UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERIA

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE REDES Y
COMUNICACIONES**

**Diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de
videocámaras para el distrito de San Martín de Porres**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero de Redes y Comunicaciones

AUTOR

Castro Mandujano, Rolando Carlos (0000-0001-9394-9060)

ASESOR

Rodríguez Gutiérrez, Alfredo Efraín (0000-0001-6246-049X)

Lima, 08 de abril de 2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre que siempre creyó en mí y siempre estuvo a mi lado dándome ánimos para realizar esta hermosa etapa de mi vida; dedico también este trabajo a mis abuelos paternos y maternos que siempre fueron referentes y ejemplos de vida.

RESUMEN

Los sistemas de transmisión de datos basados en fibra óptica se han constituido en el medio de comunicación más admisible para la transmisión de video, audio, voz y datos; especialmente para comunicaciones de alta velocidad.

En el presente proyecto de tesis se busca diseñar una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres, dada la necesidad de tener una arquitectura de red de fibra óptica; además, de contar con un medio de transmisión confiable para las videocámaras a desplegarse en el distrito.

Uno de los grandes problemas de la arquitectura actual de comunicaciones inalámbrica es la falta de capacidad, crecimiento y disponibilidad de ancho de banda para poder operar correctamente con sus sistemas de seguridad ciudadana. Así, el Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 – 2018 del distrito es el documento en el cual se basa este proyecto, a fin de recopilar información y determinar las ubicaciones críticas que necesitan ser cubiertas por videocámaras de seguridad.

Este proyecto se enmarca en las mejoras a las arquitecturas de red de tipo MAN como es el estándar GPON de tipo FTTH (Fibra hasta el hogar) que es capaz de cubrir grandes distancias sin necesidad de usar repetidores de señal y/o amplificadores, y que además de eso, ofrece un ancho de banda de transmisión de gran envergadura, que proporciona confiabilidad para la transmisión y procesamiento de información que generen las videocámaras de seguridad. Asimismo, cabe mencionar que actualmente, dicho estándar viene siendo implementado por operadores de telecomunicaciones que brindan servicios a través de un solo medio de transmisión que les ofrezca un ancho de banda.

Palabras clave: Estándar GPON; FTTH; fibra hasta el hogar, OLT; ONT

[

Design of a FTTH network based on the GPON standard for the connection of video cameras for the San Martin de Porres district

ABSTRACT

The fiber-optic data transmission systems have become the most admissible means of communication for the transmission of video, audio, voice and data; especially for high-speed communications.

In this thesis project we are looking to design an FTTH network based on the GPON standard for the connection of video cameras for the district of San Martin de Porres, given the need to have an optical fiber network architecture; in addition, to have a reliable transmission medium for the camcorders to be deployed in the district.

One of the great problems of the current architecture of wireless communications is the lack of capacity, growth and availability of bandwidth to be able to operate correctly with its citizen security systems. Thus, the Local Civic Security Plan 2017 - 2018 of the district is the document on which this project is based, in order to gather information and determine the critical locations that need to be covered by security camcorders.

This project is part of the improvements to MAN network architectures such as the GPON standard of type FTTH (Fiber to the home) that is capable of covering large distances without the need to use signal repeaters and / or amplifiers, and In addition, it offers a wide transmission bandwidth, which provides reliability for the transmission and processing of information generated by security camcorders. It should also be mentioned that currently, this standard is being implemented by telecommunications operators that provide services through a single transmission medium that offers them a bandwidth.

Keywords: GPON standard; FTTH; fiber to the home, OLT; ONT

TABLA DE CONTENIDOS

1	ASPECTOS INTRODUCTORIOS.....	1
1.1	ORGANIZACIÓN OBJETIVO.....	1
1.2	CAMPO DE ACCIÓN EN LA ORGANIZACIÓN OBJETIVO	3
1.3	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMAS EN EL CAMPO DE ACCIÓN.....	4
1.3.1	Situación problemática	4
1.3.2	Problemas a resolver.....	5
1.4	OBJETIVOS DEL PROYECTO GENERAL Y ESPECÍFICOS	5
1.4.1	Objetivo General.....	5
1.4.2	Objetivos Específicos	5
1.5	INDICADORES O MECANISMOS DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS	6
1.6	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	7
1.7	ESTADO DEL ARTE	8
2	MARCO TEÓRICO.....	11
2.1	REDES DE TELECOMUNICACIONES	11
2.2	FIBRA ÓPTICA	12
2.2.1	Definición	12
2.2.2	Partes de la fibra óptica	12
2.2.2.1	El núcleo (core)	12
2.2.2.2	El revestimiento (cladding)	12
2.2.2.3	El recubrimiento (coating).....	12
2.2.3	Tipos de fibra óptica.....	13
2.2.3.1	Fibra monomodo	13
2.2.3.2	Fibra multimodo	13
2.2.4	Características de la fibra óptica.....	14
2.3	REDES FTTH.....	15
2.3.1	Redes Ópticas Activas (AONs).....	15
2.3.2	Redes ópticas pasivas (PONs).....	16
2.3.3	Beneficios de PON	17
2.3.4	Topología PON.....	18
2.3.4.1	Punto a punto (P2P).....	18

2.3.4.2	Punto a multipunto pasivo (P2MP)	19
2.3.5	Tipos de redes PON.....	20
2.3.5.1	APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network).....	20
2.3.5.2	BPON (Broadband Passive Optical Network)	20
2.3.5.3	EPON (Ethernet Passive Optical Network).....	21
2.3.5.4	GPON (Gigabit Passive Optical Network).....	22
2.3.5.5	GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network).....	23
2.4	RED GPON.....	25
2.4.1	Definición	25
2.4.2	Características principales de una red GPON.....	25
2.4.3	Descripción del estándar GPON.....	26
2.4.3.1	Recomendación UIT-T G.984.1	28
2.4.3.2	Recomendación UIT G.984.2.....	29
2.4.3.3	Recomendación UIT-T G.984.3	29
2.4.3.4	Recomendación UIT-T G.984.4	29
2.4.3.5	Recomendación UIT-T G.984.5	29
2.4.4	Clasificación GPON	30
2.4.4.1	FTTP (Fiber To The Premises).....	30
2.4.4.2	FTTH (Fiber To The Home).....	30
2.4.4.3	FTTB (Fiber To The Building).....	31
2.4.4.4	FTTC (Fiber To The Curb).....	32
2.4.4.5	FTTN (Fiber to the node)	32
2.4.5	Elementos de la red GPON.....	33
2.4.5.1	Optical Line Termination (OLT).....	34
2.4.5.2	Red Feeder.....	35
2.4.5.3	Armario de GPON (FDH)	35
2.4.5.4	Splitter	36
2.4.5.5	Optical Distribution Network (ODN).....	37
2.4.5.6	Red de Distribución	37
2.4.5.7	Caja de Distribución Óptica (NAP).....	37
2.4.5.8	Red de Dispersión.....	38
2.4.5.9	Roseta Óptica.....	38
2.4.5.10	Optical Network Terminal (ONT).....	39

3	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	40
3.1	PROBLEMA PARA RESOLVER	40
3.1.1	Planificar la ubicación, topología y rutas de acceso FTTH para las videocámaras de seguridad, de acuerdo con la recomendación G.984.1 del estándar GPON.40	
3.1.2	Planificar el ancho de banda de transmisión por videocámara de seguridad y elementos de la red de fibra óptica, en concordancia con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.	52
3.1.3	Diseño de la red FTTH para el sistema de videovigilancia del distrito de San Martin de Porres, de acuerdo con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON..	53
4	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	56
4.1	SOLUCIÓN	56
4.1.1	Planificar la ubicación, topología y rutas de acceso FTTH para las videocámaras de seguridad, de acuerdo con la recomendación G.984.1 del estándar GPON.56	
4.1.2	Planificar el ancho de banda de transmisión por videocámara de seguridad y elementos de la red de fibra óptica, en concordancia con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.	66
4.1.3	Diseño de la red FTTH para el sistema de videovigilancia del distrito de San Martin de Porres, de acuerdo con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON..	72
5	PRUEBAS RESULTADOS Y VALIDACIÓN	116
5.1	RESULTADOS Y VALIDACIONES	116
5.1.1	Mediciones en la instalación de la red GPON	116
	CONCLUSIONES	123
	RECOMENDACIONES	125
	BIBLIOGRAFÍA	126
	GLOSARIO.....	130
	SIGLARIO	132

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Indicadores o mecanismos del logro de los objetivos</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2: Comparativa entre estándares PON.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3: Características de red GPON.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 4: Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x).....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 5: Pérdidas por inserción de los splitters</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 6: Ubicación de las 41 videocámaras de seguridad</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 7: Resumen de videocámaras actualmente instaladas</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 8: Resumen de zonas con actos delictivos.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 9: Resumen de zonas de alto riesgo del distrito de SMP</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 10: Ubicación de las 60 videocámaras de seguridad a interconectarse con fibra óptica</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 11: Listado de calles y avenidas posibles para la realización del recorrido de la fibra óptica.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 12: Detalles técnicos de la videocámara</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 13: Consideraciones potencia óptica y sensibilidad según la norma ITU-T G.984.2.</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 14: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 01</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 15: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 02</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 16: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 03</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 17: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 04</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 18: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 05</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 19: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 06</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 20: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 07</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 21: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 08</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 22: Ancho de Banda requerido por el Sistema de Videovigilancia del distrito.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 23: Ancho de Banda requerido por cada puerto GPON de equipo OLT.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 24: Cálculo de la potencia de descarga de cada enlace.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 25: Cálculo de la potencia de subida de cada enlace</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 26: Cálculo de la atenuación por empalmes de cada enlace.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 27: Cálculo de la atenuación por conectores de cada enlace</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 28: Cálculo de la atenuación por splitter de primer y segundo nivel de cada enlace</i>	<i>98</i>

<i>Tabla 29: Cálculo de la atenuación por longitud de cada enlace para Upstream</i>	101
<i>Tabla 30: Cálculo de la atenuación por longitud de cada enlace para Downstream</i>	104
<i>Tabla 31: Tipo de postes de concreto a emplearse en el proyecto.....</i>	113
<i>Tabla 32: Causas, criterios y solución de problemas ópticos en los enlaces de fibra óptica</i>	119
<i>Tabla 33: Especificaciones técnicas de los equipos de certificación.....</i>	121

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Partes de la fibra óptica	13
<i>Figura 2:</i> Tipos de fibra óptica.....	14
<i>Figura 3:</i> Red Óptica Activa	16
<i>Figura 4:</i> Redes Ópticas Pasivas.....	17
<i>Figura 5:</i> Topología Punto a punto	18
<i>Figura 6:</i> Punto a multipunto pasivo.....	19
<i>Figura 7:</i> Redes Ópticas Pasivas ATM.....	20
<i>Figura 8:</i> Arquitectura básica de una red EPON	22
<i>Figura 9:</i> Arquitectura básica de una red GEPON.....	23
<i>Figura 10:</i> Estándares GPON	28
<i>Figura 11:</i> Arquitectura FTTP	30
<i>Figura 12:</i> Arquitectura FTTH.....	31
<i>Figura 13:</i> Arquitectura FTTB.....	31
<i>Figura 14:</i> Arquitectura FTTC.....	32
<i>Figura 15:</i> Arquitectura FTTN.....	33
<i>Figura 16:</i> Esquema de una red GPON.....	34
<i>Figura 17:</i> Optical Line Termination.....	35
<i>Figura 18:</i> Armario FDH	36
<i>Figura 19:</i> Splitter 1/32.....	36
<i>Figura 20:</i> NAP.....	38
<i>Figura 21:</i> Roseta Óptica	38
<i>Figura 22:</i> Terminal de red óptica – ONT	39
<i>Figura 23:</i> Central de Comunicaciones de Seguridad Ciudadana – MDSMP	55
<i>Figura 24:</i> Topología de red a emplearse – Estrella extendida.....	62
<i>Figura 25:</i> Videocámara de seguridad a emplearse para el proyecto	66
<i>Figura 26:</i> OLT PARKS – Fiberlink 30028	79
<i>Figura 27:</i> ONU PARKS – Fiberlink 2100	80
<i>Figura 28:</i> Diagrama Unifilar de la arquitectura de red de fibra óptica FTTH.....	108

ÍNDICE DE PLANOS

<i>Plano 1: Plano de ubicación de las 41 videocámaras de seguridad interconectadas por radioenlace</i>	<i>44</i>
<i>Plano 2: Plano del distrito de SMP divido por jurisdicciones de las comisarías de la PNP</i>	<i>47</i>
<i>Plano 3: Distrito de SMP dividido por sectores.....</i>	<i>48</i>
<i>Plano 4: Plano de ubicación de las 60 videocámaras del proyecto</i>	<i>61</i>
<i>Plano 5: Zonificación del distrito de SMP</i>	<i>64</i>
<i>Plano 6: Ubicación de los centros de distribución y nodos de acceso</i>	<i>71</i>
<i>Plano 7: Recorrido de la fibra óptica en el distrito de SMP.....</i>	<i>110</i>
<i>Plano 8: Ubicación de postes para el tendido de fibra óptica.....</i>	<i>115</i>

1 ASPECTOS INTRODUCTORIOS

1.1 Organización Objetivo

La organización que se beneficiará de este proyecto es la Municipalidad Distrital de San Martín de Porres, creada el 22 de mayo del 1950 logrando ser uno de los distritos más grandes de la ciudad de Lima con una población de 714,952 habitantes en el año 2016 según información del INEI.

Misión: Promover el desarrollo integral de la población del distrito de San Martín de Porres, de manera transparente, eficiente, eficaz, moderno e inclusivo.

Visión: Con miras al 2030, San Martín de Porres, es un distrito seguro con desarrollo humano creciente en igualdad de oportunidades; sus habitantes se desarrollan en un ambiente saludable y acceden a una educación, salud y demás servicios básicos, de calidad; es ordenado e integrado territorialmente, con un desarrollo comercial, industrial y turístico sostenible, dentro de un Estado eficiente y moderno.

Funciones: La entidad brinda servicio de salubridad pública, educación, deporte y cultura, servicios económicos sociales, y ejecución de obras.

La mencionada entidad pública considera que uno de los pilares para mantener el desarrollo y crecimiento del distrito, es la seguridad ciudadana; a través de la implementación de sistemas de video vigilancia que ayuden en las labores al serenazgo, monitoreando juntamente con la policía nacional, de tal forma que se mitiguen y eviten los actos delictivos.

Organigrama de la entidad:

Organigrama de las áreas involucradas:

1.2 Campo de acción en la organización objetivo

El campo de acción serán las principales zonas del distrito, donde hay mayor concurrencia de personas y comercio.

La entidad pública cuenta con una edificación de dos (2) pisos en la cual se ubica la Gerencia de Seguridad Ciudadana, habiendo dicha unidad orgánica designado un espacio en el segundo nivel, para el diseño de un cuarto de comunicaciones en la cual convergería la red de fibra óptica a desplegarse.

Las unidades orgánicas involucradas en el proyecto son la Gerencia de Administración y Finanzas a través de su Sub Gerencia de Logística y Control Patrimonial, la Gerencia de Seguridad Ciudadana a través de su Sub Gerencia de Serenazgo, y la Gerencia de

Planeamiento y Presupuesto a través de su Sub Gerencia de Desarrollo de Tecnologías de la Información; quienes deberán contar con la conformidad de la Gerencia Municipal y Alcaldía.

1.3 Situación problemática y problemas en el campo de acción

1.3.1 Situación problemática

El distrito de San Martín de Porres tiene un índice delincencial elevado, siendo uno de los distritos más inseguros de la ciudad de Lima; es así como, ante los actos vandálicos, robos, asaltos, etc., la Gerencia de Seguridad Ciudadana a través de su servicio de serenazgo no cuenta con la tecnología necesaria para realizar una labor eficiente, y de esta manera mitigar los diversos problemas delincuenciales aqueja al distrito.

El servicio de seguridad a la ciudad se ejecuta desde los siguientes lugares:

- Centro de monitoreo, lugar de gestión de las videocámaras de todo el distrito, y desde el cual se envía las ordenes de intervenciones.
- Módulos de seguridad, son 3 lugares que se encuentran distribuidos en todo el distrito, donde se cuenta con al menos ocho (8) personas de serenazgo, y desde el cual administran videocámaras de su sector.
- Puestos de atención rápida de serenazgo, están ubicados en diferentes partes del distrito; en las cuales entre dos (2) a tres (3) personas de serenazgo, reciben las alertas y se encargan de cuidar determinadas zonas

El distrito actualmente no cuenta con una infraestructura de red confiable que brinde interconexión segura y estable entre las videocámaras de seguridad y la central de monitoreo de serenazgo; siendo así que de las cuarenta un (41) videocámaras de seguridad instaladas, sólo doce (12) se encuentran operativas.

Los módulos de seguridad ciudadana y los puestos de atención rápida de serenazgo, contruidos en diferentes ubicaciones del distrito, no se encuentran interconectados con el centro de monitoreo y con el palacio municipal, siendo su único medio de comunicación las radios tetra, tornando difícil las labores de coordinación ante posibles actos delincuenciales que pudieran suscitarse dentro de sus campos de acción.

Por lo expuesto, se evidencia que el centro de monitoreo no puede realizar una gestión documental adecuada para el seguimiento y/o esclarecimientos de actos vandálicos, pues no cuenta con un medio de transmisión robusto y estable, que permita desplegar soluciones de video seguridad, realizar una bitácora de incidentes y una correcta administración y procesamiento de información que genera la Gerencia de Seguridad Ciudadana a través de su servicio de serenazgo.

1.3.2 Problemas a resolver

- No existe una interconexión eficaz a través de un medio confiable, entre los módulos de serenazgo y la central de monitoreo y con el palacio municipal.
- El distrito sólo cuenta con cuarenta y un (41) videocámaras de seguridad interconectadas de forma inalámbrica a través de radioenlaces, de los cuales solo están operativas doce (12).
- La central de monitoreo no cuenta con una bitácora de incidentes, asimismo, no hay generación de ningún tipo de evidencias como grabaciones de video o fotografías de delitos que se suscitan en el distrito.

1.4 Objetivos del proyecto general y específicos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una red de fibra óptica FTTH basado en el estándar GPON que abarque gran parte del distrito para la instalación de videocámaras de seguridad de acuerdo con el Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 - 2018¹ para el distrito de San Martín de Porres.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Planificar la ubicación, topología y rutas de acceso FTTH para las videocámaras de seguridad, de acuerdo con la norma G.984.1 del estándar GPON.
- Planificar el ancho de banda de transmisión por videocámara y elementos de la red de fibra óptica en concordancia con la norma G.984.1/2 del estándar GPON.
- Diseño de la red FTTH para el sistema de videovigilancia del distrito de San Martín de Porres, de acuerdo con la norma G.984.1/2 del estándar GPON.

¹ Documento elaborado por la Municipalidad Distrital de San Martín de Porres, en cooperación con la Policía Nacional del Perú, años 2017 - 2018.

1.5 Indicadores o mecanismos del logro de los objetivos

Tabla 1: Indicadores o mecanismos del logro de los objetivos

Objetivo Específico	Indicador de Logro	Métrica
Planificar la ubicación, topología y rutas de acceso FTTH para las videocámaras de seguridad, de acuerdo con la recomendación G.984.1 del estándar GPON.	Determinar el tipo de topología de red a emplearse. Determinar las posibles calles para la realización de la red de fibra óptica.	Diagrama topológico de la red FTTH. Listado de las mejores rutas para la red de fibra óptica.
Planificar el ancho de banda de transmisión por videocámara de seguridad y elementos de la red de fibra óptica, en concordancia con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.	Determinar el BW requerido por videocámara de seguridad. Ubicación de las cajas de empalme. Ubicación de los Nodos de Acceso.	Cantidad de Mbps de ancho de banda de video. Cantidad de splitter de primer nivel. Cantidad de splitter de segundo nivel.
Diseño de la red FTTH para el sistema de videovigilancia del distrito de San Martín de Porres, de acuerdo con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.	Determinar el BW requerido por el sistema de video vigilancia. Cálculo de atenuación por enlace de cada videocámara de seguridad. Cálculo de potencia de transmisión y recepción de cada videocámara de seguridad.	Cantidad de Mbps de BW del sistema de videovigilancia. Cantidad de atenuación por longitud por cada enlace. Cantidad de atenuación por empalmes de fusión de cada enlace. Cantidad de atenuación por conectores de cada enlace.

