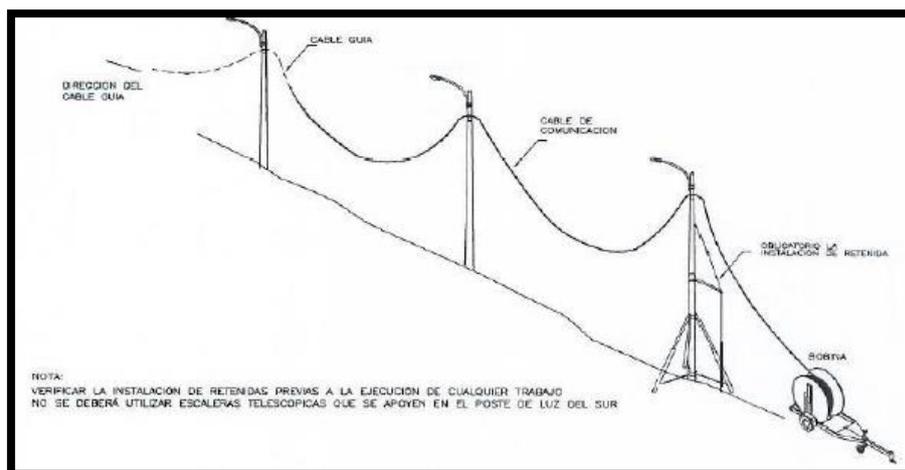


Figura 44. Uso de Bobina y poleas para protección.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Se deberá considerar el uso de ferretería con soportes aislados, que estén normalizadas por **Claro**.

La porta bobina será instalado en forma paralela a la línea de los postes y a una distancia del primer poste que permita desenrollar normalmente la bobina. La posición del rollo debe permitir jalar por arriba los cables. La porta bobina deberá ser asegurado para evitar desplazamiento de sus ruedas.

Instalación de Ferretería de Tensión/Suspensión.

- Ubicar poste según proyecto.
- Elegir el tipo de herraje a instalar.
- Introducir la hebilla al fleje.
- Introducir el herraje al fleje.
- Rodear el poste con fleje de 5/8" según sea el caso.
- Introduzca punta de fleje en la parte posterior de hebilla y realizar un dobles de 3 cm, ajustando el fleje al poste.
- Colocar el fleje a la ranura de la flejadora y asegurarlo.
- Girar la palanca de la flejadora hasta que el fleje quede apretado al poste y mover la flejadora hacia la hebilla.
- Cortar el fleje, utilizar palanca de la flejadora.
- Doblar punta del fleje utilizando un martillo de bola.

- Golpear con un martillo para doblar los seguros de la hebilla.



Figura 45. Herrajes de suspensión.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).



Figura 46. Herrajes de suspensión.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

VERIFICACIONES Y FIN DE LA ACTIVIDAD.

Durante la ejecución de esta actividad, se verificará:

- El cumplimiento de la Norma de Seguridad
- El uso apropiado de equipos y herramientas
- La cubierta del cable no haya sufrido deformaciones, rajaduras, debido a su instalación y/o su retiro.

- La longitud del cable en sus extremos este de acuerdo al trabajo a ejecutarse.
- El curvado y amarres estén de acuerdo a lo indicado e la Norma Técnica.
- Las puntas del cable instalado y el sobrante en bobina estén herméticamente selladas.
- La longitud y flecha del cable instalado sean las apropiadas
- La colocación de protectores.
- El ajuste de la ferretería sea el adecuado.
- El área de trabajo haya quedado limpia.

3.1.10.3 Fusión e instalación de equipos.

Durante la ejecución de esta actividad, se verificará:

EMPALME EN MANGA O MUFA.

Retiro de cubierta exterior:

•Se debe verificar el tipo de cable a trabajar antes de despojar la cubierta o chaqueta principal.

•Es recomendable hacer un muestreo previo para asegurarse con qué tipo de cable se trabajará.

•Los cables por lo general suelen tener hilos interiores (hilo guía) que facilitan el despojo de la cubierta exterior, caso contrario utilizar la técnica que nos facilite con mayor seguridad el retiro de la chaqueta.

•Antes del retiro de la chaqueta del cable de fibra óptica, se deberá prever la cantidad de cable a preparar en la manga de empalme:

Empalme recto:

Antes de proceder con el retiro de la chaqueta se deberán igualar ambos cables desde el punto de acabado o remate hasta las puntas a preparar, posteriormente se deberán dar dos vueltas iniciales de cable en la cruceta, lo cual nos permitirá realizar el acondicionamiento. Una vez realizado lo anterior, se procederá a retirar 1.5 m de chaqueta por cada punta.

Empalme sangría:

Antes de proceder con el retiro de la chaqueta se deberán igualar ambos lados del cable desde el punto de acabado o remate hasta el punto medio del desarrollo, posteriormente se deberán dar dos vueltas iniciales de cable en la cruceta, lo cual nos permitirá realizar el acondicionamiento. Una vez realizado lo anterior, se procederá a retirar 1.5 m de chaqueta a cada lado del punto medio (3 metros en total). Se considera que la actividad está terminada después que los encargados de la instalación y/o retiro hayan corregido satisfactoriamente las observaciones realizadas por el supervisor y/o Inspector de obra.

Se recomienda despojar la chaqueta por partes o secciones no mayores a 50 cm. a fin de no ejercer tensión axial innecesaria al cable que podría perjudicar o quebrar los buffer e hilos internos.



Figura 47. Preparación de fibra para el sangrado.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Retirar el material excedente tales como, kevlar, hilo de empaquetado y conductor central, dejando 20 cm de este último a partir del filo de la chaqueta para la realizar la fijación del cable a la mufa de empalme.



