

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Diseño de una red FTTH con despliegue de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado en el distrito de El Agustino

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE LAS TELECOMUNICACIONES

AUTOR

Marco Jesus Pachas Matias

ASESOR:

Luis Andres Montes Bazalar

Lima, Diciembre, 2018

Resumen

La presente tesis consiste en el diseño de una red de Fibra óptica hasta el hogar (FTTH, siglas en inglés) basada en el estándar GPON en el distrito de El Agustino. Asimismo, se plantea este diseño con una propuesta de tendido de fibra óptica mediante el sistema de alcantarillado. El trabajo se ha estructurado de la siguiente manera: en el primer capítulo, se presenta la situación actual del Perú y del distrito de estudio, respecto al acceso de servicios de telecomunicaciones y al nivel socioeconómico de la población. Al conocer dicha información, se define el problema a abarcar y se realiza una revisión del estado del arte. Posteriormente se presentan los objetivos del trabajo de tesis y se argumenta la elección de la solución propuesta. En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico, el cual incluye el estudio de los elementos de redes ópticas involucrados en el desarrollo de la tesis, así como las topologías de red y un estudio de diseño hidráulico de alcantarillado. En el tercer capítulo, se realiza el diseño de la solución propuesta. Por un lado, se realiza el diseño de red GPON con los requerimientos de banda ancha. Por otro lado, se desarrollan las principales consideraciones para un despliegue a través del sistema de alcantarillado de la Zona I de El Agustino. Seguidamente, se desarrolla un análisis económico del diseño propuesto que incluye la evaluación del flujo de caja del proyecto, un análisis de sensibilidad y un análisis de riesgos. Finalmente, considerando los análisis realizados en cada uno de los capítulos, se presentan las recomendaciones a futuro y las conclusiones del presente trabajo de tesis. Con ello, se espera contar con las consideraciones necesarias para una posible implementación futura de red de fibra óptica a través de infraestructura de alcantarillado en el Perú.

Dedicatoria

A mis padres, por sus enseñanzas, por su incondicional apoyo y por ser mis mayores motivaciones para seguir adelante.

A mis hermanos, a mis abuelos, a mis tíos, a mis primos y a toda mi familia en general, por acompañarme y ser parte del esfuerzo que ha implicado mi vida universitaria.

A todos mis amigos, por acompañarme y convivir inolvidables experiencias en nuestra universidad.



Agradecimientos

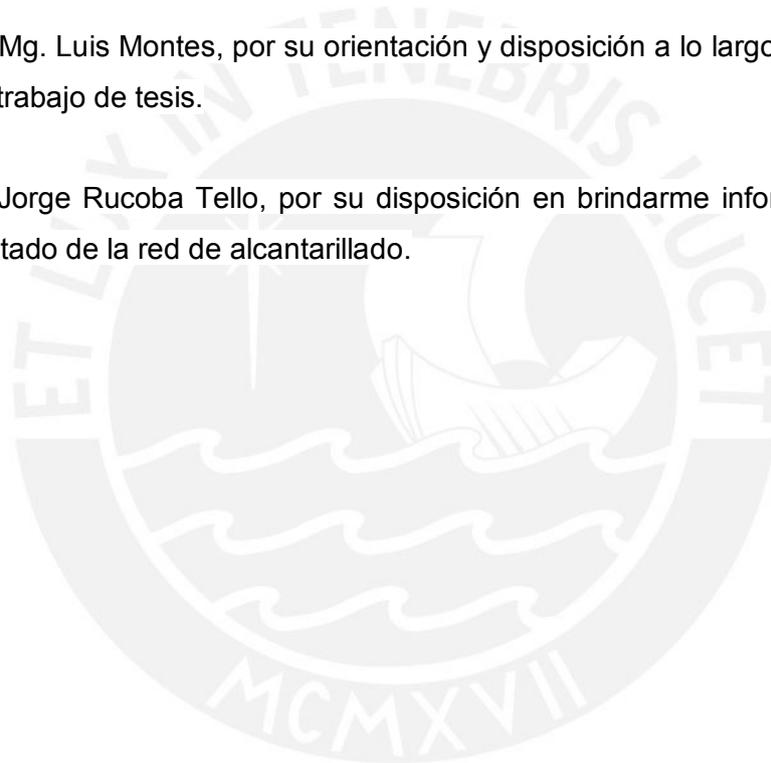
A mis padres por su apoyo, por su compañía y por enseñarme a no desistir ante el logro de objetivos.

A mis hermanos, Katherine, Martín y Paulo, por sus consejos incondicionales.

A toda mi familia, que de una u otra manera han influenciado en el desarrollo de este trabajo.

A mi asesor, Mg. Luis Montes, por su orientación y disposición a lo largo del desarrollo del presente trabajo de tesis.

Al Ingeniero Jorge Rucoba Tello, por su disposición en brindarme información actual acerca del estado de la red de alcantarillado.

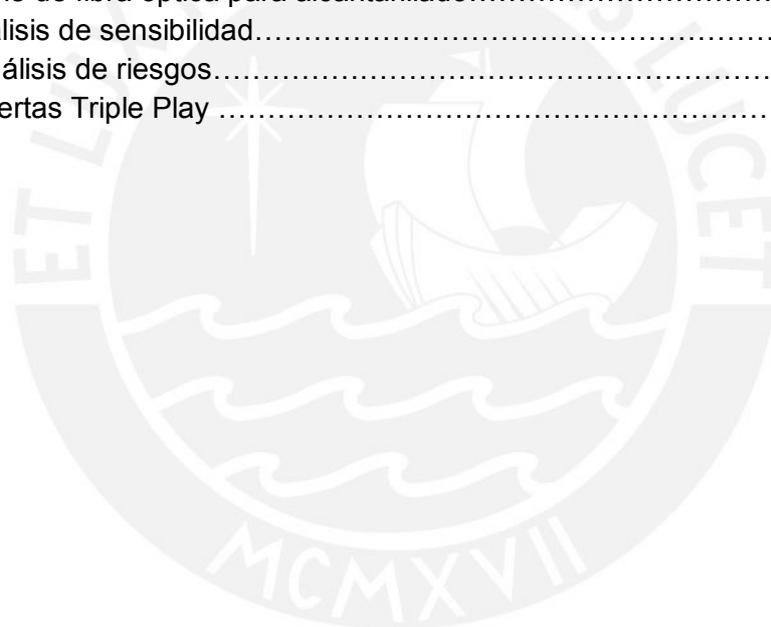


Índice

<i>Lista de Figuras</i>	vii
<i>Lista de Tablas</i>	x
<i>Introducción</i>	1
<i>Capítulo 1</i>	2
<i>Diagnóstico, problemática, estado del arte y objetivos</i>	2
1.1. Diagnóstico del acceso a servicios de telecomunicaciones en el Perú	2
1.1.1. Estado de conectividad a Internet en América	2
1.1.2. Hogares peruanos con acceso a Internet según zona geográfica.....	3
1.1.3. Hogares peruanos con acceso a Internet según nivel socioeconómico	4
1.1.4. Conexiones de acceso a Internet fijo según velocidades de transmisión de bajada en el Perú	5
1.1.5. Equipos del hogar con acceso a Internet fijo en el Perú	6
1.1.6. Evaluación socioeconómica de El Agustino	7
1.2. Definición del problema.....	10
1.3. Estado del arte	11
1.4. Alternativas de solución	12
1.4.1. Arquitectura de red para el acceso de banda ancha.....	12
1.4.2. Despliegue de cables de fibra óptica en planta externa.....	15
1.5. Perspectivas para el Perú y países de Latinoamérica	18
1.5.1. Latinoamérica	19
1.5.2. Perú	19
1.6. Objetivos.....	20
1.6.1. Objetivo general	20
1.6.2. Objetivos específicos	20
1.7. Justificación de la propuesta de solución	20
1.7.1. Selección de la arquitectura de red para el acceso de banda ancha	20
1.7.2. Selección de la técnica de tendido de fibra óptica en planta externa	21
1.8. Impacto	22
1.8.1. Impacto económico esperado	22
1.8.2. Impacto social esperado	22
1.8.3. Impacto ambiental esperado.....	22
1.9. Alcances y limitaciones	23
<i>Capítulo 2</i>	24
<i>Marco teórico</i>	24
2.1. Planta externa	24
2.1.1. Elementos.....	24
2.1.2. Fibra óptica según los modos que soporta.....	27

