

# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

### DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA IP PARA EL SECTOR CENTRO NORTE DE PIFO

#### TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PUETATE MANOBANDA MARLON VINICIO

[marlon.puetate@epn.edu.ec](mailto:marlon.puetate@epn.edu.ec)

GUADALUPE RODRÍGUEZ BETTY NOHEMÍ

[betty.guadalupe@epn.edu.ec](mailto:betty.guadalupe@epn.edu.ec)

DIRECTORA: MÓNICA DE LOURDES VINUEZA RHOR

[monica.vinueza@epn.edu.ec](mailto:monica.vinueza@epn.edu.ec)

Quito, julio 2020

# **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marlon Vinicio Puetate Manobanda y Betty Nohemí Guadalupe Rodríguez, bajo mi supervisión.

---

**MÓNICA DE LOURDES VINUEZA RHOR**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA


Nosotros, Betty Nohemí Guadalupe Rodríguez y Marlon Vinicio Puetate Manobanda, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación -COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con afines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaré toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme la normativa vigente.



---

PUETATE MANOBANDA MARLON VINICIO



---

GUADALUPE RODRÍGUEZ BETTY NOHEMI

## **DEDICATORIA**

Estudiar, trabajar y ser mamá es difícil, y tal vez ahora no comprendas el significado de mis palabras, pero cuando seas capaz, seguro entenderás que el sacrificio que hemos hecho juntos tiene su recompensa.

Te amo hijo.

**Betty Nohemí Guadalupe Rodríguez**

Sin lugar a duda mi esfuerzo se la dedico a mis padres que siempre me apoyaron, e incitaron a nunca rendirme, al enseñarme que cualquier sacrificio realizado de la mejor manera tiene su recompensa. A mis hermanos que los considero como mis fieles y verdaderos amigos, les agradezco su confianza depositada en mí.

**Marlon Vinicio Puetate Manobanda**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, sin lugar a duda es un pilar importante para mí, depositar mi fe en él, me ha ayudado a entender que con amor y esfuerzo todo es posible.

A mis padres Luis y Betty y hermanos Susana y Stalin. Definitivamente la labor de los padres nunca termina, y el apoyo incondicional de los hermanos tampoco falta, ¡gracias por su dedicación, sus consejos, su tiempo, su paciencia, su amor! Ni la vida me alcanzará para agradecerles.

A la Ingeniera Mónica Vinueza, por haber demostrado que ser profesor es mucho más que impartir conocimientos. Gracias por llenarnos las clases de buen humor, por enseñarnos que todo se hace con criterio y con carácter. Gracias por su ayuda brindada cuando más lo necesité.

**Betty Nohemí Guadalupe Rodríguez**

Agradezco a Dios, pues me ha dado la sabiduría, la fortaleza y la salud necesaria para seguir adelante, superando cualquier obstáculo, por guiar mi vida y así poder lograr mis metas y objetivos.

A mi Madre Elsa, su infinito amor, su comprensión, su total apoyo en mis decisiones y sus sabios consejos fueron clave para alcanzar mis metas, a mi Padre Guillermo que me ha inculcado buenos valores y enseñarme que todo en la vida se lo obtiene trabajando duro y de manera correcta, a mis hermanos que confiaron en todo momento en mí.

A mi amiga Nohemí por brindarme su amistad y apoyo por compartir una etapa de mi vida diaria y por ser parte de uno de mis logros

A la Ingeniera Mónica Vinueza por su apoyo y atención prestada, por presentarme la oportunidad de ser parte de este proyecto que dirige.

**Marlon Vinicio Puetate Manobanda**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Marco teórico .....	2
2. METODOLOGÍA.....	20
2.1. Método exploratorio.....	20
2.2. Método deductivo.....	20
2.3. Método investigativo.....	20
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	22
3.1. Análisis de la situación actual del sector norte del barrio central de Pifo	22
3.2. Análisis de distintas tecnologías para el sistema de video vigilancia IP..	25
3.3. Selección de la tecnología apropiada para el sistema de video vigilancia	27
3.4. Requerimientos técnicos para el sistema de video vigilancia IP .....	28
3.5. Diseño del sistema de video vigilancia.....	38
3.6 Presupuesto Referencial.....	53
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
4.1 Conclusiones.....	56
4.2 Recomendaciones.....	57
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
6. ANEXOS.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Esquema general de un CCTV	2
<b>Figura 1.2</b> Esquema general de una tecnología PON	5
<b>Figura 1.3</b> Esquema general de una cámara IP	6
<b>Figura 1.4</b> Sensores de imagen, CCD y CMOS	7
<b>Figura 1.5</b> Distancia focal de un lente	8
<b>Figura 1.6</b> Modelos de cámara tipo domo	11
<b>Figura 1.7</b> Modelos de cámara tipo bullet	11
<b>Figura 1.8</b> Modelos de cámara PTZ	11
<b>Figura 1.9</b> Composición de la fibra óptica	13
<b>Figura 1.10</b> Tipos de núcleo fibra óptica	14
<b>Figura 1.11</b> Ventanas de transmisión de fibra óptica	15
<b>Figura 1.12</b> Estructura de la fibra óptica	17
<b>Figura 1.13</b> Arquitectura de almacenamiento SAN	18
<b>Figura 1.14</b> Arquitectura del almacenamiento NAS	18
<b>Figura 1.15</b> Topología Estrella	19
<b>Figura 1.16</b> Topología en anillo o Token Ring	19
<b>Figura 3.1</b> Reconocimiento del sector	22
<b>Figura 3.2</b> Ubicación de las 2 cámaras del ECU 911	23
<b>Figura 3.3</b> Vista satelital del sector norte del barrio central de Pifo	25
<b>Figura 3.4</b> Diagrama general del sistema de video vigilancia IP	28
<b>Figura 3.5</b> Disco Duro WD Purple	30
<b>Figura 3.6</b> Distribución de equipos en gabinete eléctrico	37
<b>Figura 3.7</b> Distribución de equipos en gabinete Datos	37
<b>Figura 3.8</b> Diseño de la ruta troncal y principal	38
<b>Figura 3.9</b> Codificación para etiquetado de cámaras	39
<b>Figura 3.10</b> Codificación para etiquetado de cajas NAP	39
<b>Figura 3.11</b> Diseño del sistema de video vigilancia	42
<b>Figura 3.12</b> Cobertura de cámaras del sistema de video vigilancia	42
<b>Figura 3.13</b> Diagrama de distribución de equipos en rack central	47
<b>Figura 3.14</b> Esquema general de conexión de equipos	48
<b>Figura 3.15</b> Diagrama general de conexión de equipos	49

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Categorías de tecnología Ethernet	4
<b>Tabla 1.2</b> Categorías de tecnologías Ethernet inalámbricas	4
<b>Tabla 1.3</b> Variantes de resolución	7
<b>Tabla 1.4</b> Niveles de protección de equipos electrónicos	9
<b>Tabla 1.5</b> Nivel IK de resistencia de cámaras IP	10
<b>Tabla 1.6</b> Categorías de cable par trenzado	12
<b>Tabla 3.1</b> Indicador de delitos delincuenciales	23
<b>Tabla 3.2</b> Coordenadas y dirección de las cámaras	24
<b>Tabla 3.3</b> Parámetros técnicos de principales tecnologías PON	27
<b>Tabla 3.4</b> Ancho de banda y capacidad de almacenamiento	29
<b>Tabla 3.5</b> Características químicas del acero Norma ASTM A36	35
<b>Tabla 3.6</b> Especificaciones técnicas de poste PRFV	36
<b>Tabla 3.7</b> Cobertura de las cámaras IP	40
<b>Tabla 3.8</b> Recorrido de fibra óptica	43
<b>Tabla 3.9</b> Valores calculados para el presupuesto de enlace óptico	44
<b>Tabla 3.10</b> Costo de cada enlace	45
<b>Tabla 3.11</b> Direccionamiento IP	46
<b>Tabla 3.12</b> Conexión de cajas NAP Enlace Principal	48
<b>Tabla 3.13</b> Equipos del sistema de video vigilancia	50
<b>Tabla 3.14</b> Presupuesto referencial	53
<b>Tabla 3.15</b> Costos de mantenimiento anual de la red	56



## **RESUMEN**

El presente proyecto expone el diseño de un sistema de video vigilancia para el sector norte de la parroquia de Pifo, con la intención de colaborar con una posible solución a la problemática social de la delincuencia, mediante la trasmisión de señales de video a grandes distancias empleando la tecnología y las telecomunicaciones.

En la Introducción, se aborda brevemente la problemática actual del sector norte de la Parroquia de Pifo, y como el presente proyecto pretende beneficiar a los habitantes a transitar con mayor seguridad.

En la primera sección, incluye conceptos, definiciones y terminologías de una red de video vigilancia, los tipos de tecnologías actuales, los distintos tipos de cámaras digitales IP, el medio de transmisión y los demás equipos necesarios para desarrollar el proyecto.

En la segunda sección, se describe la metodología empleada para el desarrollo del diseño, y que fue de suma importancia para lograr cumplir los objetivos planteados.

En la tercera sección, se detallan los resultados y discusiones que se obtuvieron en el proyecto, puntualizando los requerimientos técnicos como el ancho banda, velocidad de transmisión, capacidad de almacenamiento; también se analizaron y determinaron las tecnologías apropiadas, y los elementos y demás dispositivos necesarios para la operatividad del sistema. Por último, se propone un presupuesto referencial para el proyecto.

## **ABSTRACT**

*This project presents the design of a video surveillance system for the northern sector of the parish of Pifo, with the intention of collaborating with a possible solution to the social problem of crime, by transmitting video signals over long distances using technology and telecommunications.*

*In the Introduction, the current problem of the northern sector of the Parish of Pifo is briefly addressed, and how this project aims to benefit the inhabitants to travel more safely.*

*In the first section, it includes concepts, definitions and terminologies of a video surveillance network, the types of current technologies, the different types of IP digital cameras, the transmission medium and the other equipment necessary to carry out the project.*

*In the second section, the methodology used for the development of the design is described, and it was of utmost importance to achieve the stated objectives.*

*In the third section, the results and discussions that were obtained in the project are detailed, specifying the technical requirements such as bandwidth, transmission speed, storage capacity, the appropriate technologies, and the elements and other devices were also analyzed and determined necessary for the operation of the system. Finally, a referential budget is proposed for the project.*

# 1. INTRODUCCIÓN

La evolución de la tecnología en las telecomunicaciones ha permitido alcanzar y gestionar una gran demanda de actividades que son posibles gracias al internet. Siendo este considerado como un servicio que ofrece resultados de alta calidad y a grandes distancias, permite que otros sistemas como los de video vigilancia se acoplen de manera efectiva y logren beneficiar a los usuarios de este sistema.

Según el último Censo Nacional, la parroquia de Pifo cuenta con 12.334 habitantes, con un crecimiento anual del 2%. Este proyecto pretende beneficiar a 5000 (aproximadamente) residentes de la parte central de la parroquia de Pifo que, según datos estadísticos, proporcionados por el Distrito Policial de Tumbaco [1], la delincuencia en el sector de Pifo se ha incrementado en los años 2017 y 2018 en un porcentaje considerable, afectando las condiciones de vida de esta población.

Los habitantes del barrio central se encuentran en situación de vulnerabilidad, puesto que la delincuencia ha afectado tanto a hogares, locales comerciales, vehículos e incluso a la integridad física de las personas; por tanto, Pifo se encuentra en una situación que requiere de una solución que responda a dichos problemas que atentan la vida de dicha población.

Con el escenario anteriormente descrito de la localidad de Pifo, se ha propuesto diseñar un sistema CCTV sobre IP para el sector centro norte de Pifo, partiendo de un análisis de del escenario actual, para establecer requerimientos técnicos necesarios para el sistema y, en función de estos, analizar las distintas posibles tecnologías y definir la más apropiada; con estos parámetros y demás requerimientos técnicos que implican, se diseñó el sistema y se realizó un presupuesto referencial.

## 1.1 Marco teórico

### ➤ Circuito cerrado de televisión (CCTV)

Un circuito cerrado de televisión es un sistema que permite transmitir y visualizar imágenes en tiempo real. Dichos sistemas son controlados por un grupo limitado de personal. Existen sistemas CCTV analógicos, que son gestionados por DVR (*Digital Video Recorder*), híbridos que son gestionados por NDVR (*Network Digital Video Recorder*) y sistemas sobre IP (*Internet Protocol*) gestionados por NVR (*Network Video Recorder*) [2].

En general los CCTV análogos o digitales constan de 5 módulos esenciales, entre estos se tiene: la toma de imágenes que lo realizan las cámaras, la transmisión del video, sistemas de almacenamiento colocado en los discos duros, la gestión y control desde el DVR, NVR o software instalados en PC y la visualización de las imágenes transmitida por los monitores.

				
<b>Toma de Imágenes</b>	<b>Medios de Transmisión</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Gestión y Control</b>	<b>Visualización</b>
Cámaras analógicas o Digitales IP	Guiados y No Guiados	Disco duro, Cámaras, NVR	NVR, DVR, software en PC	Televisor, PC.

**Figura 1.1** Esquema general de un CCTV [2]

### ➤ Sistema CCTV sobre IP

Los sistemas CCTV que utilizan tecnología IP, actualmente, son los más idóneos a implementar en cuanto a su diseño y rendimiento, ya que, en relación con los otros sistemas, ofrece las siguientes grandes ventajas.

- Almacenamiento en cámara, en servidores o en la nube.
- Posee formatos de compresión con tamaño origen.
- Mejor resolución.
- Menor presupuesto por alimentación eléctrica y de cableado
- Control y gestión remota
- Control de *panning*, *tilting*, *zoom* y audio
- Comunicación cifrada y por tanto segura
- Infraestructura flexible, escalable y rentable

### ➤ Tecnologías orientadas a la video vigilancia IP

En un sistema CCTV IP como en la mayoría de los sistemas de telecomunicaciones, existen dispositivos electrónicos que permiten la conexión y transmisión de información, a su vez, estos dispositivos forman parte de dos grandes grupos, los dispositivos de conmutación de red (DCE) y dispositivos terminales de red (DTE) [3].

Una vez establecida un enlace dentro de una red *Ethernet*, los datos se transmiten mediante un formato, denominado trama *Ethernet*. Entre las tecnologías más utilizadas en redes de video vigilancia IP se tienen: FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*), *Token Ring* y *Ethernet*, siendo ésta última, las más utilizadas actualmente.

- **Tecnología *Ethernet* 802.3**

El estándar IEEE por sus siglas en inglés, *Institute of Electrical and Electronics Engineers* desarrolló la tecnología *Ethernet* y, actualmente es la más utilizada en las redes LAN (*Local Area Network*). Considerando la velocidad a la que se transmite la información, la distancia máxima y el medio de transmisión, esta tecnología ha tenido algunas variantes y

constantes crecimientos; las más utilizadas en la actualidad son: con menor frecuencia 10 BASE-T y con mayor uso en redes locales son: *Fast Ethernet*, *Gigabit Ethernet* y *10 Gigabit Ethernet* [4]. (Véase tabla 1.1)

**Tabla 1.1.** Categorías de tecnología *Ethernet* [5]

Nombre	Estándar	Medio	Distancia máxima
10BASE - T	802.3 i	Par trenzado cat. 3 o 5	100 m
10BASE - FL	802.3 j	MMF 850 nm	2 km
100BASE - TX	802.3 u	Par trenzado categoría 5	100 m
100BASE - FX	802.3 u	MMF 1310 nm	2 km
1000BASE - T	802.3 ab	Par trenzado $\geq$ categoría 5	100 m
1000BASE - SX	802.3 z	MMF 850 nm	550 m
1000BASE - LX	802.3 z	MMF y SMF 1310 nm	10 km
10GBASE - T	802.3 an	Par trenzado $\geq$ cat. 6	100 m
10GBASE - SR	802.3 ae	MMF 850 nm	400 m
10BASE - LR	802.3 ae	SMF	10 km

- **Tecnología *Ethernet* con enlaces inalámbricos**

Para lograr conectividad en ambientes de difícil acceso o para evitar el uso del cableado por temas de costos, se puede optar por este tipo de red, y para que los equipos establezcan conexión es necesario que cumplan con estándares también establecidos por IEEE. (Véase tabla 1.2)

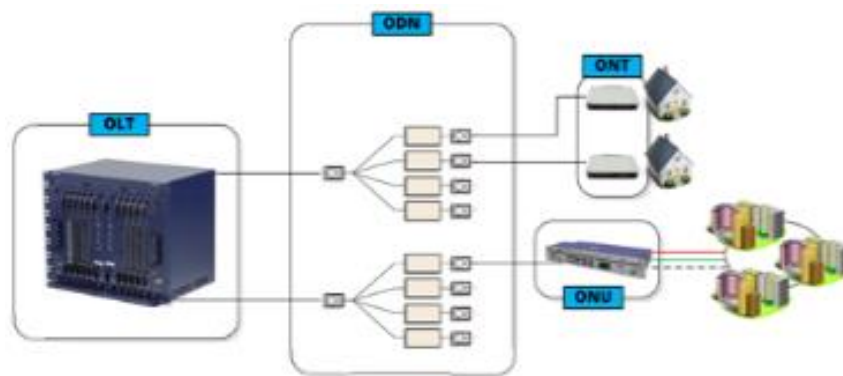
**Tabla 1.2** Categorías de tecnologías *Ethernet* inalámbricas [6]

Red	Estándar	Velocidad máxima	Frecuencia	Distancia máxima
WLAN	802.11 a	54 Mbps	5 GHz	100 m
	802.11 b	11 Mbps	2,4 GHz	100 m
	802.11 g	54 Mbps	2,4 GHz	100 m
	802.11 n	600 Mbps	2,4 GHz y 5 GHz	250 m
	802.11 ac	1,3 Gbps	2,4 GHz o 5 GHz	250 m
	802.11 ad	7 Gbps	2,4 GHz, 5 GHz y 60 GHz	4 m
WMAN	802.16	70 Mbps	2 – 11 GHz (estación base/usuario) 11 – 60 GHz (línea de vista entre estaciones base)	50 km

- **Tecnología PON**

Las tecnologías PON por sus siglas en inglés *Passive Optical Network*, son nuevas redes integradas con fibra óptica, capaces de proporcionar la demanda que las actuales aplicaciones requieren. Las conforman sus múltiples variantes, a las que conocemos como FTTx.