Figura 48. Retiro de protección de la fibra.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Acondicionamiento del cable de FO en la Manga.

Las mangas de empalme o mufa de empalme tienen como función principal la de proteger al cable de FO pelado, así como a los empalmes que en su interior se encuentren albergados y cuando se trabaje con estas se deberá cumplir con lo siguiente:

- Para los trabajos de empalme en mufa se tendrá que considerar lo indicado por el proveedor en su instructivo de instalación.

- A continuación detallaremos brevemente las consideraciones que deben tenerse en el proceso de acondicionamiento del cable de FO al interior de una manga de empalme:

- Se debe contar con una mesa de trabajo en la cual este adherido en su superficie un soporte especial para mufa.



Figura 49. Acondicionamiento de la fibra.

Fuente: Elaboración propia.

Colocar el sello termo contraíble hasta el límite entre los buffers y la chaqueta del cable, luego de ello introducir los buffers en la manga de empalme.



Figura 50. Acondicionamiento de la fibra en mufa.

Fuente: Elaboración propia.

Fijar el elemento de tensión mecánico del cable de FO en la grapa de sujeción que se encuentra al interior de la mufa de empalme, posteriormente distribuir los buffers de acuerdo al trabajo a realizar (empalme recto o sangrado).

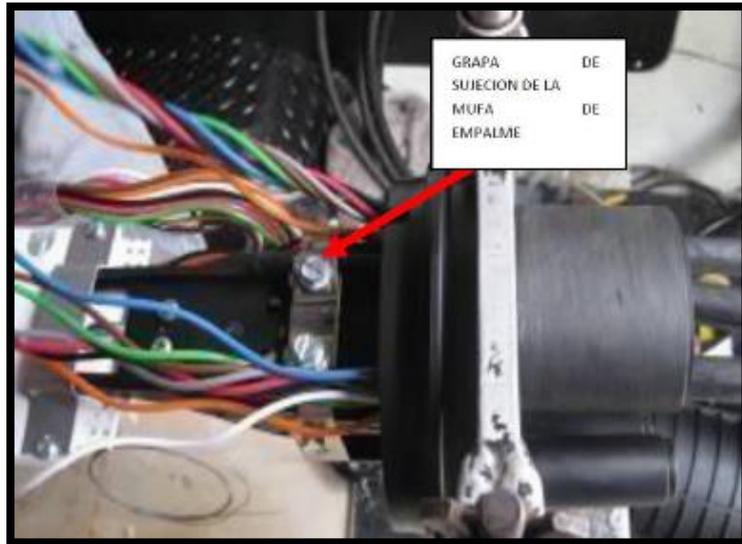


Figura 51. Aseguramiento de la fibra en mufa.

Fuente: Elaboración propia.

Seleccionar el o los buffers a trabajar y el resto de ellos empaquetarlos haciendo uso de los accesorios apropiados que forman parte del kit



Figura 52. Acondicionamiento de buffer a empalmar.

Fuente: Elaboración propia.

Retiro de Tubos Buffer.

Una vez despojada la cubierta principal y fijado el cable de FO en la mufa de empalme, tendremos a la vista los buffers protegidos con hilos de aramida y elementos de tensión mecánica destinados a proteger la fibra óptica de los

esfuerzos y/o tensiones mecánicas, los mismos que deberán ser retirados con cuidado y precaución a fin de no maltratar los tubos o buffers.

Una vez que se tengan los buffers expuestos se deberá usar una herramienta especial “SANGRADORA” e “IDEAL” (cortadora de buffers) para poder acceder a las fibras.

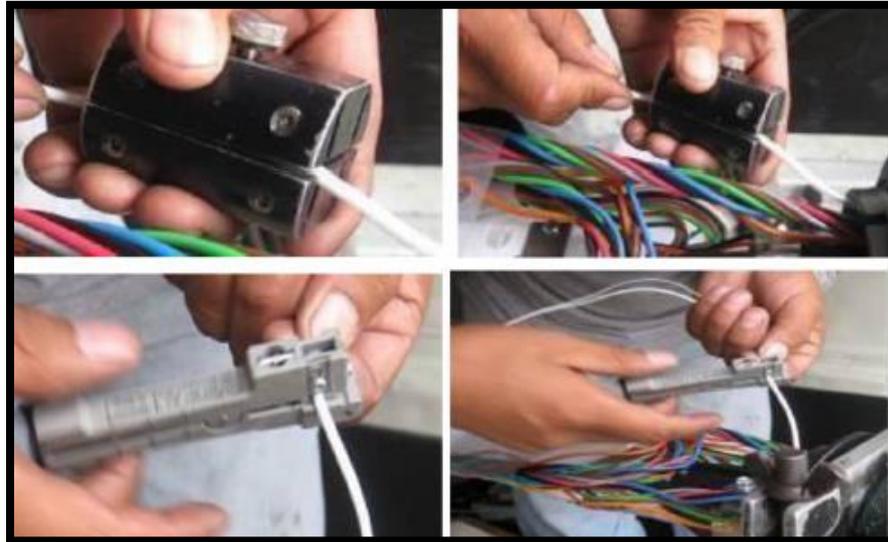


Figura 53. Retiro de tubos Buffer.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Fusión o empalme de fibras ópticas.

Preparación de hilos de Fibra Óptica para empalme:

A partir de este punto se deberá en medida de lo posible tener las **MANOS Y AREA DE TRABAJO COMPLETAMENTE LIMPIO** a fin de contaminar o ensuciar el cable.

- Una vez que la fibra está a la vista esta se encontrara inmersa en una grasa protectora de humedad, la cual se debe limpiar con un paño libre de pelusas con un solvente especial como el alcohol isopropílico.