	Cálculo del ancho de banda por cada puerto óptico de la OLT.	<p>Cantidad de potencia de transmisión de cada enlace.</p> <p>Cantidad de potencia de recepción de cada enlace.</p> <p>Cantidad de puertos PON a emplearse del OLT.</p> <p>Cantidad de Mbps de BW por cada puerto PON de la OLT.</p>
--	--	--

1.6 Justificación del proyecto

La necesidad de tener una infraestructura de red que brinde servicios de comunicaciones unificadas, lo cual es de suma importancia para mediante la seguridad, mejorar la calidad de vida, contribuyendo al bienestar familiar de los ciudadanos. Así, utilizar el tipo de red de fibra óptica FTTH basado en el estándar GPON para la interconexión de sesenta (60) videocámaras de seguridad, brindará las bondades de un sistema de seguridad que genere sensación de seguridad ante los demás distritos, lo cual a su vez atraerá la seguridad de vivir en dicho distrito, elevará su reputación y hasta podría incidir en la inversión privada para la creación de espacios comerciales.

Las redes FTTH (Fiber To The Home) utilizando el estándar GPON nos brindan conocimientos esenciales para el entendimiento de cómo funcionan las redes ópticas pasivas, las tecnologías que intervienen en ella y la razón del porque son en la actualidad ampliamente desplegadas por operadores de telecomunicaciones, tal como su beneficio al momento de brindar servicios como el Triple Play (telefonía fija, internet y televisión).

Los principales motivos para la elaboración del presente proyecto son:

- Diseño de una arquitectura de red que brinde conectividad a gran parte del distrito.
- Mejorar la percepción de la Seguridad Ciudadana en el distrito.

- Reducir índices delincuenciales en el distrito.
- Generación de evidencias delictivas para el esclarecimiento de actos contra la seguridad de los vecinos y el distrito.

1.7 Estado del arte

De las investigaciones realizadas, no se han encontrado trabajos de investigación similares en el ámbito local, por lo cual se ha tomado como referencia varios temas de tesis a nivel nacional e internacional, comprobando que existen investigaciones relacionadas a la eficiencia del diseño de redes de fibra óptica usando tecnología GPON, motivo por el cual son base para el desarrollo del proyecto de tesis planteado.

En el año 2015, en la ciudad de Lima se presentó la tesis denominada “Diseño de una Red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar”, perteneciente al autor Joseph William Arias de la Cruz. Dicha investigación buscaba lograr un mayor acceso a la banda ancha en el distrito de Magdalena del Mar, y con ello achicar la diferencia de acceso a la banda ancha fija que existe en el Perú, en comparación con el resto de los países de Sudamérica Uruguay (23%), Argentina (15%) y Chile (13%). Para lograrlo, el autor propuso un diseño de red FTTH con estándar GPON el cual brindaría un servicio con velocidades altas de carga y descarga, una red confiable debido a su red redundante y costos accesibles para el usuario del hogar.

Para ello, realizó un diagnóstico de la situación actual respecto a los servicios de telecomunicaciones y el nivel socio económico del distrito. Luego, procedió a desarrollar toda la teoría correspondiente a la tesis para comprender los conceptos necesarios básicos para el diseño de la red; para posteriormente mostrar toda la ingeniería de red, donde se explicó los pasos que se realizaron para el diseño de la red FTTH, así como el dimensionamiento de las potencias y las tasas de transferencia en la red. Finalmente, el autor realizó un análisis económico en el cual planteó un horizonte temporal de 5 años para la recuperación de lo invertido y así generar la rentabilidad.

En el año 2017, en la ciudad de Puno se presentó la tesis titulada “Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C., Puno”, perteneciente al autor José Pío Chayna Burgos. Para ello se investigó detalladamente los componentes de la tecnología FTTH y se hizo una revisión de los diferentes estándares establecidos por la ITU-T que norman la integración y funcionamiento de los diferentes

componentes de la tecnología FTTH. Además, se consideraron las recomendaciones de buenas prácticas impartidas por otras organizaciones como la COUNCIL FTTH, organización que agrupa a los fabricantes y empresas que desarrollan la tecnología FTTH. Posteriormente, se diseñó una red de acceso utilizando la tecnología FTTH con el estándar GPON entre Jr. Sesquicentenario, Av. Simón Bolívar, Jr. Los Incas y Av. Costanera de la ciudad de Puno, que contempla 1500 casas pasadas en aproximadamente veinte cuadras. El diseño presentado tiene la capacidad para transmitir servicios de telecomunicaciones como internet de alta velocidad, telefonía fija, IpTv, OTT, VOD, servicios que la empresa AMITEL S.A.C. podría ofrecer a sus abonados utilizando la red de acceso diseñada.

En el año 2017, en la ciudad de Tacna, se presentó la tesis titulada “Diseño de una red metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizar los servicios tecnológicos de la Municipalidad Provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del distrito de Locumba” perteneciente a los autores Celeste Almanza Cornejo y Jolidey Callomamani Quispe. Dicha tesis tuvo como objetivo diseñar una red Metropolitana basada en tecnología GPON con el estándar Ethernet conocido con el nombre GEPON, tecnología de acceso mediante fibra óptica con arquitectura punto a multipunto, que se consideró en el diseño, dado que la fibra óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de la nueva generación; así el referido proyecto buscaba lograr la optimización de los servicios tecnológicos de la Municipalidad Provincial Jorge Basadre, integrando las redes locales de cada una de las sedes de la municipalidad, llevando al mismo tiempo servicios de Internet, video vigilancia y teleeducación a las demás instituciones públicas, anexos y centros poblados del distrito. Con esta plataforma de conectividad el distrito se encontraría preparado para soportar en un futuro, el transporte y gestión de servicios tecnológicos, tal y como lo contemplan los Gobiernos de todas las naciones, quienes reconocen la necesidad de desplegar redes de fibra óptica para mejorar la competitividad de sus economías. Es por esa misma razón que los principales operadores de telecomunicaciones del mundo, también vienen realizando el despliegue de sus redes con Tecnología GPON.

En el plano internacional tenemos:

En el año 2015, en la ciudad de La Libertad – Ecuador, se presentó la tesis “Diseño e Implementación de una red de fibra óptica FTTH utilizando el estándar GPON entre la facultad de sistemas y telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad estatal Península de Santa Elena”, por el autor Jefferson Stalin Alcívar Ponce. Se realizó un estudio del marco teórico correspondiente a la tecnología FTTH con topología punto a multipunto, se detalla la situación actual de la estructura de la red y los equipos con que cuenta la facultad. El diseño correspondió a una alternativa para poder implementar el sistema de video vigilancia en estudio; para finalmente, implementar la solución tomando los estándares correspondientes de construcciones y facilidades de fibra óptica con empalmes certificados y conexiones en ODF, BMX y mini ODF, realizando las respectivas mediciones de atenuaciones, medición de potencias de los hilos, así como se comprueban las longitudes correspondientes.

En el año 2015, en la ciudad de Quito – Ecuador, se presentó la tesis de maestría titulada “Análisis y Diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP troncal en el Canton Cañar”, perteneciente al autor Carlos Marcelo León Araujo. Investigación que demostró que la fibra óptica presenta las mejores características y ventajas frente a cualquier otro medio de transmisión y que la empresa TroncalNet en la ciudad de Cañar, pretendió ampliar su mercado y proveer de sus servicios con calidad y confiabilidad que sus clientes y la sociedad necesitan.

Y finalmente, en el año 2015, en la ciudad de Quito – Ecuador se presentó la tesis titulada “Estudio y Diseño de una red de Planta Externa con Fibra Óptica y su integración a un equipo GPON para brindar servicios TRIPLE-PLAY” perteneciente al autor Edison Javier Suárez Bravo, teniendo como objetivo general diseñar una red de Planta Externa de Fibra Óptica e integrarla a un equipo GPON, para brindar el servicio TRIPLE-PLAY en el sector de la Mariscal Sucre de la ciudad de Quito. La investigación busco realizar un análisis considerando los parámetros técnicos para la implementación de una red fibra óptica utilizando la tecnología GPON y mediante cálculos matemáticos saber si es rentable el proyecto.

2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentarán los principales conceptos necesarios para el entendimiento del desarrollo del proyecto, así como para el diseño de una red FTTH basado en el estándar GPON para la conexión de videocámaras para el distrito de San Martín de Porres. Con esta información proporcionada se podrá dar inicio a la elaboración del diseño de red.

2.1 Redes de telecomunicaciones

[Es un conjunto de dispositivos (nodos) conectados por enlaces de un medio físico. Son equipos de transmisión que pueden transmitir información con señales electromagnéticas u ópticas entre diferentes ubicaciones de forma analógica o digital. Un nodo puede ser una computadora, una impresora o cualquier otro dispositivo capaz de enviar y/o recibir datos generados por otros nodos de la red.²

Para ser considerada efectiva y eficiente, una red debe satisfacer ciertos criterios y los más importantes son:

Rendimiento

Se puede medir de muchas formas, incluyendo el tiempo de tránsito y de respuesta. El tiempo de tránsito es la cantidad de tiempo necesario para que un mensaje viaje desde un dispositivo al siguiente. El tiempo de respuesta es el que transcurre entre una petición y su respuesta. El rendimiento de una red depende de varios factores, incluyendo el número de usuarios, el tipo de medio de transmisión, la capacidad del hardware conectado y la eficiencia del software. El rendimiento se mide a menudo usando dos métricas: ancho de banda y latencia.

Fiabilidad

Esta se mide por la frecuencia de fallo de la misma, el tiempo de recuperación de un enlace frente a un fallo y la robustez de la red ante una catástrofe.

Seguridad

Esta incluye la protección de datos frente a accesos no autorizados, protección de datos frente a fallos y modificaciones e implementación de políticas y procedimientos para recuperarse de interrupciones y pérdidas de datos.

² Cfr. Almanza, 2001:37

2.2 Fibra óptica

2.2.1 Definición

Es un medio físico de transmisión de información, usual en redes de datos y telecomunicaciones, que consiste en un filamento delgado de vidrio o de plástico, a través del cual viajan pulsos de luz láser o led, en la cual se contienen los datos a transmitir.³ Además, de brindar velocidades y distancias superiores a comparación de cualquier otro medio de transmisión (cobre e inalámbricos).

2.2.2 Partes de la fibra óptica

Como se puede apreciar en la figura 1, la fibra óptica consta de tres partes, las cuales describiremos a continuación:

2.2.2.1 El núcleo (core)

Parte interna de la fibra por donde viajan las señales ópticas procedentes de la fuente. Compuesto de materiales como cuarzo, plástico o dióxido de silicio. Para ajustar su índice de refracción se dopa con materiales como P₂O₅ (óxido de fósforo), GeO₂ (óxido de germanio), B₂O₃ (óxido de boro) con el objetivo de ajustar su índice de refracción.

2.2.2.2 El revestimiento (cladding)

Parte de la fibra que esta entre el núcleo y el recubrimiento. Esta estructura tiene un índice de refracción menor al del núcleo de forma que actúe como una capa reflectante, consiguiendo que las ondas luminosas se reflejen y de esta forma se transmitan a lo largo de la fibra.

Se fabrica a altas temperaturas y generalmente son de cuarzo o plástico transparente. Se le suelen añadir varias capas de plástico para absorber los posibles golpes o estiramientos que pueda recibir la fibra y como protección para doblamientos excesivos.

2.2.2.3 El recubrimiento (coating)

Parte más externa de la fibra y que protege al núcleo y al revestimiento de posibles daños y agentes externos. Estos agentes externos que pueden perjudicar las características de la fibra pueden ser tales como humedad, aplastamiento, roedores y otros riesgos del entorno.

³ Cfr. Enciclopedia de Concepto (<https://concepto.de/fibra-optica/>)

Diseñada de forma que sea fácil de cortarla para realizar empalmes y le proporciona a la fibra un diámetro fijo que suele ser un valor de 125, 250, 500 o 900 μm .

Figura 1: Partes de la fibra óptica

(Fuente: <https://www.pandaancha.mx/plds/articulos/froala/fibra-optica-partes-405x215-316021649.jpg>)

2.2.3 Tipos de fibra óptica

Se pueden realizar diferentes clasificaciones acerca de los tipos de fibra óptica, pero de acuerdo al mecanismo de propagación de la luz en el interior, pueden ser de dos tipos:⁴

2.2.3.1 Fibra monomodo

Permite la propagación de un único modo de luz directamente sin reflexión, a través de la reducción del diámetro del núcleo de fibra, permitiendo enviar información a largas distancias (superiores a 10 kms) y a buena tasa de transferencia.

2.2.3.2 Fibra multimodo

Permite que los haces de luz se propaguen en más de una manera (más de mil modos distintos), lo cual incrementa el margen de error y la hace no muy recomendable para conexiones de muy larga distancia. Este tipo de fibras son las preferidas para comunicaciones en pequeñas distancias, hasta 10 Kms.

En la figura 2 podemos observar los dos tipos de fibra.

⁴ Cfr. Enciclopedia de Concepto (<https://concepto.de/fibra-optica/>)

Figura 2: Tipos de fibra óptica

Fuente: (<http://lafibraoptica peru.com/conceptos-basicos/Fibra-%C3%B3ptica-monomodo>)

2.2.4 Características de la fibra óptica

Las fibras ópticas poseen las siguientes características generales:

Ancho de banda:

La fibra óptica tiene un ancho de banda mucho mayor que los cables de pares (UTP / STP), y coaxiales. En la actualidad, las tasas son 1,7Gbps utilizando las redes públicas, el uso de las frecuencias más altas o luz visible llegará a 39Gbps. UTP RJ45 o cable es ahora el más ampliamente utilizado en la mayoría de las instalaciones de la red debido a su costo, baja flexibilidad y facilidad de instalación, así como sus características técnicas que logran mejores velocidades de transferencia de datos. En la transmisión de datos para el cobre, UTP es el mejor que se puede lograr velocidades de ancho de banda como 10Mbps, 100 Mbps 1000Mbps con las nuevas placas 1 Gb Ethernet de red. El ancho de banda de la fibra óptica permite transmitir datos, voz, vídeo, y más.

Distancia:

La atenuación de la señal baja permite líneas de fibra óptica sin repetidores.

Integridad de datos:

Normalmente la transmisión de datos por fibra óptica posee una frecuencia de errores o BER (Bit Error Rate) es menor que 10⁻¹¹. No hay necesidad de aplicar procedimientos de corrección de errores para acelerar la velocidad de transferencia puesto que esta función permite a los protocolos de comunicación de alto nivel lo realicen perfectamente.

Duración:

Es resistente a la corrosión y altas temperaturas, la protección de la envoltura es capaz de resistir las altas tensiones en su instalación.

Seguridad:

Debido a que la fibra óptica no emite radiación electromagnética, es resistente a la escucha de las acciones intrusivas. Para acceder al flujo de la señal en la rotura de la fibra, es necesario que no hay transmisión durante este proceso y por lo tanto se puede detectar. La fibra también es inmune a los efectos electromagnéticos externos, para que pueda ser utilizado en entornos industriales, sin protección especial.

2.3 Redes FTTH

Son sistemas compuestos esencialmente por fibra óptica que llegan hasta los usuarios. La tecnología FTTH es capaz de soportar toda la demanda de ancho de banda que se tiene actualmente y que aumentará en el futuro cercano. En la actualidad las operadoras telefónicas ya están migrando de las redes existentes ADSL (línea de subscritor digital asimétrica), tendidos de cable de cobre, sistemas de cable operadoras a redes de fibra óptica.

2.3.1 Redes Ópticas Activas (AONs)

Se utilizan elementos activos que requieren energía para su alimentación y permiten largas distancias entre la sala de equipos y los abonados.

Basado en el estándar IEEE 802.ah, las redes activas Ethernet proveen de ancho de banda simétrico con velocidades superiores a 1Gbps por puerto sobre una única fibra utilizando para ello dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica. De ésta manera con cada longitud de onda tenemos dos slots de transmisión, un slot se utiliza como canal de transmisión y otra para el canal de recepción. Esto nos permite una transmisión de datos Full-Dúplex mediante una conexión punto a punto con un ancho de banda dedicado al usuario.⁵

En la figura 3, podemos observar que una AON utiliza un equipo de conmutación con alimentación eléctrica, para gestionar la distribución de la señal y las señales de dirección a clientes específicos.

⁵ Cfr. Blogspot - Redes de acceso (<http://adcs7.blogspot.com/2011/05/redes-opticas.html>)

Figura 3: Red Óptica Activa

Fuente: <https://gris.tech.blog/2017/12/18/introduccion-a-la-red-optica-pasiva-pon/>

2.3.2 Redes ópticas pasivas (PONs)

Una red PON es un sistema de comunicaciones por fibra óptica en el que se establece una comunicación punto-multipunto entre un router central OLT (optical line Terminal) y los equipos en campo ONT (optical Network Terminal).⁶

Su principal característica es que no tienen componentes de potencia eléctrica entre el abonado final y el punto principal de distribución. El pilar de estas redes es que utilizan una arquitectura de punto a multipunto que se parece a una estructura en árbol. Para dividir la señal entre los distintos usuarios se utilizan divisores ópticos pasivos. Por lo general para 32 o 64 usuarios.⁷

La ventaja de este tipo de redes es que solo se necesitan equipos activos en los extremos. Para guiar el tráfico intermedio en la red se usan divisores ópticos pasivos, que reparten la señal por las fibras que se dirigen a cada punto de conexión.

Como se muestra en la figura 4, por el camino descendente el OLT envía la información a todos los ONT, de forma punto-multipunto, procesando cada uno de ellos la información

⁶ Cfr. Almanza 2017:66

⁷ Cfr. Blogspot Fibra Ópticas (<http://fibraopticas.blogspot.com/2011/04/tipos-de-redes-de-fibra.html>)

que le corresponde, y en el camino ascendente cada ONT envía la información hacia el OLT, mediante multiplexación por división en el tiempo.

De esta forma todas las comunicaciones se realizan por un solo par de fibras hasta el divisor óptico, donde sale una fibra hasta cada ONT, es decir cada usuario.

El divisor óptico pasivo es un elemento sencillo, sin elementos que requieran alimentación ni elementos móviles, que se puede ubicar en campo en un armario sin ninguna limitación especial.

Figura 4: Redes Ópticas Pasivas

Fuente: (<https://gris.tech.blog/2017/12/18/introduccion-a-la-red-optica-pasiva-pon/>)

La tecnología PON es una arquitectura que ha transitado por varios estándares de calidad y de operación bien delimitados por la UIT-T y la IEEE en algunos casos. Los tipos más comunes de PON son Gigabit PON (GPON) y Ethernet PON (EPON)

2.3.3 Beneficios de PON

Estas brindan servicios de voz, video y datos de alta velocidad, alto ancho de banda y seguros a través de una red de fibra combinada. Los principales beneficios de PON son:⁸

- Menores costos operativos de red.

⁸ Cfr. Blog: Introducción a la red óptica pasiva pon (<https://gris.tech.blog/2017/12/18/introduccion-a-la-red-optica-pasiva-pon/>)

- Eliminación de conmutadores Ethernet en la red.
- Eliminación de costos recurrentes asociados con un entramado de conmutadores Ethernet en la red.
- Menores costos de instalación (CapEx) para una red nueva o mejorada (mínimo 200 usuarios).
- Menores costos de energía de red (OpEx).
- Menos infraestructura de red
- Grandes haces de cables de cobre son reemplazados por un cable de fibra óptica de modo único.
- PON proporciona una mayor distancia entre el centro de datos y el escritorio (> 20 kilómetros).
- El mantenimiento de la red es más fácil y menos costoso.
- La fibra es más segura que el cobre.