Estas tecnologías que surgen del ámbito de los operadores han evolucionado hasta convertirse en la mejor solución en servicios de área local. Por lo general se compone de tres elementos esenciales como indica la figura 1.2.

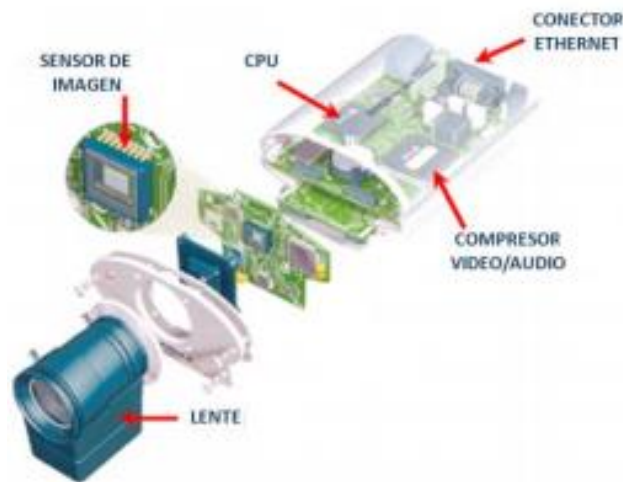


**Figura 1.2** Esquema general de una tecnología PON

- Una Terminal de Línea Óptica (OLT), que es la que se instala en el cuarto de equipos, se encarga de brindar el acceso a los servicios de tipo IP.
- Una o varias Unidades de Red Óptica (ONU) o Terminales de Red Óptica (ONT), son los dispositivos que proporcionan las interfaces de acceso a los diferentes tipos de servicio, y se despliegan en la parte más cercana de servicio al usuario.
- Una Red de Distribución Óptica (ODN), generalmente consta de componentes pasivos como los cables de fibra óptica y *splitters* ópticos pasivos, que mediante su uso o tipo de fibra óptica permiten llegar a distancias hasta de 20 km, en el caso de fibra óptica monomodo. En esta etapa o red de distribución no se tiene la necesidad de desplegar equipos eléctricos o electrónicos como fuente de energía adicional para el funcionamiento [7].

## ➤ Cámaras IP

Una cámara IP o de red, permite captar y transmitir señales de audio/video, que mediante un protocolo IP, puede conectarse a dispositivos de grabación (NVR), una PC o teléfonos inteligentes. Usando direccionamiento IP dedicado, un protocolo de *streaming* de video y un servidor web, el personal autorizado puede visualizar, gestionar, y controlar en tiempo real, sea local y/o remotamente [2]. La figura 1.3 muestra el esquema general de tiene una cámara de red.



**Figura 1.3** Esquema general de una cámara IP [2]

Entre los parámetros principales que conforman una cámara IP, se tiene los siguientes:

- **Resolución**

La resolución determina el número de píxeles que permite una cámara IP al ampliar una imagen. A mayor cantidad de píxeles, se genera mayor resolución y mayor será la distancia permitida entre la cámara y el objetivo, todo esto, sin reducir la calidad de la imagen. Las actuales tecnologías demandan cada vez mayor resolución (*Megapixel*) para las cámaras IP. La tabla 1.3 describe el tipo de resoluciones existentes.

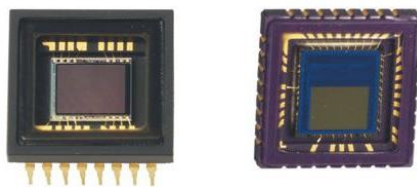


**Tabla 1.3** Variantes de resolución [5]

Formato visualización	Megapíxeles	Píxeles	Relación
HDTV / 720P	0.9	1280 x 720	16 : 9
SXGA/920P	1.2	1280 x 960	4 : 3
SXGA	1.3	1280 x 1024	5 : 4
SXGA+(EXGA)	1.4	1400 x 1050	4 : 3
UXGA	1.9	1600 x 1200	4 : 3
HDTV/1080P	2.0	1920 x 1080	16 : 9
WUXGA	2.3	1920 x 1200	16 : 10
QXGA	3.1	2048 x 1536	4 : 3
WQXGA	4.1	2560 x 1600	16 : 9
5MP	5.0	2560 x 1960	4 : 3
6MP	6.2	3072 x 2048	3 : 2
4K Ultra HD	8.2	3840 x 2160	16 : 9
8K Ultra HD	33.1	7680 x 4320	16 : 9

- **Sensor de imagen**

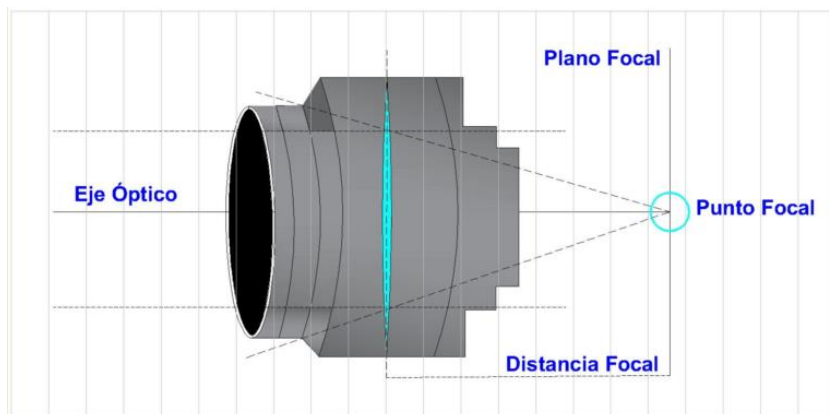
El sensor de imagen es una especie de chip compuesto por fotositos sensibles a la luz, su función principal es realizar la conversión de la luz incidente en señal eléctrica. Cuanto mayor sea la luz incidente más electrones se generan. Actualmente se emplean dos tipos de sensores en la construcción de las cámaras; los dispositivos de acoplamiento de carga (CCD) y los semiconductores de óxido metálico complementario (CMOS). Los sensores CCD brindan una mayor sensibilidad lumínica, permite que en escasas condiciones de luz genere mejor calidad de imagen que los CMOS, al mismo tiempo que generan menos ruido. Por el otro lado los sensores CMOS permiten abaratar costos en las cámaras, al igual que integran y abarcan más funciones, por lo que su tiempo de lectura es menor que sus homólogos CDD.



**Figura 1.4** Sensores de imagen, CCD y CMOS [8]

- **Tipo de lente según su forma de enfoque y zoom**

El lente de una cámara cumple con determinadas funciones como: captar la imagen que se visualiza en el monitor, controlar el nivel de luz que llega al iris (sensor de imagen) y corregir el IR (infrarrojo). La imagen que llega al monitor está determinada por la distancia formada por el sensor de imagen y el iris (centro de lente) (Véase Figura 1.5), denominada distancia focal. Para determinar dicha distancia, es importante saber la distancia, el ángulo y la altura de la ubicación de la cámara con relación al objeto [2].



**Figura 1.5** Distancia focal de un lente [2]

- **Tipo de compresión**

La compresión de información en cámaras sirve para hacer que la gran cantidad de video obtenido por la grabación de la cámara se comprima y pueda ser transmitida por el medio físico o inalámbrico de una red Local (LAN).

Actualmente, los tipos de compresión que más se utilizan son:

- H.264 es un tipo de compresión abierto y compatible con las técnicas de compresión de video más utilizadas. Con respecto a *Motion JPEG* y a *MPEG-4*, un método de compresión H.264 reduce el tamaño de un archivo hasta un 80% y 50%, respectivamente, todo esto sin afectar la calidad de imagen. Por lo tanto, los archivos de video ocupan menos ancho de banda y ahorran espacio de almacenamiento [9].

- H.265 o también conocido como HEVC por sus siglas en inglés (*High Efficiency Video Encoding*) es un tipo de compresión que, con respecto a H.264, duplica la compresión de los datos con el mismo porcentaje de calidad de vídeo. Puede soportar hasta 8 K en *Ultra High Definition* (UHD) y una resolución de hasta 8192 x 4320 [10].

- **Sensibilidad**

La sensibilidad a la luz se mide en luxes y va de 0.0001 a 130.000 lux. Entre menor sea el nivel de sensibilidad, mejor prestación tendrá la cámara en este parámetro [11].

- **Nivel de protección**

En la mayoría de *datasheet* de los equipos electrónicos se encuentra la nomenclatura (IP XX). Por sus siglas en inglés, *Ingress Protection* hace referencia al nivel de protección de ingreso, el primer número equivale a la protección de material sólido y el segundo, a la protección de material líquido. En la tabla 1.4 se describen los tipos de niveles de protección más recientes que pueden tener los equipos electrónicos [12].

**Tabla 1.4** Niveles de protección de equipos electrónicos [12]

Protección	Nivel	Exposición a:	Prueba y resultado
Sólidos (IP Xx)	5	Protección contra polvo	La cantidad de polvo no puede evitarse pero la cantidad que penetra no interfiere en la operación del equipo.
	6	Protección muy fuerte contra polvo	El polvo no debería entrar por ninguna razón.
Líquidos (IP xX)	6	Flujo muy potente de agua	No debería entrar agua a través de una boquilla de 12,5 mm de diámetro a un promedio de 100 lt/min durante 3 min
	7	Sumersión completa en agua 1 m de profundidad por 30 min	No debería entrar agua
	8	Sumersión completa y continua en agua en condiciones muy severas	No debería entrar agua

- **Valoración IK contra impactos**

Sus siglas IK, se refieren al nivel de resistencia de los equipos contra impactos (energía desprendida en *joules*), de manera que una cámara puede tener desde IK00 (cero *joules*) hasta IK10 (20 *joules*). Para el caso de una cámara IP, en la tabla 1.5 se detallan los niveles de IK más recientes establecidas por la *International Electrotechnical Commission* (IEC), entidad que especifica estándares que pueden soportar los equipos electrónicos [12].

**Tabla 1.5** Nivel IK de resistencia de cámaras IP [13]

Nivel IK	Impacto	Prueba:
K06	1 <i>joule</i>	Se lanza una masa de 0,25 kg de acero desde 400 mm sobre la cámara.
K07	2 <i>joules</i>	Se lanza una masa de 0,5 kg de acero desde 300 mm sobre la cámara.
K08	5 <i>joules</i>	Se lanza una masa de 1,70 kg de acero desde 300 mm sobre la cámara.
K09	10 <i>joules</i>	Se lanza una masa de 5 kg de acero desde 200 mm sobre la cámara.
K10	20 <i>joules</i>	Se lanza una masa de 5 kg de acero desde 400 mm sobre la cámara.

➤ **Tipos de Cámaras de Seguridad**

Dependiendo de la movilidad y si el sitio de instalación es interior o exterior, las cámaras IP pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Domo**

Suelen ser útiles para instalaciones en techo. Constan de una carcasa resistente, lo que les hace aptas para instalaciones en exteriores, propensas a hechos vandálicos. Su diseño permite una fácil instalación y también pueden ser utilizadas en buses, metros y trenes. La mayor ventaja de algunas de estas cámaras es que se puede hacer seguimiento de objetos y/o personas con la mayor discreción [14].



**Figura 1.6** Modelos de cámara tipo domo [14]

- **Bullet**

Suelen ser útiles para instalaciones en pared. Al igual que las cámaras domo, constan de una carcasa robusta, lo que las vuelve muy resistentes a la intemperie y hechos vandálicos. Tienen un soporte multieje para adaptar al ángulo requerido, por lo que se vuelven ideales para entornos interiores y exteriores, como parqueaderos, tiendas, parques, naves, entre otros. Captan las imágenes de alta definición con gran alcance visual, tienen poca sensibilidad a la luz y pueden incluir software para análisis de video [15].



**Figura 1.7** Modelos de cámara tipo bullet [16]

- **PTZ (Pan, Tilt, Zoom)**

Por sus siglas en inglés PTZ, Pan (Panorámica o Paneo de izquierda o derecha), Tilt (Inclinación de arriba hacia abajo) y Zoom (Acercamiento). Mediante mandos en un navegador, se puede realizar todos estos movimientos, además de controlar el ángulo de visualización del video. Ideales para poder monitorear grandes entornos dinámicos y realizar seguimiento de objetos con gran precisión [14].



**Figura 1.8** Modelos de cámara PTZ [16]

## ➤ Medio de Transmisión

Los medios de transmisión constituyen un papel fundamental a la hora de establecer conexión. Para generar un enlace que posibilite la transmisión de información [17], la elección del medio dependerá de factores como: el ancho de banda a usar, el ruido, la atenuación, velocidad de propagación, interferencia y otros factores que obstaculizarán la libre transmisión en el medio.

- **Cable de Par Trenzado**

El uso del cable de par trenzado generalmente recae en transmisiones de voz o de datos [18]. Su estructura se compone a base de 8 hilos conductores entrelazados entre pares, el uso del trenzado permite disminuir la interferencia electromagnética o diafonía entre pares vecinos. Cubiertos por un revestimiento de plástico, sin protección adicional, flexibles al momento del tendido del cableado.

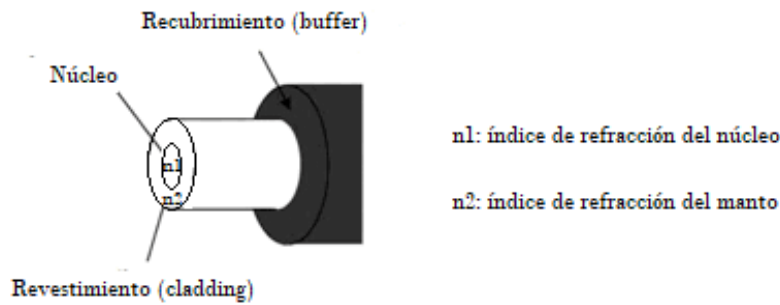
Normalizado por la norma ANSI/TIA 568.1-D e ISO/IEC 11801 [18], el cable UTP suele ser el más utilizado en comunicaciones de redes LAN. De acuerdo con el entorno de operación y funcionamiento a la que el par trenzado es sometido, se tiene las categorías del cable que especifican el ancho de banda permitido. (Véase tabla 1.6)

**Tabla 1.6** Categorías de cable par trenzado [19]

Categoría	Ancho de banda
5	100 Mbps
5e	100 Mbps
6	1 Gbps
6A	10 Gbps

- **Fibra Óptica**

El cable de fibra óptica es un delicado filamento de vidrio o plástico que utiliza uno o varios haces de luz para transmitir, compuesto por una parte central denominada núcleo, por la cual viaja la luz y tiene un alto índice de refracción, y un manto o revestimiento que cubre al núcleo fabricado con un menor índice de refracción.



**Figura 1.9** Composición de la fibra óptica

El índice menor de refracción en el revestimiento permite que un haz de luz que pase por el núcleo se curve, generando una reflexión interna total, la curva realizada entre el núcleo y revestimiento de la fibra es definida por la apertura numérica de esta [20].

El medio de transmisión óptico es utilizado tanto para redes LAN como para redes de largo alcance. Habitualmente, se genera un pulso eléctrico cuando en el fotodiodo incide la luz. La transmisión se produce gracias a principios físicos como la reflexión y la refracción. Para ángulos de incidencia mayores a un cierto valor crítico, se refleja la luz, quedando atrapada dentro del núcleo de la fibra, y es así como se logra propagar la señal por muchos kilómetros.

#### - Tipos de Fibra

Actualmente se tiene dos tipos de cable de fibra óptica:

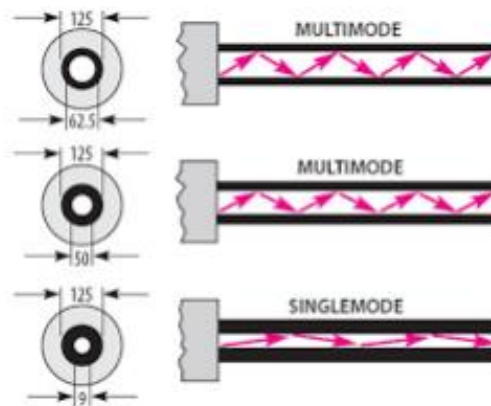
- Fibra Óptica Monomodo (SMF)

Para poder transmitir la señal en una fibra monomodo se usa un único haz de luz LED o láser. Generalmente está construido con un núcleo de aproximadamente 9 micras y con una cubierta de 125 micras (9/125um). Brindan un alcance hasta 300 km en condiciones ideales [21].

Ofrecen un bajo nivel de atenuación aun a largas distancias con un ancho de banda ilimitado. Cumple los estándares "IEC 60793250, UIT G.652 y G.655 [22].

- Fibra Óptica Multimodo (MMF)

Las señales se pueden transmitir en varios haces de luz. Usa diodos de baja intensidad como fuente de luz. Tiene distancias cortas para propagarse, entre 2 a 4 km.



