

**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.....	10
2.2.3 Arquitectura de la red FTTH.....	15
2.2.4 Tecnologías xPON .....	18
2.2.5 Tecnologías FTTx .....	20
2.2.6 Tecnología FTTH .....	22
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. ....	40
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 .....	86

## 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.....	11
Figura 4. Fibra multimodo.....	11
Figura 5. Conector ST.....	13
Figura 6. Conector SC.....	14
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.....	17
Figura 11. Arquitectura en BUS(Transporte).....	17
Figura 12. Arquitectura en anillo.....	18
Figura 13. Tabla comparativa FTTN.....	20
Figura 14. Tabla comparativa FTTC.....	21
Figura 15. Tabla comparativa FTTB.....	21
Figura 16. Tabla comparativa FTTH.....	22
Figura 17. Arquitectura FTTH.....	25
Figura 18. CABLE FIBRA ÓPTICA ADSS 96 SMF.....	25
Figura 19. OLT SmartAX EA5800 Series HUAWEI.....	26
Figura 20. ONT EG8145V5 HUAWEI.....	27
Figura 21. FAT SSC2801-TM.....	27
Figura 22. CLOSURE SSC2211-TM.....	28
Figura 23. FDT SSC2103-FM.....	28
Figura 24. Mapa del Distrito de las Flores.....	33
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. ....	20
Tabla 3. COORDENADAS DEL DISTRITO DE S.J.L. ....	31
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 y convivimos con los avances tecnológicos que nos ayudan a hacer una vida más fácil, era en la cual las telecomunicaciones presenten avances de manera exponencial. Las telecomunicaciones se han transformado en el medio necesario para el desarrollo de la comunidad, estas nos habilitan los servicios de televisión, telefonía y datos, todas integradas en la red de datos y las cuales son imprescindibles en estos días si se desea tener a una comunidad intercomunicada y globalizada.

Presentemente los valores de acceso a la banda ancha fija en el Perú llegan al 7% a nivel nacional con velocidades de descarga de 20.56Mbps, están por debajo de la media a nivel Latinoamericano de acceso a la banda ancha fija (10% de la población de Latinoamérica cuenta con acceso a internet). Esto indica que aún se tiene mucho por invertir y desplegar en redes de banda ancha en nuestro país. Uno de estos proyectos que iniciaron esta carrera de despliegue para la mejora de nuestro índice de acceso hacia la banda ancha fija, es la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica. Esta red es la columna vertebral en el país y recientemente en funcionamiento, operación y soporte. Esta red de transporte de alta velocidad (aprox. 13,500 km), para conectar a más de 20 capitales de región y 180 capitales a nivel de provincia. Debido de ello se ve la importancia de desplegar redes de considerable ancho de banda que conecten con el cliente final y así poder cubrir las demandas del mundo globalizado. Para la ejecución y despliegue de estas redes se seleccionó 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 y despliegue de una red FTTH 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 efectuará un estudio socio económico del distrito, 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.

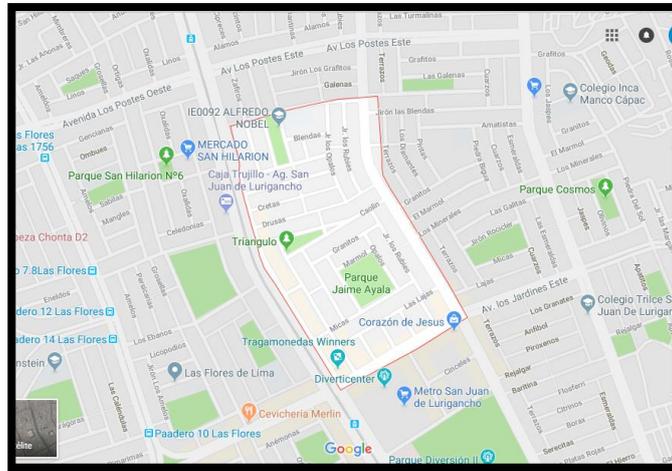


Figura 1 Mapa geográfico del proyecto FTTH.

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 el despliegue 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 que permita el acceso a la banda ancha fija de mayor velocidad a 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 despliegue en anillo, la cual proporciona a la red dinamismo ante 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 bajo el marco de la ingeniería, asociando lo práctico y lo teórico, lo cual se ve reflejado en la red FTTH diseñada en este trabajo, buscando la mejor manera de economizar y distribuir los recursos, costos y tiempo.

El área de despliegue del diseño FTTH presente en este postulado es total para el área destinada, por lo cual los abonados que soliciten los distintos servicios tendrán la oportunidad de migrar de tecnología, es decir de una red de Cu a una red Fibra Óptica de mejores capacidades, con lo mencionado se busca ofrecer mayor calidad en los servicios. Es importante resaltar que la tecnología FTTH debe ser considerada frente a otras tecnologías y es la mejor opción para para los futuros sectores urbanos que deseen acceder a los servicios de mejor calidad.

➤ **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 presenta atraso en comparación con otros países como Brasil, Uruguay o Chile con relación a la implementación de redes FTTH, estimando sus inicios, su implementación, su cobertura, diferencias con otras tecnologías, sus ventajas y desventajas, además de su valor en el marco Laboral y Educativo.

La tesis resalta la evolución tecnológica del cobre hacia las redes ópticas y que mantener el período de servicio de las tecnologías actualmente implementadas tiende a provocar mala operatividad y atraso tecnológico en el desarrollo de las telecomunicaciones, esto se refleja en una pésima experiencia para el cliente, con la errónea idea de que las redes FTTH son costosas cuando la perspectiva debería ser contraria. Las redes de acceso dejan de ser un cuello de botella y permite el crecimiento en el ancho de banda y esto permite que las empresas de telecomunicaciones no cuenten con obstáculos en la implementación de nuevos servicios sobre la misma (voz, internet, video).

## **2.2 Bases Teóricas**

En este este segmento, se desarrollará de manera resumida la teoría relacionada al de concepto de fibra óptica, debido a que es el punto de partida en el análisis consiguiente al diseño e implementación de la tecnología FTTH.

Los puntos a abordar serán los más relevantes e importantes para iniciarse conceptual y teóricamente a una red FTTH, se describirá de la manera mas resumida, centrándose en los conceptos más importantes, los conceptos que se desarrollaran 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 ópticas son filamentos de vidrio (compuestos de cristal natural) o plástico (cristal artificial), del grosor de un pelo (entre 10 y 300 micrones). direccionan mensajes en forma de haces de luz que generalmente se trasladan de un extremo a otro, sin importar las rutas que tomen los filamentos (incluyendo curvas y esquinas).

Las F.O son usados en la actualidad como los cables de distintos metales (Cu) convencionales, presentes en pequeñas áreas autónomas (sistemas de control y electrónica), como en amplias áreas urbanas (como el despliegue de redes en áreas urbanizadas ejecutados por las compañías de telecomunicaciones).

La propiedad en que se sustenta el transporte de la información a través de la F.O es la reflexión interna de la luz, esta luz que se transporta a través del núcleo de la F.O colisiona sobre la superficie exterior con una angulación superior al ángulo crítico, de manera que todos los fotones se proyectan sin pérdidas en la parte interna de la fibra. De esta manera la información (luz) puede ser enviada a largas distancias reflejándose miles de veces dentro la fibra conductora. Para evitar mayores atenuaciones por dispersión de luz debido a partículas (impurezas) en la F.O, la parte central (núcleo) de la F.O está protegido con una cubierta de vidrio con un valor de refracción inferior, las distintas refracciones se generan en la parte superior que divide la F.O y su parte exterior(recubrimiento).

La F.O se compone de un medio material que transporta la luz compuesta de materiales mucho mejores en varios aspectos a comparación del cobre. A esto se le puede añadir que en la fibra óptica la señal no presenta mayores pérdidas a comparación del cobre, ya que en las fibras ópticas no se atenúa las señales ópticas frente a la refracción y dispersión de los fotones (Luz) obteniendo así bajas perdidas en los metales (Cu) u otro material, por consiguiente, se presentan perdidas en la información por la resistencia del medio (Cu) al transporte de las ondas electromagnéticas. Adicionalmente, se puede transmitir a la vez por la fibra varias señales diferentes con variadas frecuencias para distinguirlas, lo que en las telecomunicaciones se llama modular o multiplexar diferentes señales eléctricas.

La mayor parte de las F.O se fabrican de arena o sílice, materiales de bajo costo a comparación con los metales. Los componentes primordiales de las F.O son su núcleo y su revestimiento. La zona interior en la fibra es el núcleo y es la encargada de direccionar la luz. Conformada por una o muchas fibras de vidrio u otro material (plástico) con diámetro entre las 50 y 125 micras. La parte que cubre y proporciona protección al núcleo se denomina revestimiento.

La función principal en la fibra óptica es el siguiente: la luz enviada por la parte interna de la fibra óptica colisiona en sus paredes, lo que tiene como consecuencia dirigir el haz de luz a lo largo de la fibra óptica, incluso hasta cuando presente algún tipo de curvatura. Una red óptica se conforma de un emisor de luz (láser) que trabaja con el espectro próximo (con longitud de onda entre 1,3 a 1,5  $\mu\text{m}$ ). El haz de fotones emitido es modulado por un emisor, sistema compuesto de pulsos eléctricos que transportan la información. Los fotones viajan a través de la F.O, en

el tramo final, el receptor transforma la información transmitida en fotones en señal eléctrica. Y esta señal se convierte finalmente en audio, video o mensajes en el receptor móvil, televisión o el monitor del computador.

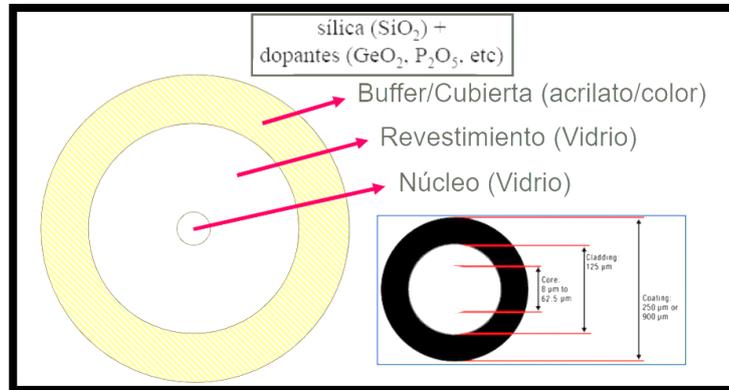


Figura 2. Representación de la estructura de un cable de fibra óptica.

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

## Componentes de la fibra óptica.

### El núcleo:

Conformado por sílice, cuarzo fundido o plástico - es el encargado en transportar los pulsos ópticos.

Diámetro: 50 o 62,5 µm presente en la F.O multimodo y 9 µm presente en la F.O monomodo.

### La cubierta Óptica:

Particularmente fabricada con materiales que conforman al núcleo, a ello se le adicionan elementos que retienen los fotones en el centro en el núcleo.

### La cubierta de protección:

Generalmente fabricado en plástico para asegurar la protección mecánica de la fibra.

## **2.2.2 Tipos de fibra óptica y conectores.**

### **2.2.2.1 Fibra Monomodo**

Generalmente, este tipo de fibra óptica ofrece un superior ancho de banda para la transmisión de la información. Posee un ancho de banda de Tx cuyo valor alcanza los 100 GHz/km. Las superiores tasas de Tx se obtienen con esta tecnología, con la desventaja que se presenta en la complejidad de su implementación. Los fotones que se transportan asumen una trayectoria paralela al eje de la F.O, debido a ello se le ha denominado con el apelativo de fibra "monomodo" (modo único de propagación). Estas F.O poseen un diámetro en el núcleo con un valor de medida similar a la longitud de las ondas ópticas que transportan por este medio, con un valor entre los 5 a 8 mm. De presentarse de que el núcleo este fabricado de materiales con valores de refracción menores o mayores a la cubierta, por lo cual se hace referencia a fibras tipo monomodo con índice escalonado. Las elevadas tasas de Tx obtenidas caracterizan la mayor cualidad de las fibras monomodo sobre otro tipo de fibras.

#### **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.

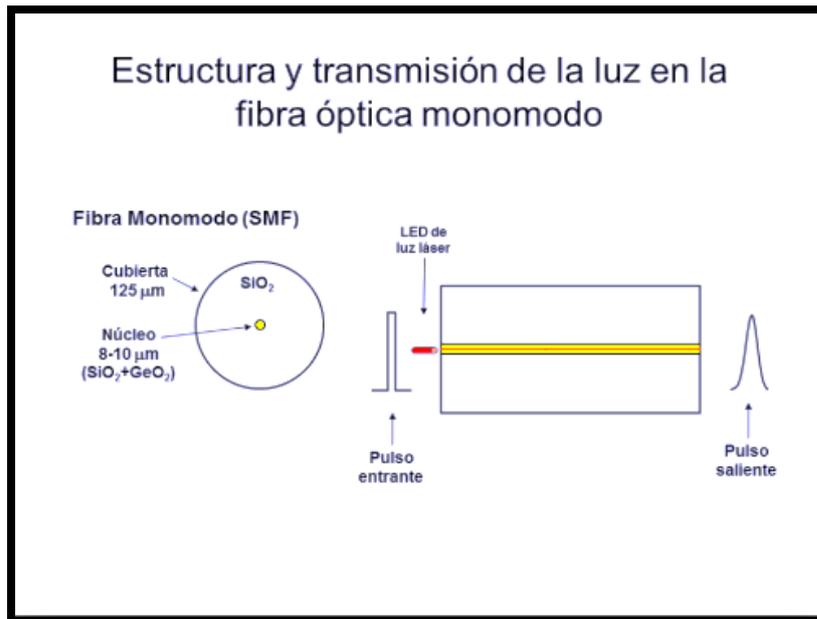


Figura 3. Fibra monomodo.