2.3.4 Topología PON

2.3.4.1 Punto a punto (P2P)

Las redes P2P ofrecen mayor ancho de banda ya que cada abonado dispone de una fibra que lo conecta con la central, topología adecuada para empresas de mediano y gran tamaño.⁹

Figura 5: Topología Punto a punto

Fuente: Notario 2015:63

⁹ Cfr. Notario 2015:1

La arquitectura punto a punto, se presenta en la figura 5, posee un costo muy elevado ya que son enlaces dedicados. No se trata de sistemas muy utilizados en arquitectura de fibra hasta el hogar. Este tipo de arquitecturas tienen un enlace directo desde el OLT y los ONT mediante fibra óptica. Este enlace suele utilizar un sistema bidireccional. Utiliza distintas longitudes de ondas para cada servicio que se quiera dar (voz, datos, IPTV).

Así, las redes P2P ofrecen una capacidad de transmisión prácticamente ilimitada e independiente para cada usuario, consistiendo en una solución sencilla, fiable y robusta. Por el contrario, como punto negativo, habría que destacar el elevado costo de su despliegue, ya que estas redes requieren grandes inversiones en fibra óptica, en manipulación y en empalmes.

2.3.4.2 Punto a multipunto pasivo (P2MP)

En las redes P2MP, cada una de las fibras que componen los cables que salen de las centrales dan servicio a múltiples abonados a través de divisores ópticos; son las más utilizadas para conectar con los hogares, pequeñas empresas o cualquier usuario con necesidades de ancho de banda moderado.¹⁰

En la figura 6, se puede apreciar que, en este tipo de redes, la información viaja por la fibra desde la central llega a todos los usuarios conectados a la misma fibra, pero diferentes técnicas de multiplexado de tramas de datos permiten que reciban únicamente la información correspondiente a cada uno de ellos.

Figura 6: Punto a multipunto pasivo

Fuente: Notario 2015:63

¹⁰ Cfr. Notario 2015:62

La red óptica pasiva es la arquitectura más popular dado que no utiliza electrónica, salvo en sus extremos y por lo tanto no necesita de una alimentación eléctrica para operar los componentes pasivos, además de que su mantenimiento es mucho más económico. Ésta arquitectura PON puede alcanzar sin problemas 20 kms lo cual es más que suficiente en la mayoría de las zonas urbanas donde se puede utilizar una red óptica.¹¹

2.3.5 Tipos de redes PON

2.3.5.1 APON (Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)

La Red Óptica Pasiva ATM, está definida en la revisión del estándar de la UIT-T G.983, el cual fue el primer estándar desarrollado para las redes PON. 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 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.¹²

Figura 7: Redes Ópticas Pasivas ATM

Fuente: (Añazco 2013:56)

2.3.5.2 BPON (Broadband Passive Optical Network)

La Red Óptica Pasiva de Banda Ancha constituye una mejora de la tecnología APON, para obtener más acceso a servicios como Ethernet, VPL, distribución de video y multiplicación de longitud de onda (WDM), logrando así un mejor ancho de banda. Admite un tráfico asimétrico en el canal descendente de 622 Mbps y canal ascendente de 155 Mbps; y un

¹¹ Cfr. Asenjo 2014:14

¹² Cfr. Arias 2016:24

tráfico simétrico en canal descendente y ascendente de 622 Mbps. Otras características de esta tecnología es que tiene un alcance de 20 Km y puede tener hasta un máximo de 64 usuarios por puerto BPON.

2.3.5.3 EPON (Ethernet Passive Optical Network)

En enero de 2001, la IEEE configuró un grupo de estudio llamado Ethernet en la Última Milla. Este grupo de trabajo generó una nueva especificación de redes ópticas pasivas, denominada Ethernet PON (EPON). Esta nueva arquitectura se diferencia de las anteriores en que no transporta celdas ATM sino directamente tráfico nativo Ethernet. Usa el estándar 8b/10b (codificación de línea) y siempre que es posible, mantiene fielmente el espíritu de la recomendación 802.3, incluyendo el uso full dúplex de acceso al medio.

El principal atractivo que presenta esta tecnología es su optimización para el tráfico IP frente a la clásica ineficiencia de las alternativas basadas en ATM. Además, la interconexión de islas EPON es mucho más sencilla que la interconexión de APON/BPON, GPON puesto que no requiere arquitecturas SDH para realizar el transporte WAN.¹³

Sus principales ventajas frente a los sistemas anteriores APON y BPON son:

- Ofrece Calidad de servicio (QoS) en ambos sentidos, tanto descendente como ascendente.
- Facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados, pues los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.
- La gestión y administración de la red se basa en el protocolo SNMP, lo cual permite reducir la complejidad de los sistemas de gestión de otras tecnologías

¹³ Martí 2017:17

Figura 8: Arquitectura básica de una red EPON

2.3.5.4 GPON (Gigabit Passive Optical Network)

Tecnología perteneciente a la arquitectura PON, la cual está aprobada por la ITU-T en 4 recomendaciones, la G.984.1, G.984.2, G.984.3 y G.984.4. El principal objetivo de GPON es ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus anteriores predecesoras, y lograr una mayor eficiencia para el transporte de servicios basados en IP.¹⁴

Las velocidades manejadas por esta tecnología son mucho más rápidas, ofreciendo 2.488 Gbps para el canal de bajada y de 1.244 Gbps para el canal de subida. Esto proporciona velocidades muy altas para los abonados ya que si se dan las configuraciones apropiadas las velocidades pueden ser de hasta 100 Mbps a cada usuario, un gran avance en cuanto a eficiencia y escalabilidad.

Esta tecnología no solo ofrece mayores velocidades, sino que también da la posibilidad a los proveedores de servicios de continuar brindando sus servicios tradicionales sin necesidad de tener que cambiar los equipos para que sean compatibles con esta tecnología. Esto se da gracias a que GPON usa su propio método de encapsulamiento (GEM o Método de Encapsulamiento GPON), el cual permite el soporte de todo tipo de servicios. GPON también permite OAM avanzado, logrando así una gran gestión y mantenimiento desde las centrales hasta las acometidas.

Por lo que consta de las siguientes características:

¹⁴ Cfr. Chillo 2017:77

- Está basada en BPON en cuanto a arquitectura, pero además ofrece: Soporte global multiservicio en voz, Ethernet 10/100 y ATM.
- Cobertura hasta 20 Km.
- Seguridad a nivel de protocolo.

Soporte de tráfico de transferencia: Simétrico de 622 Mbps y 1.25 Gbps.; y asimétrico descendente de 2.5 Gbps y asimétrico ascendente de 1.25 Gbps.

2.3.5.5 GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)

Es un sistema diseñado para el uso en las telecomunicaciones y combina las tecnologías Gigabit Ethernet y Passive Optical Network. Este sistema facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.

Figura 9: Arquitectura básica de una red GEPON

Tal como se muestra en la figura 10, las redes GEPON están distribuidas así: OLT (Línea Terminal Óptica) los cuales están conectados a las redes IP u otras por un extremo, luego están las ODN (Redes de Distribución Óptica) de la cual se desprenden los POS (Splitter Óptico Pasivo), y estos le dan acceso a los ONU (Unidad de Red Óptica), los cuales brindan el servicio a cada abonado.

Algunas de las ventajas más importantes al usar GEPON son las siguientes:

- Ancho de banda seguro para diferentes servicios al ser el número de abonados por trayectoria de fibra de un máximo de 32.
- Gran alcance entre los equipos distribuidores y los suscriptores (20 Km).
- Soporte para datos, voz y video.
- Varios usuarios pueden usar una sola fibra ahorrando costos.
- Bajas tasas de administración y mantenimiento en la red al usarse equipos de fibra pasivos y no activos.

Finalmente, se presentamos un resumen de las características de los estándares vistos:

Tabla 2: Comparativa entre estándares PON

CARACTERISTICAS	BPON	EPON	GPON
Estándar	ITU-T G.983X	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984X
Velocidades de transmisión (Mbps)	Down: 155,622,1244 Up:155,622	Down: 1244 Up:1244	Down:1244,24 88 Up:155,622,12 44,2488
Tipo de fibra	Monomodo estándar (ITU-T G.652)	Monomodo estándar (ITU-T G.652)	Monomodo estándar (ITU-T G.652)
Numero de fibra por ONT	1 o 2	1	1 o 2
Radio de división óptico	1:32 (puede aumentar 1:64)	1:16 (permite 1:32)	1:128 (en la practica 1:64)
Máxima longitud de fibra entre OLT y ONT	20 km	10 km	10-20 km
Modo de tráfico	ATM	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM
Arquitectura de transmisión	Asimétrica, Simétrica	Simétrica	Asimétrica, Simétrica
OAM	PLOAM	Ethernet OAM	PLOAM
Seguridad	AES	No definida	AES
Eficiencia típica	83% downstream 80% upstream	73% downstream 61% upstream	93% downstream 94% upstream

Fuente: (Pezo 2015:27)

2.4 Red GPON

2.4.1 Definición

Es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP. Es una red de fibra totalmente pasiva, no existen repetidores dentro de la red y tampoco fuentes de poder intermedios, solo splitters, acopladores y atenuadores.¹⁵ Toda la información es transmitida bidireccionalmente sobre una sola fibra conocida como PON.

2.4.2 Características principales de una red GPON

La tecnología GPON, ofrece las siguientes características:

- *Gran ancho de banda* sin precedentes. La tasa GPON es tan alta como 2.5 Gbps, proporcionando ancho de banda suficiente para satisfacer la creciente demanda de redes de alto ancho de banda en el futuro.¹⁶
- Abundancia de protocolos y servicios preparados para la seguridad de datos para la cual el método de encapsulación que emplea GPON es GEM (GPON Encapsulation Model), que permite soportar cualquier tipo de servicio Ethernet, TDM, ATM, etc.¹⁷
- Soporte TDM. El negocio TDM se puede apoyar directamente por la longitud de marco de marco de TC de Gpon de 125µs. Además, se puede asignar al ATM balizas y proporciona la transmisión en tiempo real con QoS garantiza.

En la tabla 2, se muestra las características, ya antes indicadas

Tabla 3: Características de red GPON

Características	GPON
Velocidad	Descen: 2488, 1244 Ascen: 2488, 1244, 622, 155
Codificación de línea	NRZ (+aleatorización)

¹⁵ Cfr. Gaona y Santillán 2013:11

¹⁶ Cfr. (<http://www.qftth.net/info/technical-features-of-gpon-21928343.html>)

¹⁷ Cfr. Gaona y Santillán 2013:30

División mínima (en capa TC)	64
División máxima (en capa TC)	128
Alcance lógico máximo soportado por capa TC	60 Km (con 20 Km diferencial entre ONTs)
Protocolos de capa 2	Ethernet, TDM sobre GEM (GPON Encapsulation Model), ATM
Documentos estándar	ITU-T G.984 Series
Soporte TDM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquete
Típica capacidad descendente (para caudal de datos IP)	1170 Mbit/s (para v, línea 1,244 Gbits/s)
Típica capacidad descendente (para caudal de datos IP)	1160 Mbits/s (para v, línea 1,244 Gbit/s)
OAM	PLOAM + OMCI
Seguridad Descendente	AES (modo contador)

2.4.3 Descripción del estándar GPON

GPON es la tercera generación de protocolo PON, y la segunda generación desarrollado por el consorcio FSAN. GPON y sus protocolos están especificadas en el ITU-T G984 serie. GPON se desarrolló para soportar mayores velocidades de datos que fueron cambiando a través de los avances tecnológicos.¹⁸

La norma ITU-T G.984.x (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6) (ITU-T, 2011) es una recomendación extensa y muy compleja que no solo ayuda a tomar bases en el diseño y certificación de topologías GPON, sino también proporciona un criterio amplio que busca optimizar los recursos como

¹⁸ Cfr. Gaona y Santillán 2013:15

elementos pasivos, además de proyectar diseños ideales para evitar trabajos después de la construcción. A continuación, la Tabla 4 detalla los parámetros más importantes para certificar una red FTTH GPON.

Tabla 4: Parámetros para certificar una red FTTH GPON (ITU-T G.984.x)

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

La figura 10, muestra los estándares GPON aprobados en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5. Son las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores.

Figura 10: Estándares GPON

Fuente: (<http://tecnologiagpon2018.blogspot.com/>)

2.4.3.1 Recomendación UIT-T G.984.1

Esta recomendación trata de la introducción hacia el estándar GPON, mostrando las características generales de funcionamiento y constitución, con el fin de llegar a la convergencia de equipos, así como mostrar la topología utilizada.

Las características generales incluyen ejemplos de servicios, de interfaces usuario-red (UNI, user network interface) e interfaces de nodo de servicio (SNI, service node interface) que son necesarios para los operadores de red. Además, se ilustran las principales configuraciones de instalación.

Se mantienen las características de la UIT-T G.982 y de UIT-T de la serie G.983.x. La finalidad es asegurar la compatibilidad con las redes de distribución óptica existentes (ODN, optical distribution network) que son conformes con esas recomendaciones.

Los sistemas GPON se caracterizan en general por un sistema de terminación de línea óptica (OLT, optical line termination) y una unidad de red óptica (ONU, optical network unit) o una terminación de red óptica (ONT, optical network termination) con una red de distribución óptica (ODN, optical distribution network) pasiva que los interconecta. Por lo

general, existe una relación de tipo uno a muchos entre la OLT y las ONU/ONT respectivamente.

2.4.3.2 Recomendación UIT G.984.2

Este es el conjunto de especificaciones técnicas para el correcto manejo de la capa dependiente de los medios físicos PMD, esta capa cubre sistemas con tasas nominales de velocidad de 1244.160Mbps y 2488.320Mbps en dirección descendente (downlink), así como 155.52Mbps, 622.08Mbps, 1244.160Mbps y 2488.320Mbps en dirección ascendente (uplink), además explica el manejo simétrico y asimétrico de las señales con referencia a las velocidades descritas anteriormente.¹⁹ Además, abarca servicios de voz, distributivos y de datos con velocidades en Gigabits.

2.4.3.3 Recomendación UIT-T G.984.3

Conocida también como la especificación de la Capa de Convergencia de Transmisión TC (Transmission Convergence), indica los formatos de la trama utilizada, el método de control de acceso al medio, el método ranging, la función OAM y la seguridad en redes GPON. Puede decirse que esta recomendación está directamente relacionada a los aspectos de la fibra óptica, explicando algunas de las redes con métodos de acceso flexible que utilizan este medio, describiendo las características de las redes PON. Además, involucra los pasos que se deben considerar en el diseño de la red GPON, en base a las distancias, funcionalidad y seguridad.²⁰

2.4.3.4 Recomendación UIT-T G.984.4

Son las especificaciones de la interfaz de control y gestión OMCI, donde el análisis se enfoca en los recursos y servicios procesados de una base de información entre la OLT y ONT. Además, permite conocer a fondo como se administran los diferentes servicios y sus respectivas tramas según las relaciones y atributos dentro del sistema de encriptación

2.4.3.5 Recomendación UIT-T G.984.5

Esta recomendación sugiere un rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para una futura implementación de nuevos servicios a través de la técnica de multiplexación

¹⁹ Cfr. Rodriguez 2015:29

²⁰ Cfr. Rodriguez 2015:29

WDM, esto para aprovechar de mejor manera las cada vez más capaces redes ópticas pasivas.²¹

2.4.4 Clasificación GPON

2.4.4.1 FTTP (Fiber To The Premises)

Topología conocida como fibra hasta los locales. Es una forma de entrega de comunicaciones en la que la fibra óptica va desde la oficina central hasta el final a los locales ocupados por el suscriptor. FTTP se puede clasificar según el lugar donde termina la FO en: FTTH y FTTB.

Figura 11: Arquitectura FTTP

Fuente: (Añazco, 2013:69)

2.4.4.2 FTTH (Fiber To The Home)

Fibra hasta el hogar, la fibra óptica se encuentra desplegada desde la central hasta el hogar del usuario final, donde existe el equipo terminal, que es el encargado de convertir las señales ópticas en señales eléctricas y conectarse al cableado estructurado de cable de cobre coaxial para televisión y par trenzado para telefonía e internet.

²¹ Cfr. Rodríguez 2015:30

Figura 12: Arquitectura FTTH

Fuente: (Añazco, 2013:70)

2.4.4.3 FTTB (Fiber To The Building)

Fibra hasta el edificio, es una arquitectura de red de transmisión óptica, donde la fibra óptica termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados (comercial o residencial). La caja del convertidor del edificio se encuentra generalmente en un cuarto de telecomunicaciones ubicado en la planta baja, donde están los equipos que convierten las señales ópticas en señales eléctricas y llegan al usuario final mediante el cableado estructurado desplegado en el edificio a través de par trenzado.

Figura 13: Arquitectura FTTB

2.4.4.4 FTTC (Fiber To The Curb)

Este tipo de tecnología se la conoce como fibra hasta la acera, FTTC es un sistema de telecomunicaciones en el cual la fibra óptica llega hasta una plataforma que sirve para algunos cuantos abonados, cada uno de estos abonados está conectado a la plataforma a través de cable coaxial o par trenzado. La caja de distribución que se encuentra en el poste, también contiene equipos que transforman la señal y mediante cables aéreos de cobre llegan hasta el usuario final, generalmente la caja de distribución o armario están ubicados a una distancia menor a 300 metros desde una casa o negocio.

FTTC permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad como el acceso a banda ancha por cable (DOCSIS) o alguna forma de xDSL normalmente utilizada entre el nodo y los clientes. Las tarifas de datos varían según el protocolo exacto utilizado y de acuerdo a qué tan cerca del cliente está el nodo.

Figura 14: Arquitectura FTTC

Fuente: (Añazco, 2013: 69)

2.4.4.5 FTTN (Fiber to the node)

En la red FTTN (Fiber To The Node), fibra hasta el nodo, tiene desplegada fibra óptica desde la central hasta un nodo del vecindario, el nodo es un cuarto de telecomunicaciones donde existen equipos que convierten las señales ópticas provenientes desde la central a señales eléctricas, que a través del medio de transmisión de cables de cobre dan cobertura a un barrio o distrito. Los cables de cobre son par trenzado, que están desplegados a una distancia típicamente de 1Km desde el nodo hasta los usuarios finales.

Fibra hasta el nodo permite la entrega de servicios de banda ancha, tales como Internet y protocolos de comunicaciones de alta velocidad como el acceso a banda ancha por cable coaxial (DOCSIS) o alguna forma de xDSL que normalmente se utiliza entre el nodo y los clientes. Las tarifas de datos varían según el protocolo exacto utilizado y de acuerdo a qué tan cerca del cliente está el nodo. FTTN a menudo utiliza la infraestructura de par trenzado o cables coaxiales existentes para proporcionar un servicio de última milla. Por esta razón, la fibra hasta el nodo es menos costosa de implementar. Sin embargo, a largo plazo, su potencial de ancho de banda es limitado en relación con las implementaciones que aporta la fibra a los abonados.

Figura 15: Arquitectura FTTN

Fuente: (Añazco, 2013:16)

2.4.5 Elementos de la red GPON

El esquema de una red GPON está compuesto por tres partes fundamentales: la OLT, ODN y ONT, como se observa en la figura 16. La OLT está ubicada en el nodo del proveedor de servicios y contiene todos los equipos activos. La ODN (Optical Distribution Network) es la red óptica pasiva de distribución que abarca a la red feeder, a la red distribución y a la red de dispersión, en donde su elemento más importante es el splitter encargado de dividir las señales a las respectivas ONTs de los usuarios. La NAP (Network Access Point),

comúnmente llamada caja óptica de distribución es el equipo terminal que conecta la red de distribución con la red de dispersión. Finalmente, en el domicilio del cliente está ubicada la ONT que es el equipo terminal de la red GPON, la cual recibe las señales ópticas y las transforma a señales eléctricas.