2.2. Dispersión de la señal óptica	28
2.3. Topologías de red.....	30
2.3.1. Configuración punto a punto	30
2.3.2. Configuración punto a multipunto	31
2.4. Conceptos de diseño hidráulico	33
2.4.1. Sección transversal del alcantarillado	33
2.4.2. Determinación de caudal de aguas servidas.....	33
2.4.3. Cálculo del caudal de diseño (Q_{dis}).....	34
2.4.4. Cálculo del caudal a sección llena (Q)	34
2.4.5. Determinación de área ocupada.....	35
<i>Capítulo 3</i>	36
<i>Diseño de la solución propuesta</i>	36
3.1. Información de la zona de estudio	36
3.1.1. Ubicación y descripción de la zona de estudio.....	36
3.1.2. Muestra.....	37
3.1.3. Población beneficiaria	38
3.1.4. Análisis de involucrados.....	38
3.2. Requerimiento de tasa de transmisión de datos	39
3.3. Red de acceso FTTH	40
3.3.1. Oferta comercial de tasa de transmisión propuesta.....	40
3.3.2. Red de alimentación.....	41
3.3.3. Red de distribución.....	45
3.4. Análisis de dispersión.....	49
3.5. <i>Power Budget</i>	50
3.6. Técnica de tendido de los cables de fibra óptica en planta externa	55
3.6.1. Consideraciones previas al diseño	55
3.6.2. Sistema de alcantarillado de la zona de estudio	57
3.6.3. Metodología de instalación por alcantarillado	61
3.7. Características del cable de fibra óptica.....	68
3.7.1. Recomendación ITU-T L.78	68
3.7.2. Experiencias en otros países	69
3.7.3. Cable de fibra óptica propuesto	71
3.8. Desafíos para la implementación.....	72
<i>Capítulo 4</i>	74
<i>Análisis económico</i>	74
4.1. Consideraciones previas	74
4.2. Estimación de inversión	75
4.3. Evaluación privada	76
4.4. Caso de negocio.....	77

4.4.1. Experiencias en otros países	77
4.4.2. Caso de negocio propuesto	78
4.5. Análisis de sensibilidad	78
4.6. Análisis de riesgos	78
<i>Conclusiones</i>	81
<i>Recomendaciones y Trabajos a futuro</i>	83
<i>Bibliografía</i>	84
<i>Anexos</i>	88
Anexo 1. Planos de la red de tuberías de alcantarillado de El Agustino, Zona I.....	89
Anexo 2. Hoja de datos OLT.....	93
Anexo 3. Hoja de datos ONT.....	97
Anexo 4. Hoja de datos Splitter 1xN	101
Anexo 5. Hoja de datos Splitter 2xN	107
Anexo 6. Diagrama de flujos de aguas servidas en El Agustino (Zona I).....	109
Anexo 7. Estado del arte de marco regulatorio. Caso: Valencia, España.....	112
Anexo 8. Cable de fibra óptica para alcantarillado.....	130
Anexo 9. Análisis de sensibilidad.....	132
Anexo 10. Análisis de riesgos.....	135
Anexo 11. Ofertas Triple Play	139



Lista de Figuras

FIGURA 1 - 1: Velocidades de descarga para el primer trimestre del 2017 en América, según Akamai [1] [Elaboración propia]	3
FIGURA 1 - 2: Evolución porcentual de hogares con acceso a Internet en el Perú [3] [Elaboración propia].....	4
FIGURA 1 - 3: Evolución porcentual de hogares con acceso a Internet de acuerdo a la zona geográfica en el Perú [3] [Elaboración propia].....	4
FIGURA 1 - 4: Evolución porcentual de hogares con acceso a Internet según su nivel socioeconómico en el Perú [3]	5
FIGURA 1 - 5: Evolución del número de conexiones de acceso a Internet fijo según velocidad de descarga [4] [Elaboración propia]	6
FIGURA 1 - 6: Principales equipos con acceso a Internet fijo utilizados [3].....	7
FIGURA 1 - 7: Ubicación del distrito El Agustino [6]	7
FIGURA 1 - 8: Población de El Agustino por grupos de edad, al 2015 [5]	8
FIGURA 1 - 9: Evolución poblacional de El Agustino [5].....	8
FIGURA 1 - 10: Población Económicamente Activa en El Agustino al 2015 [5].....	9
FIGURA 1 - 11: Disponibilidad de servicios higiénicos en viviendas de El Agustino [5]	10
FIGURA 1 - 12: Topologías de redes FTTx [11].....	12
FIGURA 1 - 13: Funcionamiento de la red GPON [13].....	15
FIGURA 1 - 14: Elementos principales en una cámara empleada en tendido canalizado [18] [Elaboración propia]	16
FIGURA 1 - 15: Conductos para técnica de tendido microcanalizado [19].....	17
FIGURA 1 - 16: Robot <i>Cable Runner</i> para el despliegue de cables por alcantarillado [22]	18
FIGURA 1 - 17: Suscriptores FTTH/B en Latinoamérica a Setiembre de 2017 [23] ...	19
FIGURA 1 - 18: Proyección de suscriptores FTTH/B en Latinoamérica hacia el 2022 [23]	19
FIGURA 1 - 19: Proyecciones del acceso por fibra óptica hasta el hogar o edificio en el Perú, para 2022 [23].....	20
FIGURA 2 - 1: Diseños típicos de cables de peso ligero [27][Elaboración propia].....	25