**Figura 1.10** Tipos de núcleo fibra óptica [21]

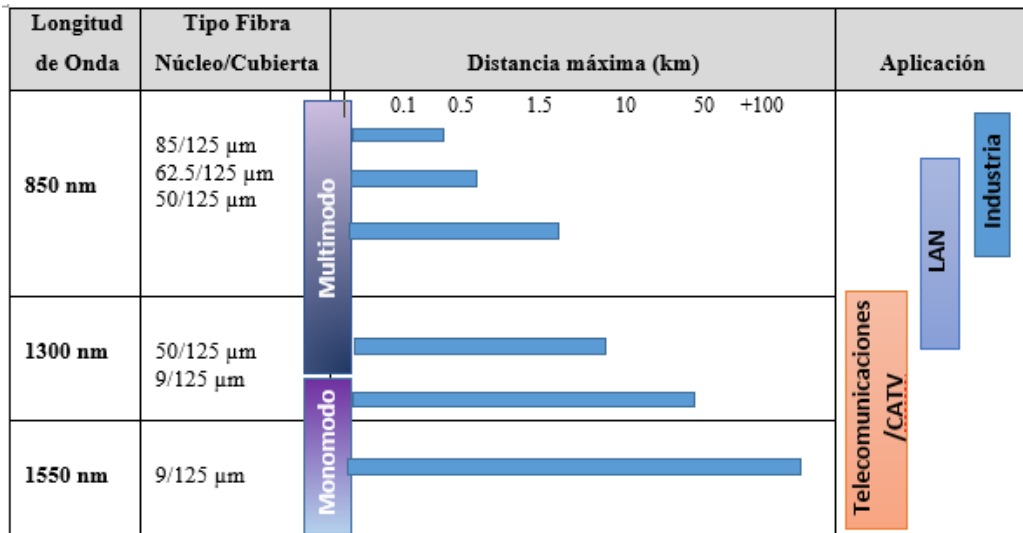
#### - Especificaciones de la Fibra

Como todo elemento, dispositivo o equipo, es importante tomar en cuenta las especificaciones técnicas de la fibra, entre las más esenciales con respecto al rendimiento y su aplicación, son 3: el tamaño o diámetro del núcleo, el coeficiente de atenuación y el ancho de banda.

La pérdida de potencia óptica o comúnmente conocida como **atenuación**, depende de dos factores: la absorción, que debido a moléculas de vidrio absorben la luz transformándolas en calor, y la dispersión, que debido a átomos individuales de vidrio en el núcleo hace que el haz parcial de luz choque generando ángulos fuera de la apertura numérica y desviando parte de la información hacia el revestimiento. La atenuación puede ser definida por pérdida por unidad de longitud, en general en kilómetros (dB/Km), esta varía según la longitud de onda de luz utilizada para la transmisión [20].



Los sistemas ópticos utilizan el espectro óptico de la luz infrarroja y parte de la visible por lo que transmiten en ventanas, en general las más utilizadas están 800nm hasta 1700nm, pero para sistemas CCTV las comunes son 1310nm, 1490 nm y 1550 nm (Véase figura 1.11).



**Figura 1.11** Ventanas de transmisión de fibra óptica [23]

El **Ancho de banda** permitido de un cable de fibra óptica, es la capacidad de transmitir cuanta información sea posible en una unidad de tiempo, esta capacidad está limitada por dos componentes: la dispersión modal y la dispersión cromática. La dispersión modal es ocasionada cuando el índice no es perfecto en especial en fibras multimodo, en condiciones ideales el ancho de banda es conforme a la longitud de fibra, puesto que la dispersión se extiende en todo el hilo, pero el ancho de banda en fibras con mayor longitud se degrada de manera no lineal, ya que la atenuación aumenta en modos de orden superior.

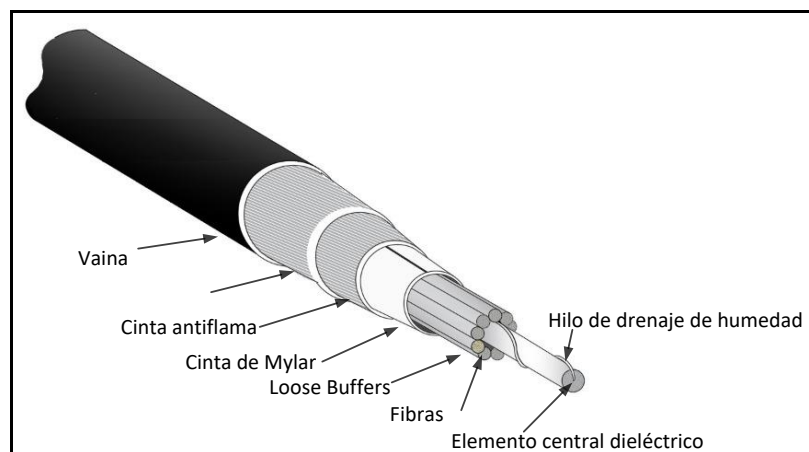
Por su parte, la dispersión cromática, debido a que la luz incidente es propagada por el prisma, genera la transmisión a diferentes velocidades según su color, y por ende, se refracta en diferentes ángulos.

## - Componentes de la fibra óptica

El grosor de la hebra es aproximadamente 0.1 mm. En un enlace de transmisión, cada filamento tiene tres componentes: la fibra óptica, la emisión de luz, (led o laser) y un fotodiodo (detector de luz) [21].

- Elemento central dieléctrico. – Es un filamento, además de brindar consistencia al cable, es el encargado de conducir la electricidad (dieléctrico). Cabe mencionar que no se encuentra en todos los tipos de fibra.
- Hilo de drenaje de humedad. – Adsorbe la humedad existente de los filamentos.
- Fibras. – Es la parte más trascendental y necesaria del cable, pues internamente se produce la transmisión de datos por señales luminosas.
- *Loose Buffers*. – Se trata de un tubo pequeño que recubre la fibra. En ocasiones los fabricantes incluyen un gel de color oscuro, para no solo recubrir sino también para que la luz no se disperse fuera del hilo de fibra [24].
- Cinta de *Mylan*. – Fina capa de poliéster que cumple con la función de aislante.
- Hilo de desgarre y sintéticos de *Kevlar*. – Son hilos que brindan consistencia al cable.
- Vaina. – Capa externa que brinda tanto consistencia como aislamiento a todo su interior.

En el tendido de fibra Óptica se establecen varias maneras en cuanto a su estructura y composición física, las más usadas son: cable figura 8, estos llevan su nombre por su forma del cable, ya que tienen una guía de acero adherido a la fibra que funciona de ayuda como sujeción a los postes y que soporten las tensiones sin dañar a los buffers o hilos de esta. También se tienen los cables ADSS (*All Dielectric Self Supporting*) debido a su composición, la aramida al ser flexible y estirable tiene la capacidad de soportarse a sí misma al igual del elemento central de refuerzo que brinda seguridad de los hilos.



**Figura 1.12** Estructura de la fibra óptica [21]

### ➤ **Gestión y control de video**

Los dispositivos de grabación permiten almacenar las imágenes captadas por las cámaras, que sirven como respaldo para observarlas cuando se produzca un suceso anterior. Existen grabadores analógicos y digitales, dependiendo de la demanda y calidad de las imágenes se tienen DVR (*Digital Video Recorder*) y NVR (*Network Video Recorder*). Los DVR agregan una etapa de digitalización que permite tomar la señal analógica de las cámaras y transformarlas en digitales para su respectivo monitoreo, es por esto por lo que agregan la etapa de digitalización, por el contrario, los NVR graban y gestionan las imágenes enviadas directamente de las cámaras IP.

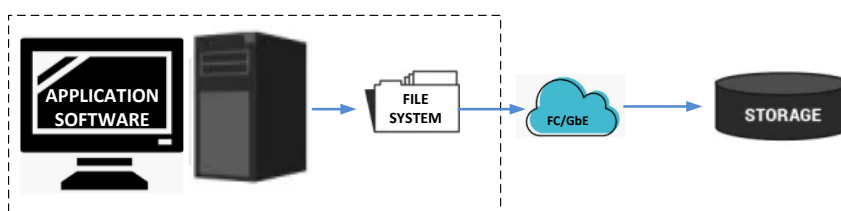
Los NVR permiten gestionar, almacenar y administrar la red de video vigilancia desde una sola interfaz. Los tipos y modelos varían según la cantidad de canales y la aplicación, pero en su mayoría tienen ventajas muy similares como, fácil instalación, alertas de correo y grabación de video hacia una unidad de almacenamiento [25].

### ➤ **Arquitectura de almacenamiento**

La forma que se almacena la información representa un factor importante en la arquitectura de una red, pues ofrece soluciones de continuidad y *backup* de la información. Según el modo de comunicación se tiene equipos con almacenamiento SAN (*Storage Area Network*) y equipos con almacenamiento NAS (*Network Attached Storage*).

- **Almacenamiento SAN**

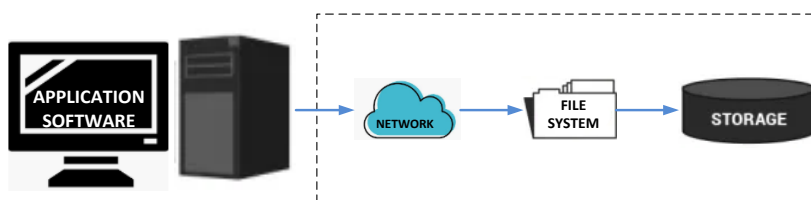
El almacenamiento SAN permite conectar múltiples sistemas de almacenamiento en una misma red. Su extensión es ilimitada y se accede a la información por medio de bloques, es decir, los datos son divididos y guardados por bloques de alta velocidad, estos bloques son configurados por el administrador de la red [26]. En la figura 1.13 se puede apreciar la arquitectura del almacenamiento SAN.



**Figura 1.13** Arquitectura de almacenamiento SAN [27]

- **Almacenamiento NAS**

El almacenamiento NAS se da mediante conexión *Ethernet* entre los equipos involucrados. Cada dispositivo tiene su IP dedicada. La información se almacena por ficheros, es decir, se almacena por archivos. Es una opción más económica [26]. En la figura se muestra la arquitectura del almacenamiento NAS.



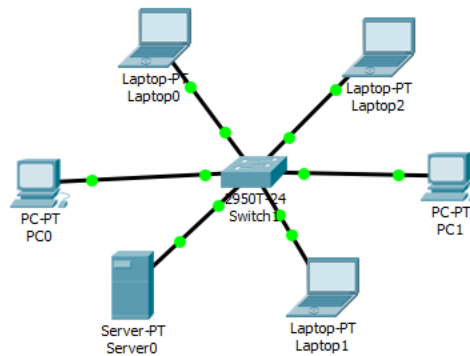
**Figura 1.14** Arquitectura del almacenamiento NAS [26]

➤ **Topologías de Red**

La manera en cómo se conecta cada elemento con su correspondiente, se conoce como topología de red, y puede ser tanto física como lógica [28]. La topología física es la disposición real de la conexión entre terminales de trabajo, y la topología lógica se apega a los cambios que presentan las señales entre nodos.

- **Topología en estrella**

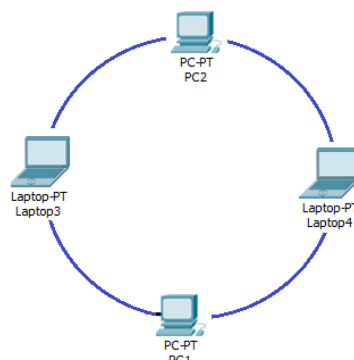
Es la topología más utilizada en redes que gestionen terminales, cuenta con un elemento central por la cual se va a transmitir toda la información hacia los ordenadores o host que se encuentren conectados directamente, en cuestiones de seguridad es eficiente ya que la red está administrada solo por el elemento central, pero si éste falla la red queda deshabilitada [29].



**Figura 1.15** Topología Estrella

- **Topología en anillo**

Los datos son enviados en un solo sentido, ya que los ordenadores son conectados formando un círculo entre sí, donde la información pasa a través de cada host. La desventaja para este tipo de topología recae en que si una conexión falla la red cae o deja de funcionar.



**Figura 1.16** Topología en anillo o *Token Ring*

## **2. METODOLOGÍA**

Para desarrollar el presente proyecto se aplicaron los siguientes métodos de investigación:

### **2.1. Método exploratorio**

Se realizaron visitas a campo para conocer el sector que debía cubrir la red de video vigilancia, en primera instancia se dialogó con las respectivas autoridades del GAD de Pifo con el fin de conocer sus requerimientos, en conjunto con la UPC y el Distrito Policial de Tumbaco, quienes colaboraron con datos estadísticos del sector, que fueron de suma importancia a la hora de determinar los sitios críticos, además se tomó medidas de las calles del sector, para determinar la magnitud geográfica.

### **2.2. Método deductivo**

Se usó este método puesto que, mediante documentos como libros, revistas, páginas web, etc., permitieron recolectar información útil sobre los requerimientos y aspectos que hay que considerar y son necesarios para diseñar un sistema CCTV.

### **2.3. Método investigativo**

Se realizaron las visitas al sector, consideradas necesarias, para el reconocimiento del lugar, recopilación de datos estadísticos y, la determinación de los sectores más vulnerables que, conforme el alcance del proyecto, fueron de crucial importancia para definir los sitios estratégicos donde deberán ser ubicadas las cámaras, además fue necesario medir las calles o avenidas para el respectivo levantamiento del plano de calles en el programa AUTOCAD.

Se realizaron investigaciones bibliográficas de los equipos y mecanismos que constituyen un sistema de video vigilancia, para determinar los términos de referencia mínimos para el

adecuado funcionamiento del sistema, además de realizar un estudio técnico de cobertura y del medio de transmisión óptimo que garantice la operatividad 24/7 de la red.

Se estudiaron distintas tecnologías posibles para determinar un sistema de video vigilancia IP, conforme a requerimientos, alcance, cobertura y factibilidad. Se analizó el tipo de topología física y lógica necesaria para el sistema, los elementos pasivos y activos que conforma el cuarto de telecomunicaciones, los modelos tecnológicos de las cámaras IP y el tipo de cableado a usarse en el tendido.

Según los requerimientos técnicos se determinó la topología apropiada en el que estarán dispuestos los elementos del sistema, el tipo de cámara IP, el medio de transmisión y el equipamiento necesarios para una óptima transmisión de la información y calidad de video.

La tecnología, la topología y el equipamiento utilizado para este proyecto, tendrán compatibilidad con el diseño del sector centro sur de la parroquia de Pifo, de manera que, al ser integrados, formen una solución óptima.

Se presentó el diseño del sistema de video vigilancia para la parroquia de Pifo que contempla dos etapas, (sector norte y sector sur) mismas que integran a todas las cámaras IP, compartiendo el mismo servidor, centro de control, un mismo protocolo de red y ruta de cableado eléctrico y de datos. Este proyecto cubrió el sector norte de la parroquia de Pifo y tiene total compatibilidad con las cámaras y topología del diseño correspondiente al sistema de video vigilancia del sector sur.

Definidos los puntos críticos y la tecnología apropiada, se realizó el levantamiento de los planos, donde se detallan la ubicación las cámaras, postes, la cobertura, la representación de los dispositivos y equipos, y el recorrido del cableado.

Conforme el análisis realizado de los requerimientos técnicos mínimos necesarios para el sistema, se realizaron las respectivas cotizaciones (Véase Anexo IX) en casas comerciales y se determinó el presupuesto referencial para el proyecto.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis de la situación actual del sector norte del barrio central de Pifo

Se realizaron varias visitas de campo al sector norte de Pifo con el fin de, reconocer el lugar, recopilar datos estadísticos y realizar medición de las calles para un previo levantamiento geográfico del sector. Estos parámetros fueron de utilidad para determinar los sectores más vulnerables y definir la ubicación de las cámaras. La figura 3.1 muestra imágenes del reconocimiento del sector.



Figura 3.1 Reconocimiento del sector.

#### ➤ Descripción de la infraestructura actual

En el sector centro norte del barrio de Pifo actualmente existen 2 cámaras instaladas y monitoreadas por el ECU 911 en las calles Gonzalo Pizarro - José Delgado y Gonzalo Pizarro - Alfredo Gangotena, sin embargo, debido a la gran magnitud y constante desarrollo del barrio, no han sido de completa ayuda para mitigar la inseguridad que ocurre diariamente. (Véase figura 3.2)





**Figura 3.2** Ubicación de las 2 cámaras del ECU 911

### ➤ Índices delictivos

Según las estadísticas proporcionadas por el Distrito Policial de Tumbaco, la parroquia de Pifo refleja un nivel alto de inseguridad, siendo los delitos delincuenciales con mayor frecuencia el robo a domicilios, carros, locales comerciales, a personas, bienes, accesorios y partes de vehículos, y en menor frecuencia, robo de motos.

En la Tabla 3.1 se puede apreciar la comparación de actos delictivos entre los años 2017 y 2018, ya que el robo de bienes y accesorios de vehículos es del (13,51%) en el 2017 y ha incrementado con relación a 2018 a un (28,73%), el robo de carros y a personas ha disminuido, y en locales comerciales ha incrementado en 2 casos.

**Tabla 3.1** Indicador de delitos delincuenciales [30]

Ítem	Casos 2017	Casos 2018	% 2017	% 2018
Robo a domicilio	19	21	25,68	22,35
Robo de carros	16	16	21,62	17,02
Robo a personas	12	12	16,21	12,76
Robo de bienes, accesorios y partes de vehículos	10	27	13,51	28,73
Robo de motos	2	1	2,71	1,06
Robo a locales comerciales	15	17	20,27	18,08
Total	74	94	100	100

Por consiguiente, la ciudadanía se encuentra preocupada y temerosa por estos incidentes que atentan a su bienestar y circulación por la vía pública con tranquilidad.

➤ **Determinación de los sectores estratégicos para la ubicación de las cámaras**

El sector cuenta con lugares comerciales, centros educativos, mercados, bares y una gran afluencia de personas. A estos lugares se los considera como vulnerables y por consecuente deben ser monitoreados. Para definir el lugar donde se ubicaron las cámaras, se tomaron aspectos necesarios para aprovechar al máximo las prestaciones de estas. Se determinaron puntos estratégicos para la ubicación de 7 cámaras IP conforme se detalla en la Tabla 3.2.

Para que las cámaras obtengan un ángulo adecuado de visualización y dependiendo del relieve y contorno del punto estratégico, las cámaras fueron preestablecidas para una altura de 9 m a 12 m, misma que permite un ángulo adecuado para obtener capturas precisas.