Figura 16: Esquema de una red GPON

A continuación, se detalla cada elemento del esquema de una red GPON.

2.4.5.1 Optical Line Termination (OLT)

El equipo terminal óptico (OLT), como se observa en la figura 1.36, es el equipo activo que conecta la red óptica de distribución (ODN) con los diferentes equipos del proveedor de servicios de telecomunicaciones. Generalmente la OLT está en el chasis o rack de telecomunicaciones, posee una tarjeta de ventiladores para enfriar al equipo activo OLT. De igual manera, posee tarjetas de gestión y control, tarjetas para tráfico de telefonía y tarjetas de servicios. Las tarjetas de servicios poseen puertos, donde cada puerto representa un hilo de fibra óptica del cable troncal o feeder.

Figura 17: Optical Line Termination

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

2.4.5.2 Red Feeder

La red feeder es la red troncal que conecta el distribuidor óptico ODF ubicado en el nodo central con el armario FDH que se detallará en la siguiente sección. El cable óptico de la red feeder típicamente va canalizado por los ductos PVC hasta llegar a un armario donde se encuentran los splitters.

2.4.5.3 Armario de GPON (FDH)

El armario FDH (Fiber Distribution Hub), es fabricado típicamente de un material de aluminio para soportar condiciones climáticas extremas como agua, polvo y vandalismo, ya que se encuentra a la intemperie. El armario está ubicado en un determinado punto del enlace y es el encargado de conectar la red feeder con la red de distribución; en el armario se encuentran ubicados los splitters, existen armarios que pueden soportar hasta 576 puertos o usuarios, como se observa en la figura 1.37.

Figura 18: Armario FDH

(Fuente: <https://www.fibraoptica hoy.com/imagenes/2014/10/EDC-864.jpg>)

2.4.5.4 Splitter

El splitter es un divisor óptico pasivo, generalmente se utilizan en redes de distribución, cuando un enlace punto a punto no es suficiente para satisfacer la demanda de usuarios, también se las utiliza en redes FTTx y GPON.

El splitter divide la señal exactamente igual a su señal original con la misma longitud de onda, pero con menor potencia. Existen splitters de hasta 1/128 salidas, dependiendo de la cantidad de salidas se pueden tener 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64 y 1/128 salidas. En la figura 1.38 se muestra el splitter 1/32.

Figura 19: Splitter 1/32

(Fuente: <https://planetechusa.com/epl-spt-32-gepon-splitter-1x32-plc-splitter-wavelength-1260-1650-nm/>)

La mayoría de splitters están ubicados en la mangas, cajas terminales y armarios que se explicarán más adelante. En la tabla 1.7 se observan las pérdidas por inserción de los splitters.

Tabla 5: Pérdidas por inserción de los splitters

Tasa	Máximo	Mínimo	Promedio
1x64	22.8 dB	15.7 dB	19.2 dB
1x32	18.6 dB	13.1 dB	15.8 dB
1x16	15.0 dB	10.8 dB	13.4 dB
1x8	11.4 dB	8.1 dB	9.7 dB
1x4	7.8 dB	5.4 dB	6.6 dB
1x2	4.2 dB	2.6 dB	3.4 dB

2.4.5.5 Optical Distribution Network (ODN)

La red de distribución óptica es toda la red óptica pasiva en donde no existen equipos activos o equipos que necesiten energía eléctrica para su funcionamiento, la ODN está formada por la red feeder, la red de distribución y la red de dispersión. De igual manera, en esta red están ubicados los elementos como los armarios (FDH), donde se encuentran los splitters y las cajas de distribución óptica (NAP)

2.4.5.6 Red de Distribución

La red de distribución une el armario FDH con la caja de distribución NAP, las cajas de distribución pueden estar ubicadas en postes o pozos, por lo tanto, se usa un cable óptico que puede ser aéreo o canalizado, dependiendo de los criterios de diseño de la red GPON.

2.4.5.7 Caja de Distribución Óptica (NAP)

La caja de distribución óptica, como se observa en la figura 1.39, también se la conoce con el nombre de NAP (Network Access Point) punto de acceso a la red o caja terminal. Es la encargada de conectar la red de distribución con las conexiones individuales de cada abonado. De igual manera, es un punto específico para realizar labores de operación y mantenimiento. En las NAP se encuentran los pigtails, que son los encargados de conectar los hilos del cable de distribución con los respectivos conectores de la NAP.

Figura 20: NAP

Fuente: <https://www.casadomo.com/2013/07/24/c3-cables-y-componentes-para-comunicaciones-presenta-22915>

2.4.5.8 Red de Dispersión

La red de dispersión es el segmento de red que va desde las cajas de distribución NAP hasta la roseta óptica que está ubicada en el domicilio del cliente, el cable óptico usado en esta red se llama drop, solo posee dos hilos de fibra óptica, por lo tanto, es de fácil manipulación.

2.4.5.9 Roseta Óptica

La roseta Óptica, como se observa en la figura 16, es el punto terminal de una red de acceso GPON y conecta la red de dispersión con el equipo activo ONT (Optical Network Terminal) mediante el patchcord. En la roseta óptica se realizan mediciones o pruebas de las pérdidas en todo el enlace o sistema de comunicaciones.

Figura 21: Roseta Óptica

Fuente: <https://www.furukawatam.com/es/catalogo-de-productos-detalles/roseta-optica>

2.4.5.10 Optical Network Terminal (ONT)

La terminal de red óptica (ONT) es un equipo activo y está ubicado en el domicilio del cliente, este equipo es el encargado de recibir la señal óptica transmitida y convertirla en señal eléctrica. Posee puertos para telefonía, televisión e internet, por lo tanto, es capaz de ofrecer el servicio triple play que se detallará en la siguiente sección. A la ONT llegan todas las tramas de datos enviadas por la OLT, entonces filtra las tramas destinadas a la respectiva ONT mediante verificación de direcciones y las demás tramas que le corresponden las descarta. A continuación, se presenta la figura 1.41 correspondiente al equipo activo ONT.

Figura 22: Terminal de red óptica – ONT

Fuente: http://www.zte.com.cn/en/products/access/xpon/201301/t20130131_385569.html

3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se identificarán los problemas que afectan a la organización objetivo, describiendo cada una y, asimismo, servirá de insumo para la determinación de los requerimientos que serán necesarios para llevar a cabo el diseño de la solución, y finalmente también se identifica las unidades orgánicas interesadas en el proyecto.

3.1 PROBLEMA PARA RESOLVER

- 3.1.1 Planificar la ubicación, topología y rutas de acceso FTTH para las videocámaras de seguridad, de acuerdo con la recomendación G.984.1 del estándar GPON.

Problemática:

- La Gerencia de Seguridad Ciudadana cuenta con un Mapa del Delito del distrito emitido por la Policía Nacional del Perú actualizado al año 2017, la cual muestra zonas consideradas de alto riesgo por diferentes tipos de acciones delictivas.
- Que actualmente el centro de monitoreo de seguridad ciudadana solo cuenta con 41 videocámaras de seguridad interconectadas a través de radioenlaces y que se encuentran instaladas en la parte sur del distrito y de las cuales funcionan solo son 12 videocámaras.

Requerimientos:

- Plan Local de Seguridad Ciudadana del distrito de San Martín de Porres.
- Mapa del delito emitido por la Policía Nacional del Perú actualizado.
- Cantidad de videocámaras de seguridad a utilizarse para el presente proyecto.

El distrito de San Martín de Porres cuenta actualmente con un sistema de video vigilancia basado en una arquitectura inalámbrica que interconecta a 41

videocámaras de seguridad las cuales se encuentran ubicadas en la parte sur del distrito, como se puede apreciar en el plano de ubicación adjunto al presente, podemos deducir por el tipo de medio de transmisión, que este no asegura una comunicación y ancho de banda constante y estable.

Tabla 6: Ubicación de las 41 videocámaras de seguridad

UBICACIÓN DE LAS 41 VIDEOCÁMARAS DE SEGURIDAD CONEXIÓN INALÁMBRICA	
NRO.	DIRECCIÓN
1	Av. Próceres - Torre Tagle
2	Av. José Granda – Salaverry
3	Av. Pacasmayo – Huaraz
4	Av. 12 de Octubre con la Av. Pacasmayo - Urb. Perú (7ma zona)
5	Av. 12 de Octubre con la Av. Lima - Urb. Perú (4ta zona)
6	Av. Callao con la Av. Lima - Urb. Perú (7ma zona)
7	Jr. Lobitos (parque) - Urb. Perú (4ta zona)
8	Jr. Ayacucho con Jr. Huaraz - Urb. Perú (4ta zona)
9	Av. 12 de Octubre con Jr. Malecón Rímac - Urb. Perú (5ta zona)
10	Jr. Callao con Jr. Ayacucho - Urb. Perú (3ra zona)
11	Jr. Camaná con Jr. Malecón Rímac – Urb. Perú
12	Av. Perú con la Av. Abancay - Urb. Perú (3ra zona)
13	Av. Perú con la Av. Universitaria - Urb. Perú (3ra zona)
14	Av. Perú con la Av. Salvador - Urb. Perú (Sector II - 2da zona)
15	Av. Salvador con el Jr. Sao Paolo - Urb. Perú (Sector II - 2da zona)
16	Av. Tupac Amaru con la Av. José Granda - Urb. Valdivieso

17	Av. Puerto Barrios con la Av. Lima - Urb. Perú (2da zona)
18	Av. Lima con la Av. Universitaria - Urb. Condevilla Señor (1ra etapa II, III y IV sector)
19	Av. José Granda con la Av. Pedro Silva - Urb. Condevilla Señor (1ra etapa II, III y IV sector)
20	Av. José Granda con la Ca. S/N 004 Asoc. Pro-Vivienda 03 de Octubre de Condevilla Señor
21	Jr. Tegucigalpa con el Jr. El Chaco AAHH Urb. Perú Zona 1° Barrio La Esperanza
22	Av. Perú con el Jr. Haití AAHH Perú Zona 1° Barrio La Esperanza
23	Jr. Rio Bamba Cdra. 13 B. M. Pedregal Bajo
24	Av. Alfredo Mendiola (Palacio Municipal)
25	Parque La Pera - Urb. Palao
26	Parque Santa Patricia - Urb. Santa Patricia I Etapa
27	Av. Tomas Valle cruce con la Av. Próceres
28	Av. Eduardo de Habich cruce con la Av. Panamericana Norte
29	Av. Perú cdra. 40 cruce con el Jr. Chiclayo
30	Av. Perú cdra. 35 / Plaza de Armas
31	Av. Perú cdra. 17 / Av. Dueñas
32	Av. Perú cdra. 13 / Jr. Riobamba cdra. 05
33	Av. Perú cdra. 29 / Av. Universitaria
34	Av. Tomas Valle / Av. Universitaria
35	Calle Miguel Ángel – Fiori
36	Av. Zarumilla cdra. 07
37	Av. Tupac Amaru / Av. Habich cdra. 01
38	Parque Cesar Vallejo
39	Calle Antonio Raimondi / Stella Maris

40	Calle José María Quimper / López de Romaña - Garagay 01
41	Calle José María Quimper / López de Romaña - Garagay 02

Plano 1: Plano de ubicación de las 41 videocámaras de seguridad interconectadas por radioenlace

Fuente: Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 - 2018

De las 41 videocámaras que cuenta instalados en el distrito, a la fecha sólo se encuentran operativas 12, debido a diversos motivos como la falta de línea de vista debido a edificaciones que se interponen entre las videocámaras y la ubicación de la estación base; y otras debido a falta del servicio de energía. A continuación, un cuadro resumen.

En la tabla 4, se muestra un resumen de videocámaras instaladas actualmente:

Tabla 7: Resumen de videocámaras actualmente instaladas

Videocámaras MDSMP	Medio de Transmisión	Cantidad
Videocámaras Operativas	Inalámbrico	12
Videocámaras Inoperativas	Inalámbrico	29
Total de Videocámaras		41

Actualmente, los gobiernos locales como las municipalidades realizan reuniones de coordinación con la Policía Nacional del Perú, quienes de acuerdo con los cuadros estadísticas de actos delictivos y zonas de alto riesgo que emiten las comisarias, elaboran el mapa delictivo y zonas de alto riesgo en conjunto con la Gerencia de Seguridad Ciudadana de la municipalidad, identificando cuales son áreas que deben tener un mayor resguardo a través del servicio de Serenazgo apoyados por efectivos policiales destacados por la Policial Nacional del Perú.

El distrito de San Martín de Porres cuenta con 08 jurisdicciones policiales, las cuales tienen definidos su ámbito de acción:

- 1) CPNP PRO
- 2) CPNP LAURA CALLER IBERICO
- 3) CPNP SOL DE ORO
- 4) CPNP CONDEVILLA SEÑOR

- 5) CPNP BARBONCITOS
- 6) CPNP SAN MARTIN DE PORRES
- 7) CPNP INDEPENDENCIA
- 8) CPNP SANTA LUZMILA

Ahora bien, se muestra el mapa del distrito de San Martin de Porres donde se puede apreciar que está dividido por jurisdicción de cada comisaria de la Policía Nacional del Perú.

Plano 2: Plano del distrito de SMP dividido por jurisdicciones de las comisarías de la PNP

Fuente: (http://www.mdsmp.gob.pe/CODISEC/files/PLSC_SMP_2018.pdf)

De la misma manera que las comisarías cuentan con sus jurisdicciones definidas, la municipalidad a dividido el distrito por sectores para definir el campo de acción de su seguridad ciudadana. Las cuales solo están cubiertas con efectivos de serenazgo

quienes realizan recorridos de las calles y avenidas de forma aleatoria contando con el apoyo solo de radios tetra para sus comunicaciones.

Plano 3: Distrito de SMP dividido por sectores

Fuente: (http://www.mdsmp.gob.pe/CODISEC/files/PLSC_SMP_2018.pdf)

Se ha elaborado unos cuadros resumen a partir de la matriz de actos delictivos y zonas de alto riesgo recopilada por la Policía Nacional del Perú en conjunto con la Gerencia de Seguridad Ciudadana de la municipalidad, donde se registran cada ubicación.

Tabla 8: Resumen de zonas con actos delictivos

TIPOS DE DELITO	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Sector 7	Total general
DELITO CONTRA LA LIBERTAD	3	5	3	4	2	4		21
DELITO CONTRA LA SEGURIDAD PUBLICA	7	12	7	6	6	6	2	46
DELITO CONTRA LA VIDA EL CUERPO Y LA SALUD	7	6	7	2	3	3		28
DELITOS CONTRA EL PATRIMONIO	18	23	21	17	18	17	5	119
PANDILLAJE PERNICIOSO				3	1	2		6
TOTAL GENERAL	35	46	38	32	30	32	7	220

Fuente: Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 - 2018

(Fuente: Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 - 2018)

Tabla 9: Resumen de zonas de alto riesgo del distrito de SMP

Etiquetas de fila	SECTORES						TOTAL GENERAL
	1	2	3	4	5	6	
CPNP BARBONCITOS					17		17
LUGARES CON INADECUADA SEÑALIZACIÓN EN SEGURIDAD VIAL					2		2
LUGARES DE CONCENTRACIÓN DE ALCOHÓLICOS Y DROGADICTOS					9		9
PARADEROS INFORMALES					6		6

CPNP CONDEVILLA SEÑOR				14			14
LUGARES CON INADECUADA SEÑALIZACIÓN EN SEGURIDAD VIAL				3			3
LUGARES DE CONCENTRACIÓN DE ALCOHÓLICOS Y DROGADICTOS				7			7
PARADEROS INFORMALES				4			4
CPNP PRO / CPNP LAURA CALLER IBERICO	17						17
LUGARES CON INADECUADA SEÑALIZACIÓN EN SEGURIDAD VIAL	3						3
LUGARES CON NULA O ESCASA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL	2						2
LUGARES DE CONCENTRACIÓN DE ALCOHÓLICOS Y DROGADICTOS	9						9
PARADEROS INFORMALES	3						3
CPNP SAN MARTIN DE PORRES						21	21
LUGARES CON INADECUADA SEÑALIZACIÓN EN SEGURIDAD VIAL						3	3
LUGARES CON NULA O ESCASA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL						4	4
LUGARES DE CONCENTRACIÓN DE ALCOHÓLICOS Y DROGADICTOS						7	7
PARADEROS INFORMALES						7	7
CPNP SANTA LUZMILA / CPNP INDEPENDENCIA		7					7
LUGARES CON INADECUADA SEÑALIZACIÓN EN SEGURIDAD VIAL		3					3
LUGARES DE CONCENTRACIÓN DE ALCOHÓLICOS Y DROGADICTOS		2					2
PARADEROS INFORMALES		2					2
CPNP SOL DE ORO / CPNP CONDEVILLA			13				13
LUGARES CON INADECUADA SEÑALIZACIÓN EN SEGURIDAD VIAL			3				3
LUGARES DE CONCENTRACIÓN DE ALCOHÓLICOS Y DROGADICTOS			4				4
PARADEROS INFORMALES			6				6
TOTAL GENERAL	17	7	13	14	17	21	89

(Fuente: Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 - 2018)

3.1.2 Planificar el ancho de banda de transmisión por videocámara de seguridad y elementos de la red de fibra óptica, en concordancia con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.

Problemática:

- El distrito de San Martín de Porres actualmente cuenta con videocámaras de seguridad interconectada a través de radioenlaces, y un problema actualmente es el ancho de banda para la transmisión de video de calidad y; asimismo, la ubicación de las videocámaras de seguridad con el tiempo ha perdido línea de vista debido a la construcción de edificios que son un obstáculo entre las estaciones bases y las videocámaras.

Requerimientos:

- Especificaciones de consumo de ancho de banda por tipo de compresión de video por videocámara de seguridad.
- Listado de calles y avenidas viables para despliegue de fibra óptica en referencia a la ubicación de las videocámaras.
- Planos de distribución de agua y desagüe en el distrito de San Martín de Porres.
- Planos de distribución de energía eléctrica en el distrito de San Martín de Porres.
- Planos de distribución de gas natural en el distrito de San Martín de Porres.
- Plano catastral del distrito.

El problema principal de la arquitectura de red de sus videocámaras actuales son la poca capacidad de ancho de banda en cada enlace de transmisión inalámbrica ya que actualmente cuentan con equipos de marca UBIQUITI y modelo POWERBEAM PBE -M5-400, cuya capacidad de transmisión está en los 150 Mbps de acuerdo con lo enunciado por el fabricante en su datasheet; lo que es un limitante si consideramos que tipo de compresión de video se está empleando, cuantos fotogramas por segundo está configurado, el tamaño de la resolución del video y el bitrate.

Otro problema es las constante caídas de la conexión, debido a que la línea de vista entre la estación base y las videocámaras se ha vuelto comprometida a causa de la generación de obstáculos que se interponen como es el caso de los edificios y casas que se han construido, lo que lleva a realizar replanteos y modificaciones y la implementación de estaciones de repetidoras, para lograr la operatividad de la arquitectura de red.

Finalmente, en este punto podemos decir que a medida que va creciendo en arquitectura de red, también va aumentando los gastos en equipamiento y mantenimiento de estos; haciendo más compleja su administración y configuración; por lo que podemos concluir que su capacidad de crecimiento es muy limitada.

3.1.3 Diseño de la red FTTH para el sistema de videovigilancia del distrito de San Martin de Porres, de acuerdo con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.

Problemática:

- El distrito de San Martin de Porres no cuenta con una arquitectura de red fiable para el despliegue de su servicio de video vigilancia y que abarque medularmente el distrito de norte, sur y se despliegue granularmente de acuerdo con la necesidad de crecimiento.

Requerimientos:

- Cantidad de videocámaras de seguridad a instalarse.
- Ubicación de los splitter de primer nivel y segundo nivel.
- Plano de las calles del distrito de San Martin de Porres
- Topología de la Arquitectura de la red de fibra óptica.
- Tipos de cables de fibra óptica a emplearse.