- La longitud de fibra que irá dentro de los accesorios de empalme o bandejas no deberían exceder el 1.20 mts.

- El ingreso de los hilos de fibra óptica hacia la bandeja de empalme deberá hacerse a través de “tubos de transporte” los cuales se colocaran sobre cada uno

los buffer desde el punto de transición entre los buffers (inclusive un poco más allá de dicho punto para el lado de los buffers a fin de que los tubos queden bien fijados sobre cada buffer) y los hilos de fibra hasta el ingreso hacia la bandeja de empalme en donde dichos tubos de transporte se fijaran mediante 2 cintillos de nylon de 10 cm por cada lado del ingreso.

Con las manos más limpias que al principio, la preparación del hilo de fibra óptica se deberá hacer con una herramienta peladora adecuada a fin de que solo se despoje el recubrimiento de 250 μm también llamado “cladding” y en una longitud no mayor a 4 cm ya que inmediatamente después de retirar dicho recubrimiento la cortadora de precisión le dará la longitud final antes de entrar a la máquina de fusión (empalme) y completar el proceso de empalme.



Figura 54. Proceso de empalme por fusión.

FUENTE: Elaboración propia

Fusión de la fibra óptica:

El cable de fibra óptica a utilizarse está fabricado conforme lo señala la Norma Internacional ANSI EIA/TIA-598-A.

Es necesario respetar este código a fin de poder asignar y llevar un orden en las conexiones.

La fusión de la fibra se realizará de acuerdo al procedimiento recomendado por el proveedor, usando máquinas como las FujikuraS40, S50, Sumitomo39 y/o equivalentes.

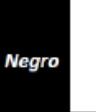
Tubos												
Fibras												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Figura 55. Código internacional EIA/TIA 598.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Una vez realizada la fusión de la fibra esta se colocará protegida con un protector de empalme termo contraíble no mayor de 45 mm de longitud en el horno de la máquina de empalme.



Figura 56. Fibra con protector de empalme termo contraíble.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Luego este empalme protegido es colocado en receptáculos especialmente diseñados en las bandejas de empalme para su posición final.

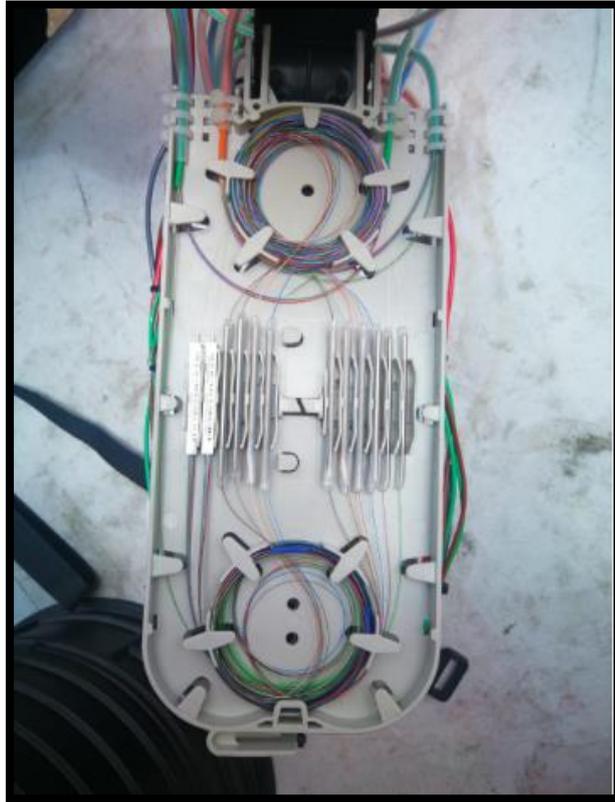


Figura 57. Acondicionamiento de fibras empalmadas.

Fuente: Elaboración propia.

Acondicionamiento de mufa de empalme.

En todos los casos, ya sea que se trabaje en poste o cámara, y en los que sea necesario utilizar una mufa o manga de empalme, esta se deberá acondicionar conjuntamente con su respectivo seguro de mufa, el cual se fijara al poste o a las paredes internas de la cámara según sea el caso, todo ello con el fin de disminuir el riesgo de posibles daños ya sea por actos de vandalismo y/o robo.

Asimismo, al momento del acondicionamiento de los cables, dejar la reserva del cableado en la cruceta.



Figura 58. Acondicionamiento de mufa para entrega.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 59. Acondicionamiento de equipo FAT para entrega.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.10.4 Pruebas y validación de enlace.

Los enlaces de GPON están hechos de cables de fibra, que son conectados usando empalmes, conectores y elementos pasivos como Splitters. Estos enlaces deben probarse antes de conectarlos al sistema con el objetivo de asegurar que la calidad y el desempeño de los elementos de la red estén de acuerdo con el diseño y los umbrales de la red.

Las pruebas y las metodologías recomendadas aplicadas a cada borne se indican en la siguiente tabla:

Tabla 15. Simbología utilizada en la nomenclatura.

Tipo de Prueba	Proceso
Inspección de Conectores	Unidireccional
Pérdida de Inserción (IL) 1310/1550/1625 nm	Bidireccional
Pérdida de Retorno (ORL) 1310/1550/1625 nm	Bidireccional
Mediciones de Reflectometría (OTDR)	
Longitud de la Fibra	Unidireccional (en sentido de ONT/Terminal OLT/Central/Hub)
Pérdida en empalmes, conectores, Splitters	
Reflectancia en conectores	
Detección de Curvaturas 1310/1550/1625 nm	

Fuente: Elaboración propia

MEDICIONES DE PÉRDIDA DE INSERCIÓN Y PÉRDIDA DE RETORNO.