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

#### 2.2.2.2 Fibra Multimodo

Permite la propagación de varios modos de Tx, esto es debido a que el diámetro de su núcleo de este tipo de fibras es mayor a comparación de las monomodo, y suele estar en el rango de los 50 y 62.5 micras, por lo cual el transporte de la luz en diferentes modos es efectivo.

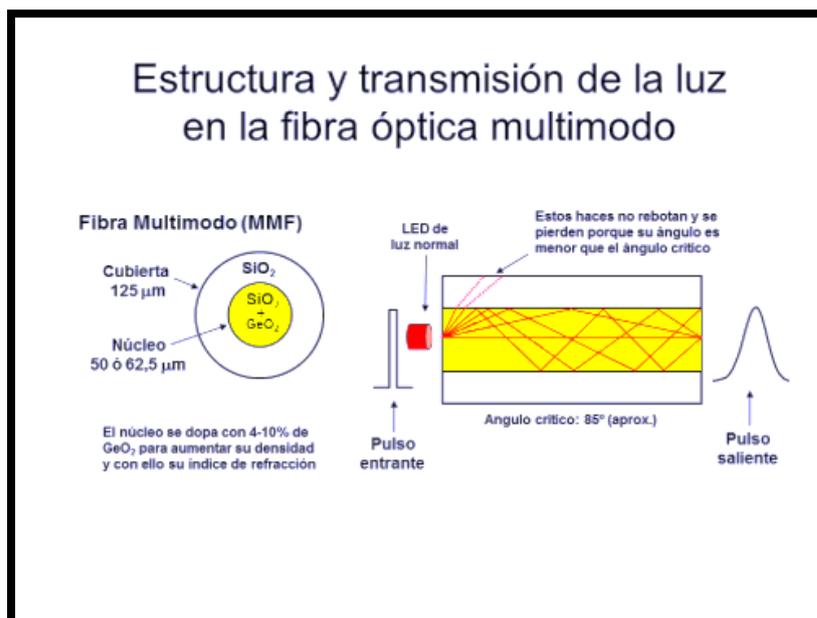


Figura 4. Fibra multimodo.

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 de entenderse, esta clase de fibra tiene peores prestaciones que la monomodo, ya que posee una velocidad de Tx menor y una mayor tasa de perdida, 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.

Este dispositivo(conector) es aquel elemento que tiene como función conectar o unir el terminal de una hebra de F.O con la finalidad de facilitar su desconexión según sea necesario. El objetivo es unir de manera mecánica los núcleos de las F.O y de esta manera la luz pueda ser transportada de un extremo a otro. El empalme se completa cuando los dos conectores se unen entre sí. Un conector en buen estado no permite la existencia de espacios con aire entre los dos puntos de unión. Los conectores varían según sus formas y tamaño. Las cualidades que los identifican incluyen el tipo de conexión (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 cilíndrico de distintos materiales. Este dispositivo posee una entrada y un conector que se encarga de asegurar mediante un giro su fijación al puerto tipo bayoneta. Este es uno de los conectores más utilizados en las redes multimodos.



*Figura 5. Conector ST.*

Fuente: [https://shopdelta.eu/cable-flexible-pigtail-monomodo-conector-st-pig-st\\_16\\_p3057.html](https://shopdelta.eu/cable-flexible-pigtail-monomodo-conector-st-pig-st_16_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) posee un seguro tipo jale/empuje integrado en la estructura del dispositivo el cual posee un diseño cuadrado. Fabricado por Lucent Technologies es un dispositivo pequeño y eficaz. De presentarse un par de conectores que conforman al LC se encuentran formando una arquitectura doble y sujetos con un dispositivo de plástico. Su contera es reducida, de 1,25 mm, está diseñado para acoplarse en cavidades de reducido tamaño. El conector LC posee una excelente conectividad y se recomienda en las conexiones de altas tasas de transmisión.

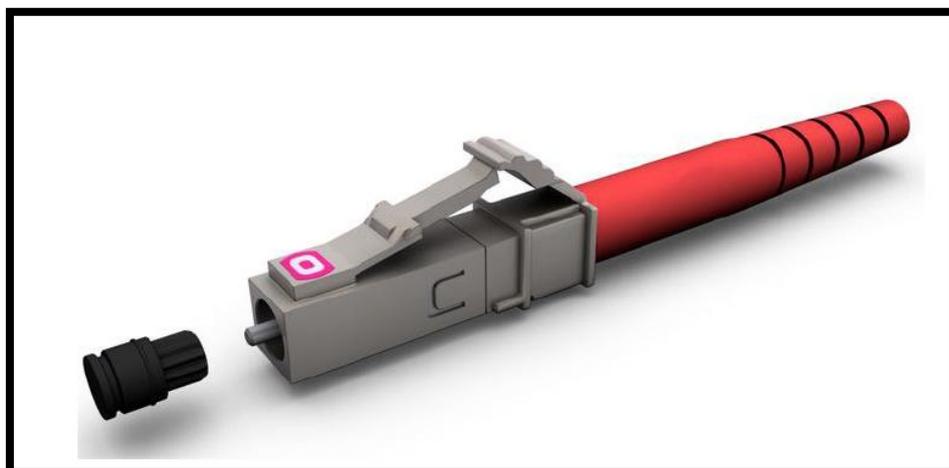


Figura 7. Conector LC.

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

### 2.2.3 Arquitectura de la red FTTH.

Los despliegues de las redes FTTH se basan en 2 tipos de arquitecturas, una de recta directa desde la planta hasta el abonado en una distribución punto a punto P2P (peer to peer) y otra con distribución punto multipunto P2MP, para ello se utiliza principalmente splitters en las redes de fibras ópticas pasivas, por lo cual utiliza principalmente Gigabit Ethernet o un Modo de Transferencia Asíncrona ATM.

Las redes ópticas pasivas (PON), están conformadas por splitters que son elementos pasivos entre un proveedor y el cliente. En resumen, se está asumiendo que un sistema PON es una parte limitada de la tecnología óptica y que no presenta dispositivos electrónicos en su diseño, a excepción de los tramos finales de la red, en general el diseño estará compuesto por ramas de fibra óptica que transportan información con longitudes de onda de amplios espectros.

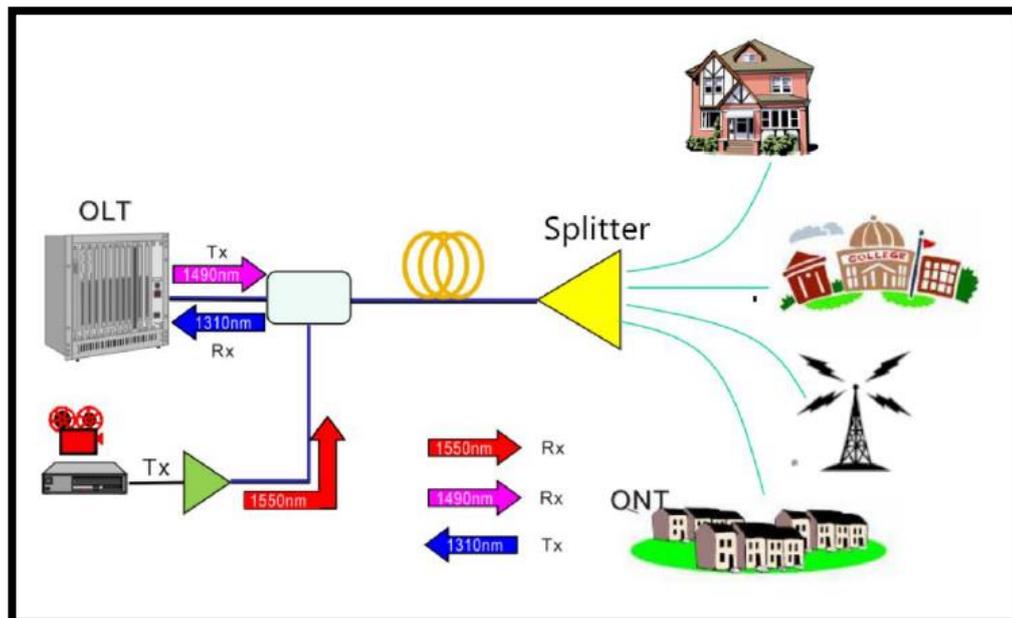


Figura 8. Distribución de una red óptica pasiva.

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 ODN (Optical Distribution Network) tiene la categoría de “home run” Punto a Punto, red en diseño de estrella (pasiva) nombrada punto a punto. En el siguiente modelo, la F.O inicia su tramo desde una Central y se distribuye hacia los clientes, por lo tanto, se puede llegar a asumir que esta distribución Punto a Punto es la opción de mayor costo, no obstante, muchas compañías se encuentran desplegando este diseño en las redes ya que actualmente las redes de multi-fibras son muy accesibles económicamente en su estructura y gastos de implementación, costos semejantes a los cables de longitud semejante y de pocas fibras. La desventaja que presentan este tipo de estructura se centra en la central, por cada puerto óptico electrónico asignado conlleva un incremento considerablemente los costos de implementación.

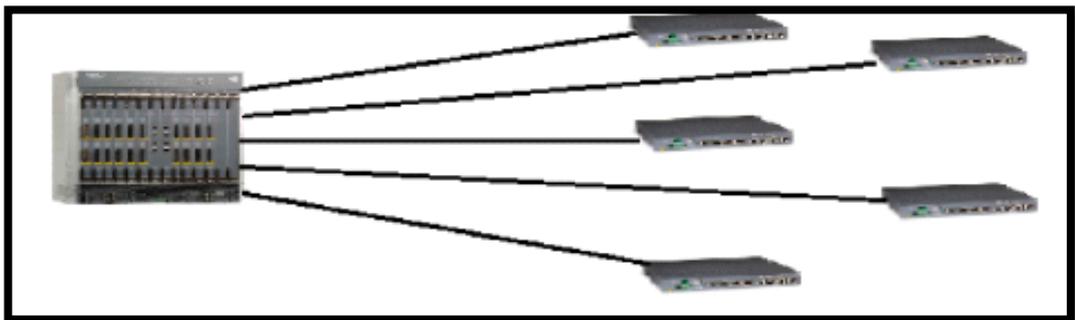


Figura 9. Arquitectura punto a punto.

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3.2 Arquitectura P2PM (punto multipunto)

Este tipo de diseño punto multipunto, denominada Red Óptica Pasiva (Passive Optical Network- PON). La finalidad de este diseño es reducir los costos de despliegue e implementación a través de la utilización de equipos pasivos; por lo tanto, se visualiza distribución de los costos presente en los distintos tramos de la red.

## Diseño en estrella o árbol

Este tipo de diseño en árbol o estrella presenta mayor demanda en las redes FTTH por presentar bajo coste y una alta eficacia. Este diseño se basa en una ruta única partiendo del OLT hacia un punto óptico (nodo) en el cual se presentará la división óptica mediante dispositivos pasivos, este elemento pasivo distribuirá la información enrutándola a los distintos clientes.

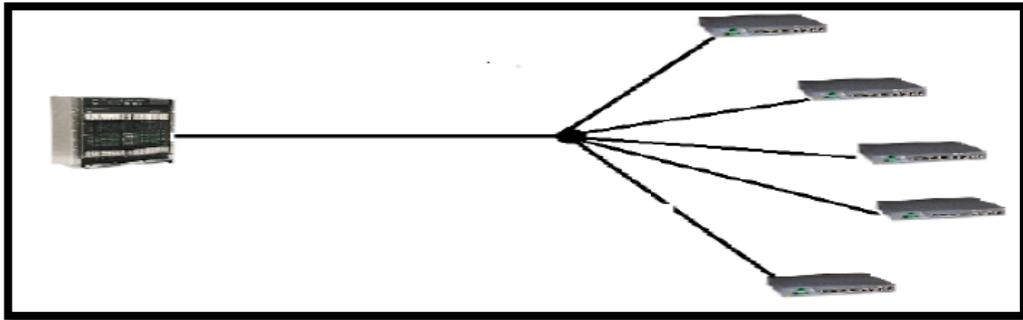


Figura 10. Arquitectura en estrella o árbol.