FIGURA 2 - 2: Diseños típicos de cables pesados de fibra [27]	25
FIGURA 2 - 3: Técnica de empalme mecánico basada en el empleo de un tubo rígido [28] [29] [Elaboración propia]	26
FIGURA 2 - 4: Proceso de fusión de fibras con arco eléctrico [28] [31]	26
FIGURA 2 - 5: Diagrama b-V [28]	28
FIGURA 2 - 6: Patrón de bits 1011 a medida que se transmiten por la fibra óptica. (a) Entrada a la fibra, $L=0$; (b) Pulsos a una distancia L_1 ; (c) Pulsos a una distancia $L_2 > L_1$ [28].....	28
FIGURA 2 - 7: Relación de tasa de bits y longitud de onda para las codificaciones (a) NRZ; (b) RZ [28].....	30
FIGURA 2 - 8: Arquitectura en estrella o árbol [33].....	31
FIGURA 2 - 9: Arquitectura en anillo [33]	32
FIGURA 2 - 10: Arquitectura en bus [33].....	32
FIGURA 2 - 11: Bosquejo de sección transversal de tubería de alcantarillado [Elaboración propia].....	33
FIGURA 2 - 12: Curvas de caudal y velocidad en secciones circulares, basadas en Manning [37].....	35
FIGURA 3 - 1: Delimitación de El Agustino por zonas [38].....	37
FIGURA 3 - 2: Despliegue aéreo de cables en calles de la Zona I de El Agustino [39]	37
FIGURA 3 - 3: Distribución de hogares en la Zona I de El Agustino [39] [Elaboración propia].....	38
FIGURA 3 - 4: Red de acceso FTTH basada en estándar GPON [40] [Elaboración propia].....	41
FIGURA 3 - 5: Protección tipo B: (a) Frente a fallas en el enlace (b) Frente a fallas en el puerto GPON [40].....	42
FIGURA 3 - 6: Inicio de rutas principal y <i>backup</i> a través de la red de alcantarillado [Elaboración propia].....	43
FIGURA 3 - 7: Esquema de la red de alimentación [39] [Elaboración propia].....	45
FIGURA 3 - 8: Red de distribución asociada a la caja de empalme 1 (CE1) [Elaboración propia].....	46
FIGURA 3 - 9: Red de distribución asociada a la caja de empalme 2 (CE2) [Elaboración propia].....	47

FIGURA 3 - 10: Red de distribución asociada a la caja de empalme 3 (CE3) [Elaboración propia].....	47
FIGURA 3 - 11: Red de distribución asociada a la caja de empalme 4 (CE4) [Elaboración propia].....	48
FIGURA 3 - 12: Red de distribución asociada a la caja de empalme 5 (CE5) [Elaboración propia].....	48
FIGURA 3 - 13: Diagrama de enlace óptico asociado a un hogar [11][Elaboración propia].....	51
FIGURA 3 - 14: Etapas del diseño de instalación de fibra óptica [Elaboración propia]	55
FIGURA 3 - 15: Elementos principales de la red de alcantarillado de interés [38].....	57
FIGURA 3 - 16: Diagrama de flujo de las aguas servidas para el área A3 de la red de alcantarillado [38] [Elaboración propia].....	60
FIGURA 3 - 17: Bosquejo de instalación mediante sistema <i>Packer</i> [50] [Elaboración propia].....	61
FIGURA 3 - 18: Robot Magtel aplicado en tuberías de diámetro 150 - 600 mm [50]..	62
FIGURA 3 - 19: Esquema de sistema <i>Packer</i> [50]	64
FIGURA 3 - 20: Sección transversal luego de la instalación de los cables de fibra óptica [50]	64
FIGURA 3 - 21: Vista transversal de buzón de alcantarillado. Medidas en metros [Elaboración propia] [38]	65
FIGURA 3 - 22: Vista superior de buzón de alcantarillado. Medidas en metros [38] ..	66
FIGURA 3 - 23: Bosquejo de conexión domiciliaria [51]	67
FIGURA 3 - 24: Sistema de ventilación para acometida de la fibra óptica [Elaboración propia].....	67
FIGURA 3 - 25: Estructura de cable empleado para alcantarillado en Italia [54]	70
FIGURA 3 - 26: Estructura de cable con elemento central de polietileno [53]	70
FIGURA 3 - 27: Cable con estructura de tubo holgado de plástico [53]	71
FIGURA 3 - 28: Estructura de cable con tubo holgado metálico [53]	71
FIGURA 3 - 29: Estructura de cable propuesta para la instalación en alcantarillado [55]	72
FIGURA 3 - 30: Asignación de hilos en la red de distribución [Elaboración propia]....	72
FIGURA 4 - 1: Variación del VAN en función del capex [Elaboración propia].....	79
FIGURA 4 - 2: Variación del VAN en función de la TCO [Elaboración propia]	80

Lista de Tablas

TABLA 1 - 1: Número de conexiones de acceso a Internet fijo en el Perú [4].....	5
TABLA 1 - 2: Niveles socioeconómicos en El Agustino al año 2016 [7]	9
TABLA 1 - 3: Porcentaje de producción de El Agustino respecto al total de Lima Metropolitana [5].....	9
TABLA 1 - 4: Comparación de tecnologías PON [13]	14
TABLA 1 - 5: Descripción de soluciones robóticas para alcantarillado [21] [22]	18
TABLA 3 - 1: Involucrados en la implementación del diseño propuesto [Elaboración propia].....	39
TABLA 3 - 2: Tasa de bits de servicios a ofrecer por hogar [Elaboración propia]	39
TABLA 3 - 3: Planes comerciales propuestos para el acceso FTTH	41
TABLA 3 - 4: Cantidad de hogares cubiertos por <i>splitters</i> de la red de alimentación [Elaboración propia].....	44
TABLA 3 - 5: Elementos involucrados en el link budget [40] [41] [42] [43] [44] [45]....	51
TABLA 3 - 6: Cálculo de pérdidas de potencia en los enlaces principales para los hogares más alejados [Elaboración propia].....	53
TABLA 3 - 7: Cálculo de pérdidas de potencia en los enlaces de contingencia para los hogares más alejados [Elaboración propia].....	54
TABLA 3 - 8: Estimación poblacional de la zona de estudio [Elaboración propia]	58
TABLA 3 - 9: Estimación del área ocupada por las aguas servidas	60
TABLA 3 - 10: Caracterización de las aguas residuales en Lima [38]	64
TABLA 3 - 11: Principales características de cables empleados en Italia [54].....	69
TABLA 3 - 12: Principales características de cable con elemento central empleado en Italia [53]	70
TABLA 4 - 1: Estimación de la inversión inicial [Elaboración propia].....	75
TABLA 4 - 2: Estimación de la inversión para el año cero del proyecto [Elaboración propia].....	76
TABLA 4 - 3: Evaluación privada del proyecto. Montos en soles [Elaboración propia]77	
TABLA 4 - 4: Resultados del análisis de sensibilidad [Elaboración propia].....	78
TABLA 4 - 5: Variación en el capex [Elaboración propia]	79
TABLA 4 - 6: Variaciones de la Tasa de Costo Oportunidad [Elaboración propia]	80

Introducción

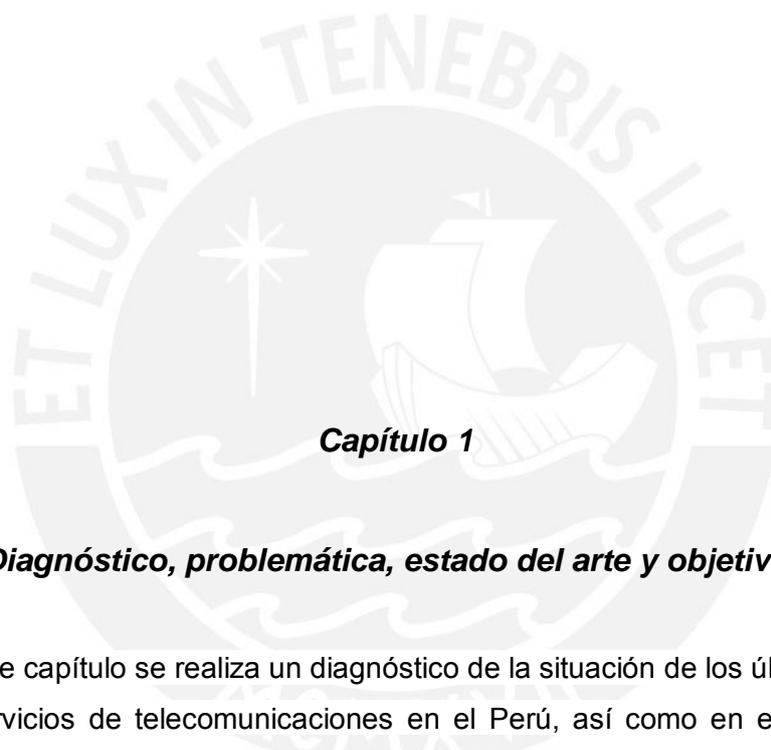
En la actualidad, el desarrollo de las telecomunicaciones constituye uno de los ejes fundamentales para mejorar la calidad de vida de las personas. En el Perú, la demanda es cada vez mayor debido al avance tecnológico constante y a las nuevas funcionalidades que se van incorporando en las redes de telecomunicaciones.