Un problema que afecta a todos los distritos de la ciudad de Lima, y podemos decir a nivel nacional es que ningún gobierno local y/o regional cuentan con el despliegue de una arquitectura de red fiable desarrollada bajo estándares y tecnología vigentes en su jurisdicción lo que dificulta el despliegue de servicios a sus contribuyentes; asimismo, la interconexión de sus sedes descentralizadas que ayuden a una correcta gobernabilidad.

La gran mayoría de gobiernos locales despliegan servicios a algunos puntos de sus distritos usando como medio de transmisión el radio enlace, que, por su facilidad de implementación en cuanto a planta externa, siendo la opción elegida, y que en un mediano plazo va creciendo de manera desordenada en cuanto a equipamiento de comunicaciones implementados en su base estación, haciendo más compleja la tarea de administración y mantenimiento.

A este problema se suma la facilidad de implementación de servicios inalámbricos domésticos que generan interferencias en el entorno donde viajan las radiofrecuencias de las transmisiones inalámbricas de los equipos implementados por la municipalidad, degradando la calidad del servicio; un ejemplo claro son los WISP que existen en todos los distritos implementados sin ningún tipo de regulación y fiscalización que ofrecen acceso a internet por tarifas módicas y que abarcan grandes distancias que traslapan con la de los servicios implementados por la municipalidad.

Otro de los problemas que afecta a este tipo de medio de transmisión es que necesariamente tiene que haber línea de vista entre cada extremo de los enlaces y que tratándose de un distrito emergente se vienen realizando proyecto donde se construyen edificios que se interponen en la línea de vista; y que para poder resolver este inconveniente las municipalidades se ven en la obligación de implementar estaciones repetidoras en las que se tiene que disponer de energía y adecuado acondicionamiento para los equipos incrementando el costo y mantenimiento y finalmente podemos decir que las condiciones climáticas también afectan a dichos sistemas generando desvanecimientos del haz, que degrada la calidad.

Figura 23: Central de Comunicaciones de Seguridad Ciudadana – MDSMP

Fuente: Propia

4 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Es este capítulo del proyecto se desarrollará el diseño de la arquitectura de red enmarcado con los requerimientos previos acordados en el capítulo anterior; asimismo, se definirá el tipo de instalación ideal acorde al proyecto y consideraciones necesarias para funcionamiento del mismo.

4.1 SOLUCIÓN

- 4.1.1 Planificar la ubicación, topología y rutas de acceso FTTH para las videocámaras de seguridad, de acuerdo con la recomendación G.984.1 del estándar GPON.

Después de haber analizado la información suministrada por la Policía Nacional del Perú y la Gerencia de Seguridad Ciudadana a través de su Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 – 2018, y Mapa del Delito, se extrae información referente los puntos donde ocurren actos delictivos y zonas de alto riesgo, y podemos concluir que existe 220 puntos donde ocurren actos delictivos y 89 zonas de alto riesgo.

La municipalidad distrital de San Martín en su Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 – 2018, ha considerado la instalación de 60 videocámaras de seguridad adicionales bajo una arquitectura de red de fibra óptica FTTH basado en el estándar GPON a diferencia de las 41 videocámaras que cuenta actualmente y estas están interconectadas a través de radio enlace; para la determinación de la ubicación de las 60 videocámaras de seguridad se realizó una reunión entre el CODISEC, comisarías y funcionarios de la municipalidad para esta primera etapa.

La ubicación del Centro de Monitorio de Serenazgo de la Municipalidad está ubicada en la Av. Próceres Nro. 737, cruce con el Jirón Stiglich, costado del parque ecológico de la municipalidad de San Martín de Porres, siendo el lugar donde convergerán los enlaces de fibra óptica del presente proyecto, siendo este el punto de partida desde donde se recorrió las principales calles y avenidas del distrito por donde se desplegará el tendido de fibra óptica.

A continuación, se lista la ubicación de las 60 videocámaras de seguridad acordadas para el distrito:

Tabla 10: Ubicación de las 60 videocámaras de seguridad a interconectarse con fibra óptica

Nro.	Ubicación	Coordenadas Geográficas	
		Y	X
		Latitud	Longitud
1	Avenida Pacasmayo c/n Calle El Olivar	11°58'20.91"S	77° 6'8.70"O
2	Av. Paramonga / Av. Tantomayo	11°57'33.13"S	77° 5'48.99"O
3	Av. Tantomayo / Tranquera de Vipol	11°57'54.44"S	77° 5'28.90"O
4	Av. Tantomayo / Tranquera de Vipol	11°58'15.72"S	77° 5'7.95"O
5	Av. Central / Av. Tantomayo	11°57'43.89"S	77° 5'38.64"O
6	Parque de Virgen de las Mercedes	11°58'4.74"S	77° 6'5.49"O
7	Av. Pacasmayo / Av. Sol de Naranjal	11°58'6.32"S	77° 5'49.86"O
8	Av. Central / Av. Ricardo Palma	11°57'32.60"S	77° 5'24.88"O
9	Parque Cantuarias	11°56'37.66"S	77° 5'15.40"O
10	Av. Sol de Naranjal / Av. San José	11°58'18.18"S	77° 5'38.89"O
11	Av. Naranjal / Av. San Nicolas	11°57'27.47"S	77° 6'8.81"O
12	Av. Paramonga / Av. Naranjal	11°57'41.06"S	77° 5'58.05"O
13	Av. Las Torres / Av. Central	11°57'21.48"S	77° 5'14.88"O
14	Av. Víctor Raúl Haya de la Torre (Cerro Candela)	11°58'23.54"S	77° 6'24.92"O
15	Av. San Diego / Av. Virgen de las Mercedes	11°57'4.20"S	77° 5'35.45"O
16	Parque los Girasoles de Chuquitanta	11°58'11.77"S	77° 6'34.54"O

17	Parque Santa María de Naranjal	11°58'31.34"S	77° 5'59.87"O
18	Av. Las torres / Av. Santa María	11°57'17.96"S	77° 5'54.45"O
19	Parque las Magnolias	11°58'46.16"S	77° 5'10.41"O
20	Avenida los Alisos / Av. San José	11°58'50.48"S	77° 6'12.01"O
21	Av. Canta Callao /Av. Pacasmayo	11°59'38.78"S	77° 6'36.73"O
22	Av. Dominicos / Av. Santa Rosa	11°59'58.13"S	77° 6'8.99"O
23	Parque Los Gemelos Urb. Libertadores	12° 0'33.84"S	77° 5'25.15"O
24	Av. Antúnez de Mayolo / Av. Próceres paradero Las Vaquitas	12° 0'4.28"S	77° 5'27.68"O
25	Av. Los olivos de Santa Rosa / Av. Canta Callao / Av. Los Alisos Mz. L Lote. 28	11°58'56.58"S	77° 5'19.60"O
26	Av. Los Olivos de Santa Rosa cdra. 03	11°59'14.81"S	77° 5'6.65"O
27	Av. Olivos de Santa Rosa / Av. Universitaria	11°59'18.51"S	77° 4'52.35"O
28	Avenida Alisos cruce con Av. Universitaria	11°59'0.48"S	77° 4'43.09"O
29	Av. Universitaria / Av. Antúnez de Mayolo	11°59'46.37"S	77° 5'5.28"O
30	Parque La Bomba Urb. Pacifico II etapa	11°59'58.75"S	77° 5'10.71"O
31	Av. Universitaria cdra. 30, 31 cruce con Calle Tovias Meyer Urb. Pacifico	12° 0'4.73"S	77° 5'1.80"O
32	Av. Angelica Gamarra / Av. Universitaria	12° 0'24.04"S	77° 4'57.38"O
33	Av. Angelica Gamarra cdra. 22	12° 0'27.53"S	77° 5'8.02"O
34	Parque. Antonio Raymondi Urb. Antares	12° 0'41.23"S	77° 5'7.00"O
35	Av. Tomas Valle cdra. 18 alt. Parque Antares	12° 0'46.06"S	77° 4'57.44"O
36	Av. Tomas Valle / Av. Angelica Gamarra	12° 0'41.06"S	77° 5'22.94"O
37	Av. Dominicos altura paradero veterinaria	11°59'40.98"S	77° 6'17.91"O

38	Av. Daniel Alcides Carrión paradero 03	11°59'37.40"S	77° 5'27.72"O
39	Av. Canta Callao / Av. Alisos	11°58'53.12"S	77° 5'48.39"O
40	Av. Bertello / Av. Carlos Izaguirre	11°59'17.63"S	77° 6'51.32"O
41	Parque del Trabajo Urb. Miguel Grau	12° 1'50.36"S	77° 2'39.52"O
42	Parque Senati alt. Jr. Isidro Alcibar / Jr. José Salas / Jr. Nicanor García	12° 1'42.57"S	77° 3'3.98"O
43	Av. Alfredo Mendiola cdra. 12 / Av. Bartolome de Las Casas cdra. 05	12° 0'56.09"S	77° 3'34.83"O
44	Av. Alfredo Mendiola cdra. 09 alt. 2da Entrada de Palao	12° 1'14.76"S	77° 3'34.50"O
45	Av. Alfredo Mendiola cdra. 16 / Av. Miguel Angel cdra. 05 paradero Fiori)	12° 0'38.25"S	77° 3'37.24"O
46	Av. Bolognesi / Av. Alfredo Mendiola (Parque Chavín)	12° 0'14.48"S	77° 3'41.79"O
47	Av. Alfredo Mendiola cdra. 04 / Av. Bartolome Herrera cdra. 01	12° 1'33.76"S	77° 3'31.70"O
48	Av. 10 de junio / Av. Miguel Grau	12° 1'48.47"S	77° 2'59.72"O
49	Av. 10 de junio / Av. Tupac Amaru	12° 1'33.60"S	77° 2'49.56"O
50	Av. Santa Clorinda / Av. Santa mercedes	12° 1'8.06"S	77° 3'37.04"O
51	Parque Héroes del Pacifico Urb. Palao	12° 1'14.70"S	77° 3'36.19"O
52	Jr. Pedregal / Av. Augusto B. Leguía cdra. 02 alt. Vaso de Leche	12° 2'7.56"S	77° 3'17.55"O
53	Pasaje Eten / Av. Tomas Valle cdra. 14	12° 0'44.43"S	77° 4'36.23"O
54	Av. Eloy Espinoza / Av. Honorio Delgado	12° 1'16.71"S	77° 3'13.84"O
55	Calle María Antonieta / Calle Santa Verónica	12° 1'21.60"S	77° 3'40.91"O

56	Av. Malecón Rímac / Av. Canadá	12° 2'4.57"S	77° 3'54.69"O
57	Parque Mil Veredas	12° 1'21.90"S	77° 3'15.47"O
58	Calle Macara / Vía Panamericana Norte (puente trompeta)	12° 1'53.43"S	77° 3'20.40"O
59	Jr. Becker / Av. Luna Pizarro	12° 1'32.50"S	77° 3'43.74"O
60	Av. Tomas Valle / Av. Marco Polo	12° 0'28.04"S	77° 3'21.81"O

Fuente: Mapa del delito del Plan de Seguridad Ciudadana del distrito de San Martín de Porres

Plano 4: Plano de ubicación de las 60 videocámaras del proyecto

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la ITU-T G.984.1 se define el tipo de servicio a brindar a través de la red GPON y para este proyecto en concreto es la transmisión de video para el

sistema de video vigilancia del servicio de seguridad ciudadana que brinda la municipalidad a su distrito; las consideraciones que debemos de tener presente es el nivel de compresión del video, fotogramas por segundo y el bit rate de los videos a transmitirse para su observación y almacenamiento.

Asimismo, de acuerdo con la ITU-T G.984.1 una vez ubicadas las videocámaras de seguridad y la ubicación del centro de comunicaciones de serenazgo donde convergerán los enlaces de fibra óptica en el plano del distrito se determinan que la mejor topología a emplearse para la realización del diseño de la red de fibra óptica será en estrella extendida.

Figura 24: Topología de red a emplearse – Estrella extendida

(Fuente: <https://gobiernoti.files.wordpress.com/2011/07/topologia-de-red1.gif>)

La ventaja de este tipo de topología reside en que se reduce el cableado y elementos de red que se conectan al nodo principal, siendo la única desventaja de esta topología que si se da una avería en el nodo principal toda la red se vería comprometida.

Un punto importante de esta norma ITU-T G.984.1 es la definición del alcance de la red GPON que en este caso es FTTH – Fibra hasta el hogar que en nuestro caso es hasta los gabinetes de poliéster donde se encuentra el equipo media converter ONU de las videocámaras de seguridad.

Habiendo determinado el tipo de topología a emplearse para el proyecto en mención, procedemos a realizar una zonificación en el plano del distrito de acuerdo con nuestros escenarios que vamos a cubrir; y es hasta donde debemos de llegar con nuestras troncales de fibra óptica, y para el presente escenario se ha optado por dividir en 02 zonas una superior y una inferior.

Plano 5: Zonificación del distrito de SMP

Luego de haber zonificado nuestro escenario para el proyecto realizamos un listado de las posibles calles y avenidas para determinar la mejor ruta por donde se realizará el tendido de fibra óptica hasta los centros de distribución de cada zona.

Tabla 11: Listado de calles y avenidas posibles para la realización del recorrido de la fibra óptica.

Nro.	Ubicación
1	Av. Central
2	Av. Tantomayo
3	Av. Pacasmayo
4	Av. Santa Callao
5	Av. Los Dominicos
6	Av. Santa Rosa
7	Av. Carlos Izaguirre
8	Av. Angelica Gamarra
9	Av. 12 de octubre
10	Av. Próceres
11	Av. Tomas Valle
12	Av. José Granda
13	Av. Lima
14	Av. Alfredo Mendiola
15	Av. Luna Pizarro
16	Av. Darío Valdizan
17	Av. Alcibar

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Planificar el ancho de banda de transmisión por videocámara de seguridad y elementos de la red de fibra óptica, en concordancia con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.

Para la planificación del ancho de banda requerido por la videocámara de seguridad, debemos definir unos requisitos esenciales como son el tipo de compresión o codificación del video, la resolución, la calidad de video, cuantos fotogramas por segundo.

De acuerdo con lo mencionado líneas arriba se ha elegido el modelo de videocámara de seguridad de la marca **DAHUA**, específicamente el modelo **DH-SD6CE245U-HNI**, cuyos datos técnicos requeridos para el cálculo del ancho de banda necesario lo obtenemos de su hoja técnica.

Figura 25: Videocámara de seguridad a emplearse para el proyecto

Fuente: https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180710/SD6CE245U-HNI_Datasheet_20180709.pdf

Tabla 12: Detalles técnicos de la videocámara

Pro Series | DH-SD6CE245U-HNI

Technical Specification		Auto Tracking	Support
Camera		IVS	Tripwire, Intrusion, Abandoned/Missing
Image Sensor	1/2.8" STARVIS™ CMOS	Advanced Intelligent Functions	Face Detection, Heat Map
Effective Pixels	1920(H) x 1080(V), 2 Megapixels	Video	
RAM/ROM	512M/128M	Compression	H.265+/H.265/H.264+/H.264
Scanning System	Progressive	Streaming Capability	3 Streams
Electronic Shutter Speed	1/1s~1/30,000s	Resolution	1080P(1920×1080)/720P(1280×720)/D1(704×576/704×480)/CIF(352×288/352×240)
Minimum Illumination	Color: 0.005Lux@F1.6; B/W: 0.0005Lux@F1.6; 0Lux@F1.6 (IR on)	Frame Rate	Main stream: 1080P/1.3M/ 720P(1~50/60fps)
S/N Ratio	More than 55dB		Sub stream1: D1/CIF(1 ~ 25/30fps)
IR Distance	Distance up to 250m (820ft)	Bit Rate Control	Sub stream2: 1080P/1.3M/720P/D1/CIF (1~25/30fps)
IR On/Off Control	Auto/Manual		CBR/VBR
IR LEDs	6	Bit Rate	H.265/H.264: 448K ~ 8192Kbps
Lens		Day/Night	Auto(ICR) / Color / B/W
Focal Length	3.95mm~177.7mm	Backlight Compensation	BLC / HLC / WDR (120dB)
Max. Aperture	F1.6~ F4.95	White Balance	Auto, ATW, Indoor, Outdoor, Manual
Angle of View	H: 70.3° ~ 1.8°	Gain Control	Auto / Manual
Optical Zoom	43x	Noise Reduction	Ultra DNR (2D/3D)
Focus Control	Auto/Manual	Motion Detection	Support
Close Focus Distance	100mm~ 1000mm		

Fuente: https://www.dahuasecurity.com/asset/upload/product/20180710/SD6CE245U-HNI_Datasheet_20180709.pdf

Entonces de los detalles técnicos de la videocámara elegida podemos hacer el cálculo de ancho de banda necesario:

Datos:

Tipo de codificación : H.265

Bit Rate : 4096Kbps

Fotogramas por segundo FPS : 25

$$BW_{\text{cámara}} = (\text{FOTOGRAMAS POR SEGUNDO}) \times (\text{BIT RATE}_{\text{H.265}})$$

$$BW_{\text{cámara}} = 25 \times 4096\text{Kbps}$$

$$BW_{\text{cámara}} = 102,400\text{Kbps} \sim 102.4\text{Mbps}$$

Para el cálculo de ancho de banda (BW) promedio a emplearse se ha basado en 25 fotogramas por segundo (FPS) debido a que el ojo percibe hasta 14 FPS pero se ha considerado una holgura de hasta 25 FPS y de acuerdo al modelo de videocámara se ha basado el cálculo en el bit rate promedio que soporta el equipo que es de 4,096kbps bajo una codificación H.265.

Entonces podemos concluir que el ancho de banda – BW promedio requerido para cada videocámara es de **102.4Mbps**.

En este punto debemos de tener presente que en concordancia con la norma ITU-T G.984.2 se está empleando parámetros de la clase B+ y debemos de tener presente las siguientes consideraciones:

Tabla 13: Consideraciones potencia óptica y sensibilidad según la norma ITU-T G.984.2.

Parámetros Clase B+	ONT	OLT
Potencia óptica máxima	+5 dBm	+5dBm
Potencia óptica mínima	+0.5dBm	+1.5dBm
Sensibilidad mínima	-27dBm	-28dBm
Potencia óptica mínima de sobrecarga	-8dBm	-8dBm

Fuente: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2/es>

Ubicación de los centros de distribución

Habiéndose dividido el escenario en zonas para este proyecto se procede a realizar un análisis para la ubicación de los centros de distribución de acuerdo con la ubicación de las videocámaras de seguridad por cada zona.

Para esta etapa del proyecto se empleará splitter de 1:4 pensando en un futuro crecimiento.

Centros de distribución en la zona superior:

1. Av. Central con Av. Tantamayo
2. Av. Tantamayo con Av. Pacasmayo
3. Av. Santa Callao con Av. Los Dominicos
4. Av. Santa Rosa con Av. Carlos Izaguirre
5. Av. Angelica Gamarra con Av. 12 de octubre

Centros de distribución en la zona inferior:

6. Av. José Granda con Av. Lima
7. Av. Alfredo Mendiola con Av. Luna Pizarro
8. Av. Darío Valdizan con Av. Alcibar

Ubicación de los nodos de acceso

Los nodos de acceso o también conocidos como NAP contienen a los splitter de segundo nivel que es desde donde se iniciara a instalación del cable de cometida conocido como cable drop hasta las videocámaras de seguridad.

Para esta etapa del proyecto se empleará splitter de 1:8 pensando en un futuro crecimiento.