La pérdida de inserción (IL)

la pérdida de potencia de la señal óptica durante el tránsito por la fibra. Esta prueba es una medición de potencia relativa y mide la diferencia entre la potencia de entrada en un extremo de la fibra y la potencia de salida en el otro extremo.

Esta medición es la más importante de las pruebas a realizar, pues cada combinación de transmisor/receptor tiene un rango de potencia limitado, si este límite es alcanzado, no se transmitirá señal alguna.

Esta medición normalmente se realiza al final de la construcción, durante las pruebas de aceptación.

La Pérdida por Retorno (ORL)

La Pérdida por Retorno de un enlace representa la porción de la luz reflejada hacia el transmisor por el enlace. Es la relación entre la potencia transmitida y la recibida en el transmisor (reflejada). El retorno de la luz se debe a diferentes efectos en la fibra como reflexión en los conectores, retro dispersión de Rayleigh, difusión, etc.

El valor se provee en dB y entre más grande sea el valor, significa que la luz reflejada es menor al igual que los efectos en el transmisor. Si el ORL es muy alto (valor bajo en dB) puede perturbar el láser transmisor hasta volverse inestable, generando errores (por auto modulación/ en fase, OSNR reducido y otros efectos no deseados provocados por una alta potencia reflejada)

Esta medición normalmente se realiza al final de la construcción, durante las pruebas de aceptación.

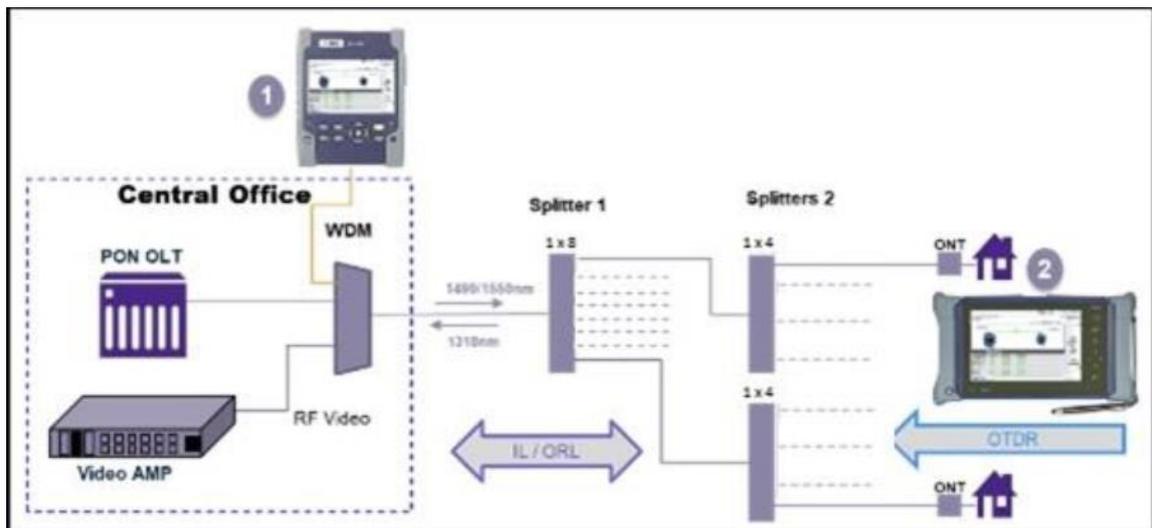


Figura 60. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional en redes GPON

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Instrumentos y Herramientas recomendadas

- Kit de Pérdidas de inserción / ORL
- OTDR equipado con módulo FiberComplete.
- Fuente de luz y un medidor de potencia, se requieren 2 instrumentos en cada extremo o bien que el técnico se desplace a ambos lados para realizar la medición en 2 direcciones.
- Terminadores no reflectivos, (un patchcord y una pluma o lápiz del No 2 es suficiente)
- Punta de Microscopio o FiberChek Probe con los adaptadores asociados
- Kit de limpieza
- Jumper con los conectores asociados.

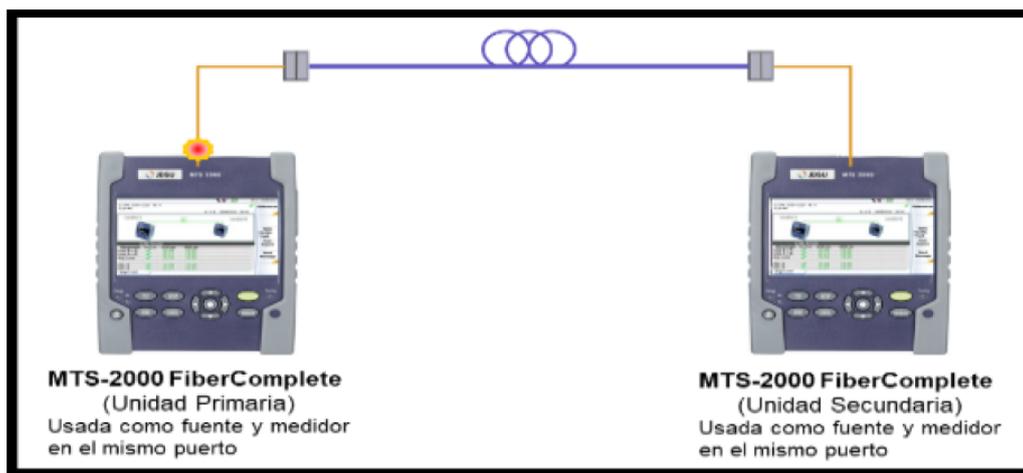


Figura 61. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

MEDICIONES DE REFLECTOMETRIA – OTDR

Distancia, atenuación en empalmes, conectores y Splitters.