De acuerdo a lo mencionado, el acceso a servicios de telecomunicaciones se convierte en una necesidad que debe ser atendida. Es por ello que proveedores de servicios de telecomunicaciones despliegan infraestructura en gran parte del territorio nacional, a fin de cerrar la brecha de cobertura existente. Sin embargo, en muchos distritos de nuestro país, aún existe una brecha de acceso a servicios de banda ancha por parte de los usuarios finales. Para el acceso de alta velocidad, la fibra óptica es la actual solución tecnológica. Es por esto que surge la necesidad de diseñar una red de fibra óptica que, además de permitir el acceso a los servicios, represente una propuesta capaz de cubrir la demanda futura.

Entre las soluciones existentes en nuestro país se encuentran redes ópticas basadas en elementos activos y pasivos con despliegues aéreos y subterráneos de fibra óptica. No obstante, estas soluciones, además de recaer en elevadas propuestas tarifarias a los usuarios finales, de los cuales aquellos con menor capacidad adquisitiva no logran acceder al servicio, perturban el paisaje aéreo y el tránsito peatonal.

El presente trabajo presenta una propuesta de solución enfocada en los siguientes dos ejes: por un lado, en el diseño de una red pasiva de fibra óptica que brinde un acceso de alta velocidad y, por otro lado, en un estudio basado en el despliegue de fibra óptica a través del sistema de alcantarillado de zonas urbanas que permita llegar directamente a los usuarios finales sin realizar excavación de zanjas. Por tanto, se presenta como objetivo general, el diseño de una red FTTH mediante el sistema de alcantarillado en la Zona 1 del distrito de El Agustino, empleando el estándar GPON para el acceso a servicios de telecomunicaciones de banda ancha.

Las principales etapas del presente trabajo comprenden la presentación de la problemática abarcada, así como un diagnóstico de la situación actual de la zona de estudio en cuanto a demografía y servicios de telecomunicaciones. Asimismo, se definirán los objetivos y alcances, y se desarrollarán los conceptos teóricos necesarios para la comprensión del presente trabajo de tesis. Posteriormente, se realizará el diseño propuesto, considerando la demanda actual y futura para el dimensionamiento. Finalmente, se realizará un análisis económico basado en criterios de evaluación de proyectos que permita evaluar la viabilidad del diseño propuesto.



Capítulo 1

Diagnóstico, problemática, estado del arte y objetivos

En el presente capítulo se realiza un diagnóstico de la situación de los últimos años del acceso a servicios de telecomunicaciones en el Perú, así como en el distrito de El Agustino. Posteriormente, en base a la situación descrita, se define el problema a abarcar y se realiza un estudio del estado del arte. Con estas referencias, se plantean los objetivos a cumplir en el presente trabajo, así como los alcances y el impacto esperado del mismo.

1.1. Diagnóstico del acceso a servicios de telecomunicaciones en el Perú

1.1.1. Estado de conectividad a Internet en América

De acuerdo al informe de conectividad a Internet presentado por Akamai, proveedor de servicios de Redes de Distribución de Contenido (CDN, por sus siglas en inglés), el Perú contó con una velocidad promedio de descarga de 6.2 Mbps en conexión fija a Internet para el primer trimestre del 2017, tal como se muestra en la Figura 1-1. Si bien

esta cifra representa un incremento del 12% respecto al cuarto trimestre del 2016, la velocidad de descarga promedio en el Perú no llega a superar los 9 Mbps, cifra que sí ha sido alcanzada por países en América como Chile, Uruguay, Canadá y Estados Unidos, este último con velocidad promedio de 18.7 Mbps [1].

Cabe destacar que Akamai presenta estas mediciones gracias a su red de servidores hacia los cuales se conectan los usuarios finales, con lo cual se pueden obtener extensos registros de conexión a sus servidores para la descarga de contenidos, es decir, se tienen mediciones del rendimiento entre los clientes y los servidores [2].

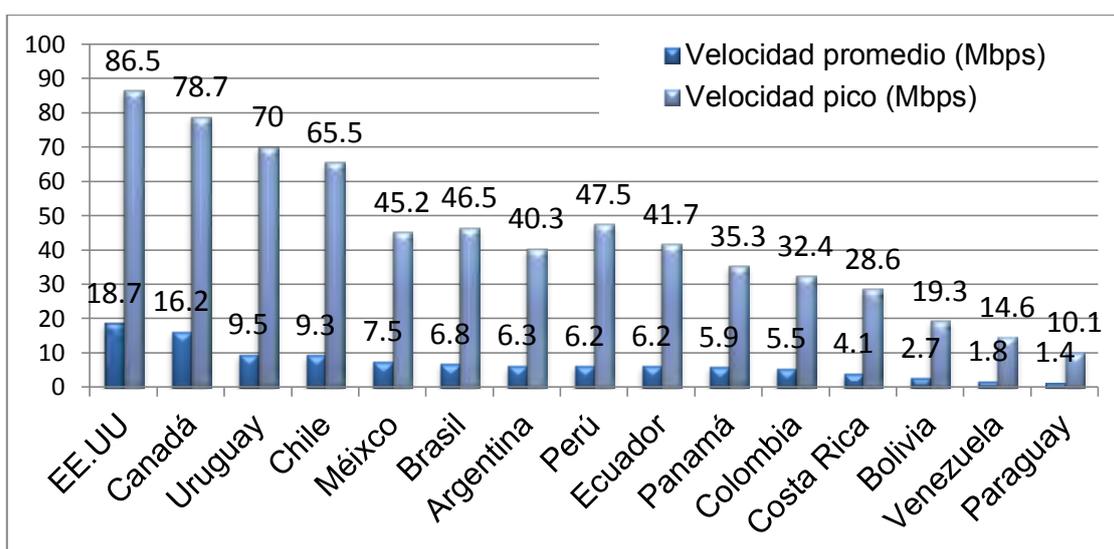


FIGURA 1 - 1: Velocidades de descarga para el primer trimestre del 2017 en América, según Akamai [1] [Elaboración propia]

1.1.2. Hogares peruanos con acceso a Internet según zona geográfica

Con el fin de evaluar la situación respecto a conectividad, se presenta en Figura 1-2 y Figura 1-3 la evolución porcentual del acceso a Internet en los hogares peruanos con datos recogidos por Osiptel en la Encuesta Residencial de Servicios de Telecomunicaciones (ERESTEL). De acuerdo a estos datos, cada vez es mayor el número de hogares que cuenta con acceso a Internet; de hecho, según datos de Osiptel, el 66.5% de hogares peruanos contaba con acceso a Internet en el 2016. Sin embargo, con esto se evidencia la aún existente brecha digital, la cual se encuentra con mayor énfasis en el ámbito rural con 37.8% de hogares con acceso a Internet, en contraposición a Lima Metropolitana con 82.4%, seguida del resto urbano con 68.7% [3].