Nodos de Acceso en la zona superior:

1. Av. Central con Av. Diego Alcalá
2. Av. Tantamayo con Av. Central
3. Av. Pacasmayo con Av. Sol de Naranjal
4. Av. Paramonga
5. Av. Canta Callao con Av. Dominicos
6. Av. Alisos con Av. Gardenias
7. Av. Los Olivos con Av. San Rosa
8. Av. Canta Callao con Av. Dominicos
9. Av. 12 de octubre con Av. Faustino Sánchez Carrión
10. Av. Angelica Gamarra con Av. 12 de octubre

Nodos de Acceso en la zona inferior:

11. Av. Tomas Valle con Av. Unanue
12. Av. Lima con Pasaje León Velarde
13. Av. Dario Valdizan con Av. Manuel Villar

14. Av. San Isidro Alcibar con Av. José Salase
15. Av. Alfredo Mendiola con Av. Luna Pizarro
16. Av. Alfredo Mendiola con Av. Miguel Angel

Plano 6: Ubicación de los centros de distribución y nodos de acceso

4.1.3 Diseño de la red FTTH para el sistema de videovigilancia del distrito de San Martín de Porres, de acuerdo con la recomendación G.984.1/2 del estándar GPON.

Para el diseño de la arquitectura de red FTTH basado en el standard GPON se tendrá en consideración los siguientes puntos:

- Cálculo total del ancho de banda en relación con los centros de distribución y nodos de acceso.
- Cálculo de presupuesto de potencia óptica de la arquitectura.
- Cálculo de atenuación longitud de cada enlace.
- Cálculo de atenuación por empalmes de fusión de cada enlace.
- Cálculo de atenuación por conectores de cada enlace.
- Cálculo de potencia de transmisión de cada enlace.
- Cálculo de potencia de recepción de cada enlace.
- Cantidad de puertos PON a emplearse en la OLT.
- Cantidad de Mbps de ancho de banda por cada puerto PON a utilizarse.

En consideración a la norma ITU-T G.984.1 se realiza el cálculo del ancho de banda que empleará el sistema para poder saber que rendimiento tendrá el sistema, por lo que consiguiente realizamos los siguientes cálculos:

Cálculo de ancho de banda del sistema de videovigilancia

En relación con los splitter de primer nivel y segundo nivel determinamos el ancho de banda (N-1 y N-2), sabiendo que el consumo de cada videocámara es de 102.4Mbps, entonces se realiza el cálculo por cada centro de distribución:

N1 01: habilita a 02 nodos de acceso que contienen un splitter de 1:8 cada uno, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 14: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 01

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S01	4	409.60
S02	5	512.00
Total general	9	921.60

Fuente: Propia

N1 02: habilita a 02 nodos de acceso que contienen un splitter de 1:8 cada uno, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 15: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 02

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S03	5	512.00
S04	2	204.80
Total general	7	716.80

Fuente: Propia

N1 03: habilita a 02 nodos de acceso que contienen un splitter de 1:8 cada uno, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 16: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 03

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S05	4	409.60
S06	3	307.20
Total general	7	716.80

Fuente: Propia

N1 04: habilita a 02 nodos de acceso que contienen un splitter de 1:8 cada uno, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 17: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 04

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S07	2	204.80
S08	4	409.60
Total general	6	614.40

Fuente: Elaboración Propia

N1 05: habilita a 02 nodos de acceso que contienen un splitter de 1:8 cada uno, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 18: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 05

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S09	5	512.00
S10	4	409.60
Total general	9	921.60

Fuente: Elaboración Propia

N1 06: habilita a 01 nodo de acceso que contiene un splitter de 1:8, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 19: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 06

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S11	3	307.20
Total general	3	307.20

Fuente: Elaboración Propia

N1 07: habilita a 03 nodos de acceso que contienen un splitter de 1:8 cada uno, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 20: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 07

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S12	3	307.20
S13	4	409.60
S14	2	204.80
Total general	9	921.60

Fuente: Elaboración Propia

N1 08: habilita a 02 nodos de acceso que contienen un splitter de 1:8 cada uno, entonces el cálculo de consumo de ancho de banda será la sumatoria de todas las videocámaras a habilitar dicho umbral.

Tabla 21: Ancho de Banda requerido Centro de Distribución N1 08

Nodos de Acceso	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
S15	6	614.40
S16	4	409.60
Total general	10	1,024.00

Fuente: Elaboración Propia

Entonces el cálculo del ancho de banda total del sistema de videovigilancia se realizaría por la suma del consumo de cada centro de distribución, como se aprecia en el cuadro siguiente:

Tabla 22: Ancho de Banda requerido por el Sistema de Videovigilancia del distrito

Centro de Distribución	Cantidad de Videocámaras	Ancho de banda Mbps
N1 01	9	921.60
N1 02	7	716.80
N1 03	7	716.80
N1 04	6	614.40
N1 05	9	921.60
N1 06	3	307.20
N1 07	9	921.60
N1 08	10	1,024.00
Total general	60	6,144.00

Fuente: Elaboración Propia

Podemos concluir que el sistema de videovigilancia consume 6,144.00Mbps o 6.144Gbps en total por las 60 videocámaras de seguridad a desplegarse en todo el distrito.

Ahora una vez realizado el cálculo del consumo total de ancho de banda del sistema, procedemos al balanceo de potencias y distribución del ancho de banda en concordancia a la norma ITU-T G.984.2 de acuerdo a los parámetros de clase B+ descrito en punto 4.1.

Cantidad de puertos GPON a emplearse en el OLT

Cada centro de distribución está conectado a un puerto PON del equipo OLT, por lo que de acuerdo con la distribución podemos concluir que se emplearán **08 puertos PON**, esto en relación a que para este proyecto se ha considerado 08 centros de distribución.

La arquitectura de los módulos SFP serán de arquitectura es clase B+ cuyas características son la siguientes:

- Distancia de cobertura: 20km
- Soporta transmisión de gran ancho de banda:
 - o Downstream: 2.5Gbps
 - o Upstream: 1.25Gbps
- Punto a Multipunto
- Ideal para servicios IP como Voz, Video y Datos
- Sensibilidad en Downstream: De +1.5dB hasta +5dB
- Sensibilidad en Upstream: De -8dB hasta -28dB

Una vez determinada la ubicación y recorrido del tendido de fibra óptica se tiene que realizar el presupuesto de potencia de la arquitectura por cada uno de los enlaces y puerto GPON y esto va en función del equipo OLT y ONU respectivamente, para lo cual se eligió para este diseño los siguientes equipos:

- OLT:
 - o Marca: PARKS
 - o Modelo: Fiberlink 30028
 - o Características principales:
 - Soporta hasta 128 ONUs por interfaz GPON
 - UPLINK de hasta 20Gbit/s
 - Protocolo ERPS (Ethernet Ring Protection Switching) con recuperación en menos de 50ms
 - Aprovisionamiento completo por Interfaz de línea de comando (CLI) o Parks NMS (interfaz gráfica)

- Conmutador Ethernet integrado con capacidad de enrutamiento de 108 Gbit/s y tabla MAC de 32k direcciones
- Mecanismo avanzado de calidad de servicio QoS en hardware, permite el análisis de paquetes en capa 2 (L2) o capa 3 (L3) (IPv4 e IPv6)
- Soporte a 4096 VLANs simultáneas
- VLAN: puertos trabajan en modo híbrido (QinQ y troncal simultáneamente);
- PPPOE Intermediate Agent;
- Sensibilidad de Potencia:
 - DownStream: +5dB hasta +1.5dB
 - Upstream: -8dB hasta -28dB

Figura 26: OLT PARKS – Fiberlink 30028

- ONU:
 - Marca: PARKS
 - Modelo: Fiberlink 2100
 - Características principales:
 - ONU GPON G.984
 - IPv6 y IPv4
 - QoS avanzado, garantizando cualidad de los servicios triple-play
 - Operación en los modos GPON y Active Ethernet, con autodetección
 - Posibilidad de ofrecer Servicio Punto-Multipunto (GPON) Y Punto a Punto (Active Ethernet)

- Rendimiento de enrutamiento máximo hasta 1Gbit/s con paquetes de 64Bytes
- IPTV Multicast, Unicast y Video on Demand
- Fácil instalación y aprovisionamiento
- Trabaja simultáneamente en los modos Router y Bridge
- Baja latencia y ultra banda ancha: solución perfecta para servicios de games interactivos y multiplayer
- Sensibilidad de Potencia:
 - DownStream: +5dB hasta +1.5dB
 - UpStream: -8dB hasta -28dB

Figura 27: ONU PARKS – Fiberlink 2100

Ancho de banda de por cada puerto GPON con SFP de arquitectura B+ en el OLT

Tabla 23: Ancho de Banda requerido por cada puerto GPON de equipo OLT

<i>Puertos GPON</i>	<i>Cantidad de Videocámaras</i>	<i>Ancho de banda Mbps</i>
Port GPON 01	9	921.60
Port GPON 02	7	716.80
Port GPON 03	7	716.80

Port GPON 04	6	614.40
Port GPON 05	9	921.60
Port GPON 06	3	307.20
Port GPON 07	9	921.60
Port GPON 08	10	1024.00
Total general	60	6144.00

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del presupuesto de potencia para cada enlace de fibra óptica para las videocámaras de seguridad

Para la determinación del presupuesto óptico debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Atenuación en la arquitectura:

- Distancia:
 - Para transmisión: ~0.3dB por kilómetro con longitud de onda de 1490nm
 - Para recepción: ~0.5dB por kilómetro con longitud de onda de 1310nm.
- Fusión: ~0.1dB por fusión
- Conector: ~0.6dB por conector
- Splitter: $\{10 \log(0.5) = -3.01\}$
 - Splitter de 1:2 : 3.01dB
 - Splitter de 1:4 : 7.20dB
 - Splitter de 1:8 : 9.02dB
 - Splitter de 1:16 : 12.04dB

- Splitter de 1:32 : 15.05dB
- Splitter de 1:64 : 18.06dB

El módulo recomendado para el OLT es de clase B+ que tiene una potencia de alcance de hasta 20km su rango de señal de recepción es desde -8dBm a -28dBm; eso quiere decir que todas las señales de cada enlace deben estar dentro de ese rango.

Cálculo de Potencia de Downstream ($\lambda=1490\text{nm}$ / atenuación = 0.3dB)

$$\mathbf{P_{ds} = P_i - \Sigma C - \Sigma F - S_{1:4} - S_{1:8} - D}$$

Donde:

P_{ds} = Potencia de Downstream

P_i = Potencia de inicio

ΣC = Conectores

ΣF = Fusiones

$S_{1:4}$ = Splitter 1:4

$S_{1:8}$ = Splitter 1:8

D = Distancia (nKm x atenuación por longitud de onda)

Cálculo del presupuesto de potencia para el enlace Nro. 1:

Formula:

$$\mathbf{P_{ds} = P_i - \Sigma C - \Sigma F - S_{1:4} - S_{1:8} - D}$$

Datos:

$$P_{ds} = X$$

$$P_i = 3 \text{ dB}$$

$$\Sigma C = 3 \times 0.6 \text{ dB}$$

$$\Sigma F = 5 \times 0.1 \text{ dB}$$

$$S_{1:4} = 7.20 \text{ dB}$$

$$S_{1:8} = 9.02 \text{ dB}$$

$$D = 10.1 \text{ km} \times 0.3 \text{ dB}$$

Cálculo:

$$P_{ds} = 3 \text{ dB} - 3 \times 0.6 \text{ dB} - 5 \times 0.1 \text{ dB} - 7.20 \text{ dB} - 9.02 \text{ dB} - (10.1 \text{ km} \times 0.3 \text{ dB})$$

$$P_{ds} = -18.55 \text{ dB}$$

A continuación, se muestra el detalle de cálculo de presupuesto de cada uno de los enlaces:

Tabla 24: Cálculo de la potencia de descarga de cada enlace

<i>Nro.</i>	<i>Pi</i>	<i>ΣC</i>	<i>ΣF</i>	<i>Splitter</i>	<i>Splitter</i>	<i>D</i>	<i>Aten.</i>	<i>Atenuación</i>	<i>RESULTADO</i>		
				<i>1:4</i>	<i>1:8</i>	<i>km</i>	<i>x Km</i>	<i>total /km</i>			
1	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.1	-0.3	-3.03	-18.55
2	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.5	-0.3	-2.85	-18.37
3	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	8.7	-0.3	-2.61	-18.13
4	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	7.5	-0.3	-2.25	-17.77
5	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	8.9	-0.3	-2.67	-18.19

6	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	10.9	-0.3	-3.27	-18.99
7	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.3	-0.3	-2.79	-18.31
8	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.6	-0.3	-3.18	-18.70
9	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	12.5	-0.3	-3.75	-19.27
10	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.9	-0.3	-2.97	-18.49
11	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.5	-0.3	-3.15	-18.67
12	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.9	-0.3	-2.97	-18.49
13	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10	-0.3	-3	-18.52
14	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.8	-0.3	-3.24	-18.76
15	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	11	-0.3	-3.3	-18.82
16	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	11.4	-0.3	-3.42	-19.14
17	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.9	-0.3	-3.27	-18.79
18	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.2	-0.3	-3.06	-18.58
19	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	7.2	-0.3	-2.16	-17.68
20	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.1	-0.3	-1.83	-17.35
21	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.5	-0.3	-1.65	-17.17
22	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.2	-0.3	-1.86	-17.38
23	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1	-0.3	-0.3	-15.82
24	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	2.7	-0.3	-0.81	-16.33
25	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.7	-0.3	-2.01	-17.53
26	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.4	-0.3	-1.62	-17.14
27	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.9	-0.3	-1.77	-17.29
28	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	7.6	-0.3	-2.28	-17.80

29	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	2.6	-0.3	-0.78	-16.30
30	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	2.2	-0.3	-0.66	-16.18
31	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	3.8	-0.3	-1.14	-16.66
32	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1.2	-0.3	-0.36	-15.88
33	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	0.8	-0.3	-0.24	-15.76
34	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1.2	-0.3	-0.36	-15.88
35	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	0.8	-0.3	-0.24	-15.76
36	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	0.7	-0.3	-0.21	-15.73
37	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.5	-0.3	-1.65	-17.17
38	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	3.3	-0.3	-0.99	-16.51
39	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.4	-0.3	-1.62	-17.14
40	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.6	-0.3	-1.98	-17.50
41	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	8	-0.3	-2.4	-18.12
42	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.5	-0.3	-1.95	-17.67
43	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	8.3	-0.3	-2.49	-18.21
44	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.2	-0.3	-1.86	-17.58
45	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	7.6	-0.3	-2.28	-18.00
46	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	8.8	-0.3	-2.64	-18.36
47	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.2	-0.3	-1.86	-17.58
48	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.9	-0.3	-2.07	-17.79
49	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.3	-0.3	-1.89	-17.61
50	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.6	-0.3	-1.98	-17.70
51	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.4	-0.3	-1.92	-17.64

52	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.5	-0.3	-1.95	-17.67
53	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1.6	-0.3	-0.48	-16.00
54	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	7.6	-0.3	-2.28	-18.00
55	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.3	-0.3	-1.89	-17.61
56	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.8	-0.3	-2.04	-17.76
57	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	7.8	-0.3	-2.34	-18.06
58	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.3	-0.3	-1.89	-17.61
59	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.4	-0.3	-1.92	-17.64
60	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.4	-0.3	-1.92	-17.64

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos podemos evidenciar que cada potencia resultante en el extremo de cada enlace se encuentra dentro del rango de recepción que va desde -8dB hasta -28dB, siendo viable todos los enlaces.

Cálculo de Potencia de Upstream ($\lambda=1310\text{nm}$ / atenuación = 0.5dB)

$$\mathbf{P_{us} = P_i - \Sigma C - \Sigma F - S_{1:4} - S_{1:8} - D}$$

Donde:

P_{us} = Potencia de Upstream

P_i = Potencia de inicio

ΣC = Conector

ΣF = Fusión

$S_{1:4}$ = Splitter 1:4

$S_{1:8}$ = Splitter 1:8

D = Distancia (nKm x atenuación por longitud de onda)

Cálculo del presupuesto de potencia para el enlace Nro. 1:

Formula:

$$P_{us} = P_i - \Sigma C - \Sigma F - S_{1:4} - S_{1:8} - D$$

Datos:

$$P_{us} = X$$

$$P_i = 3 \text{ dB}$$

$$\Sigma C = 3 * 0.6 \text{ dB}$$

$$\Sigma F = 5 * 0.1 \text{ dB}$$

$$S_{1:4} = 7.20 \text{ dB}$$

$$S_{1:8} = 9.02 \text{ dB}$$

$$D = 10.1 \text{ km} \times 0.3 \text{ dB}$$

Calculo:

$$P_{us} = 3 \text{ dB} - (3 * 0.6 \text{ dB}) - (5 * 0.1 \text{ dB}) - 7.20 \text{ dB} - 9.02 \text{ dB} - (10.1 \text{ km} * 0.5 \text{ dB})$$

$$P_{us} = -20.57 \text{ dB}$$

A continuación, se muestra el detalle de cálculo de presupuesto de cada uno de los enlaces:

Tabla 25: Cálculo de la potencia de subida de cada enlace

<i>Nro.</i>	<i>Pi</i>		ΣC	ΣF		<i>Splitter</i> 1:4	<i>Splitte</i> r 1:8	<i>D km</i>	<i>Aten.</i> x Km	<i>Atenuación</i> total /km	<i>RESULTADO</i>
1	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.1	-0.5	-5.05	-20.57
2	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.5	-0.5	-4.75	-20.27
3	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	8.7	-0.5	-4.35	-19.87
4	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	7.5	-0.5	-3.75	-19.27
5	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	8.9	-0.5	-4.45	-19.97
6	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	10.9	-0.5	-5.45	-21.17
7	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.3	-0.5	-4.65	-20.17
8	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.6	-0.5	-5.3	-20.82
9	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	12.5	-0.5	-6.25	-21.77
10	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.9	-0.5	-4.95	-20.47
11	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.5	-0.5	-5.25	-20.77
12	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	9.9	-0.5	-4.95	-20.47
13	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10	-0.5	-5	-20.52
14	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.8	-0.5	-5.4	-20.92
15	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	11	-0.5	-5.5	-21.02
16	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	11.4	-0.5	-5.7	-21.42
17	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.9	-0.5	-5.45	-20.97
18	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	10.2	-0.5	-5.1	-20.62
19	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	7.2	-0.5	-3.6	-19.12

20	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.1	-0.5	-3.05	-18.57
21	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.5	-0.5	-2.75	-18.27
22	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.2	-0.5	-3.1	-18.62
23	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1	-0.5	-0.5	-16.02
24	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	2.7	-0.5	-1.35	-16.87
25	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.7	-0.5	-3.35	-18.87
26	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.4	-0.5	-2.7	-18.22
27	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.9	-0.5	-2.95	-18.47
28	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	7.6	-0.5	-3.8	-19.32
29	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	2.6	-0.5	-1.3	-16.82
30	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	2.2	-0.5	-1.1	-16.62
31	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	3.8	-0.5	-1.9	-17.42
32	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1.2	-0.5	-0.6	-16.12
33	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	0.8	-0.5	-0.4	-15.92
34	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1.2	-0.5	-0.6	-16.12
35	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	0.8	-0.5	-0.4	-15.92
36	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	0.7	-0.5	-0.35	-15.87
37	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.5	-0.5	-2.75	-18.27
38	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	3.3	-0.5	-1.65	-17.17
39	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	5.4	-0.5	-2.7	-18.22
40	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	6.6	-0.5	-3.3	-18.82
41	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	8	-0.5	-4	-19.72
42	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.5	-0.5	-3.25	-18.97

43	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	8.3	-0.5	-4.15	-19.87
44	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.2	-0.5	-3.1	-18.82
45	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	7.6	-0.5	-3.8	-19.52
46	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	8.8	-0.5	-4.4	-20.12
47	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.2	-0.5	-3.1	-18.82
48	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.9	-0.5	-3.45	-19.17
49	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.3	-0.5	-3.15	-18.87
50	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.6	-0.5	-3.3	-19.02
51	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.4	-0.5	-3.2	-18.92
52	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.5	-0.5	-3.25	-18.97
53	3	3	-0.6	5	-0.1	-7.2	-9.02	1.6	-0.5	-0.8	-16.32
54	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	7.6	-0.5	-3.8	-19.52
55	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.3	-0.5	-3.15	-18.87
56	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.8	-0.5	-3.4	-19.12
57	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	7.8	-0.5	-3.9	-19.62
58	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.3	-0.5	-3.15	-18.87
59	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.4	-0.5	-3.2	-18.92
60	3	3	-0.6	7	-0.1	-7.2	-9.02	6.4	-0.5	-3.2	-18.92

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, podemos concluir que todos enlaces de tanto en Tx y Rx se encuentran dentro del rango de sensibilidad aceptable; asegurando un correcto funcionamiento de la red de fibra óptica FTTH basado en estándar GPON.