Fuente: Elaboración propia

## Diseño en BUS

Este tipo arquitectura en BUS(Transporte), hace uso de una única red. Esta ruta se encuentra conectada a los ONT's de la red con el nodo central. Es entendible, la gran desventaja que presenta este diseño y es la falta de aseguramiento en la distribución; debido a que, una rotura o daño en este diseño no permitiría la transmisión de la información a los clientes que se ubican en la ruta posterior al daño ocasionado en la fibra.

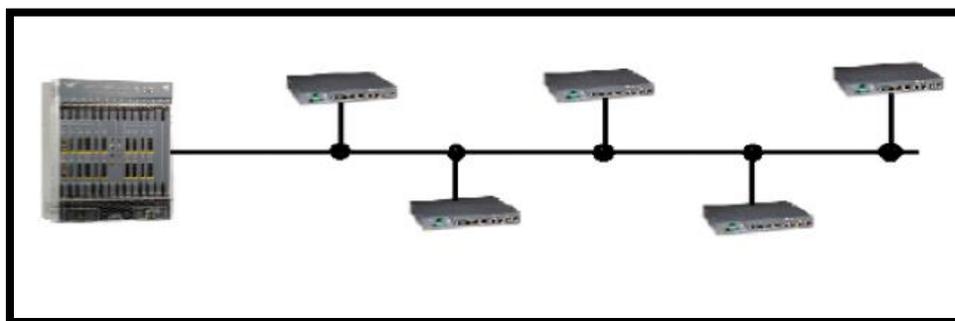


Figura 11. Arquitectura en BUS(Transporte).

Fuente: Elaboración propia

## Diseño en Anillo

Este tipo de diseño en anillo es uno de los mayormente utilizados; el motivo es que posee dinamismo en su diseño. La estructura está diseñada para evitar la pérdida de la comunicación ante una rotura o bloqueo recurriendo a distintos métodos de protección: la protección en ruta y el enlace/nodo de recuperación. El primer método se simplifica en redirigir la información desde el equipo óptico (OLT) en dirección opuesta a la ruta anteriormente utilizada. El segundo método aplica la misma lógica, pero en este caso la transmisión de datos se redirecciona en el nodo/enlace en el punto en el cual se ha presentado el bloqueo de la información.

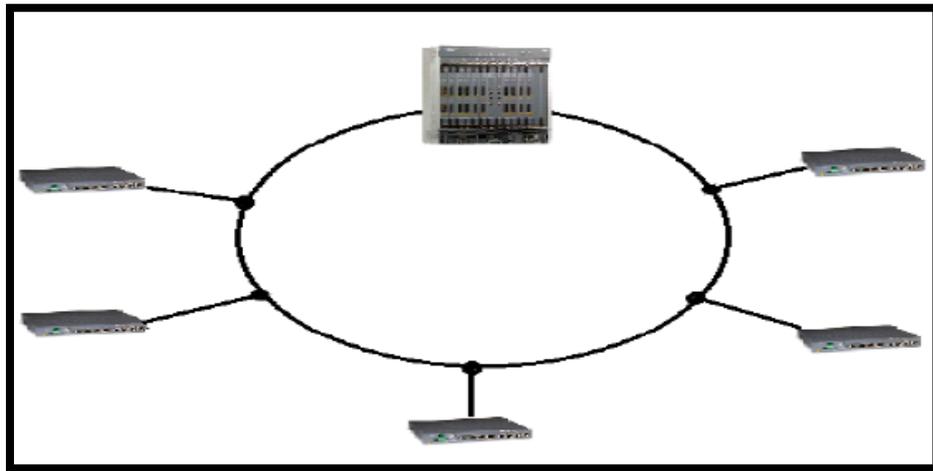


Figura 12. Arquitectura en anillo.

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.4 Tecnologías xPON

### 2.2.4.1 APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)

APON como una de las primeras redes 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 que apareció a través de una mejora en el estándar APON el cual requería obtener mayores velocidades al acceder a los servicios de Ethernet, VPL(Virtual Private Lan), reparto de información y multiplexación de longitud de onda (WDM), consiguiendo de esta manera una mejoría en la velocidad de transmisión. Soporta una capacidad asimétrica de tal manera que las descargas alcanzan valores de 622 Mbps y una velocidad de carga que asciende hasta los 155 Mbps; y una velocidad de transmisión de descarga y carga de 625 Mbps. Una de las cualidades positivas de red BPON es que alcanza a cubrir distancias de hasta los 20 Km y puede habilitar hasta una cantidad de 64 clientes por punto(puerto BPON) habilitado.

#### **2.2.4.3 GPON (Gigabit Passive Optical Network)**

La tecnología GPON hace referencia a un diseño óptico de distribución punto-multipunto la cual no posee dispositivos eléctricos o electrónicos entre el OLT y la ONT. La red GPON posee una transmisión de datos asimétrica descendente de 2.5 Gbps y transmisión de datos asimétrica ascendente de 1.25 Gbps, valores los cuales serán mencionados en el presente trabajo de suficiencia. Otras ventajas que presenta la red GPON es que tiene codificación de línea NRZ, encriptación AES y poseer una cantidad máxima de hasta 128 clientes por puerto GPON activado.

#### **2.2.4.4 EPON (Ethernet Passive Optical Network)**

EPON es una extensión denominada así por el equipo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile - Ethernet en la primera milla) registrado por el estándar IEEE, presentando cargas de Tx que se expresan de manera continua, presentando una desventaja en comparación frente a otra tecnología similar como es el GPON, así en valores, el ancho de banda que transmite EPON es: 1.25 Gbps/1.25 Gbps. Otros detalles que presenta la red EPON es su capacidad de soportar una cantidad máxima de hasta 32 clientes y una distancia máxima de alcance de unos 20 Km. Los puntos a favor que posee frente a otras tecnologías son:

Actúa principalmente sobre el ancho de banda de cada transmisión de Gigabit (capacidad a distribuir por el número de clientes, la conectividad de nodos EPON es de mayor eficiencia y representa una mayor disminución de los gastos de implementación debido a que no se recurren a dispositivos 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 considerada una tecnología óptica la cual enlaza a un proveedor de servicios con un nodo para la distribución aledaña al condominio beneficiado.

La zona de despliegue cubierta por el nodo se extiende hasta un valor de 1,5 Km de radio y permite beneficiar a centenas de clientes. La red interconectada al punto(nodo) de distribución permite abastecer a los clientes las velocidades requeridas y poder acceder a los servicios que brinda la banda ancha, un ejemplo es el Internet de altas velocidades. Respecto al equipamiento de red y los clientes se aplican técnicas de transmisión de altas velocidades como por ejemplo el ingreso hacia la banda ancha por cobre (DOCSIS) o también por las distintas tecnologías de línea de cliente digital (xDSL). Los costos de despliegue e instalación son menores a comparación de la tecnología FTTH, no obstante su capacidad su velocidad de transmisión es limitada a un mayor rango de tiempo y todo por poseer en la red tecnología híbrida (cobre en su composición). Un modelo aplicado de esta tecnología por las empresas de cable y televisión es la ya conocida tecnología HFC (híbrida fibra – coaxial).

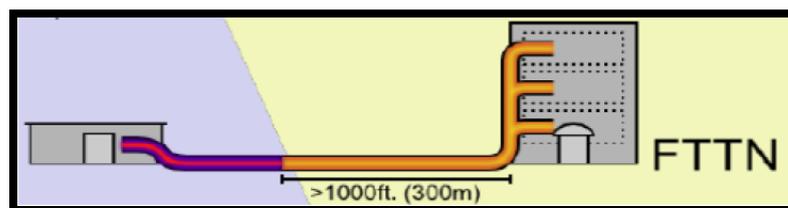


Figura 13. Tabla comparativa FTTN.

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

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

FTTC es semejante a FTTN, se diferencian debido a que el nodo se encuentra a menor distancia del usuario, a una distancia menor a 300 metros.

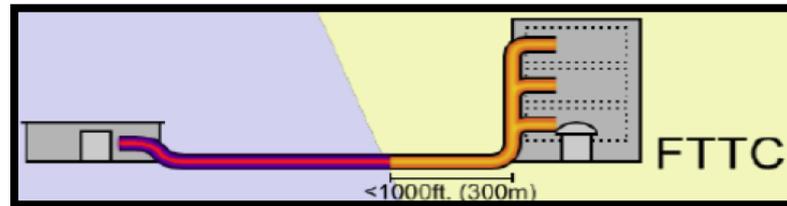


Figura 14. Tabla comparativa FTTC.

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

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

FTTB esta clase de red que finaliza a pie del edificio y consecuentemente esta red interior se distribuye a cada uno de los clientes a través de cables coaxiales u otro materiales.

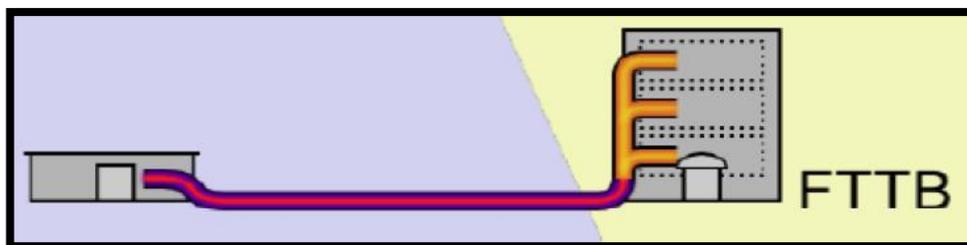


Figura 15. Tabla comparativa FTTB.

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

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

FTTH tipo de red de telecomunicaciones la cual tiene como principal medio de transporte a la fibra óptica y se conecta desde un nodo central hacia el hogar o institución del cliente. Cuando la señal este a disposición del cliente, esta puede ser distribuida por el área a través de todo tipo de material, comúnmente por par trenzado de cobre, redes coaxiales, redes inalámbricas, redes eléctricas o la misma F.O.



Figura 16. Tabla comparativa FTTH.

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

## 2.2.6 Tecnología FTTH

El producto final el cual se proporcionará con este tipo de red es el servicio de telefonía, datos y TV para el hogar. Por su elevada velocidad de Tx la red FTTH podrá cubrir y cumplir con el servicio ya mencionado. El servicio de telefonía, datos y TV se basa en la unión de los servicios de voz, data y televisión, para ello se recurre a la utilización de una misma red o medio y de esta forma cubrir las tres demandas en el lapso de tiempo y lugar cubriendo la necesidad del cliente con la calidad deseada. El servicio de TV tendrá la función de IPTV (Televisión IP). Por lo cual el ancho de banda será variable dependiendo de la carga que se presente, para ello será necesario niveles altos de velocidad de transmisión de datos para cubrir deportes o cine en casa (NETFLIX, AMAZON).

Las ventajas del servicio de telefonía, datos y TV para el hogar es respecto a los bajos costos presentes en el despliegue y soporte de la red; por lo tanto, el proveedor ocupa un solo canal de datos para transmitir los distintos servicios. Por su lado el cliente, frente a esta disminución en los gastos operativos en el proveedor permitirá la reducción del costo total al unificar el servicio de Tv , Datos y Telonio. Una de las ventajas más importantes es la economía del espectro ocupado, debido a que esta tecnología permitirá unificar los servicios ya ofrecidos. Consecuentemente esta tecnología presenta sus contras así sean mínimas. Los servicios al presentar el mismo canal de comunicación comparten el ancho de banda asignado. Estos deberían ofrecer igual o superior calidad que los servicios ya acostumbrados manteniendo esta calidad en el servicio por tratarse de una red dividida, no obstante, hay probabilidad de presentarse errores de caídas en las tasas de transmisión, errores de enlace, errores recurrentes en las configuraciones y perdidas en los paquetes, tráfico de datos.

### **2.2.6.1 Ventajas de las redes FTTH**

- Gran capacidad frente a la Tx de información.
- Mínimas pérdidas: Largos tramos sin repetidores (hasta 20 Kms ).
- capacidad de proporcionar N-Play sin limitaciones, y futuros servicios con gran ancho de banda. La red totalmente es totalmente pasiva, no tiene la necesidad de integrar equipos electrónicos en la planta externa. Permite la actualización de una red CATV a FTTH, y seguir proporcionando televisión ya sea analógica o digital.
- Admite no solo Televisión IP, también Televisión tradicional como la analógica (CATV), minimizando costos de soporte de la red (OPEX), entre otros.
- Es la mejor opción para cable operadores que requieren actualizar su planta externa, por presentar deterioro con el paso del tiempo.
- Una de sus principales ventajas es su proyección. Capacidad de ampliar su ancho de banda (futuro, escalable a 10Gbps) permite acoplar nuevas tecnologías, solo actualizando el equipo en la central, sin necesidad de generar actualizaciones en la red.