FIGURA 1 - 2: Evolución porcentual de hogares con acceso a Internet en el Perú [3] [Elaboración propia]



FIGURA 1 - 3: Evolución porcentual de hogares con acceso a Internet de acuerdo a la zona geográfica en el Perú [3] [Elaboración propia]

1.1.3. Hogares peruanos con acceso a Internet según nivel socioeconómico

Tal como se mostró anteriormente, el porcentaje de hogares con acceso a Internet varía según su zona geográfica. Asimismo, esta diferencia es variable según el nivel socioeconómico de los hogares, tal como se muestra en Figura 1-4. Así, los niveles A, B y C contaron con un acceso superior al 80%, mientras que los niveles D y E se encontraron relegados con niveles de 58.9% y 33%, respectivamente. No obstante, estos dos últimos sectores presentan una alta tasa de crecimiento que nos indica que cada vez es mayor el número de hogares de baja capacidad adquisitiva que cuentan con acceso a Internet. Con esto, Internet está dejando de ser un privilegio de los sectores más adinerados y encuentra un espacio cada vez mayor en los sectores de menor poder adquisitivo: D y E [3].

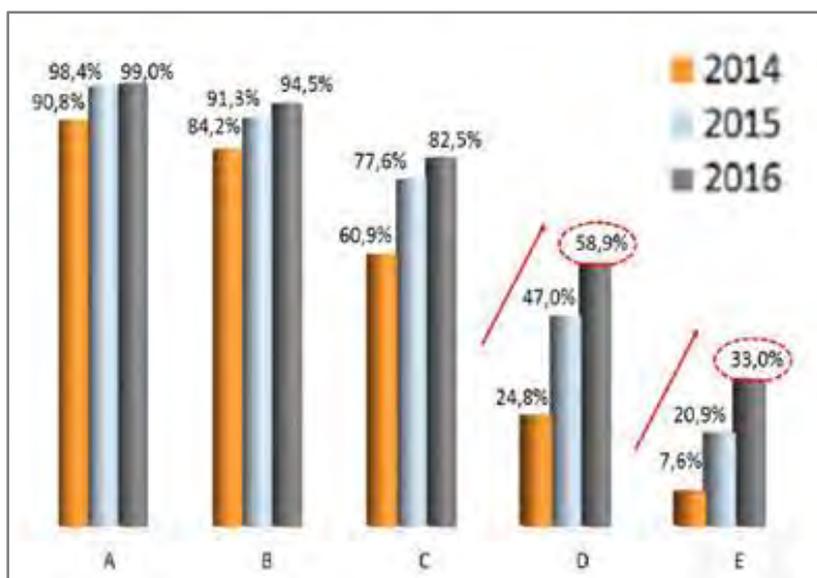


FIGURA 1 - 4: Evolución porcentual de hogares con acceso a Internet según su nivel socioeconómico en el Perú [3]

1.1.4. Conexiones de acceso a Internet fijo según velocidades de transmisión de bajada en el Perú

Luego de evaluado el nivel de acceso a Internet por parte de los hogares peruanos, independientemente de la velocidad de descarga contratada a sus respectivos proveedores, se presenta en la Tabla 1-1 el detalle del número de conexiones a Internet fijo según las velocidades de descarga desde el año 2014 hasta junio del 2018, según datos de Osiptel.

TABLA 1 - 1: Número de conexiones de acceso a Internet fijo en el Perú [4]

Velocidad	2014	2015	2016	2017	2018 (junio)
Menor a 256 kbps	2,197	1,575	792	619	375
Entre 256 y 1024 kbps	336,753	315,009	153,904	85,281	64,320
Entre 1024 y 4096 kbps	1,265,402	1,440,470	1,437,182	1,432,000	1,359,833
Entre 4 Mbps y 8 Mbps	116,100	145,844	286,841	401,281	418,691
Entre 8 Mbps y 16 Mbps	49,411	76,493	179,785	268,093	338,210
Mayor a 16 Mbps	4,196	13,288	58,254	134,047	252,775

Por otro lado, en la Figura 1-5 se muestra la evolución del número de conexiones según la velocidad de descarga. De acuerdo a ello, se encuentra una mayor concentración de conexiones en el intervalo de 1024 a 4096 kbps, en el orden de 1.3 millones. En cuanto al número de conexiones con velocidades mayores a 16 Mbps, estos conforman el grupo de mayor crecimiento en el periodo del 2016 al 2017, correspondiente a un 130%. Seguidamente, además de las conexiones con

velocidades mayores a 16 Mbps, las conexiones correspondientes a los intervalos [4-8 Mbps] y [8-16 Mbps] constituyen los grupos que presentan el mayor crecimiento, con un crecimiento del año 2016 al 2017 de 40% y 49%, respectivamente.

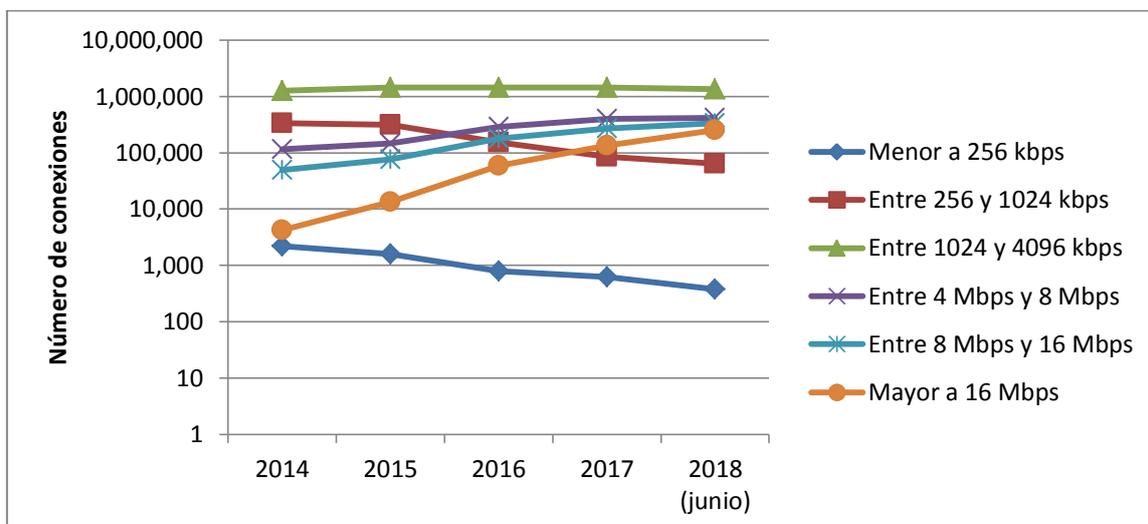


FIGURA 1 - 5: Evolución del número de conexiones de acceso a Internet fijo según velocidad de descarga [4] [Elaboración propia]

1.1.5. Equipos del hogar con acceso a Internet fijo en el Perú

De acuerdo a la Encuesta Residencial de Servicios de Telecomunicaciones (ERESTEL) a cargo de Osiptel, para el año 2016, los dispositivos más utilizados con conexión a través de WiFi al servicio de Internet fijo fueron el teléfono móvil y las computadoras portátiles, tal como se visualiza en la Figura 1-6. Asimismo, el dispositivo que ha sufrido un mayor cambio, respecto al porcentaje de hogares que lo emplean, en los últimos años ha sido el televisor, que pasó de 22.9% hasta 36.9% entre los años 2015 y 2016 [3]. Esta cifra es importante para el presente trabajo de Tesis, dado que una solución de acceso a servicios de telecomunicaciones debe suponer un análisis de la demanda presente y proyectada al contexto futuro.