**Tabla 3.2** Coordenadas y dirección de las cámaras

# CÁMARA	COORDENADAS	DIRECCIÓN
1	78°20'13.71"W, 0°13'27.50"S	Juan Mantilla e Ignacio Fernández
2	78°20'17.53"W, 0°13'20.60"S	Juan Mantilla Y Diego Vásquez
3	78°20'21.88"W, 0°13'27.79"S	José Delgado y Av. Interoceánica
4	78°20'27.08"W, 0°13'32.21"S	Ignacio Jarrín y José Delgado
5	78°20'32.59"W, 0°13'31.81"S	Rafael Bustamante y José Delgado
6	78°20'30.84"W, 0°13'39.58"S	Alfredo Gangotena
7	78°20'36.76"W, 0°13'39.39"S	Alfredo Gangotena e Ignacio Fernández

En la figura 3.3 se encuentra desde una vista satelital, la cobertura del diseño del sistema de video vigilancia IP.



**Figura 3.3** Vista satelital del sector norte del barrio central de Pífo

### **3.2. Análisis de distintas tecnologías para el sistema de video vigilancia IP**

Entre las ventajas de usar tecnología IP para sistemas CCTV es su versatilidad, manejo de un amplio rango dinámico, es posible realizar seguimiento de objetos en tiempo real, permite un análisis de video integrado, ofrece mayor seguridad puesto que se puede encriptar la información y la facilidad de transmitir datos con el menor uso de cableado.

Partiendo de las distancias que existen desde la central de datos hacia cada una de las cámaras, estas oscilan entre 200 a 1200 m, y la distancia entre cada cámara es de aproximadamente 200 m, de manera que, tratándose de enlaces MAN, (tipo metropolitano) se consideran las siguientes tecnologías:

- Ethernet IEEE 802.16
- Ethernet con conversores de medios
- Redes Ópticas Pasivas (PON)

La tecnología Ethernet de estándar IEEE802.16 usa el aire como medio de transmisión, lo que favorece al ahorro de cableado de la red, y permite la comunicación aun en lugares

de difícil acceso [31]. Sin embargo, éste estándar ofrece protección frente interferencias únicamente para usuarios propios del sistema o usuarios que trabajen en el mismo rango de frecuencias, lo que lo vuelve un tanto vulnerable ante ataques cibernéticos [32].

Un conversor de medios es un dispositivo que permite el cambio de formato de una señal proveniente de un cable UTP a fibra óptica, o viceversa. Su función consiste en recibir la información, procesarla, convertirla y transmitirla en el formato compatible con la fibra, sea ésta multimodo o monomodo. Dependiendo de la velocidad que acepten los conversores de medios, pueden ser *fast ethernet*, *gigabit ethernet* o *10 gigabit ethernet* [33]. De esta forma se logra ampliar la distancia limitada por el cable UTP, proteger la información de cualquier ruido o interferencia en el trayecto del enlace y brindar protección a la actual inversión en hardware Ethernet de cobre. La desventaja de este uso de tecnología recae en la cantidad de conversores que se deberán ocupar por cada enlace, limitando a la expansión futura de la red, además, el uso de un mayor equipamiento activo requiere más espacio en las centrales y, por lo tanto, también se genera un mayor consumo eléctrico.

Una tecnología PON (*Passive Optical Network*) trabaja bajo una topología punto multipunto y utiliza *splitters* o divisores ópticos para segmentar un hilo de fibra en varios y enlazar al usuario final; así mismo, combina la información de todos los usuarios finales y los transmite al equipo terminal de línea óptica (OLT). De manera que, el término “pasiva” hace referencia a la falta de alimentación para la fibra y divisores, y combinadores ópticos involucrados en la red [7]. Además, la tecnología PON ofrece mayor ancho de banda, lo que garantiza una calidad de servicio. Para cada servicio y usuario, proporciona mayor seguridad de las comunicaciones, puesto que la información viaja cifrada a lo largo de la fibra, es posible simplificar el manejo de los equipos gracias a su modelo de operatividad y, en el caso de evolucionar a tecnologías PON superiores, es escalable, por lo que se puede seguir usando la misma infraestructura de fibra sin necesidad de cableado nuevo, de manera que, minimiza costos a corto y largo plazo.

En este contexto, la opción de emplear la tecnología PON para diseñar el presente proyecto, no solo se trata de una tecnología actualizada, sino que permite una administración mucho más simplificada de la red, ahorro de costos de implementación y mantenimiento a largo plazo.

### 3.3. Selección de la tecnología apropiada para el sistema de video vigilancia

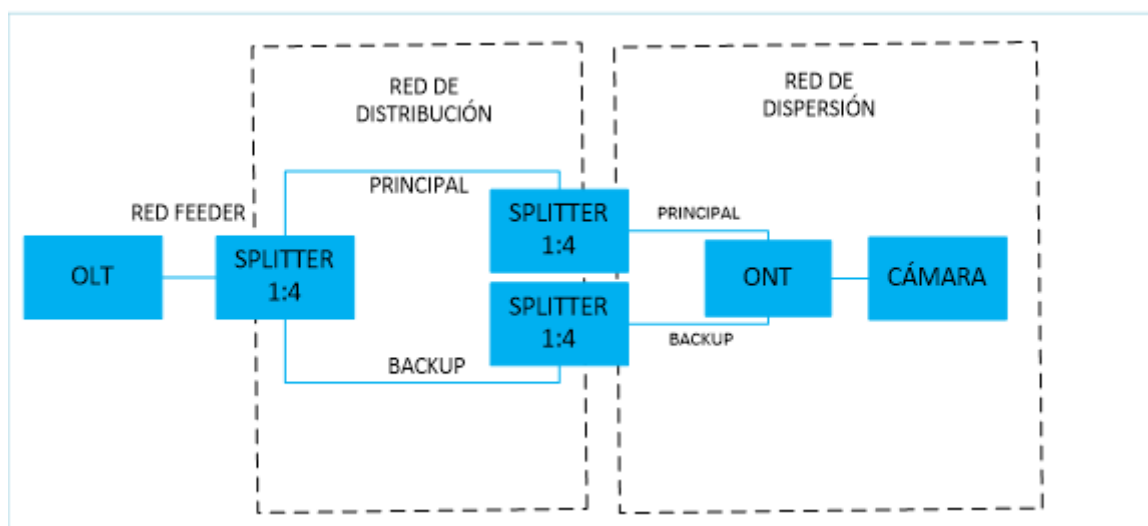
Como se dijo en el apartado anterior, una red pasiva es muy eficiente, sobre todo desde el aspecto de costos operativos. Una red PON brinda una infraestructura de conexión simultánea tanto en forma descendente como ascendente, desde y hasta el equipo terminal; y nace desde el OLT (cuarto de equipos), desde aquí, un cable de fibra óptica principal (troncal) y uno de *backup* (opcional) se enrutan hasta un *splitter*, para luego destinar hacia las acometidas propias de cada usuario. En ocasiones, de un *splitter* se distribuirán los cables hilos de fibra hacia otros *splitters*, lo que se denomina arquitectura de *splitters* en cascada [7]. En la tabla 3.3, se analizan los distintos estándares de una red PON.

**Tabla 3.3** Parámetros técnicos de principales tecnologías PON [7] [34]

Parámetro	E-PON	G-PON	10G-E-PON	XG-PON
Estándar	802.3ah	G.984.2	802.3ah	G.987.2
Organización	IEEE	ITU-T	IEEE	ITU-T
Forma de transmisión	Simétrica	Asimétrica	Simétrica / Asimétrica	Simétrica / Asimétrica
Distancia máxima (Km)	10 – 20	20 – 40	40 – 60	40 – 60
Tipo de fibra	SMF	SMF	SMF	SMF
Nivel de segmentación mínimo/máximo	1:16 / 1:32	1:32 / 1:64	1:16/1:32/ 1:64	1:128
Longitud de onda ascendente/descendente (nm)	1310 / 1490	1310 / 1490	1270 / 1577	1270 / 1577
Velocidad de subida/bajada (Gbps)	1,25 / 1,25	1,2 / 2,4	10	2,5 / 10

De acuerdo con el nivel de división, se ha decidido emplear la tecnología E-PON para este proyecto, puesto que se ha considerado usar 8 hilos para las 7 cámaras IP y la Unidad Policial Comunitaria (centro de visualización), y 8 hilos de *backup* para cada punto.

En la figura 3.4, de manera general, se indica el diagrama del sistema de video vigilancia IP basada en tecnología PON.



**Figura 3.4** Diagrama general del sistema de video vigilancia IP

### **3.4. Requerimientos técnicos para el sistema de video vigilancia IP**

Según el análisis realizado en la sección 2, se decidió diseñar el sistema de video vigilancia IP bajo tecnología E – PON. Conforme a estudio de los sitios críticos del sector, se contempló la ubicación de 7 cámaras. El cuarto de equipos y central de Control y monitoreo serán ubicados en las oficinas del Gobierno Autónomo de Pifo (GAD) (Francisco Orellana entre Gonzalo Pizarro e Ignacio Fernández) y adicional una central de visualización en las oficinas de la Unidad Policial Comunitaria de Pifo, ubicada en la Avenida Interoceánica y Manuel Hidalgo.

Conforme lo descrito anteriormente, se analizaron y se establecieron los requerimientos a continuación:

### ➤ Equipamiento CCTV

Para determinar qué equipos utilizar en un diseño de video vigilancia, se calculó en primera instancia, la capacidad de transferencia de información, la capacidad de almacenamiento que se tendrá y el ancho de banda permitido; dichos factores permitirán conocer la cantidad de datos que circulará por la red y por cuanto tiempo estará disponible.

Se utilizó el software *IP Video System Design Tool* por facilidades el cálculo y se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- 7 cámaras
- Resolución: 2 MP (1920 x 1080)
- Tramas por segundo: 30 fps
- Tipo de compresión: H264 – 15 (Alta calidad)
- Tiempo de grabación: 30 días
- Porcentaje de alarma: 100% (continua)

**Tabla 3.4** Ancho de banda y capacidad de almacenamiento

Resolución	Tipo de compresión	FPS	Cámaras	Ancho de Banda (Mbps/s)	Almacenamiento en TB para 30 días
1920 x 1080	H264-15	30	7	34,41	11,15
				<b>Total</b>	<b>11,15 ~ 12</b>

El cálculo de 12 TB (Tabla 3.4) corresponde al espacio de almacenamiento que ocuparán 7 cámaras en 30 días, operando ininterrumpidamente las 24 horas. En este contexto, se necesita de 1 NVR estándar de 16 canales para la gestión de video grabación, y un servidor NAS con 2 discos duros de 6 TB para cumplir con el requerimiento de almacenamiento.

- **Selección de disco duro**

Dependiendo de los entornos de trabajo de los discos duros y como operan los mismos se tienen distintos tipos. Los SSD ofrecen buena velocidad en entornos doméstico, pero brindan pocas prestaciones de escritura, los ATA y SATA (*Advanced Technology Attachment*) ofrecen bajo precio y gran capacidad de almacenar datos, trabajan 24/7. Los SCSI (*Small Computer System Interface*) son para uso profesional en servidores. flexibles y robustos igual con grandes prestaciones de escritura.

En este sistema de videovigilancia se eligió los *Western Digital Purple*, son adecuados para un uso 24/7, equipado con la tecnología *AllFrame*, que permite mejorar la captura de video ayudando a disminuir errores de pixelado que se producen en sistema de grabación. Tiene algoritmos de almacenamiento que le permite soportar escrituras intensas.



**Figura 3.5** Disco Duro WD Purple [35]

➤ **Selección del medio de transmisión**

Conforme los parámetros descritos en la sección 2, para este diseño se consideran dos tipos de medios de transmisión: el cable UTP que debido a su limitación de longitud solo será ocupado para conectividad dentro de RACK y conexión de la ONU a las cámaras y la fibra óptica que será utilizada para la red EPON debido a las altas prestaciones de ancho de banda, cobertura referente a uso de largas distancia y baja atenuación.

Para el cableado externo del sistema de videovigilancia, tanto para el enlace principal como el de *backup*, en la red de distribución y red de acceso, el tipo de fibra usado es monomodo figura en ocho, de 2 hilos. Este tipo de medio de transmisión se destaca



principalmente por tener amplio ancho de banda y poca atenuación, así que no será necesario de repetidores para transmisiones a largas distancias. Cumpliendo con el estándar dado por la tecnología E-PON 802.3ah [34].

### ➤ Sistema de conmutación

Los principales componentes para conmutar la red PON son, el terminal de línea óptica OLT que será situada en el centro de datos del GAD de Pifo y las unidades de red óptica ONU, que estarán dentro de los gabinetes de datos, cerca de cada cámara IP. El OLT gestionará la información en ambos sentidos. La ONU cumplirá con enviar a cada cámara las señales ópticas convertidas en señales eléctricas previamente.

Para que la distribución de las señales sea recibida en los equipos terminales o viceversa, serán necesarios elementos pasivos, denominados *splitter*, éstos dividirán la señal proporcionalmente según la capacidad de división.

Se dispondrán de 4 cajas NAP (*Network Access Point*) ubicadas estratégicamente. Para la etapa de primer nivel se necesitarán dos *splitters* 1:4, ubicados en el ODF (centro de datos), y se destinará 1 hilo para cada caja NAP. Las cajas NAP 1 y NAP 3 serán para el enlace principal y las cajas NAP 2 y NAP 4 serán para el enlace de *backup*. Para la etapa de segundo nivel se necesitan *splitter* 1:4 ubicados en cada caja NAP, de los cuales se distribuirán hacia las ONTs, ubicadas en cada gabinete de datos propio de cada cámara.

El *switch* central, será el encargado de gestionar el ancho de banda requerido para cada cámara y, establecer la conexión con el equipo del proveedor de servicios ISP, con el NVR y con el OLT

## ➤ Sistema de video, visualización y monitoreo

- **Cámaras IP**

Para determinar el tipo de cámaras IP idóneas para el diseño del proyecto, se consideró el grado de protección IP67, puesto que serán ubicadas al aire libre, y deberán soportar ambientes de polvo y lluvia. También fue necesario considerar la valoración IK, que indica el grado de protección frente a impactos mecánicos (vandalismo). En este contexto, y por dichas características necesarias, se requieren cámaras del tipo domo PTZ.

Las cámaras domo PTZ permiten grabar con visión de 360° y están diseñadas justamente para monitorear zonas amplias, que requieren mayor acercamiento y detalle, con capacidad de entregar imágenes claras, aún en condiciones nocturnas.

El sensor de imagen resulta ser un factor importante a la hora de analizar el tipo de cámaras, puesto que éste determina el tamaño del pixel y número de pixeles, y conforme a los sitios estratégicos analizados anteriormente, se requiere cámaras de 2 mp (1920 x 1080 p) para cubrir los 200 m.

- **Monitor**

En el módulo de visualización se requiere dos monitores, capaces de funcionar continuamente 24 horas al día, 7 días a la semana, de preferencia con tecnología de paneles LED, debido a su excelente calidad de imagen y tiempo de respuesta de aproximadamente 5 ms [36], que soporten resolución de 1920 x 1080 p y con entradas de video HDMI y VGA. Un monitor será destinado para la central de monitoreo (centro de datos) y el otro será empleado únicamente para visualización (UPC de Pifo).

## ➤ Sistema eléctrico y respaldo energético

Se debe garantizar que el sistema de alimentación para los equipos sea continua, confiable y limpia, por lo tanto, se consideró un evento de algún fallo o corte de energía, se usará UPSs (*Uninterruptible Power System*) como respaldo energético, para el centro

de datos, la Unidad Policial Comunitaria y para cada gabinete de las cámaras. La capacidad del respaldo energético depende de la potencia del equipo o equipos que las UPSs deben suministrar.

- **Cálculo del sistema de respaldo energético**

Debido a que los UPS no son ideales, ya que la Intensidad se adelanta o retrasa con respecto al voltaje, en consecuencia, la potencia también cambia. Dicho de otra manera, se tiene una potencia activa o real medida en watios (W) y una potencia aparente media en Voltioamperios (VA).

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Voltio (V)} \times 1 \text{ Amperio (A)} \times \text{COS } \phi$$

$$1 \text{ VA} = 1 \text{ Voltio (V)} \times 1 \text{ Amperio (A)}$$

Entonces se tiene que  $1\text{W} = 1\text{VA} \times \text{COS } \phi$  [37]

El desfase existente entre la intensidad y corriente es determinado mediante el coseno de  $\phi$ , teniendo en cuenta que los dispositivos que entregan corriente alternan (AC) se desfasan y en la mayoría de UPS de gama alta manejan un coseno  $\phi$  de 0.7.

Al momento de seleccionar un tipo de UPS es necesario sumar solo los watts de los equipos que serán conectados en el UPS para determinar los Voltioamperios requeridos, adicional se debe tomar en cuenta que el tiempo de duración de las baterías de los UPS es relativo ya que no se puede obtener un tiempo exacto de la duración de las baterías.

Para calcular el tiempo de duración de una UPS se obtiene la siguiente fórmula:

$$\text{UPS} = ((\text{N} \times \text{V} \times \text{AH} \times \text{Eff}) / \text{VA}) \times 60 \text{ [37]}$$

Donde:

N = cantidad de baterías conectadas en el UPS

V = voltaje de baterías

AH = amperio-Horas de baterías

Eff= eficiencia del UPS

VA = voltio Amperio del UPS

- Para el caso de la UPS del centro de datos se tiene que:

Sumados la potencia de trabajo de los equipos activos en centro de monitoreo y control como: El OLT, SWITCH, NVR, Servidor NAS, Monitor y Kit de ventilación, se tiene un total 1476 (W) de potencia activa, que mediante lo antes descrito se debe considerar una potencia aparente de 2460 (VA).