### **2.2.6.2 Desventajas de las redes FTTH**

- Alto porcentaje de daños en las fibras
- Los diminutos núcleos de los cables requieren alinearse con extrema precisión al momento de fusionarlos, con esto evitar una alta pérdida de señal.
- Mayor nivel de complejidad al reparar un cable de fibra roto.
- Se requiere de personal capacitado para realizar las soldaduras y empalmes.
- Sólo pueden adquirir este servicio los clientes que viven en las zonas urbanas por las cuales se encuentran ya desplegadas las redes de fibra óptica.

## **2.2.7 Ventajas y desventajas de las redes PON.**

### **2.2.7.1 Desventajas de las redes PON**

- La utilización dispositivos ópticos como Splitters genera atenuación en la potencia óptica inicial. En consecuencia, al incrementar el número de dispositivos ópticos en el sistema generarías mayores atenuaciones. Otro inconveniente que genera atenuaciones en la red es el sobreestimado número

de clientes; debido a que, al presentar un aumento de clientes se requeriría de un mayor número de Splitters con mayores divisiones y por lo tanto se presentarían mayores pérdidas(db) en el sistema.

- La data se transmite por medio de la misma red física, la cual eleva la cantidad de clientes y con ello se reduciría la privacidad de la red. Deseando evadir este problema se necesita entablar un elevado nivel de programación.
- Los clientes se encuentran enlazados al OLT desde la una misma red, por lo tanto, si esta red física presentara daños los clientes posteriores a la avería no contarían con los servicios por el momento. Como posible solución para esta observación se solicita tener dos o más divisores ópticos. La primera solución constaría de un diseño en anillo, el consiguiente con un diseño de árbol. Por lo tanto, de presentarse una ruptura o daño físico de la red este puede recurrir a uno de los dos diseños como posibles soluciones ante una eventual caída del servicio.

#### **2.2.7.2 Ventajas de las redes PON**

- La utilización de dispositivos no electrónicos (pasivos) disminuye los gastos operativos en la red y con ello disminución de los gastos de soporte.
- El área de cobertura es superior comparada a otras redes ya existentes pertenecientes al rubro de las comunicaciones, y que proporcionan el mismo servicio. La mayor distancia que puede cubrir esta red desde la OLT y ONT es en total de 20 Km, a diferencia de otras tecnologías que presentan una distancia no superior a los 3 Km
- La velocidad de descarga supera los 2.5 Gbps por cliente. Por lo tanto, puede proporcionar de manera eficaz los servicios telefonía, datos y TV para el hogar

### **2.3 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS**

#### **Redes FTTH**

Las mencionadas redes FTTH son redes complejas compuestas principalmente por redes ópticas cuyo destino son los clientes. La tecnología FTTH en la actualidad

se encuentra en proceso de implementación en distintas zonas urbanas del mundo y cuenta con millones de clientes interconectados a la red de datos por medio de esta innovación cuyo concepto la denomina red de última generación.

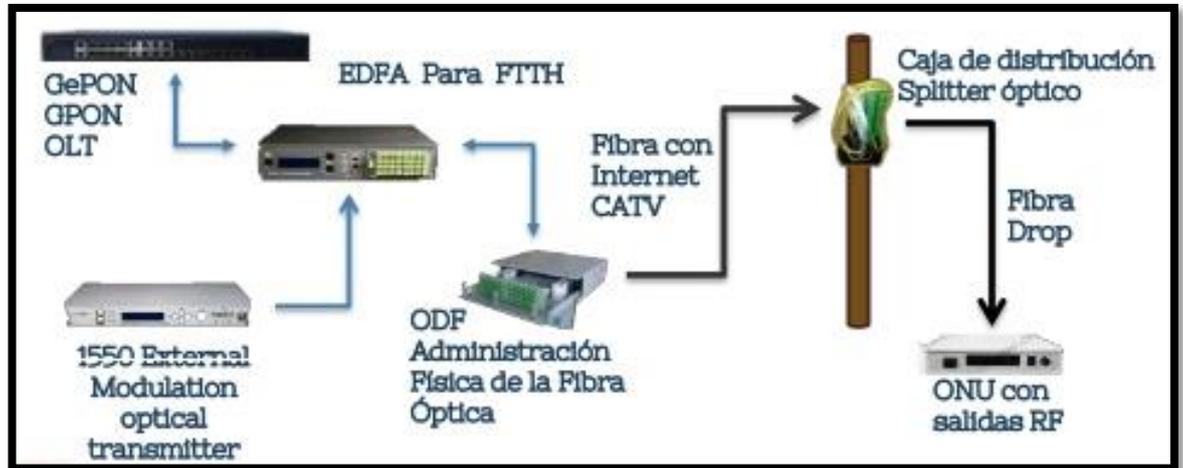


Figura 17. Arquitectura FTTH.

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.

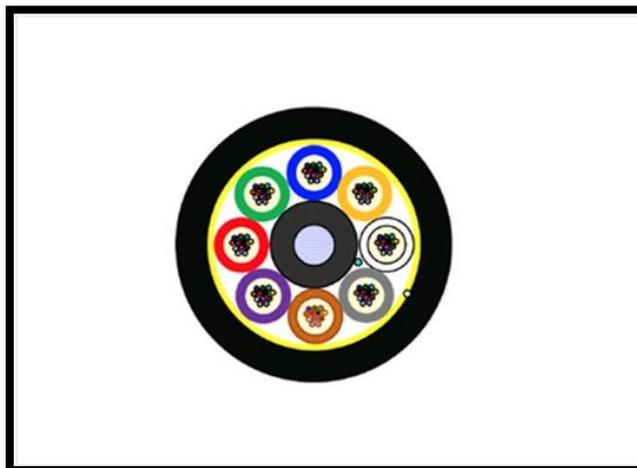


Figura 18. CABLE FIBRA ÓPTICA ADSS 96 SMF.

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 (convertidor 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.*

### **ST (Straight Tip ó Punta Recta)**

Es el conector más popular usado principalmente en terminaciones de cables MM y para implementaciones de Redes.

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

Conector de mínimas pérdidas, usado principalmente en instalaciones de SM e instalaciones de Redes y CATV.

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

Conector pequeño y manejable, utilizado en Transceivers y equipos de comunicación de alta capacidad de datos.

### **FC (Ferule Connector ó Conector Férula).**

Dispositivo utilizado en equipos de medición como OTDR. Además, mayormente utilizado en conexiones de redes CATV.

### **ODN (Red de distribución óptica).**

La ODN es el medio de comunicación óptica para la interconexión física de las ONU a los equipos OLT. Su distancia y alcance es de 20 km o más. Internamente en la ODN se puede observar, el cable de fibra óptica, los conectores de fibra óptica, los divisores ópticos pasivos y los componentes auxiliares colaborando entre sí.

### **ONU (Unidad de red óptica)**

La ONU transforma las señales ópticas enviadas a través de la fibra en señales eléctricas. Estos pulsos eléctricos son dirigidos a los clientes individuales. Por lo tanto, existe cierta distancia u otra red de datos entre la ONU y las instalaciones donde se ubica el cliente final.

## **PON (Red óptica pasiva)**

Una red óptica pasiva (PON) es una estructura de red que posee cableado de fibra óptica que dirige la señal de casi todo el tramo hasta el cliente final. El sistema se denomina de diferente forma según dónde finalice la red PON, por lo cual, tenemos: 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 se encuentra geográficamente a 220 metros sobre el nivel del mar consiguiendo su parte más alta a 2240 m.s.n.m. (cumbres Cerro Colorado), posee un área de 131.250 Km<sup>2</sup> (1.7 veces más grande que el distrito Comas), conforma el 4.91% del area de la Provincia de Lima y el 0.38% del

área 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.ine.gob.pe/ASSETS/PLANGOBIERNO>

## UBICACIÓN:

Tiene como distritos colindantes a los siguientes distritos:

Por el Norte: se encuentra el Distrito de Carabaylo.

Por el Noroeste: se encuentra el distrito de Comas.

Por el Sur se encuentra el Distrito de El Agustino.

Por el Este con el Distrito de: Lurigancho - Chosica

Por el Noreste: colinda con el Distrito de San Antonio de Chaclla - Huarochirí

Por el Oeste con el Distrito de Independencia

## POBLACION

San Juan de Lurigancho es el distrito de mayor tasa poblacional del Perú y América Latina (Densidad Poblacional = 8,148 Hab/Km<sup>2</sup>); 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 <sup>1</sup>	1,069,566	22,000
2015	1,091,303	21,737

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

### 3.1.2 Alcance, limitaciones y área de despliegue.

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

El diseño de esta red es para los hogares y pequeños negocios, debido a que es un diseño de fibra destinado a hogares, por lo cual se omitió industrias y zonas comerciales.

Este proyecto se evoca generalmente en el desarrollo e implementación de una red de fibra óptica (FTTH), y por lo cual se omitirá un mayor desarrollo teórico en los servicios de datos, telefonía y Tv, por lo cual será abordado sin profundizar en conceptos.



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 escogió para el diseño cuenta con una cantidad total de 148 viviendas interconectadas a un divisor óptico de (SPLITTER) 1:4, de esta forma se consiguen 256 puntos cliente; debido a que cada tramo será interconectado desde un puerto GPON con la velocidad de transmisión suficiente para brindar cobertura a 32 clientes. Para seleccionar de la cantidad de enlaces a desplegar desde el OLT hacia los diversos puntos ópticos, se procede a enumerar las siguientes condiciones:

- Cantidad de clientes por calle
- Posibles averías en la red
- Posibilidad de nuevos clientes en la urbanización
- El despliegue de una plan o red de contingencia

#### 3.1.4 Validación de diseño en terreno.

Se procederá a realizar una inspección al área destinada, área la cual se consideró por su referencia geográfica en cada uno de los postes de la red, de igual manera por poseer presencia comercial y estructural del operador América Móvil, estructuras 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.

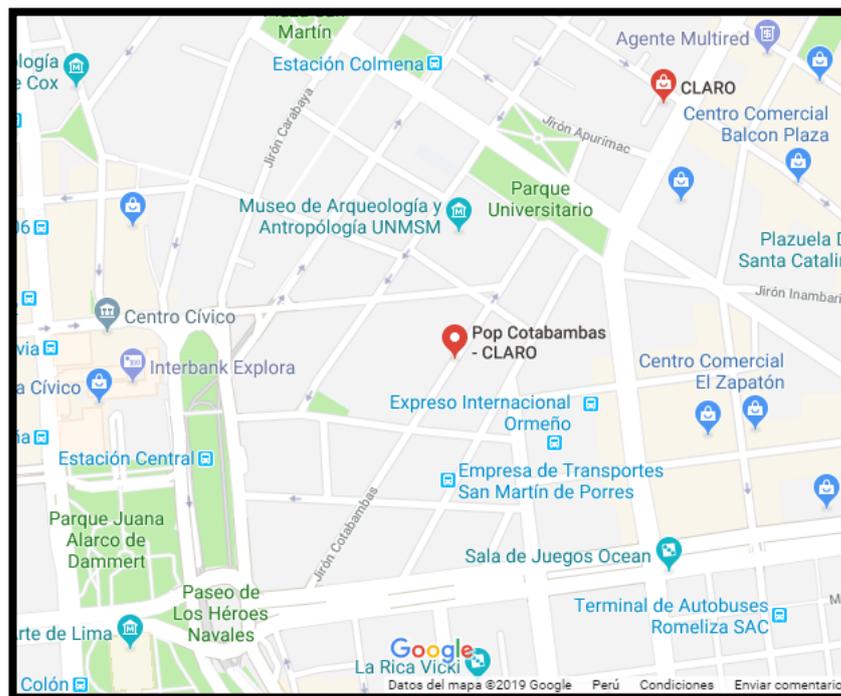


Figura 27. Ubicación geográfica POP Cotabambas

Fuente: Google Maps.

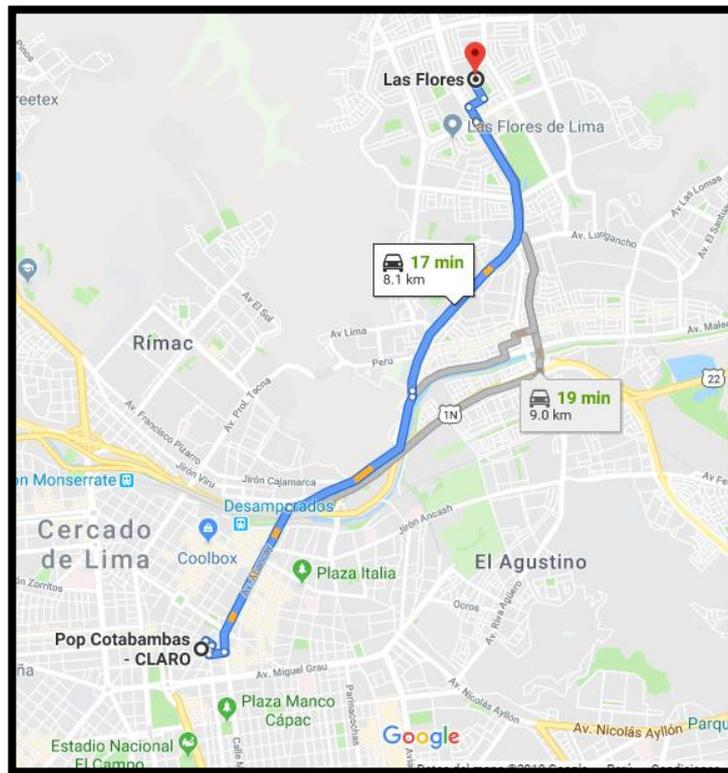


Figura 28. Distancia entre el POP Cotabambas y la Urb. Las Flores.