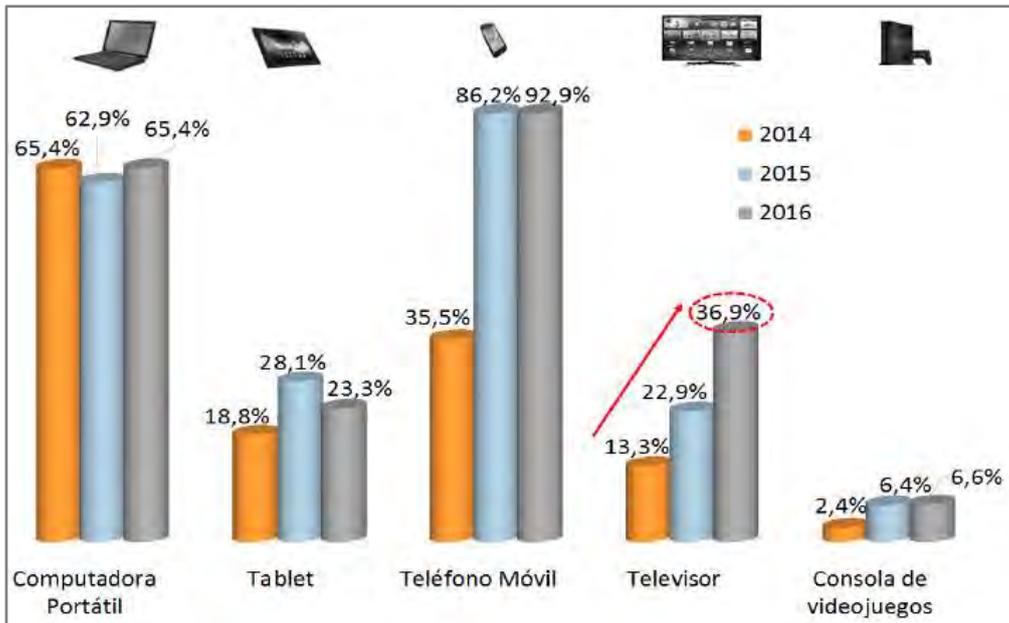


FIGURA 1 - 6: Principales equipos con acceso a Internet fijo utilizados [3]

1.1.6. Evaluación socioeconómica de El Agustino

El Agustino, ubicado en el área central de la región de Lima es un distrito joven con una población mayor a 191 mil habitantes y con una distribución poblacional en la que predomina el rango de edad de 20 a 24 años con un 10.3% y el rango de edad de 15 a 19 años con un 9.4% de presencia (Figura 1-8) [5].



FIGURA 1 - 7: Ubicación del distrito El Agustino [6]

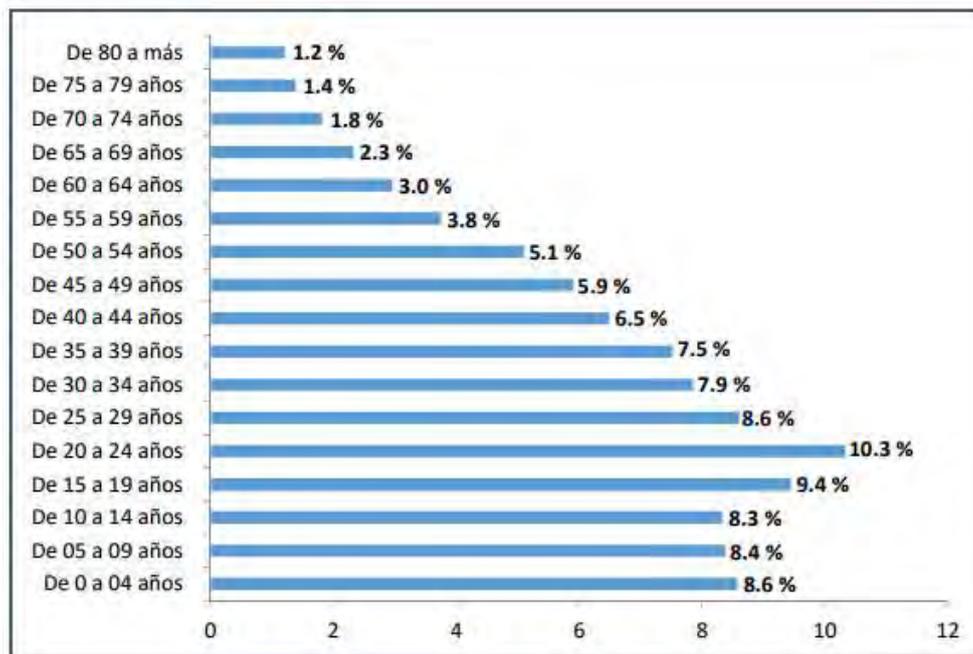


FIGURA 1 - 8: Población de El Agustino por grupos de edad, al 2015 [5]

El Agustino, asimismo, ha presentado una tendencia de incremento sostenido en cuanto a su población en los últimos años. De acuerdo a la Figura 1-9, entre los años 2007 y 2015, la población se incrementó en un 6.16%, llegando a alcanzar una población de 191,365 habitantes y un número de viviendas de 48,296 [5].

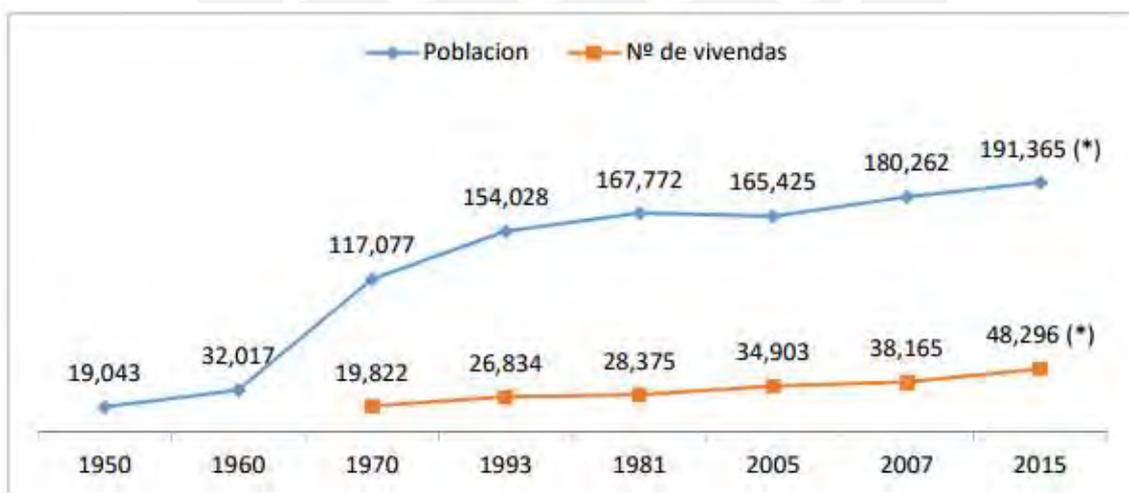


FIGURA 1 - 9: Evolución poblacional de El Agustino [5]

En cuanto a la distribución por nivel socioeconómico (NSE), en El Agustino se concentra un 76.9% entre los sectores C y D, de acuerdo al estudio realizado por la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados (Apeim) en el 2016. Asimismo, el sector con mayor porcentaje corresponde al sector C con 40.6% y el sector de menor porcentaje corresponde al sector A con 2% de la población.