De manera que, se consideró usar una UPS de 3KVA que según las características técnicas de la mayoría de los fabricantes se tiene: número de baterías 6 por 9ah, Voltaje de baterías 72V, eficiencia de un 95%, voltio amperio de 3KVA.

$$\text{UPS} = ((N \times V \times \text{AH} \times \text{Eff}) / \text{VA}) \times 60$$

$$\text{UPS} = ((6 \times 72 \times 9 \times 0.95) / 3000) \times 60$$

$$\text{UPS} = \mathbf{73.87 \text{ min o } 1\text{h}14\text{min}}$$

El tiempo de respaldo energético que aportará la UPS para el centro de monitoreo a plena carga, en caso de algún suceso imprevisto de energía eléctrica es de 1 hora.

- Para el caso de la UPS de la Unidad Policial Ciudadana se tiene que:

La demanda de equipamiento es menor ya que solo constará de un sistema de visualización, en la cual la potencia de trabajo de los equipos activos como: un Monitor, ONU, una computadora o PC suma un consumo de potencia de 462 (W) con una potencia aparente de 770 (VA), debido a otras posibles conexiones de equipos se ha tomado una UPS de 1.5KVA.

Usando el cálculo anterior, la UPS para la Unidad Policial Ciudadana tendrá un tiempo de 8.2 min aproximados a plena carga.

- Para el caso de la UPS de las cámaras se tiene que:

El UPS será ubicado en el Gabinete eléctrico que deberá soportar la demanda de equipos eléctricos y de datos, en este caso se tiene una potencia del adaptador de la cámara, la ONU y demás dispositivos necesarios.

En este caso se necesitará una UPS de 1K VA/ 800 W con tiempo de duración a plena carga de 5 min, cabe resaltar que el tiempo de duración de una UPS dependerá de los equipos conectados a la misma y en estas tres situaciones no serán utilizados a plena carga, en consecuencia, el tiempo de duración aumenta.

### ➤ Selección de Postes

Para la ubicación de los postes es importante considerar un espacio adecuado, con la mínima obstrucción hacia el peatón en la acera, además de un excelente punto de visualización; deberán ser resistentes a las condiciones climáticas, y constará de una abrazadera metálica de púas para protección anti-vandalica de los gabinetes. Se recomienda postes de 12 m de altura y brazo de 3,5 m.

Para este proyecto se tiene analizado 2 estructuras de postes:

- **Postes metálicos:**

Según la norma *ASTM A123 (Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products)*, los postes telescópicos metálicos deben ser totalmente galvanizados, resistentes al exterior, a la abrasión, que cumplan con el estándar para recubrimientos de galvanizado en caliente (zinc) en productos de hierro y acero. A su vez, las características de construcción de las láminas deben cumplir con las características químicas del acero A36 que se describe en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5** Características químicas del acero Norma ASTM A36 [38]

Acero	Carbono	Silicio	Fosforo	Azufre	Cobre	Espesor (d), mm (pulg.)
ASTM A 36	0,26	0,40	0,04	0,05	0,20	d ≤ 20 (0,75)

- **Postes de poliéster reforzados con fibra de vidrio (PRFV)**

Estos postes resultan una muy buena opción si se trata de ahorrar, manteniendo la calidad, funcionalidad y durabilidad, incluso mayor a la de sus homólogos (postes metálicos). En cuanto a peso son 50 % más ligeros que sus homólogos.

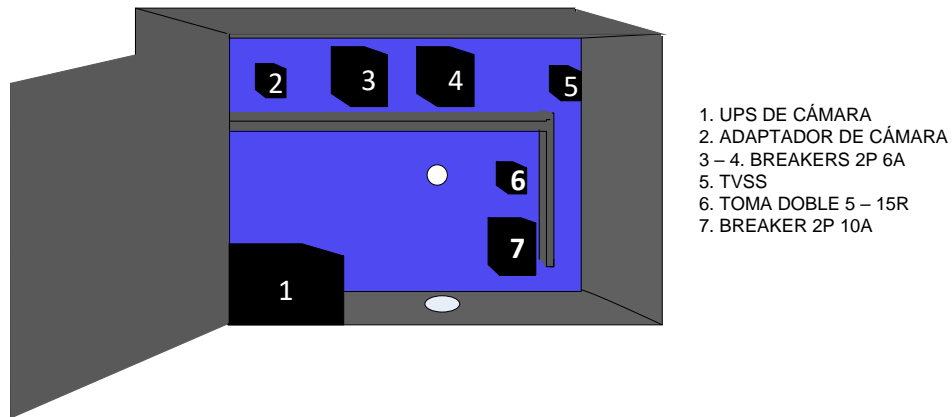
Son dieléctricos, de modo que en temporada de lluvias no se corre el riesgo de electrocución. Su composición con resinas es apropiada para resistir los rayos UV y los daños atmosféricos, lo que permite su alargue de vida útil estimada en 50 años aproximadamente, entre sus características se tiene:

**Tabla 3.6** Especificaciones técnicas de poste PRFV [39]

Descripción	Características
Altura	12 m
Material de poste y brazo	Poliéster reforzado con fibra de vidrio
Peso del poste	Aproximadamente 110 kg
Placa delantera del brazo	10x100x100 mm con 2 agujeros para manguera BX 1/2"
Pie amigo	6x50x50 mm longitud de 2.5, 1.5 y 0.50m
Peso nominal de operación (flexión)	250 kg
Peso de rotura	500 kg
Acabado exterior	Acabado gris y liso
Diámetro de cima	16 cm
Cantidad	7 postes con brazo de 2.5m.

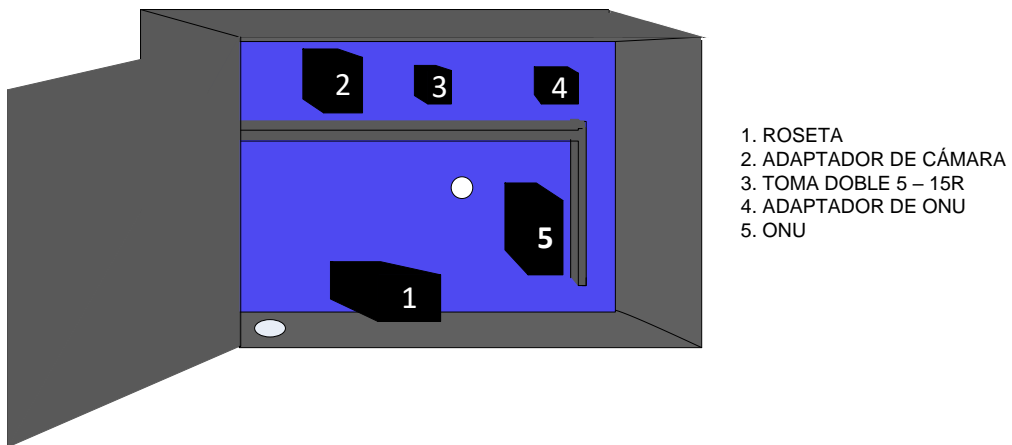
➤ **Selección de gabinetes**

Para el caso de los gabinetes eléctrico y de datos, se recomienda el uso por separado para evitar interferencias entre los dispositivos que los contendrán. Es recomendable colocar de manera adecuada a los equipos tanto eléctricos como electrónicos dentro de los gabinetes para evitar posibles interferencias o cortos que se puedan ocasionar. En la figura 3.6 se indica una manera adecuada de distribución de equipos en los gabinetes.



**Figura 3.6** Distribución de equipos en gabinete eléctrico

Los gabinetes deberán tener doble fondo para su fácil instalación al poste y cubiertos con pintura electrostática. Además, tendrán una abertura de 130 mm ubicada en la base del gabinete para ingreso del cable de red eléctrica y cable de fibra óptica, una abertura de 60mm de diámetro en la parte posterior central del gabinete para la conexión interna de la cámara con los equipos, los equipos serán instalados en el doble fondo para evitar daños por exposición de conexiones o empalmes a la intemperie.



**Figura 3.7** Distribución de equipos en gabinete Datos

### 3.5. Diseño del sistema de video vigilancia

Para diseñar el sistema CCTV se tomó en cuenta los puntos clave a monitorear, ya que desde la ubicación de las cámaras se empezó la estructura cableada. Se usó el programa *AUTOCAD*, así como también el *ARC MAP*, se definió la ruta troncal del cableado, (color rojo de la figura 3.8), que parte y llega al GAD de Pifo donde será ubicado el cuarto de equipos, esta red troncal conecta las cajas NAP de la red de distribución, dicha red cumple una topología física externa tipo anillo o circular que, según la distribución de los hilos de la fibra debido al sangrado, forma una topología estrella hacia las cajas NAP.

La ruta consta de 4 Cajas NAP, 2 cajas número 1 y 3 serán destinadas para conexiones principales y las dos cajas restantes, 2 y 4, para conexiones de respaldo o *backup*. Desde las cajas NAP partirá la fibra de dos hilos hacia la conexión con la ONU. Con cable UTP cat 6 se enlazará la ONU con la cámara correspondiente.

El programa *ARC MAP* es más versátil e interactivo, en el que se pueden obtener medidas reales sin considerar escala de dibujo, se usó para determinar la cantidad de fibra a utilizar, además que gracias a la tabla de atributos se puede incluir información, como las etiquetas de cada equipo, necesaria para una buena documentación.

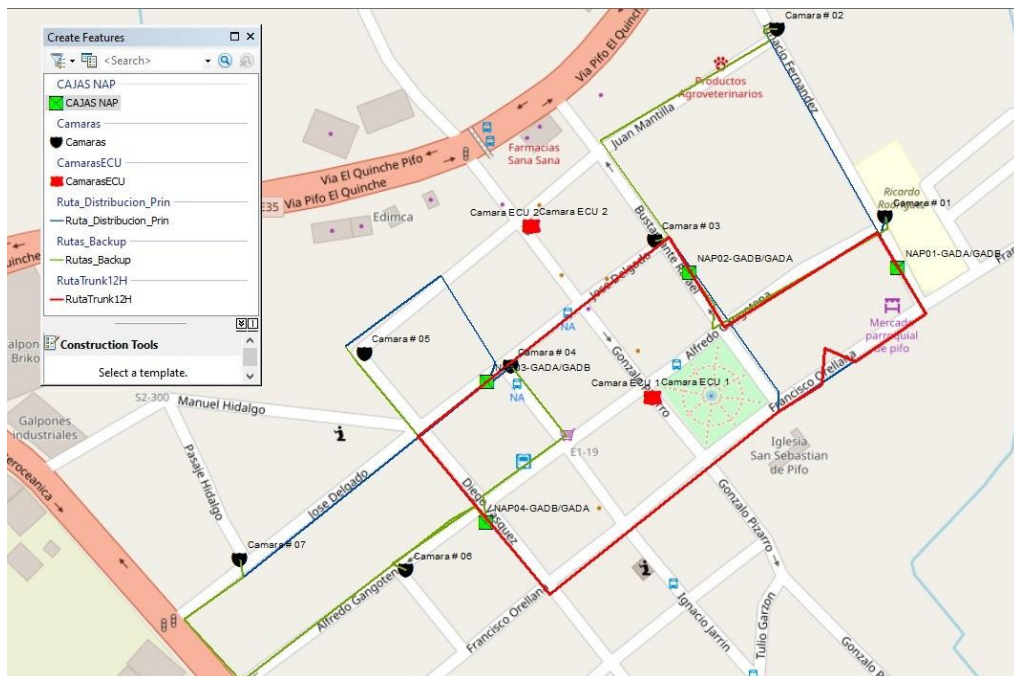


Figura 3.8 Diseño de la ruta troncal y principal



En la figura 3.11 se observa el plano del diseño del proyecto, realizado en el programa AUTOCAD. Se detalla: la ubicación de los postes, de las cajas NAP, de las cámaras, de la Unidad de Policía Comunitaria, el centro de conmutación central y la ruta de conexión hacia cada punto.

En la figura 3.12 se observa el plano de cobertura del sistema CCTV, en color celeste se resalta el área que cubren las 7 cámaras propuestas en el proyecto, y en amarillo se muestra el área que cubren las cámaras ya instaladas por el ECU 911.

Para el etiquetado de las cámaras y las cajas NAP, se empleó la recomendación de la norma ANSI/TIA 606C clase 1. (Véase figura 3.9. y figura 3.10).



**Figura 3.9** Codificación para etiquetado de cámaras



**Figura 3.10** Codificación para etiquetado de cajas NAP

En la tabla 3.7 se especifica la distribución de las cajas NAP, de las cámaras IP y el área que cubre cada una.

**Tabla 3.7** Cobertura de las cámaras IP

# Caja nap	# cámara	Cobertura
NAP 1	PTZ 1	Alfredo Gangotena e Ignacio Fernández
	PTZ 2	Juan Mantilla e Ignacio Fernández
	PTZ 3	Rafael Bustamante y José Delgado
NAP 3	PTZ 4	José Delgado e Ignacio Jarrín
	PTZ 5	Juan Mantilla y Diego de Vasquez de Cepeda
	PTZ 6	Alfredo Gangoneta
	PTZ 7	Jose Delgado (Colegio Nocturno COTASEG)
	Cámara ECU 911	Gonzalo Pizarro y Alfredo Gangotena
	Cámara ECU 911	Gonzalo Pizarro y Juan Mantilla

La caja NAP 1 se encargará de dar conectividad a las cámaras PTZ 1, 2, 3, adicional cuenta con un enlace a la Unidad de Policía Comunitaria, la caja NAP 3 cubrirá a las cámaras PTZ 4, 5, 6 y 7, destacando que dicha disposición será para la red principal. Las cajas NAP 2 servirá como soporte de la caja NAP 1 y la 4 será la *backup* de la caja NAP 3, cumpliendo de esta manera que el sistema se encuentre operativo 24/7 en el caso del medio de transmisión.