Atenuación por empalmes en cada enlace de fibra óptica de las videocámaras de seguridad.

El valor de atenuación en un empalme por fusión es de 0.1dB de acuerdo con la norma ITU-T G.984.2 del estándar GPON.

En un enlace de red siempre está inmerso la realización de empalmes para fusionar trayectos de fibra óptica, splitters de primer nivel y segundo nivel; por lo que para el presente proyecto se muestra una tabla donde se ha considerado la cantidad de empalmes por enlace y su cantidad total de atenuación que genera.

Tabla 26: Cálculo de la atenuación por empalmes de cada enlace

<i>Nro.</i>	<i>Cantidad de Fusiones</i>	<i>Atenuación por</i>	<i>Atenuación total</i>
<i>Enlace</i>		<i>Fusión</i>	<i>Por Empalmes</i>
1	5	0.10	0.50
2	5	0.10	0.50
3	5	0.10	0.50
4	5	0.10	0.50
5	5	0.10	0.50
6	7	0.10	0.70
7	5	0.10	0.50
8	5	0.10	0.50
9	5	0.10	0.50
10	5	0.10	0.50

11	5	0.10	0.50
12	5	0.10	0.50
13	5	0.10	0.50
14	5	0.10	0.50
15	5	0.10	0.50
16	7	0.10	0.70
17	5	0.10	0.50
18	5	0.10	0.50
19	5	0.10	0.50
20	5	0.10	0.50
21	5	0.10	0.50
22	5	0.10	0.50
23	5	0.10	0.50
24	5	0.10	0.50
25	5	0.10	0.50
26	5	0.10	0.50
27	5	0.10	0.50
28	5	0.10	0.50
29	5	0.10	0.50
30	5	0.10	0.50
31	5	0.10	0.50
32	5	0.10	0.50
33	5	0.10	0.50

34	5	0.10	0.50
35	5	0.10	0.50
36	5	0.10	0.50
37	5	0.10	0.50
38	5	0.10	0.50
39	5	0.10	0.50
40	5	0.10	0.50
41	7	0.10	0.70
42	7	0.10	0.70
43	7	0.10	0.70
44	7	0.10	0.70
45	7	0.10	0.70
46	7	0.10	0.70
47	7	0.10	0.70
48	7	0.10	0.70
49	7	0.10	0.70
50	7	0.10	0.70
51	7	0.10	0.70
52	7	0.10	0.70
53	5	0.10	0.50
54	7	0.10	0.70
55	7	0.10	0.70
56	7	0.10	0.70

57	7	0.10	0.70
58	7	0.10	0.70
59	7	0.10	0.70
60	7	0.10	0.70

Fuente: Elaboración propia

Atenuación por conectores en cada enlace de fibra óptica de las videocámaras de seguridad.

El valor de atenuación en un conector es de 0.6dB de acuerdo con la norma ITU-T G.984.2 del estándar GPON.

En un enlace de red siempre está inmerso el empleo de conectores para interconectar la ODF con el OLT y en el equipo ONU desde el nodo de acceso; por lo que para el presente proyecto se muestra una tabla donde se ha considerado la cantidad de conectores por enlace y su cantidad total de atenuación que genera.

Tabla 27: Cálculo de la atenuación por conectores de cada enlace

<i>Nro.</i>	<i>Cantidad de conectores</i>	<i>Atenuación por</i>	<i>Atenuación total</i>
<i>Enlace</i>		<i>Conector</i>	<i>por Conectores</i>
1	3	0.6	1.8
2	3	0.6	1.8
3	3	0.6	1.8

4	3	0.6	1.8
5	3	0.6	1.8
6	3	0.6	1.8
7	3	0.6	1.8
8	3	0.6	1.8
9	3	0.6	1.8
10	3	0.6	1.8
11	3	0.6	1.8
12	3	0.6	1.8
13	3	0.6	1.8
14	3	0.6	1.8
15	3	0.6	1.8
16	3	0.6	1.8
17	3	0.6	1.8
18	3	0.6	1.8
19	3	0.6	1.8
20	3	0.6	1.8
21	3	0.6	1.8
22	3	0.6	1.8
23	3	0.6	1.8
24	3	0.6	1.8
25	3	0.6	1.8
26	3	0.6	1.8

27	3	0.6	1.8
28	3	0.6	1.8
29	3	0.6	1.8
30	3	0.6	1.8
31	3	0.6	1.8
32	3	0.6	1.8
33	3	0.6	1.8
34	3	0.6	1.8
35	3	0.6	1.8
36	3	0.6	1.8
37	3	0.6	1.8
38	3	0.6	1.8
39	3	0.6	1.8
40	3	0.6	1.8
41	3	0.6	1.8
42	3	0.6	1.8
43	3	0.6	1.8
44	3	0.6	1.8
45	3	0.6	1.8
46	3	0.6	1.8
47	3	0.6	1.8
48	3	0.6	1.8
49	3	0.6	1.8

50	3	0.6	1.8
51	3	0.6	1.8
52	3	0.6	1.8
53	3	0.6	1.8
54	3	0.6	1.8
55	3	0.6	1.8
56	3	0.6	1.8
57	3	0.6	1.8
58	3	0.6	1.8
59	3	0.6	1.8
60	3	0.6	1.8

Fuente: Elaboración propia

Atenuación por splitter de primer nivel y segundo nivel en cada enlace de fibra óptica de las videocámaras de seguridad.

El valor de atenuación en por splitter de 1:4 es de 7.20dB y por splitter de 1:8 es de 9.02dB de acuerdo con la norma ITU-T G.984.2 del estándar GPON.

En un enlace de red siempre está inmerso el empleo de splitter de primer nivel que se encuentran alojados en los centros de distribución que se encargan de distribuir conectividad a los nodos de acceso que contienen a los splitter de segundo nivel que son los que finalmente interconectan las ONU; por lo que para el presente proyecto

se muestra una tabla donde se ha considerado la cantidad de splitter empleados por cada enlace y su cantidad total de atenuación que genera.

Tabla 28: Cálculo de la atenuación por splitter de primer y segundo nivel de cada enlace

<i>Nro.</i>	<i>Splitter de</i>	<i>Splitter de</i>	<i>Atenuación total</i>
<i>Enlace</i>	<i>primer nivel</i>	<i>segundo nivel</i>	<i>por Splitters</i>
	1:4	1:8	
1	7.20	9.02	16.22
2	7.20	9.02	16.22
3	7.20	9.02	16.22
4	7.20	9.02	16.22
5	7.20	9.02	16.22
6	7.20	9.02	16.22
7	7.20	9.02	16.22
8	7.20	9.02	16.22
9	7.20	9.02	16.22
10	7.20	9.02	16.22
11	7.20	9.02	16.22
12	7.20	9.02	16.22
13	7.20	9.02	16.22
14	7.20	9.02	16.22
15	7.20	9.02	16.22
16	7.20	9.02	16.22

17	7.20	9.02	16.22
18	7.20	9.02	16.22
19	7.20	9.02	16.22
20	7.20	9.02	16.22
21	7.20	9.02	16.22
22	7.20	9.02	16.22
23	7.20	9.02	16.22
24	7.20	9.02	16.22
25	7.20	9.02	16.22
26	7.20	9.02	16.22
27	7.20	9.02	16.22
28	7.20	9.02	16.22
29	7.20	9.02	16.22
30	7.20	9.02	16.22
31	7.20	9.02	16.22
32	7.20	9.02	16.22
33	7.20	9.02	16.22
34	7.20	9.02	16.22
35	7.20	9.02	16.22
36	7.20	9.02	16.22
37	7.20	9.02	16.22
38	7.20	9.02	16.22
39	7.20	9.02	16.22

40	7.20	9.02	16.22
41	7.20	9.02	16.22
42	7.20	9.02	16.22
43	7.20	9.02	16.22
44	7.20	9.02	16.22
45	7.20	9.02	16.22
46	7.20	9.02	16.22
47	7.20	9.02	16.22
48	7.20	9.02	16.22
49	7.20	9.02	16.22
50	7.20	9.02	16.22
51	7.20	9.02	16.22
52	7.20	9.02	16.22
53	7.20	9.02	16.22
54	7.20	9.02	16.22
55	7.20	9.02	16.22
56	7.20	9.02	16.22
57	7.20	9.02	16.22
58	7.20	9.02	16.22
59	7.20	9.02	16.22
60	7.20	9.02	16.22

Fuente: Elaboración propia

Atenuación por longitud de cada enlace de fibra óptica de las videocámaras de seguridad.

El valor de atenuación en por longitud de cable de fibra óptica es de 0.3dB por kilómetro para Downstream con longitud de onda de 1490nm y 0.5dB por kilómetro para Upstream con longitud de onda de 1310nm, de acuerdo con la norma ITU-T G.984.2 del estándar GPON.

Los enlaces de red siempre son de distinta longitud porque depende de la ubicación final de la ONU; por lo que para el presente proyecto se muestra una tabla donde se ha considerado la longitud de cada enlace de fibra óptica empleado por cada enlace y su cantidad total de atenuación que genera.

Tabla 29: Cálculo de la atenuación por longitud de cada enlace para Upstream

<i>Nro.</i>	<i>Distancia</i>	<i>Atenuación por</i>	<i>Atenuación total</i>
<i>Enlace</i>	<i>Km</i>	<i>kilometro</i>	<i>por Longitud del enlace</i>
1	10.10	0.50	5.05
2	9.50	0.50	4.75
3	8.70	0.50	4.35
4	7.50	0.50	3.75
5	8.90	0.50	4.45
6	10.90	0.50	5.45
7	9.30	0.50	4.65
8	10.60	0.50	5.30
9	12.50	0.50	6.25

10	9.90	0.50	4.95
11	10.50	0.50	5.25
12	9.90	0.50	4.95
13	10.00	0.50	5.00
14	10.80	0.50	5.40
15	11.00	0.50	5.50
16	11.40	0.50	5.70
17	10.90	0.50	5.45
18	10.20	0.50	5.10
19	7.20	0.50	3.60
20	6.10	0.50	3.05
21	5.50	0.50	2.75
22	6.20	0.50	3.10
23	1.00	0.50	0.50
24	2.70	0.50	1.35
25	6.70	0.50	3.35
26	5.40	0.50	2.70
27	5.90	0.50	2.95
28	7.60	0.50	3.80
29	2.60	0.50	1.30
30	2.20	0.50	1.10
31	3.80	0.50	1.90
32	1.20	0.50	0.60

33	0.80	0.50	0.40
34	1.20	0.50	0.60
35	0.80	0.50	0.40
36	0.70	0.50	0.35
37	5.50	0.50	2.75
38	3.30	0.50	1.65
39	5.40	0.50	2.70
40	6.60	0.50	3.30
41	8.00	0.50	4.00
42	6.50	0.50	3.25
43	8.30	0.50	4.15
44	6.20	0.50	3.10
45	7.60	0.50	3.80
46	8.80	0.50	4.40
47	6.20	0.50	3.10
48	6.90	0.50	3.45
49	6.30	0.50	3.15
50	6.60	0.50	3.30
51	6.40	0.50	3.20
52	6.50	0.50	3.25
53	1.60	0.50	0.80
54	7.60	0.50	3.80
55	6.30	0.50	3.15

56	6.80	0.50	3.40
57	7.80	0.50	3.90
58	6.30	0.50	3.15
59	6.40	0.50	3.20
60	6.40	0.50	3.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Cálculo de la atenuación por longitud de cada enlace para Downstream

<i>Nro.</i>	<i>Distancia</i>	<i>Atenuación por</i>	<i>Atenuación total</i>
<i>Enlace</i>	<i>Km</i>	<i>kilometro</i>	<i>por Longitud del enlace</i>
1	10.10	0.30	3.03
2	9.50	0.30	2.85
3	8.70	0.30	2.61
4	7.50	0.30	2.25
5	8.90	0.30	2.67
6	10.90	0.30	3.27
7	9.30	0.30	2.79
8	10.60	0.30	3.18
9	12.50	0.30	3.75
10	9.90	0.30	2.97
11	10.50	0.30	3.15

12	9.90	0.30	2.97
13	10.00	0.30	3.00
14	10.80	0.30	3.24
15	11.00	0.30	3.30
16	11.40	0.30	3.42
17	10.90	0.30	3.27
18	10.20	0.30	3.06
19	7.20	0.30	2.16
20	6.10	0.30	1.83
21	5.50	0.30	1.65
22	6.20	0.30	1.86
23	1.00	0.30	0.30
24	2.70	0.30	0.81
25	6.70	0.30	2.01
26	5.40	0.30	1.62
27	5.90	0.30	1.77
28	7.60	0.30	2.28
29	2.60	0.30	0.78
30	2.20	0.30	0.66
31	3.80	0.30	1.14
32	1.20	0.30	0.36
33	0.80	0.30	0.24
34	1.20	0.30	0.36

35	0.80	0.30	0.24
36	0.70	0.30	0.21
37	5.50	0.30	1.65
38	3.30	0.30	0.99
39	5.40	0.30	1.62
40	6.60	0.30	1.98
41	8.00	0.30	2.40
42	6.50	0.30	1.95
43	8.30	0.30	2.49
44	6.20	0.30	1.86
45	7.60	0.30	2.28
46	8.80	0.30	2.64
47	6.20	0.30	1.86
48	6.90	0.30	2.07
49	6.30	0.30	1.89
50	6.60	0.30	1.98
51	6.40	0.30	1.92
52	6.50	0.30	1.95
53	1.60	0.30	0.48
54	7.60	0.30	2.28
55	6.30	0.30	1.89
56	6.80	0.30	2.04
57	7.80	0.30	2.34

58	6.30	0.30	1.89
59	6.40	0.30	1.92
60	6.40	0.30	1.92

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Diagrama Unifilar de la arquitectura de red de fibra óptica FTTH

Fuente: Elaboración propia

El recorrido de la infraestructura de red en el distrito se ha diseñado realizando un estudio minucioso de las calles y avenidas del distrito teniendo en cuenta su capacidad de crecimiento a futuro tomándose como línea base un incremento anual del 100% en videocámaras de seguridad.

Para el proyecto se adjunta en la parte de anexos el plano realizado en AUTOCAD con el recorrido de la fibra óptica, donde se puede apreciar los tipos de cable fibra óptica considerados.

Plano 7: Recorrido de la fibra óptica en el distrito de SMP

Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto se ha decidido que el tipo de instalación del medio de transmisión será de tipo aéreo por los siguientes motivos:

- No se cuenta con planos de distribución energética subterránea.
- No se cuenta con planos de distribución de gas doméstico subterránea.
- No se cuenta con plano de distribución de agua y desagüe.
- Calles y avenidas sin veredas.
- Pistas sin asfaltar.

En la sección de anexos podemos evidenciar fotográficamente cada una de las ubicaciones de las videocámaras de seguridad para el proyecto.

Por lo expuesto, es que se toma la decisión de realizar tendido de fibra óptica de tipo aéreo, evitando así posibles accidentes con los trabajadores de planta externa al momento de realizar sus labores de instalación y despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones y; asimismo, por algún trabajo subterráneo que se hiciera afectar la continuidad de algún servicio

El tipo de Fibra Óptica elegida para el presente proyecto es de tipo monomodo G.652 de tipo ADSS (All Dielectric Self-Support) que no requiere ferretería adicional para su instalación en exteriores y están preparados para soportar agua y humedad al aire libre; este cable cuenta con un gel protector en su interior que evita que el agua ingrese.

Las variantes de tamaño de cables se definen por la cantidad de hilos de fibra óptica que contienen siendo de 24 hilos, 48 hilos y 96 hilos; que de acuerdo con el diseño se usarán en determinados tramos.

La distribución de los tipos de cable de fibra óptica será de la siguiente forma:

- Cable de 96 hilos; se utilizará como fibra troncal principal:

- Desde la Av. Central con la Av. Tantamayo hasta la Av. José Granda con Av. Lima
- Cable de 48 hilos; se utilizará como fibra de distribución:
 - Desde la Av. José Granda con la Av. Lima hasta la Av. Alfredo Mendiola con Av. Luna Pizarro
- Cable de 24 hilos; se utilizará como fibra de distribución:
 - Desde los centros de distribución hasta los Nodos de Acceso.
- Cable Drop de 2 hilos; se utilizará para conectar hasta los ONU:
 - Desde los Nodos de Acceso hasta los equipos media converte ONU de cada caja nema de las videocámaras de seguridad.

Del despliegue de fibra óptica podemos concluir que se empleara la siguiente cantidad de fibra óptica aproximadamente:

- Cable de fibra óptica de 96 hilos: 13 km aproximadamente.
- Cable de fibra óptica de 48 hilos: 3 km aproximadamente.
- Cable de fibra óptica de 24 hilos: 30 km aproximadamente.

Dimensionamiento de la cantidad de postes a implementar

Los postes para usarse en el proyecto cumplirán con las prescripciones de la Norma NTP 339.027-2002 POSTES DE HORMIGÓN (CONCRETO) ARMADO PARA LÍNEAS AÉREAS.

- Los postes de concreto armado serán centrifugados y tendrán forma troncocónica, el acabado exterior deberá ser homogéneo, libre de fisuras, cangrejas y escoriaciones; tendrán las características y dimensiones que se consignan en la Tabla de Datos Técnicos.

Tabla 31: Tipo de postes de concreto a emplearse en el proyecto

Longitud nominal (m)	9	13
Carga de trabajo (Kg)	200	400
Diámetro Cima (mm)	120	180
Diámetro Base (mm)	255	375
Tipo de cemento	Portland I	Portland I

Fuente: Escarsa SAC

- La relación de la carga de rotura (a 0,15 m debajo de la cima) y la carga de trabajo será igual o mayor a 2.
- A 3 m de la base del poste, en bajo relieve, deberá implementarse una marca que permita inspeccionar la profundidad de empotramiento luego de instalado el poste.
- Los postes de concreto soportarán las siguientes condiciones ambientales:
 - Altitud sobre el nivel del mar entre 0 m y 4500 m
 - Humedad relativa 50 a 100%
 - Temperatura ambiente -10°C a 30°C
 - Contaminación ambiental moderada

Para la distribución e instalación de los postes para el presente proyecto se tiene en cuenta el tipo de fibra óptica elegida, porque la distancia entre cada poste dependerá del tamaño del vano y está definida por el fabricante; y para nuestro caso sede 80

metros de separación entre poste y poste que de acuerdo con el fabricante de la fibra óptica elegida.

Una consideración adicional para tener en cuenta es que la cantidad de postes a utilizarse para el proyecto no tienen una correspondencia exacta entre cantidad de fibra óptica desplegada con la cantidad de postes a instalarse, esto debido a q muchas veces se tendrá que instalar postes en distancias cortas menores a 80 metros, esto debido a que muchas veces para realizar una curvatura se necesita postes de apoyo para evitar el exceso de torque de los cables de fibra óptica.

Se realizó el cálculo aproximado de la cantidad de postes a instalarse para el presente proyecto en concordancia al plano de distribución de calles y avenidas suministrado por la municipalidad.

Después de haber realizado la distribución de los postes en el plano de calles avenidas del distrito se ha elaborado un cuadro resumen donde se indica la ubicación de cada poste y de donde podemos concluir que se necesita 845 postes aproximadamente para la realización del tendido de fibra óptica. Para mayor precisión revisar la sección de anexos del proyecto.