Fuente: Google Maps.

### 3.1.6 Cálculo del presupuesto óptico.

En la actualidad los valores de operatividad de los equipos ONT de cada hogar utilizados por América móvil del Perú se ubican en un nivel de operatividad eficaz entre -12 dB y -28 dB bajo las recomendaciones del proveedor de tecnología.

De presentarse niveles inferiores generarían saturaciones en los niveles por lo cual el ONT sería incapaz de entablar comunicación con el equipo OLT encargado proporciona esta información; de presentarse niveles mayores, produciría bajos niveles de transmisión (perdida de paquetes), comúnmente denominado pixelación de tratarse del servicio de video por demanda. Por esta razón es que al proponer este diseño se requiere que los niveles(db) de comunicación al llegar a los hogares y equipos ONT se encuentren en los niveles solicitados.

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. En la actualidad América Móvil del Perú usa SFPs con niveles de salida con 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.

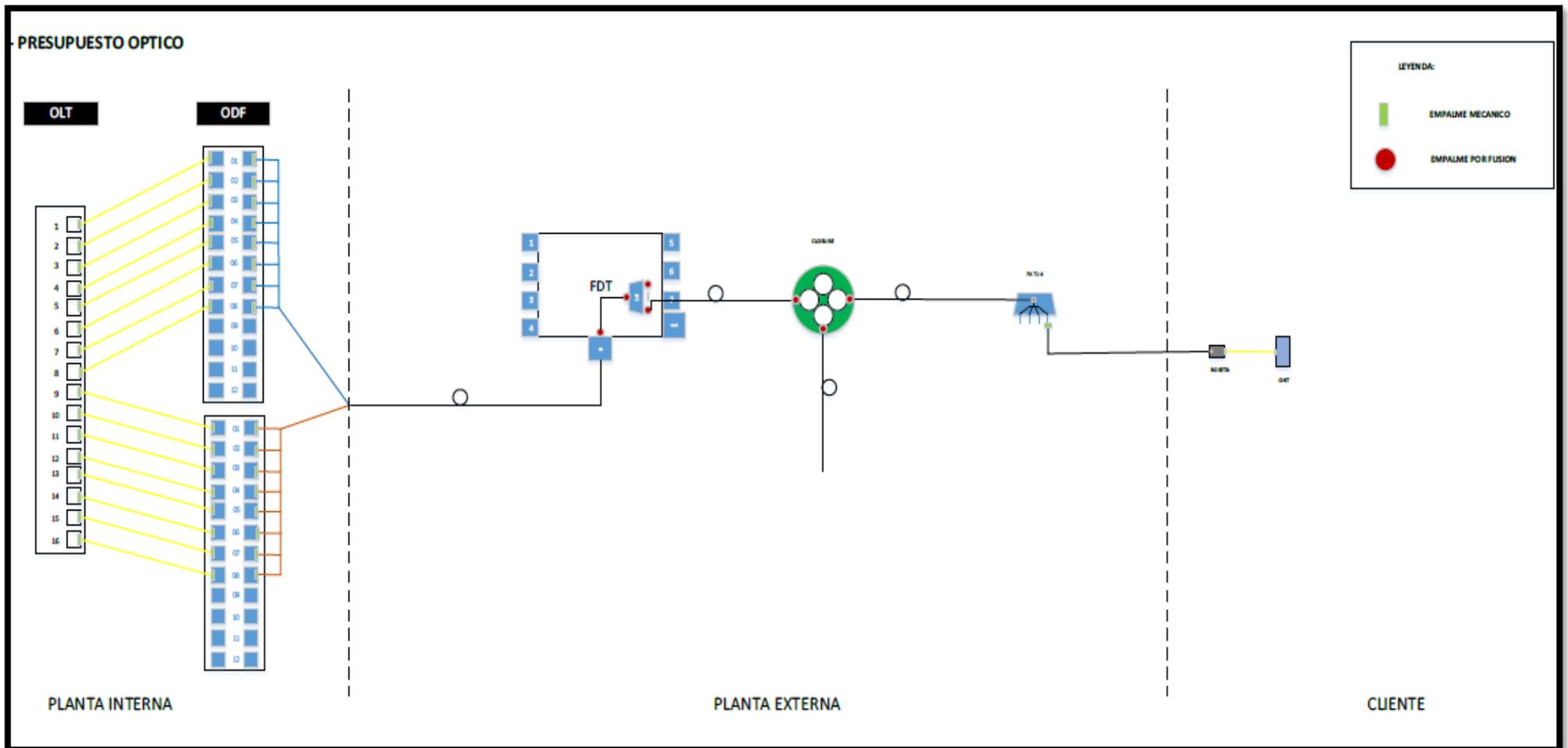


Figura 30. Presupuesto óptico.

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

### 3.1.6.1 Atenuación por conectividad.

La atenuación calculada que exceda el cálculo en los niveles puede referirse a problemas en la red, ante todo, se debe proceder con la limpieza del conector, cambio de Patchcords que presentan averías y finalmente proceder a repetir la recolección de datos.

Los niveles arrojados por el OTDR al validar la fibra deben ser verificados, de esta forma detectar altas atenuaciones en los conectores, empalmes o detectar alguna otra avería física como curvaturas. Adicionalmente para un mejor descarte se recomienda comparar las pruebas de un sentido Vs el sentido opuesto.

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

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

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
<b>Total perdida por conectividad</b>			<b>19.9</b>

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
<b>TOTAL DISTANCIA</b>	<b>11.2</b>	<b>Atenuación total</b>	<b>3.892</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.6.3 Presupuesto óptico final.

Las pruebas serán validadas como Pasa/Falla según el nivel de calidad obtenido por los supervisores de calidad, empresa operadora de la red, condiciones del proveedor o consideraciones aplicadas.

La comprensión de los resultados se conforma de anomalías o excepciones que el tramo de fibra presente. Esta etapa es delicada para realización de evaluaciones de desempeño y disminuye 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, posteriormente se dará a conocer el Diseño de Red final, en el cual se informará sobre la nomenclatura a utilizar a modo de conocimiento general y entendimiento del diseño.

### 3.1.7.1 Diseño de Plano (Autocad).

Ya finalizada la validación de la zona de despliegue, validación de la ubicación geográfica de la PINT, así como también los cálculos estimados del presupuesto óptico FTTH, se procede a plasmar en Autocad la red de fibra de la nueva red a desplegar en el sector. La red es dibujada con líneas de color rojo(96 hilos), azul(48 hilos) y lila(24 hilos), las cuales identifican las distintas fibras seleccionadas según los hilos que las conforman.

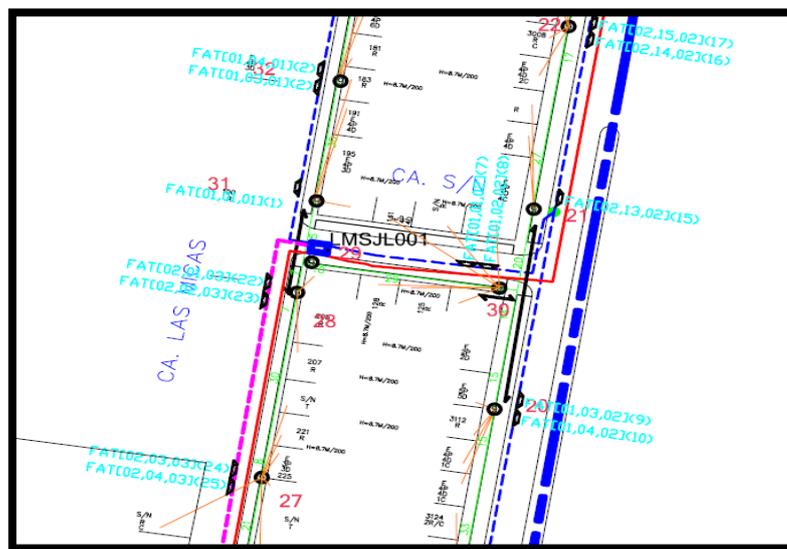


Figura 31. Plano ejemplo de la red implementada.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.7.2 Nomenclatura.

En la siguiente fase se menciona la principal nomenclatura a utilizar en los planos a modo de referencia y como guía para la adecuada lectura de ésta.

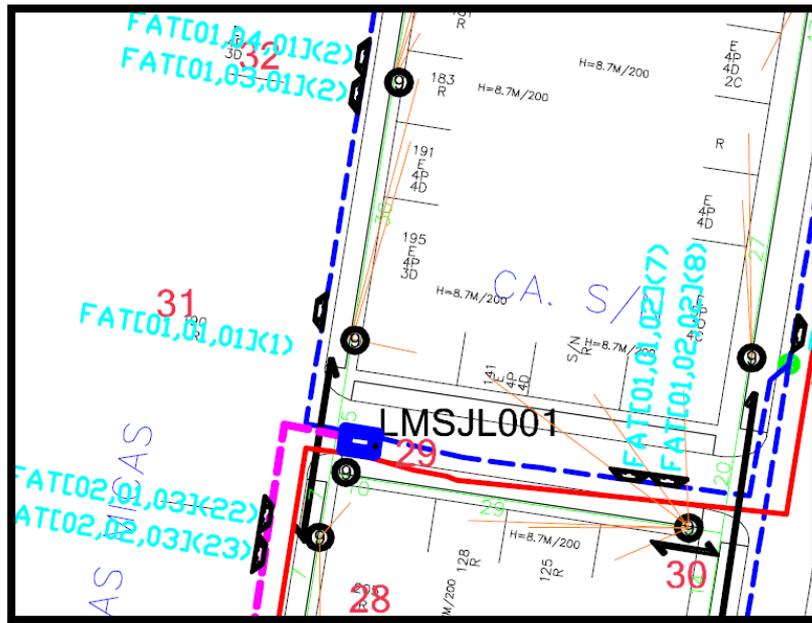


Figura 32. Visualización de la nomenclatura correspondiente al plano AutoCAD.

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
<b>ELEMENTO</b>	ID	EJEMPLO FAT[02,03,05](21)	17	
<b>TECNOLOGÍA</b>	FAT	FAT	3	
<b>AGRUPACIÓN</b>	[]	[]		
<b>Separador</b>	,	,		
<b>N°Splitter 1:8</b>	XX	03	2	Splitter de 1er Nivel al cual está conectado el FAT
<b>N°Hilo del Splitter 1:8</b>	YY	05	2	Salida del Splitter de 1er nivel al cual está conectado el FAT
<b>N°Puerto FDT</b>	ZZ	02	2	Puerto de salida de la fibra que brindará la conexión a los elementos FAT
<b>Separador</b>		()		
<b>N°de FAT Correlativo</b>	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 etapa se comienza a construir en el área designa el proyecto, para lo cual el Contratista proporciona cuadrillas de planta externa, quienes desplegaran cada uno de los metros de cables de fibra óptica según el 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 plasmar la red en Autocad, es posible realizar el cálculo del metraje a desplegar con respecto a cables coaxiales y de fibra óptica debido a que se tiene conocimiento de 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/.)
<b>TRAMITES LEGALES</b>							
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							<b>S/ 12,170.24</b>
<b>EQUIPOS DE COMUNICACIÓN E INTERCONEXION</b>							
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							<b>S/ 53,226.48</b>

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/.)
<b>MATERIALES Y ACCESORIOS FEEDER / INCL. MANO DE OBRA</b>							
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
<b>SUBTOTAL</b>							<b>S/ 126,342.62</b>

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/.)
<b>MATERIALES Y ACCESORIOS FDT / INCL. MANO DE OBRAS</b>							
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
<b>SUBTOTAL</b>							<b>S/ 119,078.28</b>
Subtotal sin IGV (S/.)							S/ 310,817.61
IGV: 18% (S/.)							S/ 55,947.17
<b>TOTAL</b>							<b>S/ 366,764.78</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los costos de implementación para esta red son de 366,764.78 nuevos soles incluido IGV. El dinero gastado se recuperará con el cobro que se realizará a los clientes al brindar los servicios de Internet, IPTV y VoIP, para ello se realizará 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 esta etapa del trabajo se aplicarán 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 su Diseño, se procede a derivar el proyecto a los Contratistas de planta externa de América Móvil del Perú, los cuales cuentan con 5 días hábiles para analizar el proyecto y formular cualquier tipo de consultas, modificaciones, etc. Paralelamente, se inicia la solicitud interna de los materiales y equipamiento del proyecto al área logística, los cuales se derivan al Contratista respectivo; una vez realizada la entrega de materiales se procede a la construcción de la red.