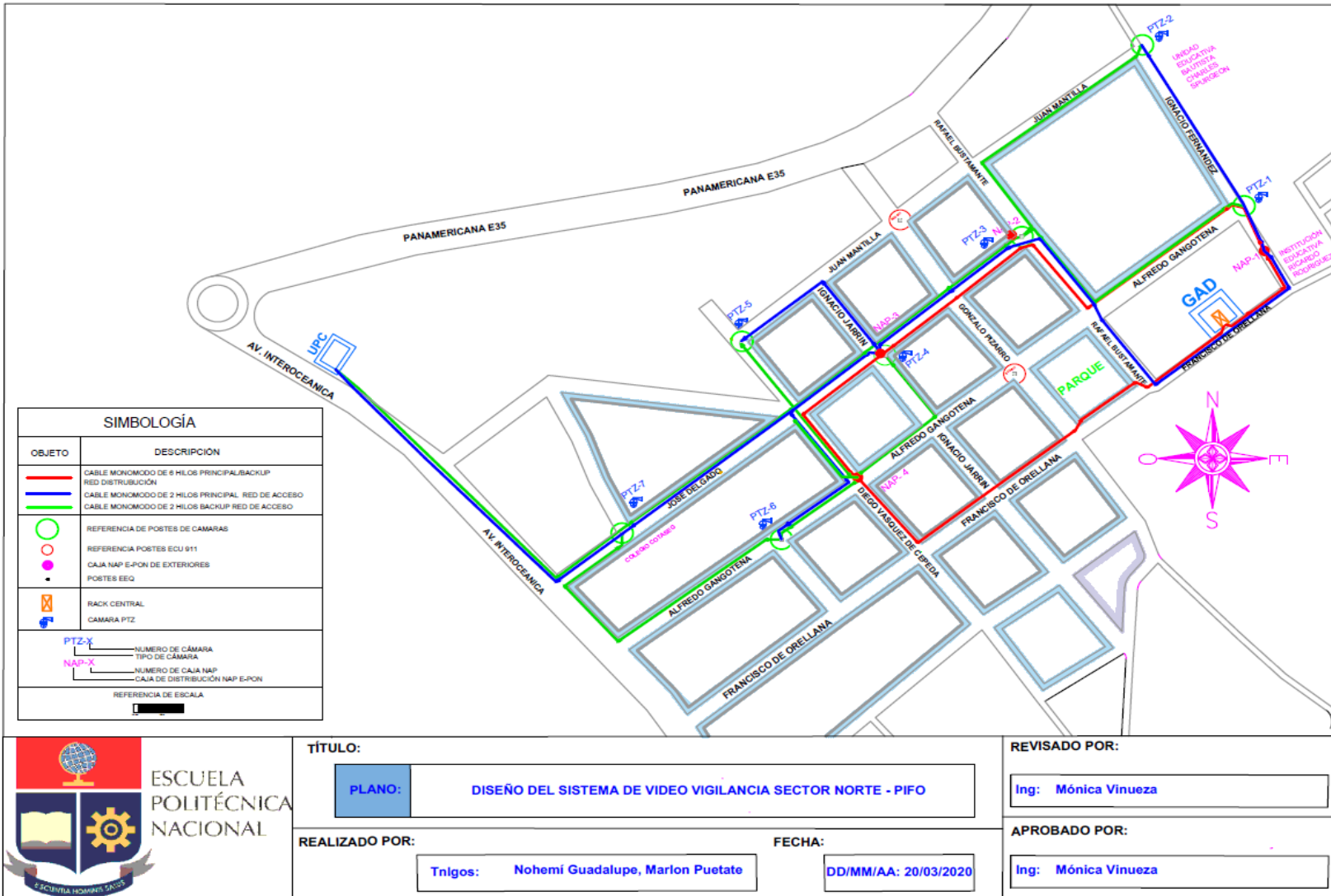


Figura 3.11 Diseño del sistema de video vigilancia

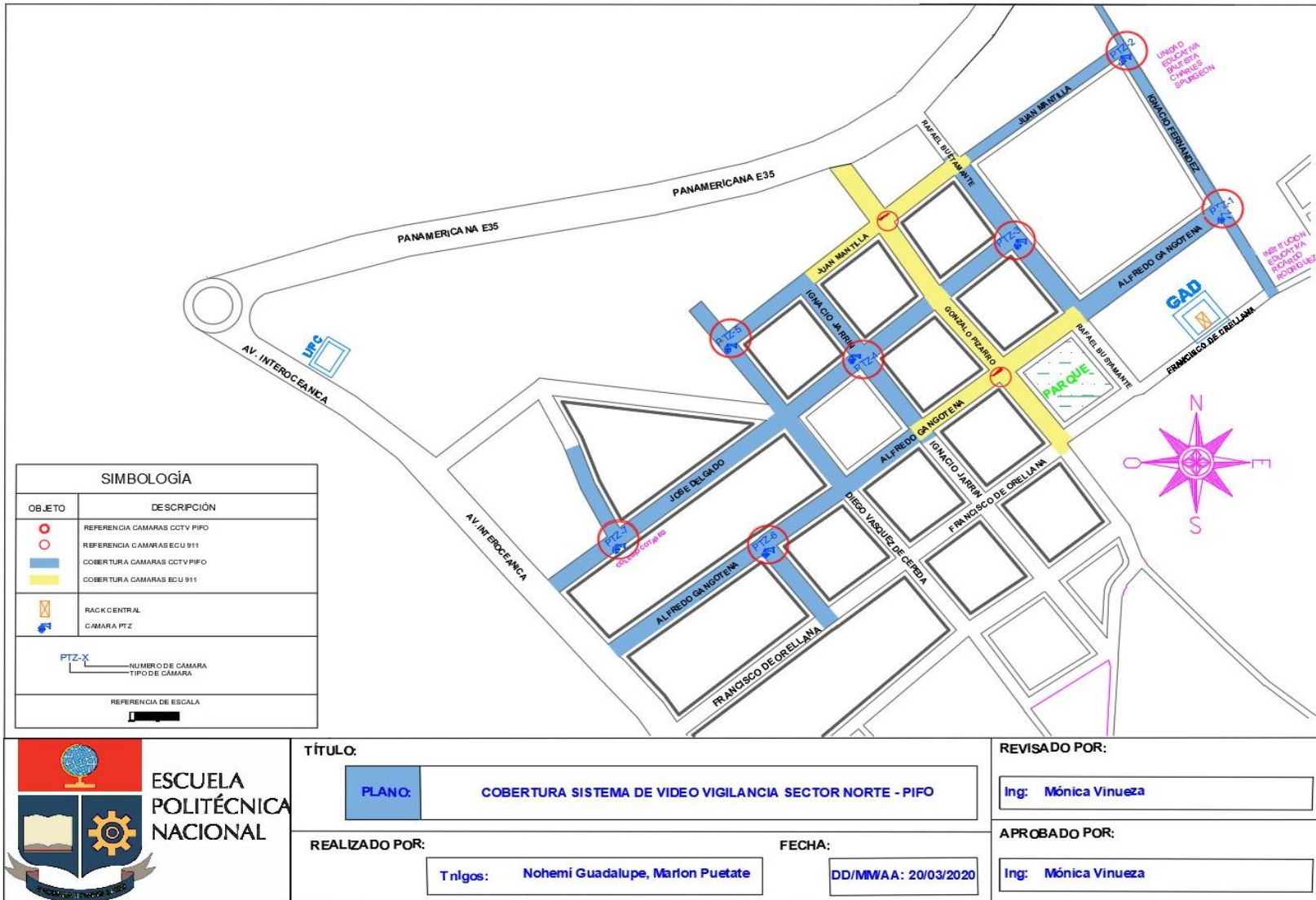


Figura 3.12 Cobertura de cámaras del sistema de video vigilancia

➤ **Costo del enlace**

En la tabla 3.8 se observa la distancia que la fibra óptica recorre, partiendo del OLT hasta llegar a las ONU de cada cámara y UPC. La ruta principal nace desde el OLT hacia las cajas NAP 1 y NAP 3, mientras que la ruta para los enlaces *backup*, nace desde el OLT hacia las cajas NAP 2 y NAP 4. A dichas distancias se le añadió 10 % más para holgura remanente de cable.

**Tabla 3.8** Recorrido de fibra óptica

Ramificación	Recorrido	Distancia (m)	Derivación a:	Distancia (m)	Distancia total (m)
1	OLT - NAP 1	191,69	PTZ 1	66,88	284,43
			PTZ 2	319,33	562,13
			PTZ 3	503,56	764,77
			UPC	1376,38	1724,88
2	OLT - NAP 3	795	PTZ 4	32,89	910,68
			PTZ 5	272,96	1174,75
			PTZ 6	327,33	1234,56
			PTZ 7	366,61	1277,77

➤ **Cálculo de presupuesto del enlace óptico**

El presupuesto del enlace óptico es la cantidad de pérdida que una red sufre de punto a punto. Este factor es importante, puesto que en ocasiones el receptor necesita al menos un valor mínimo para que no se sobrecargue, y un valor máximo para que tenga una buena señal y funcione correctamente.

La atenuación para cada enlace se calcula según la siguiente fórmula:

$$Atenuación\ total = \left( \sum \frac{Atenuación}{Splitters} \right) + \left( \frac{Atenuación}{fibra\ Km} * Distancia \right) + \left( \frac{Atenuación}{empalme} * N^{\circ} \right) + \left( \frac{Atenuación}{conectores} * N^{\circ} \right) [5]$$

Donde:

Atenuación de *splitter* 1:4 = - 6,02 dB

Atenuación de fibra/Km (1310 nm) = - 0,4 dB

Atenuación de fibra/Km (1490 nm) = - 0,3 dB

Atenuación de empalme = - 0,1 dB ~ - 0,2 dB

Atenuación de conector = - 0,3 dB ~ - 0,5 dB

En la siguiente tabla se detalla los valores correspondientes:

**Tabla 3.9** Valores calculados para el presupuesto de enlace óptico

RECORRIDO PRINCIPAL								
ONU	DISTANCIA OLT-ONU (km)	Atenuac. splitters (dB)	Atenuac. fibra/Km (dB) (1310 nm)	Atenuac. fibra/Km (dB) (1490 nm)	N° * atenuación empalme (dB)	N° * atenuación conectores (dB)	Atenuación Ascendente (dB)	Atenuación Descendente (dB)
1	284,43	-12,04	-0,11	-0,09	-0,8	-3	-15,87	-15,86
2	562,13	-12,04	-0,22	-0,17	-0,8	-3	-15,97	-15,93
3	764,77	-12,04	-0,31	-0,23	-0,8	-3	-16,07	-16,02
4	910,68	-12,04	-0,36	-0,27	-0,8	-3	-16,17	-16,09
5	1174,75	-12,04	-0,47	-0,35	-0,8	-3	-16,39	-16,25
6	1234,56	-12,04	-0,49	-0,37	-0,8	-3	-16,45	-16,30
7	1277,77	-12,04	-0,51	-0,38	-0,8	-3	-16,49	-16,33
UPC	1724,87	-12,04	-0,69	-0,52	-0,8	-3	-17,03	-16,73

Según los valores calculados, se observa que se tiene un valor máximo de atenuación (-17,03 dB) y un valor mínimo de (-15,86 dB), valores permitidos por el rango de atenuación de una tecnología E-PON clase B. [40] Las especificaciones ópticas de una interfaz de clase B se muestran a continuación:

Para el presupuesto de atenuación, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Presupuesto de atenuación} = a + b \quad [5]$$

Donde:

a = Potencia de salida óptica (dBm)

b = Atenuación total (dB)

**Tabla 3.10** Costo de cada enlace

ONU	Atenuación ascendente	Atenuación descendente	Presupuesto para la ONU		Presupuesto para la OLT	
			Máxima potencia de salida óptica (5 dBm)	Mínima potencia de salida óptica (0,5 dBm)	Máxima potencia de salida óptica (5 dBm)	Mínima potencia de salida óptica (2,5 dBm)
1	-15,87	-15,86	-10,87	-15,36	-10,86	-13,36
2	-15,97	-15,93	-10,97	-15,43	-10,93	-13,43
3	-16,07	-16,02	-11,07	-15,52	-11,02	-13,52
4	-16,17	-16,09	-11,17	-15,59	-11,09	-13,59
5	-16,39	-16,25	-11,39	-15,75	-11,25	-13,75
6	-16,45	-16,30	-11,45	-15,80	-11,30	-13,80
7	-16,49	-16,33	-11,49	-15,83	-11,33	-13,83
UPC	-17,03	-16,73	-12,03	-16,23	-11,73	-14,23

Se puede observar que, en el peor de los casos de transmisión descendente, la señal que llega al OLT es de -16,23 (dBm); y en el peor de los casos de transmisión ascendente, la señal que llega a la ONU es de -10,86 (dBm). Según los parámetros ópticos de la interfaz E-PON clase B, se permite rangos de atenuación de 10 dB a 25 dB; con lo que se concluye que, la señal será captada correctamente.

### ➤ **Direccionamiento IP**

El direccionamiento IP referencial se establece para tener una organización en conexión de red, se recomienda configurar mediante método estático para evitar conflictos de direcciones de las cámaras. La tabla 3.13 presenta una manera de direccionamiento para los equipos de red.

Es importante mencionar que para la intranet se utilizará un direccionamiento con red de clase C del tipo 192.168.0.0 - 255.255.255.0 dejando reservada la última dirección válida para salida del Gateway.

**Tabla 3.11** Direccionamiento IP

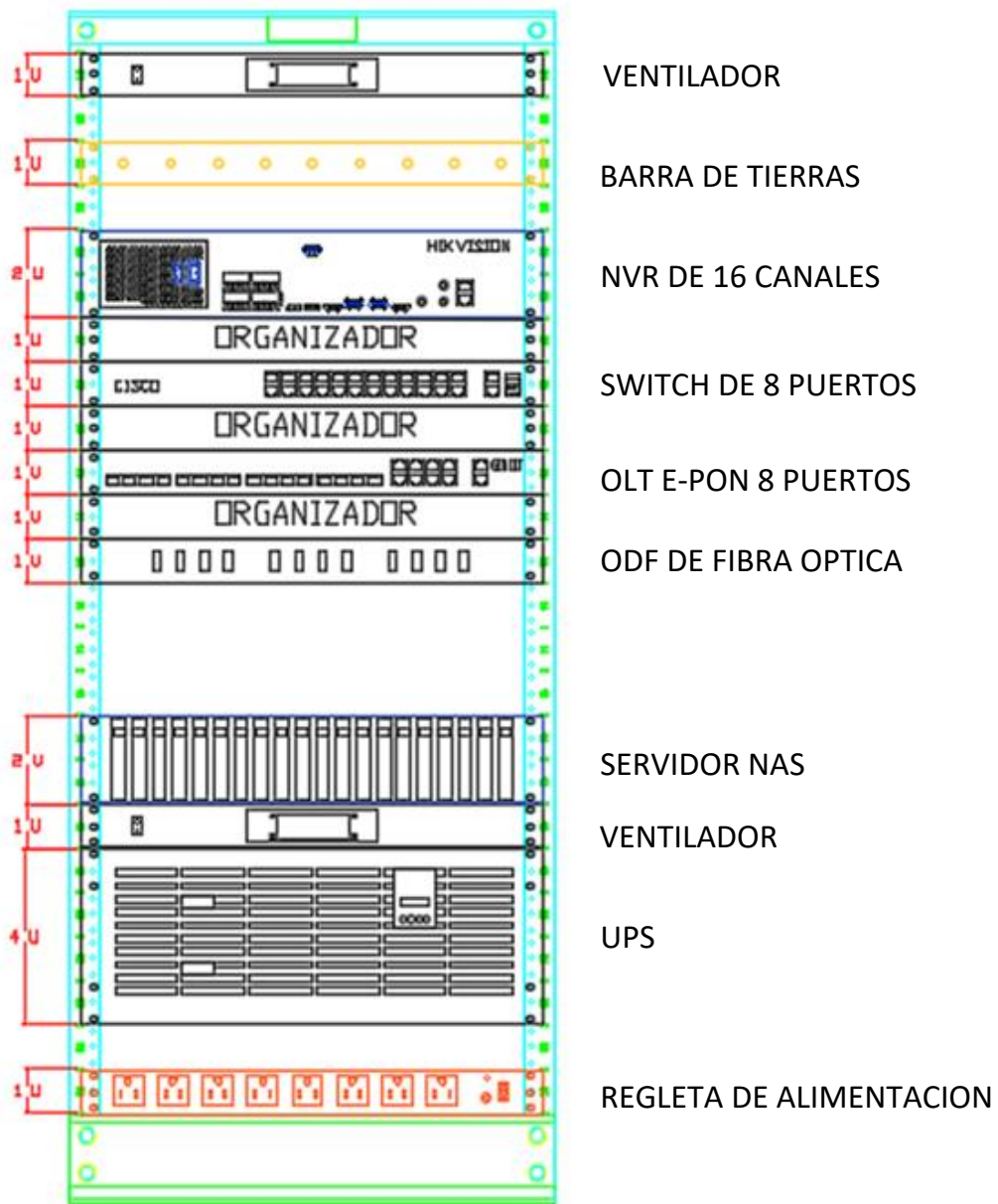
Direccionamiento IP			
Dirección de red privada		192.168.0.0 - 255.255.255.0	
Equipos	Dirección IP	Equipo conectado a la ONU	Dirección IP
Switch principal	192. 168.0.2 / 24		
OLT	192. 168.0.3 / 24		
NVR	192. 168.0.4 / 24		
Servidor NAS	192. 168.0.5 / 24		
ONU 1	192. 168.0.6 / 24	PTZ 1	192.168.0.101 /24
ONU 2	192. 168.0.7 / 24	PTZ 2	192.168.0.102 /24
ONU 3	192. 168.0.8 / 24	PTZ 3	192.168.0.103 /24
ONU 4	192. 168.0.9 / 24	PTZ 4	192.168.0.104 /24
ONU 5	192. 168.0.10 / 24	PTZ 5	192.168.0.105 /24
ONU 6	192. 168.0.11 / 24	PTZ 6	192.168.0.106 /24
ONU 7	192. 168.0.12 / 24	PTZ 7	192.168.0.107 /24
ONU UPC	192. 168.0.27 / 24	PC	192.168.0.150 /24

➤ **Distribución de elementos del sistema de video vigilancia**

El sistema de video vigilancia para el sector norte del barrio central de la parroquia de Pifo consta de 7 cámaras IP que serán monitoreadas desde el de centro de datos, ubicado en el GAD de Pifo. Además, tendrá un centro de visualización en la UPC cercana ubicada en la Avenida Interoceánica, misma que brindará apoyo y soporte inmediato en el caso de que exista algún percance.

El centro de conmutación consta de 1 *Switch* central administrable de 8 puertos RJ45, que mediante enlaces troncales usando cable UTP se conecta al NVR, al Servidor NAS y al OLT. El NVR se conecta mediante cable HDMI a la TV que permitirá la visualización de video imágenes captadas por las cámaras.





RACK 24 U

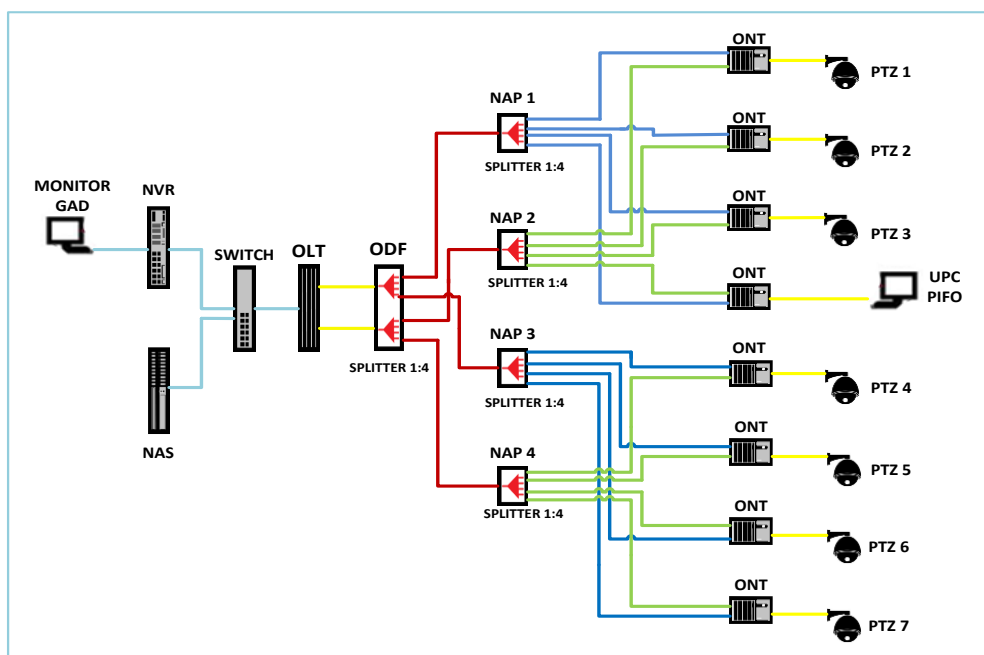
**Figura 3.13** Diagrama de distribución de equipos en rack central

Cada cámara será conectada a una ONU, misma que pasando por el ODF, permitirá comunicarse con el OLT. Del ODF saldrán 4 hilos de fibra, que se ramificarán a las 4 cajas NAP para conectar las cámaras de la siguiente manera:

**Tabla 3.12** Conexión de cajas NAP Enlace Principal

Hilo de fibra / NAP destino	Dispositivo
1 / NAP 1:4	PTZ 1
	PTZ 2
	PTZ 3
	UPC PIFO
3 / NAP 1:4	PTZ 4
	PTZ 5
	PTZ 6
	PTZ 7

La figura 3.14 detalla la conexión de los equipos del sistema de video vigilancia; partiendo del monitor ubicado en el GAD de Pifo, el encargado de visualizar las imágenes gestionadas por el NVR. El *switch* conecta: al NVR para enviar la información recibida de las cámaras, el servidor NAS mantendrá un respaldo de toda la información recibida por el NVR. En el OLT se usan 2 puertos PON que, mediante dos *patchcord* de fibra, se conecta a dos *splitters* 1:4 ubicados en el ODF; de cada *splitter* sale dos hilos destinados hacia las cajas NAP: principal y *backup*, donde se encuentran otros *splitters* 1:4. La caja NAP 1 y 3 son dedicadas para el enlace principal, y las NAP 2 y 4 son para el enlace de *backup*. En la figura 3.15 también se puede apreciar el diagrama de conexión de los equipos a lo largo de todo el sistema.