En redes GPON es recomendable realizar mediciones OTDR unidireccionales desde el Cliente hasta el OLT. Como muchas veces, en la fase de construcción, se lanza la fibra solamente hasta el segundo nivel de splitter, las pruebas deben generarse desde ahí (2), hasta la OLT (1), como se muestra en la siguiente figura.

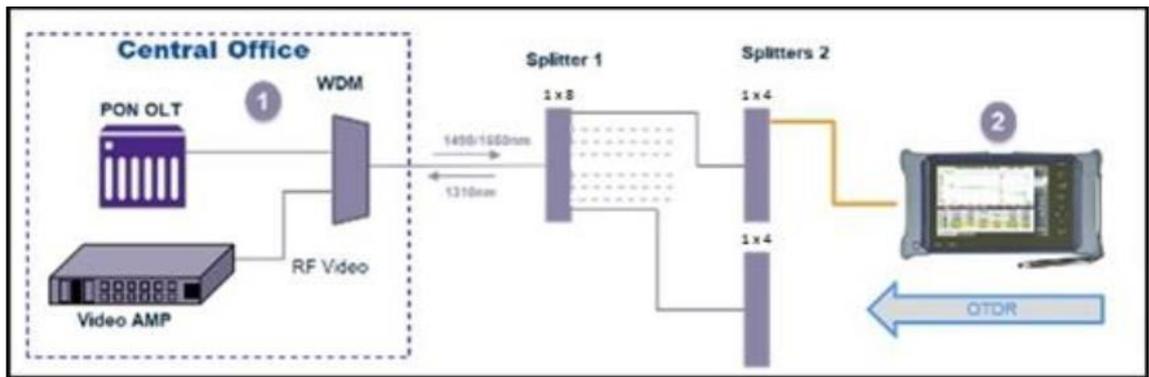


Figura 62. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional.

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

Condiciones de Prueba

Una manera de medir un enlace de telecomunicaciones es mandar un pulso de luz en el origen de la fibra y analizar cuanto tiempo toma viajar al final de la fibra midiendo la luz reflejada en el tiempo. Tomando en cuenta el índice de refracción de la fibra, se calcula la distancia en base al retardo medido.

La medición entrega los siguientes resultados:

- La localización en distancia de empalmes, conectores, Splitters y fallas (desde el origen o desde el evento anterior)
- Pérdida de conectores, empalmes, Splitters o alguna falla
- Coeficiente de atenuación de la fibra. (dB/km)
- La reflectancia discreta de algún evento
- Pérdida de retorno (ORL) de una parte del enlace total. Esta medición no es tan precisa como la obtenida usando el OCWR.

3.1.10.5 Entregables.

La empresa a cargo de los trabajos deberá enviar los Entregables para ser validados y aceptados para continuar con el proceso de Construcción.

No se aceptarán liquidaciones sin las firmas de aceptación de la etapa de Diseño o Prefactibilidad.

Tabla 16. Entregables para la validación de enlaces.

Tipo	Prueba	Proceso	Cantidad de mediciones	Formato Entrega
Reportes	Inspección de Conectores	Unidireccional	Medición por cada Puerto de FAT	Digital
Reportes	Pérdida de Inserción (IL) 1310/1550/1625 nm	Bidireccional	Medición por cada Puerto de FAT	Digital
Reportes	Pérdida de Retorno (ORL) 1310/1550/1625 nm	Bidireccional	Medición por cada Puerto de FAT	Digital
Reportes	Mediciones de Reflectometría (OTDR) <ul style="list-style-type: none"> • Longitud de la Fibra • Pérdida en empalmes, conectores, Splitters • Reflectancia en conectores • Detección de Curvaturas 1310/1550/1625 nm 	Unidireccional (en sentido de ONT/Terminal → OLT/Central/Hub)	Medición por cada FAT un puerto	Digital

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

3.2 Evaluación de resultados y retorno económico.

3.2.1 Análisis de pérdidas.

De los valores proporcionados anteriormente se detalla lo siguiente:

➤ **Ganancia de Potencia Tx Gpon.**

Potencia de salida medible según especificaciones del SPF implementado +1.5 dB.

Corresponde +1.5 dB.

➤ **Pérdida en splitter 1:8 (1er Nivel).**

Corresponde a la pérdida del splitter utilizado, el cual tiene un valor de -10.5 dB.

Corresponde -10.5 dB.

➤ **Pérdida en splitter 1:4 (2do Nivel).**

Corresponde a la pérdida del splitter utilizado, el cual tiene un valor de -7.4 dB.

Corresponde -7.4db

➤ **Pérdida Empalme fabrica/Conectores (OLT OUT - ODF IN - ODF OUT - FAT OUT - ROSETA OUT -ONT IN).**

Corresponde a la atenuación presente en cada conector presente en la arquitectura del diseño, el cual tiene un valor de -0.2 dB.

Total, de conectores: 6 unidades.

Corresponde -1.2 dB.

➤ **Perdida Fusion (FDT IN - FDT OUT – CLOSURE IN – CLOSURE OUT - FAT IN).**

Corresponde a la pérdida de cada uno de los empalmes por fusión de la red FTTH, el cual tiene un valor de -0,1 dB por cada empalme realizado

Total de empalmes: 8 empalmes en peor de los casos.

Corresponde -0.8 dB.

Perdida en fibra óptica.

Corresponde a la atenuación presente durante el tramo total presente en el diseño de la red FTTH, el cual tiene un valor de 0.35 dB/Km.

Corresponde -3.892 dB.

Del total de pérdidas estimadas de la red, se tiene al realizar la sumatoria de éstas, un valor de -23.092 dB. Considerando que la potencia de salida del SFP era de 1.5 dB, se tiene:

Potencia final ONT Clientes estimada: $1.5 \text{ dB} + (-23.892 \text{ dB}) = -22,392 \text{ dB}$.