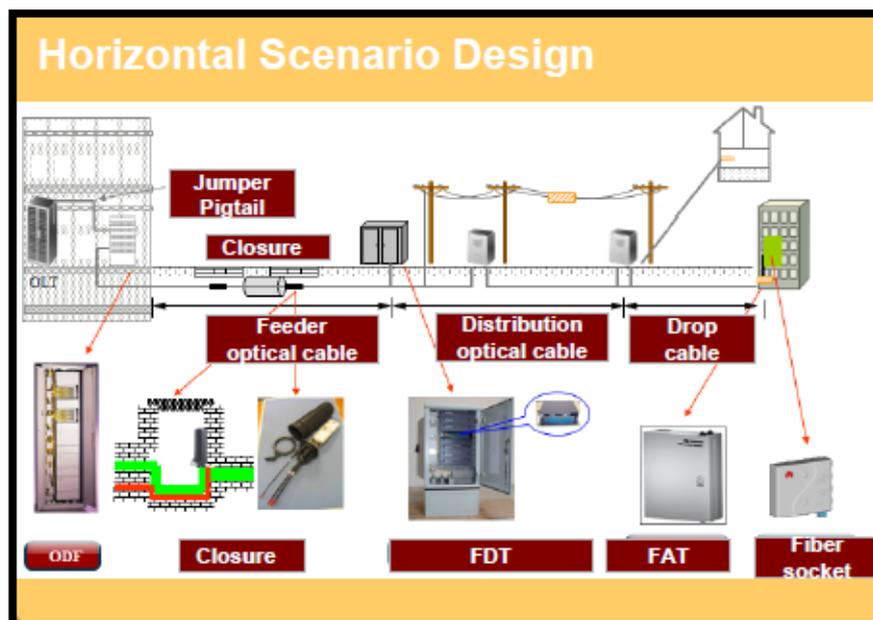


Figura 38. Escenario de despliegue horizontal.

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

### 3.1.10.1 Procedimiento canalización de fibra óptica.

Para validar 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.
- Límite de distancia de tracción.
- Accesibilidad a los ductos en puntos intermedios.
- Periodos de trabajo
- Bloqueo de tráfico.
- Relación de diámetro entre cables y ductos
- Pendiente máxima de la ruta asignada.
- Cantidad de tramos inclinados o curvos sobre la distancia del 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 revisará los ductos asignados por diseño.
- Considerar que el cable no debe ocupar más del 70% del espacio disponible en el ducto.
- En el despliegue del cable en la cámara, al ser extendido, no debe bloquear el recorrido de los cables ya desplegados o proyectados.
- La tensión de tracción durante el tendido del cable no debe ser mayor a la tensión permitida. Se debe tener conocimiento previo de los valores máximos y mínimos indicados por el fabricante.
- El tendido de cable se realizará principalmente a través de tracción manual y será asistida en casos de tramos largos, cuya distancia de tendido entre cámaras sea igual o superior a 200 metros. De usar winches, la tensión ejercida deberá supervisarse en todo momento a través de un dinamómetro.
- Cada carrete debe desplazarse según el sentido de giro indicado por el fabricante.
- Cuando se extiende el cable, este debe estar sobre una superficie limpia.
- Se debe considerar el radio de curvatura mínimo permitido.
- Mantener el inicio del cable sujeto al carrete hasta llegar al área donde se desplegará el tendido del cable. No liberar el inicio del cable hasta el momento de empezar con el tendido.
- Establecer una comunicación constante entre los puntos de soporte, alimentación y posiciones de control.
- Para evitar averías al cable, se necesitarán de poleas de arrastre, cuya función es eliminar las sobre tensiones que se podrían presentar durante la tensión.
- Si el cable debe ser removido del carrete, antes o durante su instalación, se recurrirá a la configuración de figura ocho para evitar posibles nudos y/o torcedura. Colocar bloqueos protectores, para redirigir el tránsito de vehículos o personas sobre la fibra óptica.

## Tendido.

- Una vez definida la ruta del tendido de fibra óptica, los recursos humanos y equipamiento disponibles, se debe desplegar un plan de tendido el que se debe asumir los siguientes puntos:
- Máxima fuerza de tracción, según cada tramo de tendido.
- Puntos adecuados para la ubicación de las cajas de empalmes.
- Asignación de ducto
- Variantes en la elevación
- Niveles de curvatura.
- Distintos obstáculos en la ruta trazada.
- Puntos de emplazamiento de carretes.
- El despliegue se orientará a que el tendido se ejecute siempre de mayor a menor elevación.

## 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.

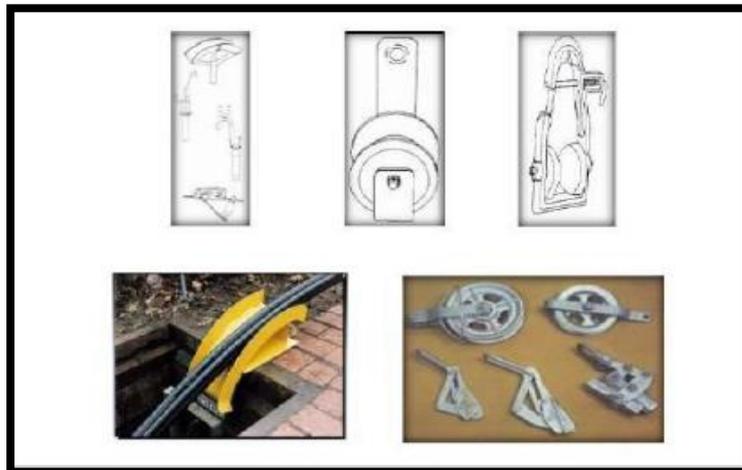


Figura 39. Elementos de transporte fibra óptica.

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

- Se recurrirá a la lubricación del cable solo si ésta ha sido previamente planificada. Sí se utiliza extracción intermedia, no se recomienda aplicar lubricantes al cable, dado que perjudicara su manipulación.
- El lubricante debe ser suministrado manualmente, utilizando paños limpios o bien mediante dosificadores.
- Contar con suficiente lubricante, para cubrir la longitud de cable a manipular.
- Empezar a lubricar una vez que el cable ha ingresado algunos metros en el ducto.
- Aplicar solo el lubricante requerido para cubrir la capa externa. No aplicar lubricante en mayores cantidades, dado que esto dificultaría 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

Culminada la fijación del cable, se procederá al cierre de cada uno de los ductos involucrados, para ello se utilizará el elemento aprobado por la empresa (T-DUX). Terminada el tendido del cable se administrará en todas las cámaras por donde paso el cable de fibra las etiquetas que ayuden a identificar que el tendido es de fibra óptica, estas se colocaran al cable en las entradas de los ductos, en la parte media de la cámara, cerca de las mangas de fusión y en el túnel de cables. Así

mismo se rotulará 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 comienzo del despliegue en terreno, se debe tener conocimiento técnico de los planos de diseño, verificar en el área que la longitud de los vanos coincida con lo indicado en los planos. Se debe validar la ruta completa y dejarla libre de obstáculos, podando los árboles existentes si es necesario, extrayendo las anillas de dirección para despejar la ruta del cable y facilitar la movilización de la máquina enlazadora posterior al devanado. En puntos de alta fijación del cable telefónico con ramas de árboles o redes eléctricas, se deberán utilizar molduras adicionales de PVC para la protección del cable telefónico.

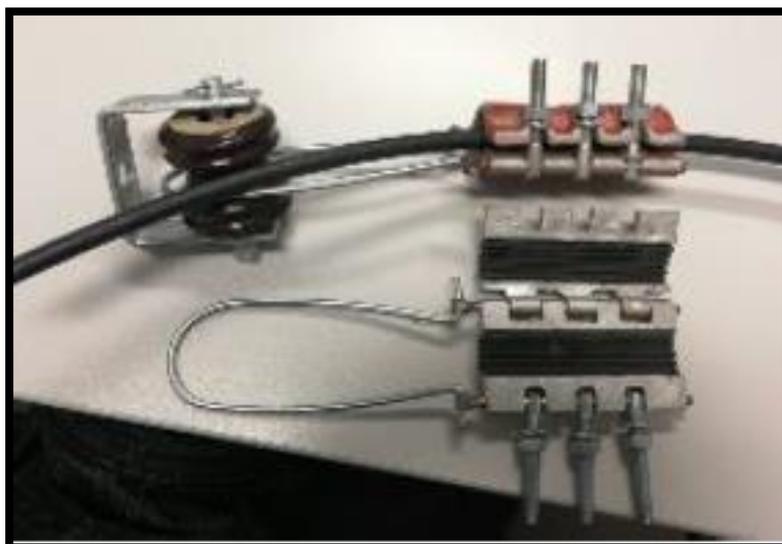


Figura 42. Herraje de Tensión y Protección.

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.

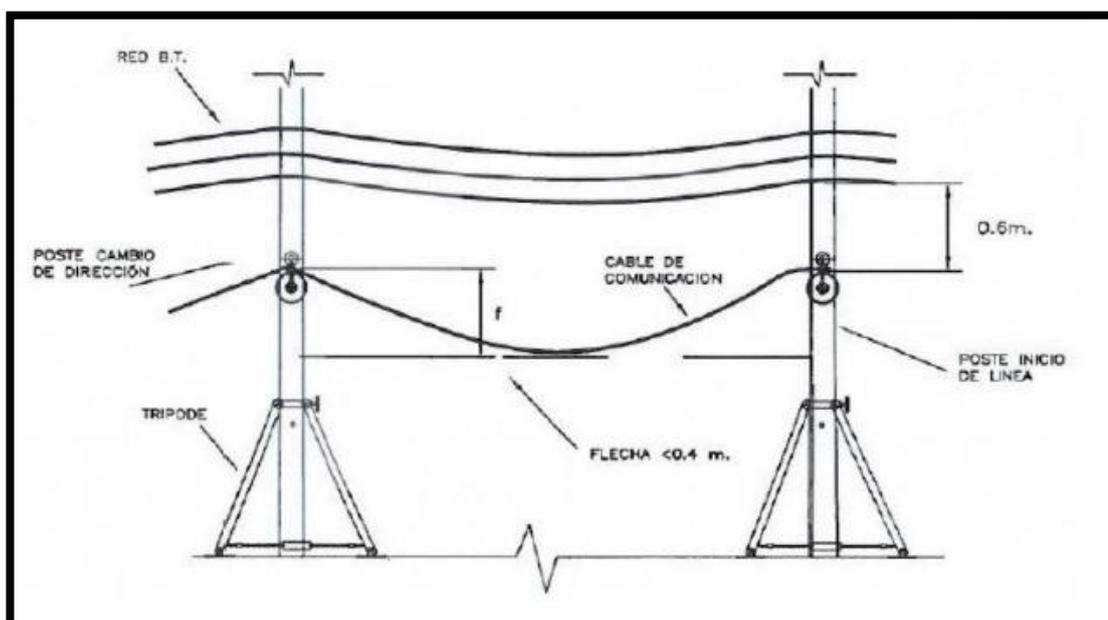


Figura 43. Tensado en postes de red existentes.

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

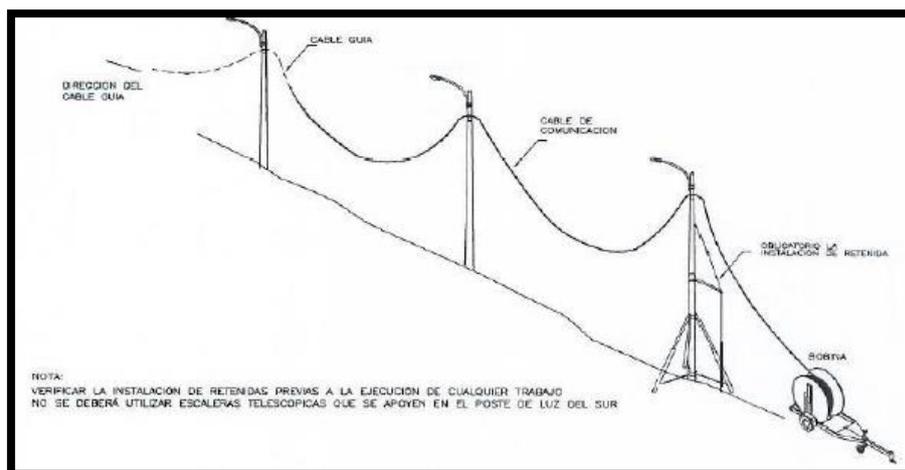


Figura 44. Uso de Bobina y poleas para protección.

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 el despliegue, se verificará:

- Cumplimiento de las Normas de Seguridad
- El uso correcto de equipos y herramientas
- La protección del cable no haya presentado deformaciones, rajaduras, debido a su instalación y/o su retiro.