Plano 8: Ubicación de postes para el tendido de fibra óptica

Fuente: Elaboración propia

5 PRUEBAS RESULTADOS Y VALIDACIÓN

Este capítulo comprende la obtención de los resultados de cada etapa del proyecto y se valida su nivel de satisfacción y si cumple con los objetivos propuestos para este proyecto.

5.1 RESULTADOS Y VALIDACIONES

De acuerdo con los puntos donde hay alto índice delictivo y zonas de alto riesgo, se determinó la ubicación de las 60 videocámaras de seguridad que brindará una mejor cobertura y despliegue del servicio de seguridad ciudadana; porque están distribuidos en puntos estratégicos en el mapa del distrito de norte a sur y de este oeste.

En el distrito de San Martín de Porres, la instalación y tendido de la fibra óptica de tipo aérea es la mejor opción para construir una arquitectura de red robusta y escalable en el tiempo, evitando posibles interrupciones o daños a los enlaces a causa de trabajos que pidieran ejecutar cualquier operador de servicios cuya red de distribución sea de forma subterránea.

El diseño de esta red de fibra óptica FTTH basada en el estándar GPON, dota a la municipalidad distrital de San Martín de Porres de una arquitectura de red robusta, escalable y perdurable en el tiempo.

Asimismo, podemos afirmar que este diseño de red cubre medularmente la superficie del distrito de norte a sur pudiendo brindar interconexión a las distintas sedes y sucursales de la municipalidad descentralizadas que deseen integrarse.

La cobertura de la red desplegada abarca gran parte del distrito, dotando de una arquitectura de conectividad a través de fibra óptica que actualmente es considerada que su vigencia tecnológica es de 20 años aproximadamente.

Otro punto importante es que de un universo de 220 ubicaciones donde se producen actos delictivos y 89 zonas consideradas como de alto riesgo, para el proyecto solo se han considerado 60 ubicaciones; pero eso no limita que a futuro se pueda expandir la red GPON llegando a cubrir más ubicaciones debido a su gran capacidad de crecimiento en cuanto a usuarios finales, cabe resaltar que por cada módulo óptico basado en la arquitectura B+ en el OLT alcanza una distancia de 20km y puede interconectar hasta 128 ONUs.

5.1.1 Mediciones en la instalación de la red GPON

Después de realizar los trabajos de planta externa y haber realizado todas las fusiones y conectorización de cada enlace, se debe de proceder a realizar la medición y certificación de estos y estas tareas deben de realizarse desde las ONU's de cada enlace.

Para este proyecto se han considerado cables largos de planta externa con empalmes de fusión, splitters y conectores a lo largo de ellos, para lo cual se deberá verificar individualmente mediante una prueba con OTDR (reflectómetro óptico en el dominio de tiempo), ya que es la única manera de asegurarnos que cada empalme esté realizado correctamente.

Cuando se realice estas pruebas ópticas a la arquitectura de red desplegada se considerarán las siguientes mediciones:

- Mediciones de la pérdida de retorno óptico de manera bidireccional (ORL)
- Mediciones de pérdida óptica de los elementos de la PON de manera bidireccional.
- Característica bidireccional del enlace punto a punto.

Para realización de los pruebas y certificación se empleará el siguiente equipamiento:

- Equipo: Fiber Cable Certifier (Certificador de Fibra óptica).

Es el dispositivo encargado de realizar diversas mediciones para verificar si el cable a certificar cumple con los estándares internacionales de la industria TIA, ISO, IEEE, 1000BASEF.

Consideraciones que se deben de tener en cuenta para realizar la certificación:

- a) Tipo de Fibra óptica (SM, MM).

- b) Núcleo de la Fibra óptica (9, 50, 62.5um).
- c) Tipo de Conexión (SC, ST, LC, etc).
- d) Zona Muerta del equipo.
- e) Patchcord de referencia.
- f) Acopladores (SC-ST, LC-SC, etc).
- g) Vía de Comunicación (Una Vía, Dos Vías).

Para iniciar con el procedimiento de certificación debemos realizar los siguientes pasos:

- a) Limpiar cada extremo de los conectores con Etanol.
- b) Proceder a calibrar el equipo con los Patchcord de referencia.
- c) Conectamos el cable o enlace que se someterá a prueba.
- d) Ejecutamos la medición de acuerdo con la normatividad que es necesaria para el tipo de información que transmitirá el cable.

Los resultados que se obtienen una vez realizado el procedimiento son los siguientes:

- a) Retraso
- b) Atenuación
- c) Longitud
- d) Desempeño

Si los resultados obtenidos en cada medición se encuentran dentro del rango de sensibilidad de los equipos ópticos, podremos decir que han pasado la prueba y se otorga la certificación a cada cable o enlace.

En caso de ser contrario los resultados de alguno de los enlaces o cables de fibra óptica debemos tener como marco de referencia la siguiente tabla para poder subsanar dichas falencias.

Tabla 32: Causas, criterios y solución de problemas ópticos en los enlaces de fibra óptica

CAUSA	CRITERIO	SOLUCIÓN
<p>La cara terminal del conector de la fibra óptica está sucia, rayada o dañada.</p> <p>El conector de fibra óptica esta: demasiado apretado o flojo.</p> <p>Acople de conectores de fibras ópticas de diferentes pulidos</p>	<p>La atenuación del conector de fibra óptica es mayor que la atenuación teórica, valores de ORL fuera de rango. *OTDR</p> <p>Los valores de potencia del enlace no son adecuados. *Power Meter.</p>	<p>Comprobar el estado de los elementos con conectores antes de ser implementados con el uso del microscopio óptico.</p> <p>Limpiar o cambiar el elemento de ser necesario.</p> <p>Hay que asegurar que el elemento esté acoplado correctamente.</p> <p>Identificar y realizar el correcto acople entre conectores PC (azul) y conectores APC (verde), en los elementos de la red y equipos de medición.</p>
<p>La fibra óptica está doblada en exceso o rota.</p>	<p>La reflexión y el ORL de la ODN son anormales. *OTDR</p> <p>La fibra óptica tiene fugas de luz. *VFL (distancia menor a 1000 m).</p>	<p>Identificar la distancia del evento, en caso de ser una reserva de fibra óptica, realizar los trabajos respectivos.</p> <p>Si el daño es considerable, reemplazar la fibra óptica.</p>

<p>El divisor óptico esta defectuoso o el adaptador de fibra óptica del divisor.</p> <p>El divisor óptico esta defectuoso o el adaptador de fibra óptica del divisor no está limpio.</p>	<p>La atenuación del divisor óptico es mayor que la atenuación teórica. *OTDR</p>	<p>Limpiar el adaptador de fibra del divisor óptico.</p> <p>Remplazar el divisor óptico si está defectuoso.</p>
<p>La atenuación y potencia óptica del enlace no se encuentran en los rangos establecidos.</p>	<p>La potencia óptica recibida en la ONT es mayor que -8 dBm según las pruebas realizadas.</p> <p>*Power Meter</p> <p>La atenuación óptica del enlace entre la OLT y la ONT es excesivamente pequeña. El rango de atenuación normal es de 15 a 25 dB de acuerdo con el presupuesto óptico. *OTDR</p>	<p>Añadir un atenuador óptico entre la OLT y ONT.</p>
<p>La ODN no se planifica adecuadamente.</p> <p>NOTA: la relación de división del enlace de la ODN no está determinada por el número de terminales ONT conectados sino por la relación de división de los divisores ópticos.</p>	<p>El ODN no cumple con los requisitos del plan de enlace ODN o GPON Clase B +.</p> <p>La cobertura de la red de la ODN es superior a 20 km.</p>	<p>Optimizar la ODN para cumplir con los requisitos de planificación de la ODN.</p>

Tabla 33: Especificaciones técnicas de los equipos de certificación

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Localizador visual de fallas (VFL). (Viavi solutions, 2016)	Permite inyectar luz en un extremo de la fibra óptica para localizar las posibles fallas de la dispersión de esta.
Microscopio óptico	Permite observar el estado de la sección transversal del conjunto: núcleo revestimiento de un conector de fibra óptica.
Fusionadora	Permite unir dos hilos de fibra del mismo tipo.
OTDR (reflectómetro)	Equipo que Permite obtener la traza de atenuación total con su respectivo cuadro de resultados

Power Meter	Permite transmitir y medir niveles de potencia.
--------------------	---	---

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Finalizado el diseño de la red de fibra óptica FTTH basado en el estándar GPON, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- El diseño de una red FTTH GPON es totalmente escalable a diferencia de otros diseños basado en medios de transmisión como el inalámbrico y cobre, cuyas limitancias se ven reflejadas en el ancho de banda y distancias de cobertura respectivamente; esta arquitectura está preparada para soportar un crecimiento de hasta 800 clientes aproximadamente de donde cada módulo de arquitectura B+ alcanza a cubrir 20km con alrededor de 128 abonados.
- Este tipo de red de fibra óptica es ideal para implementar sistemas de videovigilancia que debido a su gran ancho de banda tanto de subida y bajada; se puede optar por configurar las videocámaras con códec de mayor calidad, más cantidad de fotogramas por segundo y un bit rate de término medio alto, lográndose obtener una calidad de video muy buena.
- Esta arquitectura de red puede soportar servicios como el tripleplay (datos, voz IP y IP TV) al soportar transmisión de gran ancho de banda de 2.5Gbps / 1.25Gbps.
- La infraestructura de red de fibra óptica basado en el estándar GPON viene siendo implementado por los operadores de telecomunicaciones debido a que los costos para la implementación son reducidos a diferencia de hace unos años que se desplegaban redes de cobre, la fortaleza de las redes GPON radica en que no necesitan de alimentación eléctrica en todo el despliegue de la ODN para su funcionamiento, lo que disminuye la complejidad de su instalación y asimismo la inversión.
- Contar con esta arquitectura de red hace que se reduzcan los gastos de mantenimiento y operación debido a que no hace uso de equipamiento activo que necesita estar energizado constantemente; lo cual reduce significativamente los costos por suministro eléctrico, así como del personal que este constantemente monitoreando dicho equipamiento.
- El distrito de San Martín de Porres contará con un despliegue de 52 kilómetros fibra óptica aproximadamente que recorrerá gran parte del distrito.

- Para el mantenimiento y correcta operatividad de la infraestructura deberá de contratarse personal con experiencia y conocimientos en redes de fibra óptica GPON.

RECOMENDACIONES

- La municipalidad debe de realizar un estudio de factibilidad para integrar al diseño de red de fibra óptica las 41 videocámaras de seguridad que cuenta actualmente en la periferia del distrito, con esto lograría mejorar la conectividad de estas.
- La municipalidad a través de su Gerencia de Informática debe de realizar un estudio de factibilidad para integrar al diseño de red de fibra óptica los 03 módulos de seguridad ciudadana que están distribuidos en la periferia del distrito, con esto lograría dotar de mejores recursos de comunicaciones al personal de seguridad ciudadana destacado.
- Para la selección de equipos se deberá tener muy en claro la obtención del presupuesto de pérdidas, porque de ello dependerá directamente la selección de los equipos activos a utilizar en la red.
- El personal técnico destacado para la instalación y administración de la red de fibra óptica GPON deberá cumplir mínimamente con un perfil específico que es de contar con conocimiento sólidos en el manejo y operación de este estándar lo asegura que a futuros se presenten inconvenientes en su rendimiento y normal funcionamiento.
- Para los futuros cálculos de presupuesto de pérdidas ópticas se deben de considerar los valores más altos posibles en referencia a la atenuación en la distancia de los enlaces, fusiones, conectorizaciones, y splitter a emplearse para contar con una conectividad fiable.

BIBLIOGRAFÍA

- ALARCON, Jairo (2018) Diseño e Implementación de Redes de Fibra Óptica FTTH/GPON con AutoCAD. Udemey
- ALCIVAR, Jefferson (2016) Diseño e implementación de una red de fibra óptica FTTH utilizando el estándar GPON entre la facultad de sistemas y telecomunicaciones y sus laboratorios en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- ALMANZA, Celeste y CALLOMAMANI, Jolidey (2017) Diseño de una red metropolitana basada en tecnología GPON, para optimizar los servicios tecnológicos de la municipalidad provincial Jorge Basadre, en beneficio de la población del distrito de Locumba (tesis de licenciatura en Ingeniería de Sistemas). Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- AÑAZCO, Cristhian (2013) Diseño básico de redes de acceso FTTH utilizando el estándar GPON (tesis de maestría en Telecomunicaciones). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- ARIAS, Joseph (2015) Diseño de una red FTTH utilizando el estándar GPON en el distrito de Magdalena del Mar (tesis de licenciatura en Ingeniería de Telecomunicaciones). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ASENJO, Jhonatan (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 (tesis de licenciatura en Ingeniería de Sistemas). Valdivia: Universidad Austral de Chile.

- B. (2000). Instalaciones de fibra óptica: fundamentos, técnicas y aplicaciones. New York: McGraw-Hill
- BENAVIDES, Elvis (2016) Análisis de una propuesta para un diseño de una red GPON de la corporación nacional de telecomunicaciones CNT para brindar un mejor servicio de voz y datos en Coop. Brisas del Norte de la ciudad de Guayaquil (tesis de licenciatura en Ingeniería de Telecomunicaciones). Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- CHAYÑA, José (2017) Diseño de una red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON para la empresa AMITEL S.A.C., Puno (tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica). Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- CHILLO, Freddy (2017) Implementación de redes FTTH – GPON en la ciudad de La Paz (tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica). La Paz: Universidad Mayor de Andrés.
- ENCICLOPEDIA DE CONCEPTOS (2019). "Fibra óptica". Recuperado de: <https://concepto.de/fibra-optica/>
- ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (2018). Diseño de una red de fibra óptica para un sistema de video vigilancia (<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16534/1/Dise%C3%B1o%20de%20una%20red%20de%20Fibra%20%C3%93ptica%20para%20un%20sistema%20de%20Videovigilancia.pdf>), consultado el 12 de setiembre del 2018.
- GONZALES BARRETO, L. M., & BARRAGAN C., J. C. (2016). Redes ópticas pasivas GPON. (<http://redesgpon.blogspot.pe/>) consultado el 12 setiembre del 2018.

- LEON, Carlos (2015) Análisis y Diseño de la red FTTH con tecnología GPON para el ISP Troncalnet en el Canton Cañar (tesis de maestría en Redes de comunicaciones). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- NOTARIO, Pedro (2015) Nuevos estándares PON para sistemas FTTx. Artículo cedido por Unitronics.
- OPTICAL FIBER PRODUCTS. (2018). Enpalme mecanico. (<http://www.ofp3.com/es/productos/conexi%C3%B3n/empalmemec%C3%A1nico.html>), consultado el 12 de setiembre del 2018.
- PREZI (2015). OLT, ONT, ODN Y ONU (<https://prezi.com/pjk8zvky8jd2/olt-ont-odn-y-onu/>), consultado el 12 de setiembre del 2018.
- PRODUCTOS ÓPTICOS (<http://www.dipo.es/>), consultado el 12 de setiembre del 2018.
- QUISNANCELA, Edison y ESPINOSA, Nikolai (2016). Certificación de redes GPON, normativa ITU G.984.x. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- RODRIGUEZ, A. (2013). Divisores (Splitters) para FTTH (<http://www.instaladoresdetelecomhoy.com/divisores-splitters-para-ftth/>), consultado el 12 de setiembre del 2018.
- RODRIGUEZ, Felipe (2015) Diseño de una red de distribución óptica (ODN) multiservicio con tecnología GPON en el sector occidental de la ciudad de Loja para la corporación nacional de telecomunicaciones E.P. (tesis de licenciatura en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones). Loja: Universidad Nacional de Loja.

- SILEX GLOBAL, SPAIN S.L. (2018). Conectores de fibra óptica. (<http://silexfiber.com/conectores-fibra-optica/>), consultado el 12 de setiembre del 2018.

- TINOCO ALVEAR, J. D. (2011). Estudio y Diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicios de voz, video y datos para la urbanización los olivos ubicada el sector Totesol en la parroquia borrero de la ciudad de Azogues. Universidad Politécnica Salesiana.

- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (2005) UIT-T G.652. Serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales. Características de los medios de transmisión – Cables de fibra óptica.

- UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (2003) UIT-T G.984.1 Serie G: Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales. Secciones digitales y sistemas digitales de línea – Sistemas

GLOSARIO

Mapa Delictivo

Es un mapa elaborado por la Policía Nacional del Perú donde de acuerdo con los reportes de actos delincuenciales, suscitados en el distrito marcan ciertos sectores como zonas rojas (alta índice delincencial).

Ancho de banda

Es la capacidad de flujo de bits de información que puede ser transmitido a través de un medio de transmisión

GPON

Se trata de un estándar de las redes PON que opera a velocidades superiores a 1 Gbps.

Conector

Son accesorios de red desmontables que permiten la conexión y la desconexión de un medio de transmisión.

Revestimiento

La capa que protege a la óptica de la fibra, y que encierra la luz en el núcleo y lo guía a través del cable incluso a través de las curvas.

Núcleo

Es la parte central de la fibra óptica, por donde viaja el haz de luz.

Empalme de fusión

Es la soldadura de dos fibras ópticas.

Empalme mecánico

Es la unión de dos fibras ópticas alineadas a través de procedimientos y medios mecánicos.

Atenuación

Es la degradación de potencia óptica que se transmite a lo largo de una fibra óptica, y se expresa en decibelios (dB).

Pérdida óptica

La cantidad de potencia óptica perdida en un enlace de fibra a causa de los agentes que participan en la propagación del haz de luz, expresado en dB.

SIGLARIO

FTTH	Fiber to the home (Fibra hasta el hogar)
PNP	Policía Nacional del Perú
MDSMP	Municipalidad Distrital de San Martín de Porres
PON	Pasiva Óptica Network (Red Óptica Pasiva)
GPON	Gigabit Pasiva Óptica Network (Red Óptica pasiva Gigabit)
PAR	Punto de atención rápida
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
ADSS	All Dielectric Self Supported (Cable Auto Soportado Completamente Dieléctrico)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo De Transferencia Asíncrona)
EMI	Electromagnetic Interference (Interferencia Electromagnética)
EPON	Ethernet Passive Optical Network
FC	Conector Férula
FTTB	Fiber to the building (Fibra Hasta El Edificio)
FTTC	Fiber To The Node (Fibra Hasta El Nodo)
FTTH	Fiber To The Home (Fibra Hasta El Hogar)
IEEE	Institute Of Electrical And Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emisor De Luz)
NA	Apertura Numérica
ODF	Optical Distribution Fiber (Distribuidor Óptico de Fibra)
ODN	Optical Distribution Network (Red De Distribución Óptica)
OLT	Optical Line Termination (Terminación de Línea Óptica)

ONT	Optical Network Termination (Terminación de Red Óptica)
ONU	Optical Network Unit (Unidad De Red Óptica)
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
PON	Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva)
RFI	Radio Frequency Interference (Interferencia De Radiofrecuencia)
SC	Square Connector (Conector Cuadrado)
SMF	Single – Mode Optical Fiber (Fibra Monomodo)
ST	Straight Tip (Punta Recta)
TC	Transmission Convergence (Convergencia De Transmisión)
TDM	Time Division Multiplexing (Multiplicación Por División Tiempo)
TDMA	Time Division Multiple Access (Acceso Múltiple Por División De Tiempo)
WDM	Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación Por División De Longitud De Onda)

ANEXOS

- Plano de ubicación de las 41 videocámaras de seguridad existentes.
- Plano de las jurisdicciones de cada comisaría del distrito.
- Plano del distrito de dividido por sectores.
- Plano de ubicación de las 60 videocámaras de seguridad para el presente proyecto.
- Plano de ubicación de los centros de distribución y nodos de acceso
- Fotografías de las ubicaciones de las videocámaras de seguridad.
- Topología detallada de la arquitectura de red FTTH basada en el estándar GPON.
- Plano de recorrido de la fibra óptica en el distrito.
- Plano de ubicación de los postes para el tendido de la fibra óptica en el distrito.
- Ubicación de los postes para el despliegue de la fibra óptica.
- Relación de ubicación de postes para el proyecto.