El valor final estimado de potencia recibido por la ONT de Cliente oscila alrededor de los -22,392 dB, lo cual está dentro del margen de operación de las ONTs domiciliarias, por lo tanto, la red cumple con los requisitos técnicos.

Tabla 17. Atenuación presente en cada ventana de trabajo.

Ventana de trabajo	Atenuación total en el sistema
PON Atenuación (1310)0.35dB/Km	23.892
CATV Atenuación (1550)0.20dB/Km	22.124

Fuente: Elaboración propia.

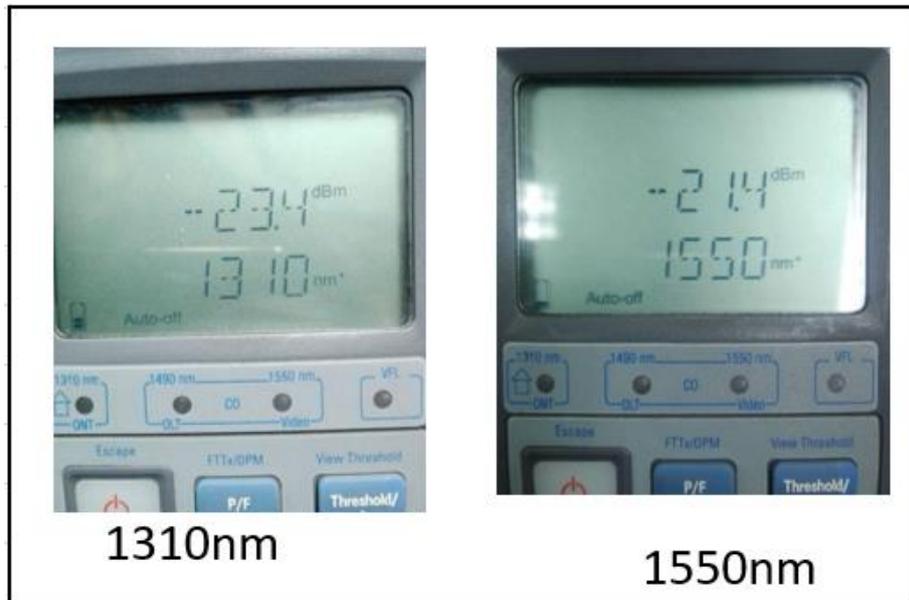


Figura 63. Test de pérdida de potencia en 1550 y 1390.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.2 Tasa de transmisión de datos.

En esta sección se estimará la tasa de transmisión de datos para el servicio triple play conformado por VOIP, IPTV y acceso a la Internet.

Es por eso que se analizará la tasa de bits de cada servicio. Primero analizaremos el servicio de VOIP. Para esto se usará el códec G.729, este códec posee una tasa de velocidad la carga y descarga es de 31.2 Kbps.

Segundo se analizará el servicio de IPTV. Para esto se usará el formato MPEG4 el cual posee una tasa de velocidad de descarga 8 Mbps y de carga 1.5 Mbps permitiendo visualizar televisión en calidad HD.

Por último, tomando en cuenta que cada puerto GPON de la OLT tiene una capacidad de 2.5 Gbps de descarga y 1.25 Gbps de carga, además cada puerto atiende como máximo a 32 usuarios se puede hallar la tasa máxima de acceso a la Internet. Se puede observar que la tasa máxima de descarga es de 80 Mbps y la tasa de carga es de 40 Mbps.

Tabla 18. Ancho de banda según tecnología adquirida.

Technology	Downspeed	Up Speed	Maximum Distance
ADSL	6-8 Mbps	640 Kbps	3.6 - 5.4 Km
ADSL2	12 Mbps	1 Mbps	1.8 Km
ADSL2+	27 Mbps	1 Mbps	0.9 Km
VDSL	13-52 Mbps	1.5-2.3 Mbps	1.8 Km
GPON (32 Users)	80 Mbps	40 Mbps	20 Km
GPON (64 Users)	40 Mbps	20 Mbps	20 Km
10GPON (32 Users)	312 Mbps	80 Mbps	20 Km
10GPON (64 Users)	156 Mbps	40 Mbps	20 Km

Fuente: Norma de Construcción y Activación FTTH (América Móvil del Perú).

3.2.3 Resultado económico.

Para el presente proyecto de implementación se tomará un horizonte temporal de 3 años. Este tiempo deberá ser suficiente para recuperar la inversión y generar rentabilidad.

Dentro de este análisis económico tomaremos en cuenta lo siguiente:

Los precios de los equipos fueron obtenidos gracias a las consultas con los especialistas en proveer soluciones de telecomunicaciones.

Para el tipo de cambio usado, se ha consultado a la página del Banco Central de Reserva (BCR) y el valor que se usará es el cambio de 3.35.

El Valor de la Tasa de Costo (TCO) utilizado para el Flujo de Caja del proyecto fue de 15%.

Los montos de costos de operación, mantenimiento, mano de obra, sistemas de protección, terrenos y entre otros, han sido incluidos en los montos calculados en el análisis financiero.

El valor estimado para los gastos de operación y mantenimiento de la red será del 10% respecto al costo de implementación.

3.2.3.1 Estimación de ingresos y egresos

Los ingresos que la red percibirá serán por el servicio triple play que se brindarán a los usuarios. El servicio de triple play costará 280 soles cada mes y adicionalmente el pago único de 280 soles por instalación de los equipos GPON en el hogar para la recepción del servicio. El estimado de ingresos se evaluará para un plazo de 3 años.

La red está diseñada para satisfacer a un total de 256 usuarios, pero primero mostraremos el caso en el que solo 148 usuarios requieran el servicio que vendría a ser un caso más realista. Este flujo de caja se mostrará el VAN y TIR.