- La distancia del tendido en sus extremos este de acuerdo con el trabajo a ejecutarse.
- La curvatura y amarres estén de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica.
- Las puntas del cable tendido y el sobrante en bobina estén debidamente selladas.
- La longitud y flecha del cable instalado sean las apropiadas
- La administración de protectores.
- La fijación 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:

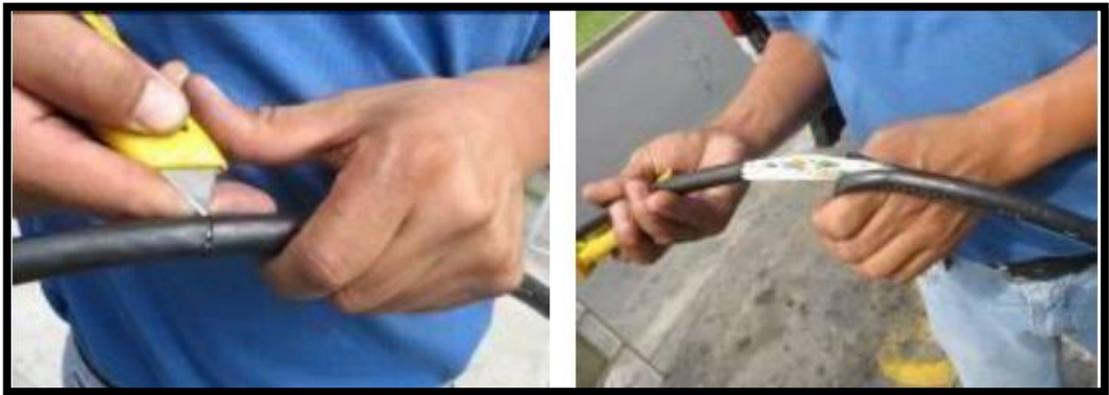
#### **Empalme recto:**

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:

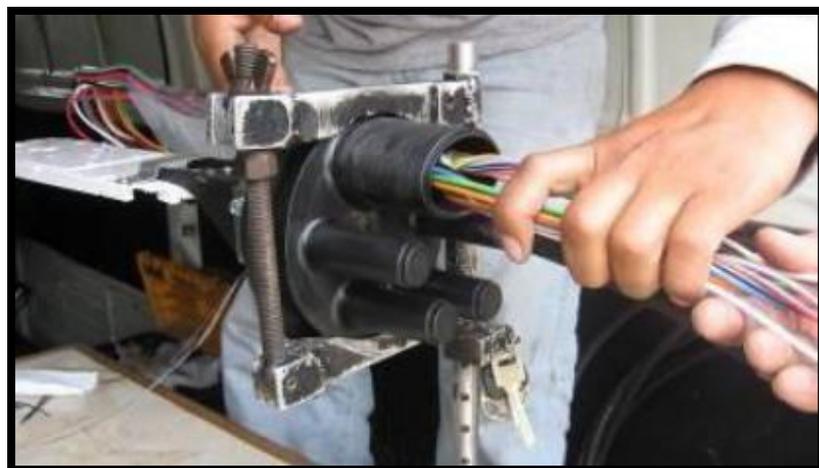
- Se debe contar con una mesa de trabajo en la cual este adherido en su superficie un soporte especial para mufa.



*Figura 49. Acondicionamiento de la fibra.*

Fuente: Elaboración propia.

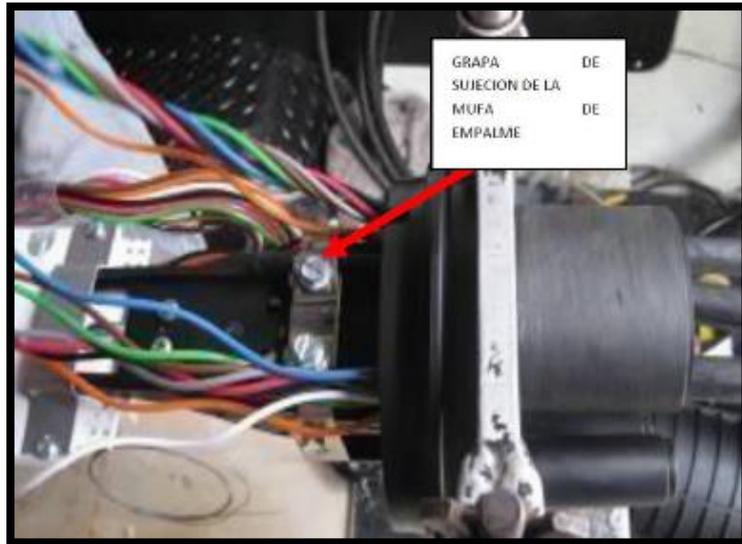
Colocar el sello termo contraíble hasta el límite entre los buffers y la chaqueta del cable, luego de ello introducir los buffers en la manga de empalme.



*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.

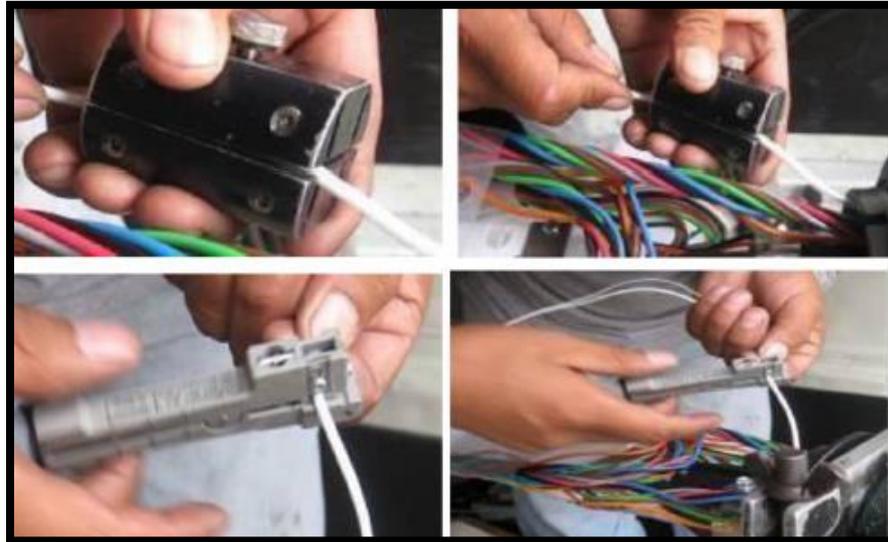


Figura 53. Retiro de tubos Buffer.

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  $\mu\text{m}$  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.

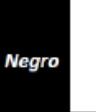
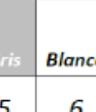
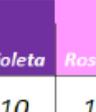
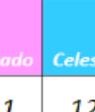
<b>Tubos</b>												
<b>Fibras</b>												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Figura 55. Código internacional EIA/TIA 598.

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

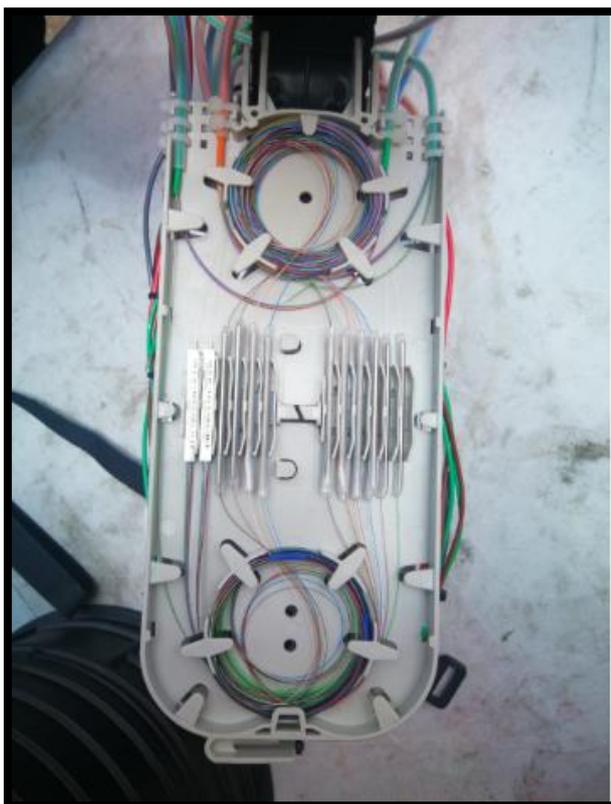
Una vez realizada la fusión de la fibra esta se colocará protegida con un protector de empalme termo contraíble no mayor de 45 mm de longitud en el horno de la máquina de empalme.



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.

Las redes GPON están fabricadas de cables de fibra, que son unidos a través de fusiones, conectores y elementos pasivos como Splitters. Estos enlaces son probados antes de interconectarlos al sistema con el objetivo de obtener la mejor calidad y el óptimo desempeño de los elementos de la red.

Las pruebas y las técnicas 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
<b>Mediciones de Reflectometría (OTDR)</b>	
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 atenuación de la señal óptica durante el tránsito por la fibra. Este test es una medición de potencia relativa y calcula la diferencia entre la potencia de ingreso en un extremo de la fibra y la potencia de salida en el otro tramo.

Esta prueba es la más importante de todas las mediciones a realizar, pues cada variación de transmisor/receptor tiene un nivel de potencia limitado, si este nivel es alcanzado, no se transmitirá señal alguna.

Esta medición siempre se realiza al final del despliegue, durante las pruebas de validación.

### La Pérdida por Retorno (ORL)

La Pérdida por Retorno de una red representa la fracción de la luz reflejada hacia el Tx por el enlace. Es la relación entre la potencia emitida y la decepcionada



## Instrumentos y Herramientas recomendadas

- Equipo de Pérdidas de inserción / ORL
- OTDR equipado con módulo FiberComplete.
- Emisor de luz y un medidor de Px, se necesitan 2 instrumentos en cada extremo o bien que el especialista se desplace a ambos lados para realizar la medición bidireccionalmente.
- Terminadores no reflectivos, (un patchcord y una pluma o lápiz del No 2 es suficiente)
- Punta de Microscopio o FiberChek Probe con los adaptadores requeridos
- Kit de limpieza (Paños, one click)
- Jumper con los conectores requeridos.

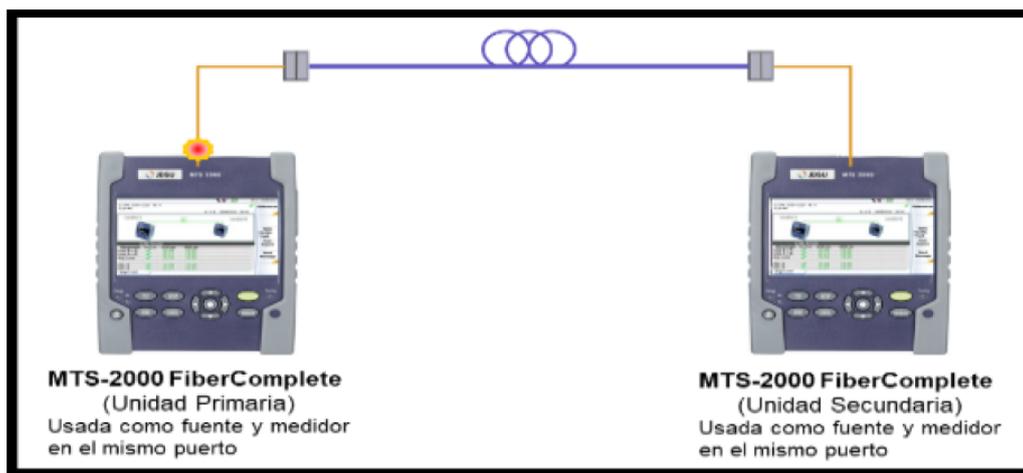


Figura 61. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional.

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

## MEDICIONES DE REFLECTOMETRIA – OTDR

Mide distancia, atenuación en las fusiones, conectores y Splitters.

En las redes GPON se recomienda 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.

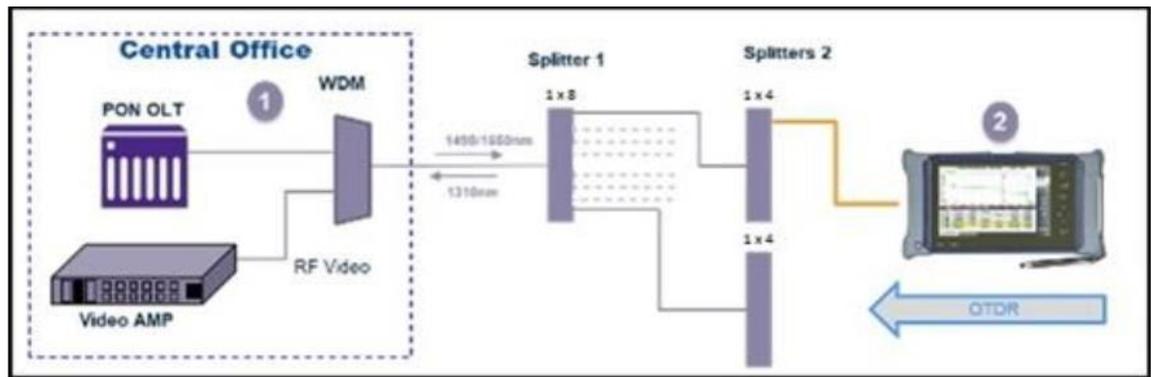


Figura 62. Medición de Pérdida de Inserción Bidireccional.