TABLA 1 - 2: Niveles socioeconómicos en El Agustino al año 2016 [7]

NSE A	NSE B	NSE C	NSE D	NSE E
2%	12.10%	40.60%	36.30%	8.90%

Además, según estudios del INEI, la Población Económicamente Activa (PEA) en el Agustino representa el 68% de la población de este distrito. Sin embargo, dentro de dicho grupo, un 6.4% (8329 habitantes) constituye población desocupada. (Figura 1 - 10)

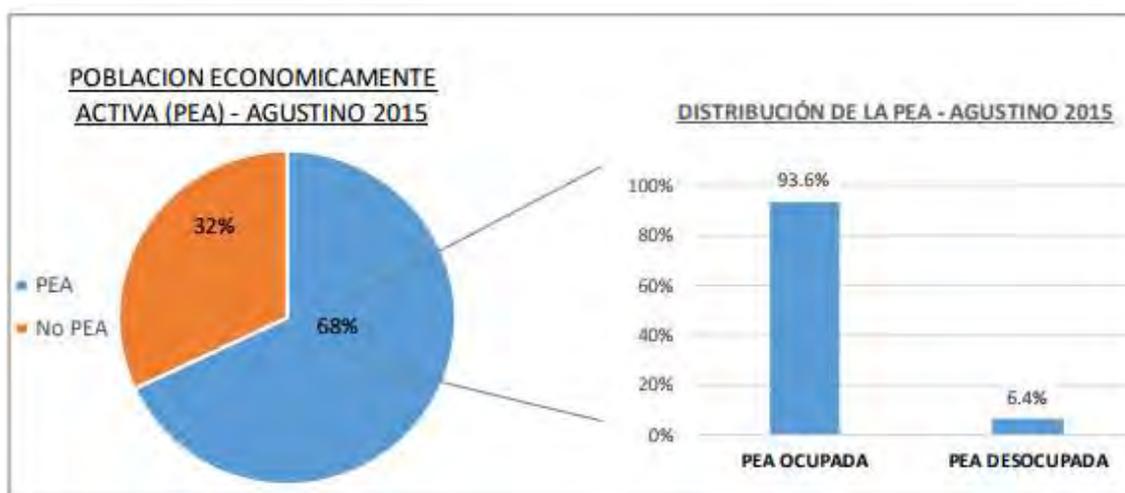


FIGURA 1 - 10: Población Económicamente Activa en El Agustino al 2015 [5]

De acuerdo a la Tabla 1-3, El Agustino ocupa el puesto 29 en cuanto a su porcentaje de producción de la producción de Lima Metropolitana. En efecto, esta cifra de 0.5% de producción contrasta con el hecho de que El Agustino se ubica en la posición 17 de los distritos con mayor población en Lima Metropolitana. En contraparte, los distritos como San Isidro y Miraflores, de mayor poder adquisitivo, aportan una mayor productividad a la región.

TABLA 1 - 3: Porcentaje de producción de El Agustino respecto al total de Lima Metropolitana [5]

ITEM	DISTRITO	UBICACIÓN SEGÚN % DE PRODUCCIÓN
1	San Isidro	18.9%
2	Miraflores	13.0%
3	Lima Cercado	12.5%
29	El Agustino	0.5%

En cuanto al estado de saneamiento e higiene indicado en Figura 1-11, la mayoría de viviendas en El Agustino cuenta con acceso a la red pública de desagüe, correspondiente a un 91.2% del total de hogares [5].

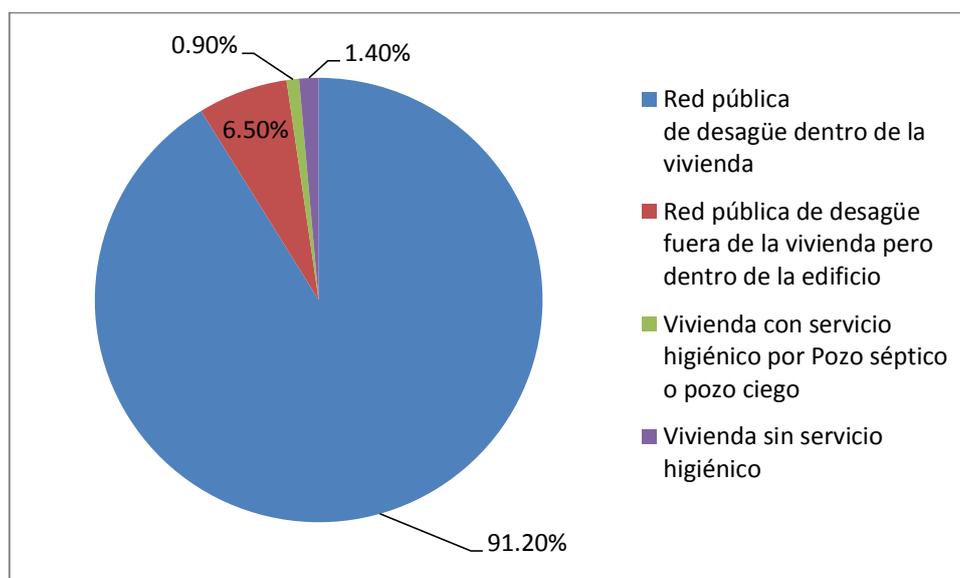


FIGURA 1 - 11: Disponibilidad de servicios higiénicos en viviendas de El Agustino [5]

1.2. Definición del problema

En nuestro país, cada vez es mayor la demanda existente de banda ancha por parte de los usuarios finales para acceder a servicios de telecomunicaciones, los cuales ya no constituyen un privilegio, sino una necesidad. Esto se traduce en el siguiente problema: una brecha digital de acceso a servicios de telecomunicaciones de banda ancha en el Perú.

La solución tecnológica para lograr altas velocidades de navegación lo constituye la fibra óptica, lo que la convierte en un medio para enfrentar una brecha digital de acceso aún por cubrir, sobre todo en las zonas de menor poder adquisitivo.

Sin embargo, existe un escaso acceso a servicios de banda ancha mediante fibra óptica, cuyas causas se identifican a continuación:

- Planes tarifarios de alto costo para el usuario final
- Escasa infraestructura del operador para el despliegue de fibra óptica hacia el usuario final
- Procedimientos de tendido de fibra óptica (aéreo, canalizado, microcanalizado) costosos, de alta carga burocrática y/o que causan malestar ciudadano

Además, por la falta de acceso de banda ancha mediante fibra óptica podrían surgir los siguientes efectos:

- Progreso lento de la mejora de calidad de vida de los ciudadanos

- Ciudadanos privados de servicios de telecomunicaciones de alta velocidad
- Estancamiento de la capacidad de atracción de nuevos negocios en la zona, lo que limita el desarrollo económico en la misma

1.3. Estado del arte

Como ejemplo de solución en otros países se presenta el caso de la empresa *Stream Intelligent Networks*, proveedor de servicios de comunicaciones digitales de banda ancha en Canadá, con la realización del diseño e instalación de una red de fibra óptica de 5 kilómetros para la interconexión de edificios con fibra monomodo. Uno de los factores críticos en el costo de ejecución del proyecto lo representaba el costo por obras civiles. Ante esta problemática, se optó por un medio de tendido alternativo que no requiera la realización de zanjas en los entornos urbanos. Así, el despliegue de fibra óptica por medio del sistema de alcantarillado de la ciudad de Mississauga (Canadá) representó una solución respetuosa con el medio ambiente y ocho veces más rápida que el tiempo promedio requerido para un tendido subterráneo. Para lograrlo, se empleó un sistema robótico denominado STAR (*Sewage Telecommunication Access by Robot*), consistente en un robot encargado de recorrer las alcantarillas y proceder con la instalación del cable de fibra óptica. Este sistema, gracias a la incorporación de cámaras, permitió el posterior monitoreo de la red subterránea. Asimismo, este método de tendido de fibra por alcantarillado ha sido empleado en Estados Unidos, y países de Europa y Asia para un despliegue de fibra rápido, con mínimas interrupciones al tráfico vehicular y al tránsito peatonal, así como un factor que no genera un impacto ambiental negativo [8].