Tabla 19. Flujo de caja (VAN Y TIR).

	INVERSION INICIAL=	S/ 366,764.58					
	<u>FLUJO DE INGRESOS</u>		<u>FLUJO DE EGRESOS</u>		<u>FLUJO DE EFECTIVO NETO</u>		
		A		B		A-B	
	AÑO	VALOR	AÑO	VALOR	AÑO	VALOR	
	1	S/481,000.00	1	S/32,659.75	1	S/448,340.25	
	2	S/444,000.00	2	S/32,659.75	2	S/411,340.25	
	3	S/444,000.00	3	S/32,659.75	3	S/411,340.25	
	FORMULACION DE DATOS			VAN=	S/604,591.52		
	F1=	448340.25		TIR=	104%		
	F2=	411340.25					
	F3=	411340.25					
	N=	5AÑOS					
	I=	15% DE TASA DE INTERES(0.15)					
	I0=	S/ 366,764.78					

FUENTE: Elaboración propia.

3.2.3.2 Tiempo de recuperación.

En el presente cuadro se puede apreciar el tiempo en el cual se logra recuperar lo invertido.

Tabla 20. Cálculo del tiempo de recuperación.

Año	Flujo	Factor	Actual	Acumulado
0	-366764.78	1	-366764.78	-366764.78
1	448340.25	1.15	389861.087	23096.307
2	411340.25	1.3225	311032.325	334128.632
3	411340.25	1.520875	270462.891	604591.524
4	411340.25	1.74900625	235185.123	839776.647
tasa=				0.15%

Fuente: **Elaboración propia.**



Figura 64. Tendencia de recuperación.

Fuente: Elaboración Propia.

- Según lo observado en el gráfico el tiempo de recuperación de la inversión está estimado en el 1er año de servicio del proyecto aproximadamente.

CONCLUSIONES

A partir de lo investigado y desarrollado a lo largo del presente proyecto se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

- Se diseñó una red FTTH con estándar GPON para el acceso a la banda ancha en el distrito de San Juan de Lurigancho urbanización Las Flores.
- Se logró brindar altas velocidades, a comparación del mercado, de carga (80 Mbps) y descarga (40 Mbps).
- Se diseñó una red el cual abarata los costos, ya que el precio del servicio es de 250 nuevos soles. Este precio es menor a los que existen actualmente en el mercado para un paquete Triple Play con tasas altas de carga y descarga.
- Se diseñó una red de alta confiabilidad, ya que la red de alimentación posee una arquitectura en anillo la cual será implementada después de esta primera etapa del proyecto, la cual ayudará a la red en posibles daños en la fibra; es decir, si una fibra se daña se activará el puerto pasivo del módulo OLT. Este puerto está conectado a una fibra de respaldo que a su vez está conectado hacia la red de distribución y con el fin de seguir brindando el servicio sin interrupciones.
- En la actualidad las redes FTTH son muy superiores a las redes que utilizan Cu en su arquitectura e implementación, debido a que este tipo de redes contiene electrónica activa, la cual requiere mayores cuidados, además de una construcción más compleja en lo referido a su planta externa.
- La penetración de banda ancha fija al igual que la velocidad de carga y descarga de nuestro país se encuentra por debajo del promedio latinoamericano; por lo que, se debe reducir esta brecha digital.
- Cada puerto de módulo GPON tiene una tasa de descarga de 2.5 Gbps y una tasa de carga de 1.25 Gbps para 32 usuarios como máximo. El módulo GPON debe tener una separación máxima de 20Km con la ONT.
- El resultado económico expuesto en este proyecto es una estimación para el servicio de instalación de la red FTTH.