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

### Condiciones de Prueba

Una manera de obtener valores de un enlace de telecomunicaciones es enviando un pulso de luz al origen de la fibra y verificar cuanto tiempo toma viajar al punto final de la fibra midiendo la luz reflejada en el tiempo. asumiendo el índice de refracción de la fibra, se calcula la distancia en base al tiempo medido.

La medición entrega los siguientes resultados:

- La ubicación y distancia de fusiones, conectores, Splitters y fallas (desde el origen o desde el evento anterior)
- Pérdida por conector, fusiones, Splitters o alguna falla
- Coeficiente de atenuación de la fibra. (dB/km)
- La reflectancia discreta de algún evento
- Pérdida de retorno (ORL) de una fracción del enlace total. Esta medida no es tan eficaz 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"> <li>• Longitud de la Fibra</li> <li>• Pérdida en empalmes, conectores, Splitters</li> <li>• Reflectancia en conectores</li> <li>• Detección de Curvaturas 1310/1550/1625 nm</li> </ul>	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).**

Hace referencia a la pérdida presente en cada uno de los empalmes por fusión de la red FTTH, el cual representa 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, esta tecnología presenta pérdidas de 0.35 dB/Km.

Corresponde -3.892 dB.

Hallando la pérdida total obtenida durante todo el tramo de la red, obtenidas al realizar la sumatoria total esta atenuación asciende al valor de -23.092 dB. A ello se tiene que considerar que la potencia de salida del SFP asciende a 1.5 dB, se tiene:

Atenuación total ONT por hogar estimado:  $1.5 \text{ dB} + (-23.892 \text{ dB}) = -22,392 \text{ dB}$ .

Este valor de potencia obtenido es recepcionado por la ONT del Cliente hogar el cual oscila con valores alrededor de los -22,392 dB, dichos valores se encuentran dentro del rango de aceptación de los equipos ONT y por lo tanto, el diseño de red cumple con los estándares requeridos y demandados.

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.

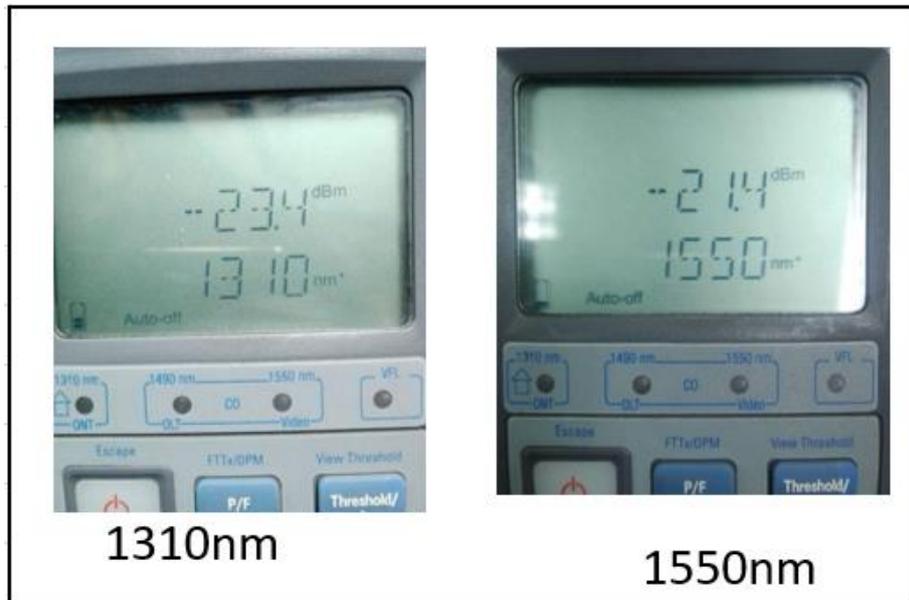


Figura 63. Test de pérdida de potencia en 1550 y 1390.

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2.2 Tasa de transmisión de datos.

En este punto se calculará la velocidad el ancho de banda obtenido para la habilitación de los servicio de datos(data), telefonía (VOIP) y Tv(IPTV).

Por ello se estimará la velocidad de datos de cada tecnología. Primeramente, calcularemos la velocidad del servicio de VOIP. Para ello se utilizará el códec G.729, este equipo mantiene una tasa de upstream y downstream con valores de 31.2 Kbps.

Como segundo punto se validará la velocidad de la tecnología IPTV. Para ello se recurrirá al formato MPEG4 el cual tiene una velocidad de bajada de 8 Mbps y de subida de 1.5 Mbps permitiendo transmitir televisión en alta calidad HD.

Por último, asumiendo que para la tecnología FTTH los puertos (GPON) de la OLT poseen capacidades de 2.5 Gbps de downstream y 1.25 Gbps de upstream, entonces por diseño cada puerto asignado habilitaría la cantidad de 32 usuarios los cuales pueden obtener las velocidades superiores de acceso a la red. Ante una eventual carga máxima de usuarios los valores obtenidos serian de 80Mbps de descarga y 40Mbps de subida.

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	1.3 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 asumirá un tiempo de recuperación de 3 años. En este lapso se asume que es el necesario para la recuperación de los costos de implementación y empezar a generar ganancias.

Bajo este marco presupuestal asumiremos a continuación:

Los costos obtenidos en la adquisición de equipamiento se fundamentaron gracias a las distintas consultas realizadas a los proveedores de soluciones en telecomunicaciones.

El tipo de cambio de moneda luego de consultar la página principal del banco central (BCR) y el valor actual asumido en el cambio es de 3.35.

Se asume un Valor de la Tasa de Costo (TCO) que se utilizó en la construcción de la caja de Flujo que se manejara en el actual proyecto fue de 15%.

Los valores en los gastos operativos, soporte, recurso humano, equipos de contingencia y entre otros, han sido considerados en el presupuesto considerado en el análisis contable.

Los valores estimados en los capex y opex de la red bordan el 10% respecto al costo de construcción.

#### 3.2.3.1 Estimación de ingresos y egresos

Los montos monetarios que el servicio recepcionara se debe a la venta y habilitación del servicio de datos, telefonía y Tv que se proporcionara a los clientes. El servicio de servicio de datos, telefonía y Tv costará alrededor de 280 soles cada

mes y a ello se le suma el pago único de 280 soles por la venta de los equipos ONT que se proporcionará al cliente para la recepción del ancho de banda. El cálculo de las utilidades se obtendrá del cálculo de los ingresos para un lapso de 3 años.

La red está diseñada para la habilitación de 256 hogares, pero como piloto asumiremos un número limitado a 148 hogares los cuales solicitan este tipo de red y por lo tanto vendría a ser una muestra más ajustada a la realidad. El flujo de caja generado no permitirá observar y analizar el VAN y TIR obtenido.

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>	
	<b>A</b>		<b>B</b>		<b>A-B</b>		
<b>AÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>AÑO</b>	<b>VALOR</b>	<b>AÑO</b>	<b>VALOR</b>		
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

Partiendo desde el diseño y desarrollo del presente trabajo a lo largo del análisis entregado, finalmente se llegó a las siguientes conclusiones:

- El diseño represento la viabilidad en la implementación de una red FTTH para brindar acceso a la banda ancha en el distrito de San Juan de Lurigancho urbanización Las flores.
- Este diseño proporciona ancho de banda superiores, en comparativa al mercado actual, con cargas de hasta (80 Mbps) y descargas de (40 Mbps).
- El presente trabajo desarrollo una red la cual abarato los costos, debido a que los costos de adquisición para este servicio son inferiores a los 250 nuevos soles. Este valor es más competente frente a los costos por otras tecnologías que ofrecen velocidades menores para un paquete telefonía , datos y Tv de altas velocidades de upstream y downstream.
- Se trabajo en el desarrollo de una red de alta confiabilidad, debido a que en el diseño se consideró una arquitectura de tipo anillo la cual será desplegada después de esta primera etapa del proyecto, este diseño beneficiará al diseño que ante presentes averías en la red; en resumen, si la red sufriera una alta atenuación se procederá automáticamente con la activación de un puerto de contingencia en la OLT. El puerto de contingencia está comunicado hacia la red de contingencia con la finalidad de interconectarse a la red principal de distribución y continuar brindando los servicios sin interrupciones.
- Actualmente la tecnología FTTH presenta superioridad rente a las redes conformadas por Cu en su diseño y despliegue, las redes que presentan cobre en su diseño requieren de electrónica activa, generando un mayor cuidado en su electrónica, adicionalmente se requiere de un mayor conocimiento técnico para el despliegue de su arquitectura en campo o planta externa.
- La tasa de descarga de cada puerto GPON tiene una velocidad de 2.5 Gbps , con un valor de subida de 1.25 Gbps distribuido en 32 clientes según diseño. Según diseño la central y los terminales ópticos ONT no deben tener una distancia mayo a los 20 Km.
- 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 ubicarse a una distancia no mayor a la recomendada y cerca de los clientes que se les quiere brindar el producto.
- 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.
- 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 se cuenta con la necesidad de implementar estas redes a una mayor escala para poder satisfacer las necesidades de acceso a banda ancha que presentan actualmente la sociedad peruana.

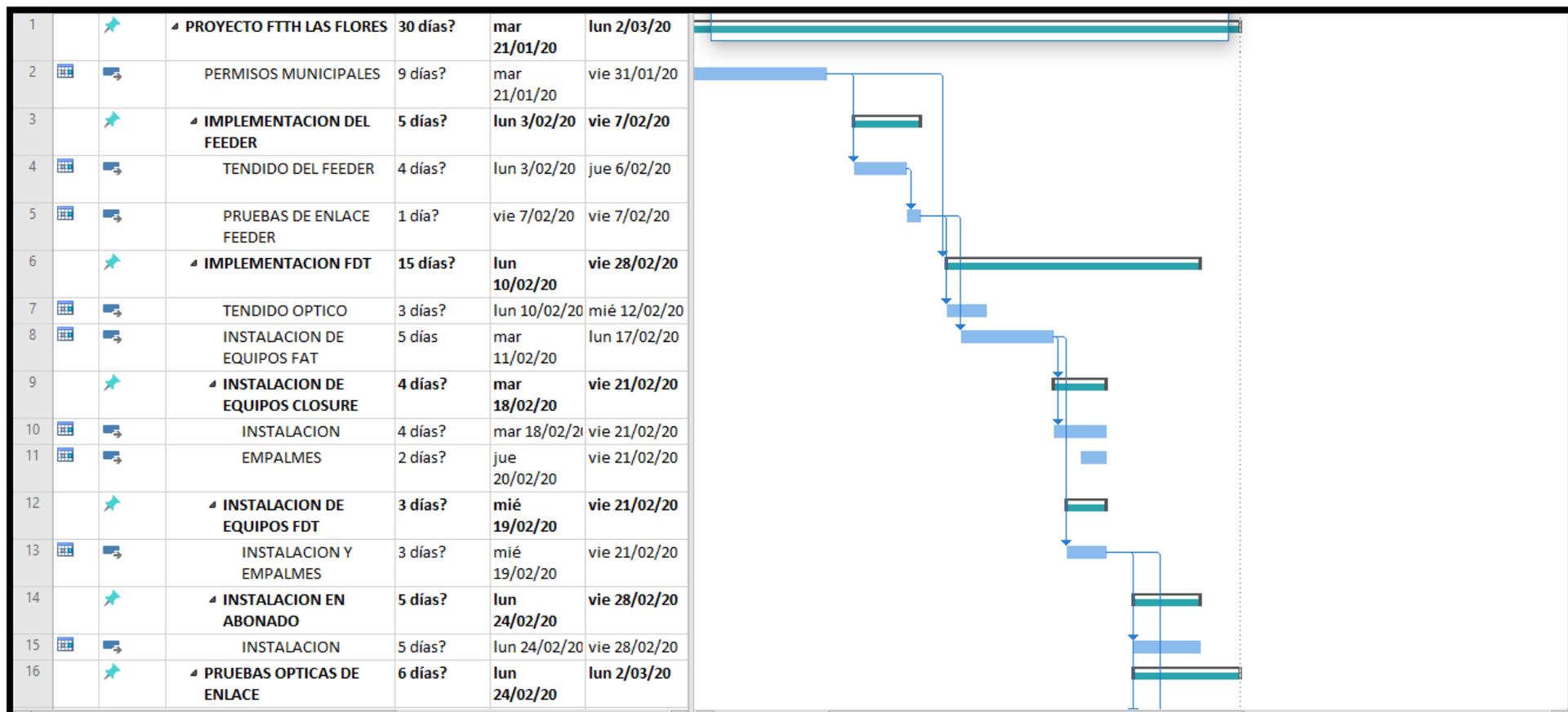
## Bibliografía

- 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](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 Tecnológico 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.**

 <b>Pruebas de Aceptacion / Acceptance Test Procedure</b>			
Prueba de OTDR / OTDR Test Report			
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 | (+)