**Figura 3.14** Esquema general de conexión de equipos

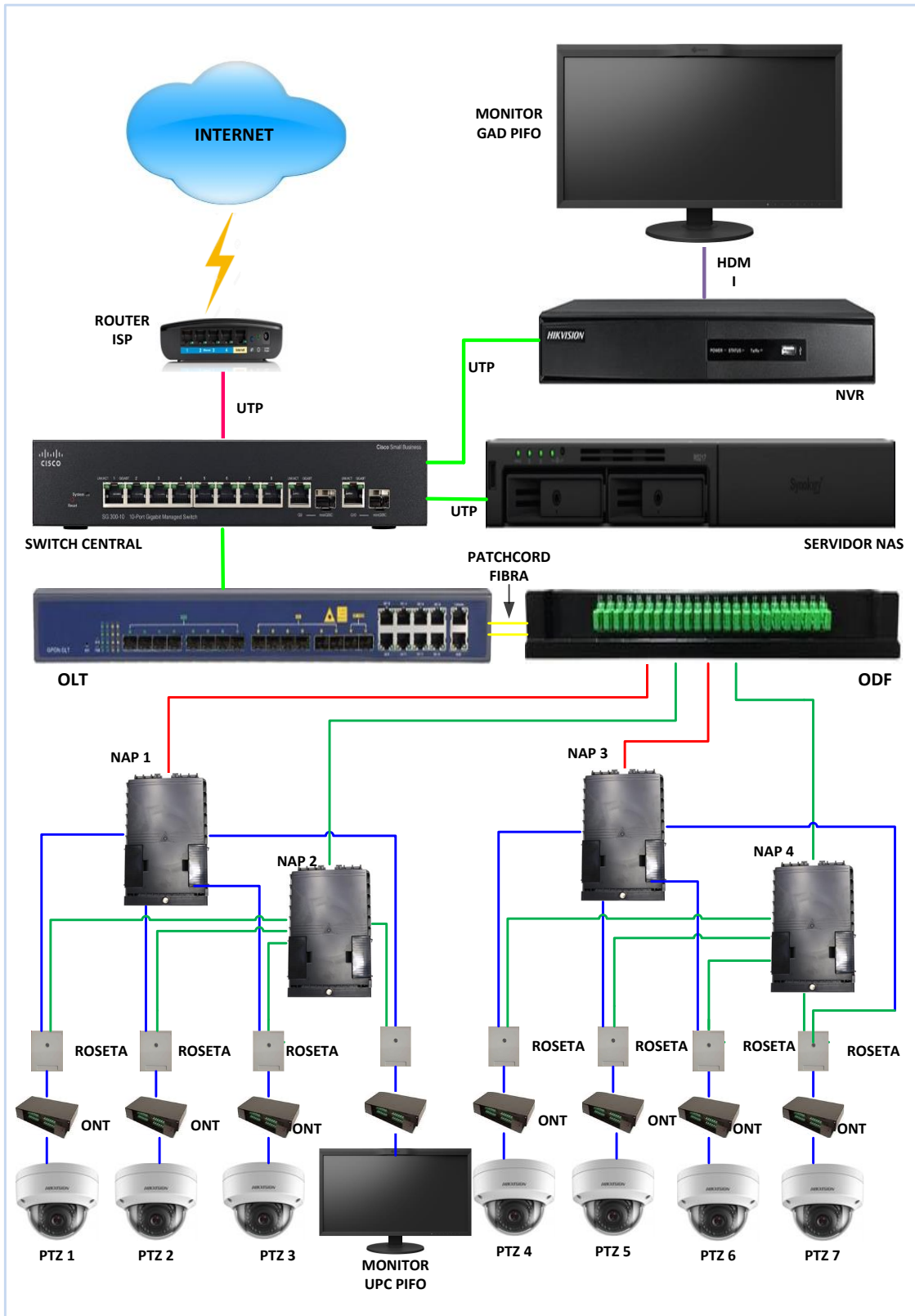


Figura 3.15 Diagrama general de conexión de equipos

➤ **Características técnicas de los equipos del sistema de video vigilancia**

Teniendo en cuenta los requerimientos técnicos mínimos definidos en la sección 3.4, se detallan las características de los equipos a emplear en el sistema de video vigilancia:

**Tabla 3.13** Equipos del sistema de video vigilancia

Cantidad	Equipo	Especificaciones	Función
7	Cámara: Marca <i>Hikvision</i> Modelo DS- 2DF8225H- AEL (W)	Cámara IP tipo domo PTZ Resolución 1920x1080 pixeles. Sensor CMOS 2x1/2.8". Iluminación min, color: 0.001 lux. Zoom Digital 16x. <i>Panning</i> : 360° <i>Tilting</i> : -20° a 90°. Compresión de video: H.265+/ H.265/ H.264/MJPEG. (Véase anexo I)	Captura de video imágenes para el monitoreo y visualización
1	NVR: Marca: <i>Hikvision</i> Modelo: DS- 7716NI-K4	Soporta hasta 16 canales. Ancho de banda de subida/bajada: 160 Mbps Compresión H.265+/ H.265/ H.264/MJPEG. interfaces SATA: 4. Capacidad hasta 6TB por cada HDD. Interface de RED: 2 puertos RJ-45 10/100/1000 Mbps. (Véase anexo II)	Gestión y control del video
1	Servidor NAS: Marca: <i>RackStation</i> Modelo: RS217	Disco compatible 3.5"/2.5" SATAx2. Capacidad maxima sin procesar 28TB (2HDD de 14 TB). Puerto LAN: 2 RJ45 1GB. Compartición de archivo: hasta 2048 usuarios. (Véase anexo III)	Almacenamiento de video

Cantidad	Equipo	Especificaciones	Función
1	Switch Marca: Cisco Modelo: SG300-10MPP10	Puertos: 8 puertos Gigabit 10/100/1000 (PoE+). Puertos Gigabit para fibra SFP. VLAN simultáneas: máx. 4096 Ruteo administrable IPv4: 512 rutas estáticas y 128 interfaces IP. Compatible con protocolo <i>Secure Shell</i> (SSH) v1 y v2.	Conexión de datos y equipos
1	OLT Modelo: R2600D8	Puertos EPON: 8 EPON. Interfaz Física: ranuras SFP, Relación de división máx: 1:64. Puerto de gestión: 1 de 10/100BASE-T, 1 de consola. Distancia de Transmisión: 20 Km. Velocidad Puerto PON: simétrico de 1.2Gbps. Longitud Onda: 1490nm(Tx) y 1310 nm (Rx) Tipo de Fibra 9/125 um SMF. (Véase anexo V)	Brindar acceso a los servicios IP
1	UPS 3KVA Marca: Wadkin Modelo: WEA90311 RT	Voltaje nominal: 100V/ 110V /115V. Voltaje de salida: de 95 a 135, con +/- 5VAC. Eficiencia: Modo AC 90%, modo batería 87%, modo ECO 98%. Batería. 72 V, 6 de 9 Ah.	Respaldo de energía para equipos de central de monitoreo
1	UPS 1.5KVA (Unidad Policial Comunitaria) Marca: <i>Tripplite</i> Modelo:	Conversión en línea de 1500VA/1.5KVA/1200watts. Voltaje nominal 100/ 110/ 120 VCA +/- 2% a 50/60Hz. Interfaces de entrada USB, RS232, EPO. Fase entrada: Monofásico Autonomía: Plena carga 5min (1200w), media Carga 14min (600w).	Respaldo de energía para equipos de central de visualización

Cantidad	Equipo	Especificaciones	Función
7	UPS 1KVA (Cámaras IP) Marca: <i>Tripplite</i> Modelo:	Voltaje nominal de salida: 100V/ 110V /120V +/- 2% a 50/60Hz. Puertos USB. Supresión de sobretensiones AC. Fase de entrada: monofásico. Autonomía Plena Carga 4.5 min (800w), Autonomía mediana carga 14 min (400w).	Respaldo de energía para las cámaras IP
8	ONU	Interfaz: E-PON Tipo de interfaz: 4 puertos Gigabit Conector: SC/APC Interfaz USB: 2 puertos Alimentación: 12 VCD / 1.5 A Consumo: 17 W	Proporcionar interfaz de acceso a cámaras y UPC
7	TVSS: Marca: HWA Modelo: WPSP S1 10 KA	Voltaje nominal: 120/240 V 1 fase Corriente mínima - máxima: 0KA – 10KA Protección de oleada: Clase C	Protección contra sobre tensiones
1	Fibra óptica Marca: <i>Furukawa</i>	Cable de fibra óptica figura ocho monomodo de 6 hilos, cubierta de LSZH / FRPE con protección UV.	Red de distribución
		Cable de fibra óptica figura ocho monomodo de 2 hilos. Tipo <i>drop</i> . Estándar internacional G.657A1	Red de dispersión

### 3.6 Presupuesto Referencial

En la siguiente tabla se detalla el costo en dólares americanos, de los materiales, herramientas y equipos necesarios para una futura implementación del sistema de video vigilancia, se destaca que los equipos fueron solicitados a diferentes proveedores por lo que lo cotizado son multimarca logrando abaratar costos sin disminuir la operatividad y calidad de los equipos.

**Tabla 3.14** Presupuesto referencial

EQUIPAMIENTO CCTV EN CENTRO DE DATOS				
N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
1	NVR DE 16 CH , 4 INTERFACES SATA PARA 24TB	1	1005	1005
2	SWITCH CISCO 8 PUERTOS RJ45, ADMINISTRABLE, MONTABLE EN RACK	1	478	478
3	OLT DE 8 PUERTOS EPON	1	1340	1340
4	SERVIDOR NAS PARA CAPACIDAD DE 28TB	1	1800	1800
5	UPS EN LÍNEA WEA90311 RT 3KVA/2700W <i>Wadkin</i> , PARA TORRE Y RACK DE 4 o 6 U	1	3700	3700
SUBTOTAL				<b>\$ 8.323</b>
ESTRUCTURA, CABLEADO Y CONECTIVIDAD EN CENTRO DE DATOS				
N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
6	RACK CON PUERTAS Y PANELES LATERALES DE 24 UR (19")	1	700	700
7	ODF DE 1UR CON 24 PUERTOS	1	189	189
8	ORGANIZADOR DE CABLES HORIZONTAL DE 1 UR	3	14,41	43,23
9	ORGANIZADOR DE CABLES VERTICAL (2.25")	2	50,00	100,00
10	KIT DE VENTILACIÓN PARA RACK DE 1U	2	120,00	240,00
11	TOMACORRIENTE NEMA L14-30R	1	5,00	5,00
12	DISCO DURO <i>WD PURPLE</i> DE 6TB PARA NVR	2	292,53	585,06
13	DISCO DURO <i>WD PURPLE</i> DE 6TB PARA SERVIDOR NAS	2	292,53	585,06
14	PATCH CORD DE FIBRA MONOMODO SC/APC MACHO (3 fts)	7	4,30	30,1
15	PATCH CORD <i>Nexxt/PAUNDUIT</i> ,AZUL, CATEGORÍA 6 (7 fts)	3	4,50	13,50
16	PIGTAIL MONOMODO, CONECTOR SC/APC (2m)	16	2,50	40,00
17	PROTECTORES DE FUSIÓN (TERMO ENCOGIBLES DE 60mm)	16	0,16	2,56
18	SPLITTER 1:4 DE FIBRA MONOMODO SC/APC	2	6,90	13,8
19	BREAKER CON 2 POLOS 220 V / 30 A	1	5,60	5,60
20	CABLE ELÉCTRICO #8 AWG, NEGRO (metros)	20	1,36	27,20
21	CABLE ELÉCTRICO #8 AWG, BLANCO (metros)	20	1,36	27,20
22	CABLE ELÉCTRICO #8AWG, ROJO (metros)	20	1,36	27,20
SUBTOTAL				<b>\$ 2634,51</b>
CABLEADO ESTRUCTURADO EXTERIOR				
N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
23	FIBRA ÓPTICA FIGURA OCHO MONOMODO DE 6 HILOS, CUBIERTA DE LSZH / FRPE CON PROTECCIÓN UV (metros)	1620	1.85	2997
24	FIBRA ÓPTICA FIGURA OCHO MONOMODO DE 2 HILOS. ESTÁNDAR G.657A1 FURUKAWA (metros)	4089	0.80	3271.20
25	PIGTAIL MONOMODO SC/APC (2m).	8	2,50	20,00
26	SPLITTER 1:4 DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO (SC/APC)	4	6,90	27,60
27	CAJA NAP IP65 DE 4 PUERTOS (ADAPT. HEMBRA SC/APC)	4	35,00	140,00
28	POSTE METÁLICO OCTOGONAL TELESCÓPICO 12M ALTURAGALVANIZADO EN CALIENTE, INCLUYE BRAZO 3.5M	7	1257,94	8805,58

N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
30	GABINETE METÁLICO CON PINTURA ELECTROSTÁTICA MEDIDA 600x600x200 mm PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS	7	82,85	579,95
31	GABINETE METÁLICO CON PINTURA ELECTROSTÁTICA MEDIDA 600x400x200 mm PARA EQUIPOS DE DATOS	7	60,51	423,57
32	PARARRAYOS PDC 3.1 CON DESCARGA HASTA 15 METROS	14	393,00	5502
33	VARILLA DE COBRE ALTA CAMADA 5/8 x 1.80	15	14,99	224,85
34	CINTA METÁLICA DE 3/4 (30m)	9	34,15	307,35
35	HEBILLAS	121	0,31	37,51
36	TENSOR CON GANCHO DE RETENER FIBRA	121	2,85	344,85
37	HERRAJE TIPO D PARA SOPORTE DE DISTRIBUCIÓN DE TENSOR DE GANCHO	121	1,22	147,62
38	REQUERIMIENTOS PARA SUJECCIÓN (TORNILLOS, ABRAZADERAS PLÁSTICAS, METÁLICAS, ETIQUETAS ACRÍLICAS Y DEMAS)	1	50,00	50,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 23553,32</b>
<b>MONITOREO Y VISUALIZACIÓN</b>				
N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
39	PANTALLA SMART TV DE 55" MARCA LG / 55UM7470PSA / 4K ULTRA HD	2	840,00	1680,00
40	MOUSE	1	7,00	7,00
41	TECLADO	1	12,00	12,00
42	CABLE HDMI 4K 2.0V HDTV (10m)	1	15,00	15,00
43	CABLES USB 2.0 MACHO (ADAPTADOR HEMBRA) 10m	2	11,20	22,40
44	CANALETAS PLÁSTICAS PARA INTERIORES	6	11,21	67,26
45	ESCRITORIO CON SILLA ERGONÓMICA	1	173,00	173,00
46	COMPUTADOR	1	1050,0	1050,00
47	LICENCIA WINDOWS 10 (PRO – COA PERPETUA)	1	77,28	77,28
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 3.103,94</b>
<b>SISTEMA DE VIDEO EN ZONA PIFO</b>				
N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
48	CÁMARA IP DOMO PTZ DE 2MP	7	1116,27	7813,89
49	FUENTES DE PODER	7	16,25	113,75
50	PATCH CORD MACHO FIBRA OPTICA MONOMODO (SC/APC)	8	4,30	34,4
51	CONECTORES RJ45	28	0,25	7,00
52	CAPUCHONES PLÁSTICOS PARA RJ45	28	0,15	4,20
53	CABLE UTP Nexxt/PANDUIT, AZUL O GRIS, CATEGORÍA 6 (metros)	120	0,57	68,4
54	ROSETAS PARA INTERIORES DE 2 PUERTOS SC/APC	8	10,00	80,00
55	ADAPTADORES HEMBRA/MACHO SC/SC	8	0,56	4,48
56	ONU DE 4 PUERTOS FAST ETHERNET PARA OLT	8	28,00	224,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 8.350,12</b>
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>				
N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
57	CABLE CONCÉNTRICO SUCRE DE 2X 12 AWG (metros)	185	2,60	481,00
58	PINZA DE ANCLAJE	14	1,10	15,40
59	GRILLETE	14	1,00	14,00
60	BREAKER DOBLE 10A	7	11,00	77,00
61	RIEL PARA INSTALAR BREAKER	7	3,00	21,00
62	UPS INTERACTIVO EN LÍNEA DE 1KVA/500W (TORRE)	7	65,00	455,00
63	TVSS	7	151,20	1058,20
64	BORNERA 15A	7	0,25	1,75
65	CABLE # 10, VERDE (metros)	104	0,78	81,12
66	CABLE # 14, NEGRO AWG MULTIFILAR (metros)	104	0,32	33,28
67	CABLE # 14, ROJO AWG MULTIFILAR (metros)	104	0,32	33,28
68	MANGUERA PVC ACORDEÓN DE 1" TIPO FUNDA BX (1 pulg.)	104	2,95	306,8



N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
69	CONECTOR BX DE 1" PARA MANGUERA TIPO FUNDA	42	0,51	21,42
70	ENCHUFES POLARIZADOS (NEMA 5-15P)	14	1,00	14,00
71	BREAKER TERMICO 2P 6° (RIEL SIMPLE)	14	6,50	91,00
72	RIEL DIN (1m)	5	2,50	12,50
73	TOMACORRIENTE DOBLE POLARIZADO 110V (NEMA 5-15R)	14	2,00	28,00
74	CAJA PARA TOMA DOBLE (40mm)	14	2,49	34,86
75	PLACA DOBLE, USO EXTERIOR	14	2,20	30,80
76	CANALETA RANURADA, GRIS,40X40 (2 metros)	28	8,00	224,00
77	ABRAZADERAS METALICAS	84	2,00	168,00
SUBTOTAL				<b>\$ 3.202,41</b>
OPERACIÓN E INSTALACIONES				
N°	DETALLE	CTD	UNIT	TOTAL
78	SERVICIOS DE DATOS Y ELÉCTRICO PARA INSTALAR GABINETES, CÁMARAS, PUESTAS A TIERRA, PARARRAYOS, ABRAZADERAS, RACK, EQUIPOS, CONEXIONES INTERNAS, PUESTA A TIERRA, ENERGIZACIÓN Y CONFIGURACIONES.	1	6630,00	6630,00
79	INSTALACIÓN DE ENLACES DE FIBRA POR POSTES, INCLUYE: TRANSPORTE, ALIMENTACIÓN, ALQUILER DE HERRAMIENTAS A USAR, ETC.	1	2750,00	2750,00
80	PERSONAL, OPERADOR DE RED Y VIGILANCIA, CON TITULACIÓN TÉCNICO O TECNÓLOGO EN TELECOMUNICACIONES O AFINES A LA CARRERA, APORTE MENSUAL.	3	600,00	1800,00
SUBTOTAL				\$10.580,00
TOTAL				<b>\$59.747,30</b>

Realizado el presupuesto se tiene una inversión total de \$ 59.747,77. Estos costos están contemplados únicamente para la implementar el sistema de video vigilancia del sector centro Norte, cabe recalcar que, el diseño permite un escalamiento y expansión de la ruta, por tanto, los equipos de CCTV son compatibles con el proyecto centro Sur de Pifo, que, de darse la implementación de los dos proyectos, los costos se abaratan en equipamiento.