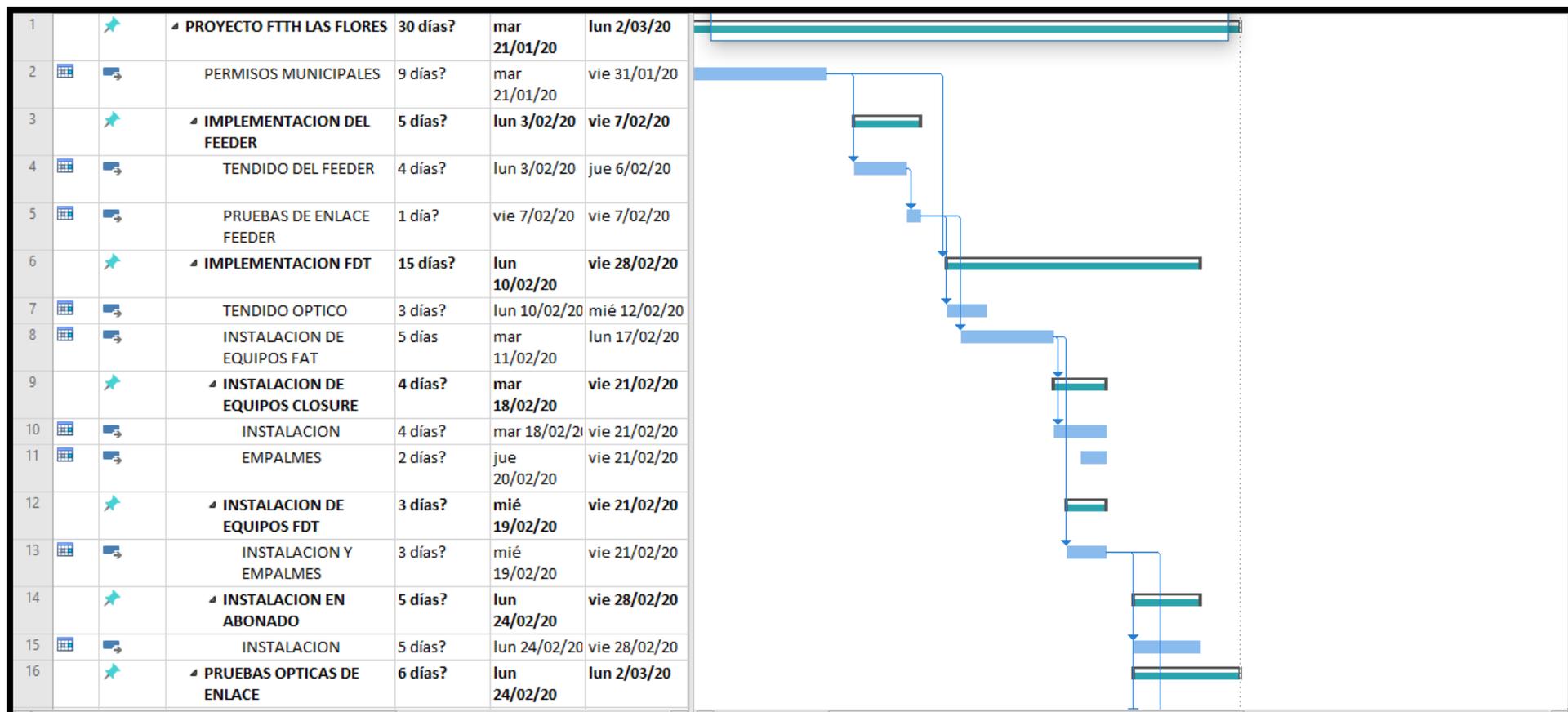
RECOMENDACIONES

- La oficina central (OC) debe encontrarse lo más cerca posible a los usuarios que se les quiere brindar el servicio para así abaratar los costos de diseño.
- la extensión de fibra requerida para el proyecto no debe exceder los 20km, pasado esta distancia se presentan pérdidas de información por las distintas atenuaciones presentes en la fibra óptica.
- Es necesario crear más contenidos para que la red sea usada eficientemente.
- Se recomienda contar con un supervisor de seguridad para cada actividad a realizar, porque según norma y estándar del cliente la seguridad en campo no es negociable.
- Se recomienda seguir los procedimientos y replicar los procedimientos expuestos en este documento debido a que se ha basado en las normas de construcción del cliente América Móvil del Perú.
- Se recomienda empezar las actividades bajo las normas de construcción del cliente América móvil y así evitar penalizaciones que comprometan los tiempos de entrega.
- Actualmente es necesario implementar estas redes para poder satisfacer las necesidades de acceso a banda ancha.

Bibliografía

- Aguilar, C. O. (2013). *Diseño basico de redes FTTH utilizando estandar GPON*. Obtenido de Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/123456789/516/1/T-UCSG-POS-MTEL-10.pdf>
- Arias, J. (2015). *Diseño de una red FTTH utilizando el estandar GPON en el distrito de Magdalena del Mar*. Obtenido de Pontifica Universidad Catolica del Peru.: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/7506/ARIAS_JOSEPH_RED_FTTH_GPON_MAGDALENA_DEL_MAR.pdf?sequence=1
- Bertin, J. R. (13 de 02 de 2014). *Diseño y construcción de una red fibra óptica (FTTH) para brindar servicios de voz, videos y datos en sector barrios bajos de la ciudad de Valdivia*. Obtenido de Universidad Autonoma de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcia816d/doc/bmfcia816d.pdf>
- CCNA, C. (2013). *Voz sobre Ip*. Obtenido de Consumo de ancho de banda por llamada: <http://blog.capacityacademy.com/2013/12/10/ccna-voice-modulo-1-telefonía-tradicional-voz-sobre-ip-1-2/>
- Garcia, A. (03 de 2014). *PON y GPON Doctor Introduccion y conceptos generales*. Obtenido de Capitalia.net: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- Lurigancho, M. d. (02 de 2019). *Informe de San Juan de Lurigancho*. Obtenido de Muni SJL : <http://munisjl.gob.pe/1/>
- Osorio, A. (15 de 03 de 2016). *Redes GPON - FTTH, Evolucion y Puntos Criticos para su despliegue en Argentina*. Obtenido de Instituto Tecnologico de Buenos Aires: <https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/787/TELCO-%20Tesis%20Ing%20ALVARO%20OSORIO%20-.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peru, H. D. (2018). *Norma de construccion y activacion FTTH*. Lima: America Movil del Peru.

ANEXO 2: DIAGRAMA DE GANTT



ANEXO 3: DOCUMENTACION DE ACEPTACION DE PRUEBAS.

ID Site / Site ID	MONTERRICO	ID del Cable / Cable ID	HILO 03
Ubicacion del Site / Site Location	SURCO	Fecha de Prueba / Test Date	11/12/2018
Cliente / Customer	CLARO	Contratista / Subcontractor	HUAWEI / ANATEL
Configuracion de Splitter / Splitter Configuration:	1:8 - 1:4	FDT ID	FDT 04
Numero de Serie OTDR / Serial Number OTDR	1059822	Puerto del FAT / FAT Port	1

Ubicacion / Location: -----
 Desde / From Location A: _____OLT MONTERRICO_____ Hacia / To Location B: _____FDT04_____

Operator: _____Claro_____

Parametros de Prueba / Test Parameters: -----
 Long de Onda / Wavelength: _____1310/1550_____ nm Rango / Range: _____ km Pulso / Pulse: _____ns
 Resolucion / Resolution: _____m Duracion / Duration: _____ s

Resultado / Results: -----

Resultados de iOLM

OTDR | Power Meter Test | Power Meter Test_Pic | Microscope Pic | (+)