Adicional, el GAD de Pifo deberá encargarse del arrendamiento de los postes de la empresa eléctrica Quito (EEQ) y demás personal que debe operar en el monitoreo de la red (mensualmente) y en mantenimiento de la ruta (bimestralmente).

#### - **Costos de mantenimiento**

El costo de operación permite observar gastos que la red deberá tener para su adecuado funcionamiento, entre estos se tiene costos de mantenimiento y costos del personal a cargo del monitoreo.

Para el personal de monitoreo del barrio centro norte de Pifo se sugiere considerar a tres personas que trabajen en horarios rotativos de ocho horas diarias que permita un monitoreo

constante y un mantenimiento preventivo. Dicho personal tendrá una remuneración de \$ 600 dólares americanos mensuales, en la tabla 3.15 se detalla el presupuesto referencial de operación anual que deberá tener la red.

**Tabla 3.15** Costos de mantenimiento anual de la red

Descripción	Cantidad	Precio Mensual	Precio Anual
Costo Mantenimiento	1	\$ 200	\$ 2400
Costo Personal	3	\$ 600	\$ 7200
<b>Total, Costo Operativo</b>			\$ 9600

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Con respecto a la convergencia que las redes actuales demandan, las tecnologías que usan cable de par trenzado como medio de transmisión, han quedado en segundo plano, convirtiéndose la fibra óptica, en el mejor medio capaz de sustentar todos los servicios que actualmente las operadoras ofrecen en una misma red.
- La fibra óptica se ha convertido en el papel fundamental para soportar la gran demanda de flujo de datos que aumenta cada día, además de brindar excelentes velocidades de transmisión a extensas distancias.
- Para diseñar el presente proyecto, se utilizó la tecnología E-PON, considerando principalmente que: no requiere de conversiones de múltiples protocolos, utiliza simples redes de capa 2 usando protocolo IP para voz, video y datos, proporciona conectividad para cualquier tipo de redes IP y tan solo necesita de un simple sistema de gerenciamiento; todo esto, faculta una reducción de costos de la red, lo que la vuelve una tecnología apta y eficiente para el sistema de video vigilancia propuesto.
- Según el análisis realizado posterior a las visitas de campo, se decidió utilizar equipos, dispositivos y materiales necesarios y compatibles a la tecnología IP, tales

como: NVR de 16 canales, un *Switch* de 8 puertos y 7 cámaras IP tipo domo *PTZ*; debido a la magnitud de la infraestructura y distancias implicadas, se realizó un sistema de red con tecnología IP, utilizando como medio de transmisión, fibra óptica figura 8 de 6 hilos para la red de distribución y fibra monomodo de 2 hilos figura 8 para las derivaciones correspondientes.

- Se consideró usar cámaras del tipo domo *PTZ* por sus características robustas para exteriores, en particular, de marca *Hikvision* modelo *DS – 2DF8225IH – AEL (W)*, por sus prestaciones técnicas como sensor de imagen, visualización nocturna, tipo de lente, ángulo de visión, tipo de compresión y resistencia a la interperie.

## **4.2 Recomendaciones**

- En su futura implementación se recomienda usar una adecuada identificación de todos los equipos activos y pasivos que conformen el sistema, de tal forma que se deberá colocar etiquetas conforme se anuncia en las normas, con el fin de identificar posibles problemas y brindar un adecuado soporte.
- Se recomienda certificar los cables UTP con un testeo, para verificar que, el cable está punchado correctamente, que cumple con los requerimientos adecuados y transmite la información sin ningún problema. En el caso de la fibra óptica, es necesario usar un refractómetro de dominio de tiempo óptico (OTDR), para certificar el rendimiento de cada enlace de fibra y, así garantizar un buen estado de la red con calidad de servicio de la infraestructura.
- Para el personal que se encargará del monitoreo (GAD Pifo) y de visualización (UPC) se deberá administrar cuentas de usuario con los privilegios que ameriten. Así se controlará el acceso a personas no autorizadas.
- Como parte del presupuesto referencial, se consideró el costo de mantenimientos preventivo y correctivo, mismos que se recomiendan para garantizar la durabilidad de los equipos, dispositivos y materiales implicados y, por consecuencia, el de toda la red.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Distrito Policial de Tumbaco, «Índices delincuenciales 2017-2018,» Quito, 2019.
- [2] S. Martí, «Diseño de un sistema de televigilancia sobre IP para el edificio CRAI de la Escuela de Gandia,» 2013. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34082/memoria.pdf>. [Último acceso: 15 mayo 2020].
- [3] S. Martí, «Diseño de un sistema de televigilancia sobre IP para el edificio CRAI de la Escuela Politécnica Superior de Gandia,» 2013. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/34082/memoria.pdf>. [Último acceso: 26 Diciembre 2019].
- [4] E. Hidalgo, «“SISTEMA CCTV (CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN) ENTRE EDIFICIOS, PARA LA SEGURIDAD Y VIGILANCIA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [5] M. N. Crhistian Cedillo, «Análisis para la optimización del presupuesto optico sobre la ultima milla, mediante pruebas dentro de la red GPON de CNT en la ciudad de Azogues,» [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17414/4/UPS-CT008325.pdf>. [Último acceso: 17 mayo 2020].
- [6] David, «Redes de David,» [En línea]. Available: <http://redesdedavid.blogspot.com/2017/10/222-estandares-inalambricos.html>. [Último acceso: 17 mayo 2020].
- [7] VIAVI, «Via Soluciones,» [En línea]. Available: <https://www.viavisolutions.com/es-es/red-optica-pasiva-pon>. [Último acceso: 13 mayo 2020].
- [8] Tecnoseguro S.A, «Tecnoseguro,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.tecnoseguro.com/faqs/cctv/que-es-un-sensor-de-imagen>. [Último acceso: Abril 2020].
- [9] «Estándar de compresión de video,» *Axis Communications*, pp. 140-152, 2015.
- [10] Wondershare, «Todo lo que usted necesita saber sobre H.265,» [En línea]. Available: <http://bs.wondershare.com/tips/what-is-h265.html>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [11] Doral, «IPDORAL,» [En línea]. Available: [http://ipdoral.com/smartblog/11\\_20-puntos-que-debes-evaluar-antes-de-elegir-u.html](http://ipdoral.com/smartblog/11_20-puntos-que-debes-evaluar-antes-de-elegir-u.html). [Último acceso: 17 mayo 2020].
- [12] «SISCA,» [En línea]. Available: <http://sisca.co/nivel-de-seguridad-ip-e-ik-en-camaras-de-cctv-dahua/>. [Último acceso: 17 mayo 2020].
- [13] Sistema Integral de seguridad, «SISCA CCTV,» Julio 2019. [En línea]. Available: <http://sisca.co/nivel-de-seguridad-ip-e-ik-en-camaras-de-cctv-dahua/>. [Último acceso: Abril 2020].

- [14] G. cartronic, «Grupo cartronic,» [En línea]. Available: <https://grupocartronic.com/5-cosas-que-debes-conocer-antes-de-escoger-una-camara-para-tu-proyecto>. [Último acceso: 16 mayo 2020].
- [15] DigitalAVMagazine, «La cámara de red domo fija varifocal Vivotek FD8131 facilita la vigilancia en interiores,» [En línea]. Available: <https://www.digitalavmagazine.com/2012/07/25/la-camara-de-red-domo-fija-varifocal-vivotek-fd8131-facilita-la-vigilancia-en-interiores/>.
- [16] Conectrónica, «Cámaras de red fijas con sensor de media pulgada,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.conectronica.com/tecnologia/video-ip/camaras-de-red-fijas-con-sensor-de-media-pulgada-wdr-lightfinder>. [Último acceso: 27 Diciembre 2019].
- [17] Anonimo, «Herramientas WEB,» 2016. [En línea]. Available: <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Mtransm.html>. [Último acceso: 11 Diciembre 2019].
- [18] L. Guzmán, Febrero 2015. [En línea]. Available: [http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/06022015/9a/es-an\\_2015020613\\_9115158/11\\_descripcin\\_de\\_un\\_cable\\_utp.html](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/06022015/9a/es-an_2015020613_9115158/11_descripcin_de_un_cable_utp.html). [Último acceso: Enero 2020].
- [19] Anonimo, «mheducation.es,» Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448180828.pdf>. [Último acceso: 15 Enero 2020].
- [20] Asociación de Fibra Óptica, «www.thefoa.org,» 2014. [En línea]. Available: [https://www.thefoa.org/ESP/Fibra\\_optica.htm](https://www.thefoa.org/ESP/Fibra_optica.htm). [Último acceso: Abril 2020].
- [21] «Fibra óptica,» julio 2012. [En línea]. Available: <https://www.fibraopticahoy.com/fibra-optica-que-es-y-como-funciona/>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [22] Telecable, «www.telecable.com/,» Febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.telecable.com/blog/tipos-de-fibra-om1-om2-om3-om4-om5-os1-os2/853>. [Último acceso: 10 Diciembre 2019].
- [23] COMUNICACIONESOMO, «comunicacionesomo.wordpress.com,» Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://comunicacionesomo.wordpress.com/2015/11/06/ventana-de-transmision-de-fibra-optica/>. [Último acceso: 2020 Abril].
- [24] «Herramientas web para protocolos de comunicacion,» [En línea]. Available: <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/fibra.html>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [25] «TrendNet,» [En línea]. Available: [http://downloads.trendnet.com/CaseStudies/How\\_To\\_Select\\_NVR/How\\_to\\_select\\_your\\_NVR-TRENDnet\\_SP.pdf](http://downloads.trendnet.com/CaseStudies/How_To_Select_NVR/How_to_select_your_NVR-TRENDnet_SP.pdf). [Último acceso: 16 mayo 2020].
- [26] «ORBIT,» [En línea]. Available: <https://www.orbit.es/arquitectura-ti-como-elegir-el-mejor-almacenamiento-tipos-y-usos/>. [Último acceso: 18 mayo 2020].

- [27] «Soluciones Data center,» [En línea]. Available: <http://director-it.com/index.php/es/ssoluciones/data-center-cloud-virtualizacion/almacenamiento/119-diferencia-entre-san-y-nas.html>. [Último acceso: 18 mayo 2020].
- [28] TechTarget, S.A, «TechTarget,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Topologia-de-red>. [Último acceso: 09 Diciembre 2019].
- [29] Anonimo, «Ecured,» 2017. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Topolog%C3%ADa\\_de\\_red](https://www.ecured.cu/Topolog%C3%ADa_de_red). [Último acceso: Diciembre 2019].
- [30] Distrito Policial de Tumbaco, «Indicadores de Delitos,» Quito, 2019.
- [31] Bing, «La Norma IEEE 802.16,» [En línea]. Available: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11435/fichero/Documentaci%C3%B3n+%252F07+-+Capitulo+3+-+La+Norma+IEEE+802.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2020].
- [32] M. J. A. D. I. Vega, «Repositorio Digital EPN,» marzo 2007. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2772/1/CD-0560.pdf>. [Último acceso: 12 mayo 2002].
- [33] «FS,» 10 enero 2019. [En línea]. Available: <https://community.fs.com/es/blog/fiber-media-convertir-what-is-it-and-how-it-works.html>. [Último acceso: 13 mayo 2020].
- [34] R. Millán, «Redes y servicios de telecomunicaciones,» 2016. [En línea]. Available: <http://blogtelecomunicaciones.ramonmillan.com/2008/12/comparativa-gpon-vs-epon.html>. [Último acceso: 14 mayo 2020].
- [35] Wester Digital, «Wester Digital Online,» [En línea]. Available: <https://shop.westerndigital.com/es-la/solutions/surveillance>. [Último acceso: 2020].
- [36] «Veset,» [En línea]. Available: <http://www.veset.cl/monitores.html>. [Último acceso: 15 mayo 2020].
- [37] Qloudea Data Solutions, «qloudea.com,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://qloudea.com/blog/calcular-tiempo-de-un-sai-modo-baterias/>. [Último acceso: Abril 2020].
- [38] ASTM, «Materialmundial,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>. [Último acceso: Abril 2020].
- [39] ENTEL, «Entel.bo,» [En línea]. Available: [https://www.entel.bo/inicio3.0/files/Especificaciones\\_Tecnicas\\_Postes\\_de\\_PRFV.pdf](https://www.entel.bo/inicio3.0/files/Especificaciones_Tecnicas_Postes_de_PRFV.pdf). [Último acceso: 2020].

- [40] «Revistas UTP,» 2009. [En línea]. Available: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/2971/1551>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [41] L. Carvajal, Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [42] Mastergeeks, «ngeeks.com,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.ngeeks.com/avances-tecnologicos-en-camaras-de-seguridad-y-camaras-de-vigilancia/>. [Último acceso: 02 Julio 2019].
- [43] Anonimo, «Seguridad en America,» Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.seguridadenamerica.com.mx/noticias/articulos/15042/diseNo-de-sistemas-de-videovigilancia-ip-para-pymes>. [Último acceso: 03 Julio 2019].
- [44] J. Joscowicz, «<http://iie.fing.edu.uy>,» Agosto 2013. [En línea]. Available: <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonia%20sobre%20IP.pdf>. [Último acceso: Julio 2019].
- [45] Intituto Nacional de Estadística y Censo, «INEC,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>. [Último acceso: Julio 2019].
- [46] ECU 911, «Servicio integrado de seguridad >ECU 911,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.ecu911.gob.ec/cobertura-nacional/>. [Último acceso: 28 Junio 2019].
- [47] ECU 911, «Sistema Integrado de Seguridad,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.ecu911.gob.ec/servicio-integrado-de-seguridad-ecu-911/>. [Último acceso: 28 Junio 2019].
- [48] J. Fernández, Circuito cerrado de televisión y seguridad electrónica, Ediciones Paraninfo, 2013.
- [49] «Cámaras analógicas vs. cámaras IP,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.blackbox.com.mx/mx-mx/page/23769/Recursos/News-Events/News/cmaras-analgicas-vs-cmaras-ip-una-comparativa-en-12puntos>. [Último acceso: 02 Enero 2020].
- [50] GAD Pifo, «Pifo ubicado en el extremo Nororiental,» [En línea]. Available: <http://www.pifo.gob.ec/web/index.php/contenido/item/informacion-general>. [Último acceso: 3 Enero 2020].
- [51] G. Fersan, «Wordpress,» Enero 2012. [En línea]. Available: <https://gustavo2792.wordpress.com/2012/01/06/topologias-fisicas-de-red/>. [Último acceso: 13 Enero 2020].
- [52] S. Rodriguez, «Sites.google.com,» 2016. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/sabyrodriguezgomez/unidad1/1-3-medios-de-transmision>. [Último acceso: Enero 2020].

- [53] S. Aguilar, «www.simonelectric.com,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ea1uro.com/pdf/SIMON-guia-definitiva-cable-coaxial.pdf>. [Último acceso: Enero 2020].
- [54] S. Plaza, «Docplayer,» 2016. [En línea]. Available: <https://docplayer.es/8682032-Cableado-estructurado-especificaciones-generales-del-cable-utp.html>. [Último acceso: Enero 2020].
- [55] A. García, «Telnet,» 2014 mayo. [En línea]. Available: <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>. [Último acceso: 20 mayo 2020].
- [56] «Características generales de una red FTTH,» [En línea]. Available: [http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_179\\_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticageneralesredfibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf). [Último acceso: 20 mayo 2020].



## **6. ANEXOS**

***ANEXO I. Especificaciones técnicas de la cámara IP*** \_\_\_\_\_

***ANEXO II. Especificaciones técnicas del NVR*** \_\_\_\_\_

***ANEXO III. Especificaciones técnicas del servidor NAS*** \_\_\_\_\_

***ANEXO IV. Especificaciones técnicas del OLT*** \_\_\_\_\_

***ANEXO V. Especificaciones técnicas de UPS 3KVA*** \_\_\_\_\_

***ANEXO VI. Especificaciones técnicas del Disco Duro WD Purple*** \_\_\_\_\_

***ANEXO VII. Especificaciones técnicas del poste metálico de 12 m*** \_\_\_\_\_

***ANEXO VIII. Especificaciones técnicas del poste de PRFV*** \_\_\_\_\_

***ANEXO IX. Cotizaciones Equipos y dispositivos*** \_\_\_\_\_

***ANEXO X. Cotizaciones de Postes y gabinetes*** \_\_\_\_\_