Por otro lado, en el Perú se destaca el proyecto “Servicios de Telecomunicaciones en Banda Ancha para las zonas rurales del distrito de Pachacámac – Manchay”, ejecutado por la empresa Antari Networks y financiado por el Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL). El proyecto abarcó la instalación de una red de fibra de 40 kilómetros, basada en el estándar de red pasiva GPON bajo una arquitectura FTTH y mediante un tendido aéreo, aprovechando infraestructura de media y baja tensión de empresas eléctricas. Con ello, se logró una oferta de 20 Mbps para el acceso de banda ancha en los colegios nacionales, centros de salud y otros entes estatales [9].

En cuanto a los entornos urbanos del Perú, como es el caso de Lima Metropolitana, existen ofertas de FTTH de empresas como Voy, Fiber Cloud y Telefónica del Perú. Esta última con oferta a 13 ciudades del país, como Ayacucho, Chíncha, Puno y Juliaca [10].

1.4. Alternativas de solución

En esta sección se describen, en primer lugar, alternativas referentes a arquitecturas de red basadas en fibra óptica. En segundo lugar, se presentan alternativas respecto a métodos de despliegue de los cables de fibra óptica en planta externa.

1.4.1. Arquitectura de red para el acceso de banda ancha

1.4.1.1. Tecnologías FTTx

Las tecnologías FTTx hacen referencia al acceso de banda ancha mediante fibra óptica, en el cual se reemplaza una parte del tramo (o todo el tramo) de cobre, que constituye el bucle de abonado desde la central del proveedor.

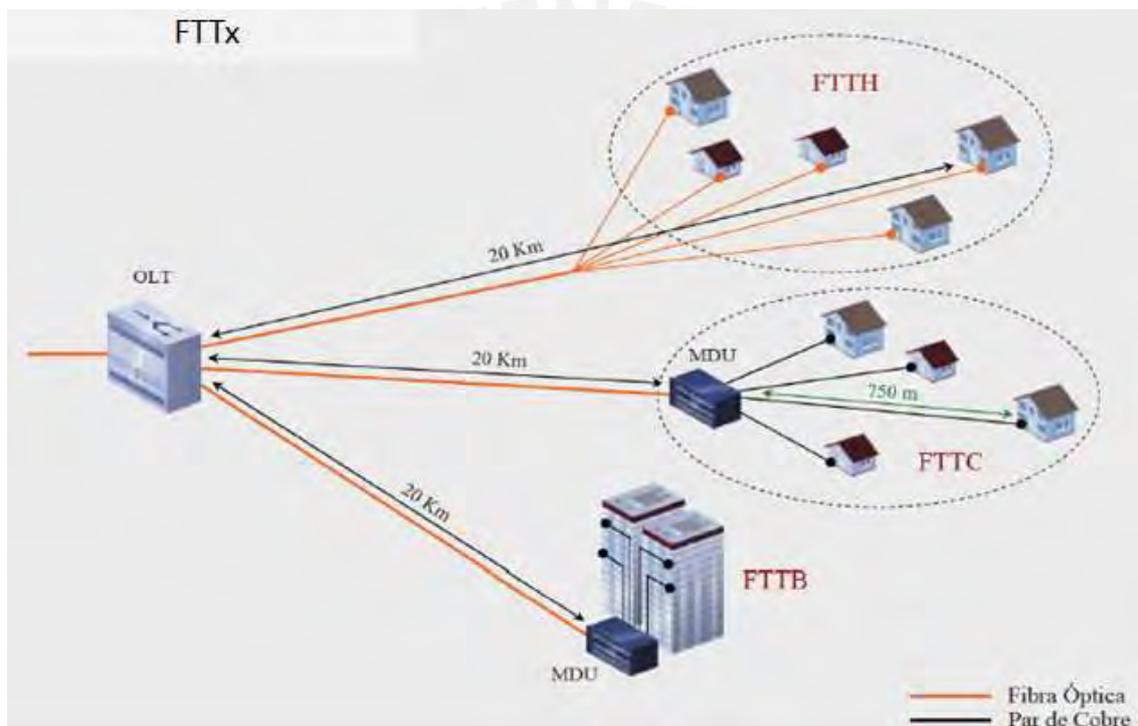


FIGURA 1 - 12: Topologías de redes FTTx [11]

De acuerdo a la longitud del tramo de cobre reemplazado desde la central (Figura 1-12), se presentan las siguientes variantes de FTTx:

1.4.1.1.1. FTTH (*Fiber to the home*) – Fibra óptica hasta el hogar

La arquitectura de FTTH consiste en una red de acceso de fibra óptica desde la central del operador hasta la ubicación del hogar del cliente. Una vez que el cable de acometida llega al abonado, la señal se puede transmitir por medios como cable coaxial, par trenzado, fibra óptica o transmisión inalámbrica [11].

1.4.1.1.2. FTTB (*Fiber to the building*) – Fibra óptica hasta el edificio

La arquitectura de FTTB consiste en un enlace de fibra óptica desde la central del operador hasta el edificio de los abonados o un punto de distribución intermedio en una propiedad que contiene a múltiples usuarios distribuidos en múltiples espacios. Una vez que se llega al edificio o propiedad de múltiples usuarios, la señal puede ser accedida por los abonados mediante cobre o par trenzado [11].

1.4.1.1.3. FTTC (*Fiber to the Curb*) – Fibra óptica hasta el armario

La arquitectura de FTTC consiste en un enlace de fibra óptica desde la central del operador hasta un armario que agrupa a varios abonados y se ubica aproximadamente a 300 m de estos. Una vez que la fibra óptica se instala hasta el armario, se puede distribuir la señal hacia los abonados mediante cable coaxial o par trenzado [11].

1.4.1.2. Arquitecturas de redes ópticas de acceso

1.4.1.2.1. Red Óptica Activa (AON)

Una red óptica activa está compuesta por componentes activos que establecen una conexión dedicada con cada uno de los usuarios. Las señales multiplexadas de los usuarios se conectan con la oficina central mediante un nodo remoto con equipamiento electrónico (activo) [12].

1.4.1.2.2. Red Óptica Pasiva (PON)

Una Red Óptica Pasiva consiste en el uso de elementos pasivos para el desarrollo de redes FTTx, con una arquitectura de acceso en la que todos los usuarios conectados a un nodo remoto comparten el ancho de banda total. Este nodo remoto se compone de elementos pasivos, es decir, elementos que no requieren alimentación eléctrica [12]. Básicamente, una red PON está conformada por los siguientes elementos [11]:

- Terminal de línea óptica (OLT), ubicado en la oficina central del proveedor.
- Terminal de red óptica (ONT), dispuesto en el establecimiento del usuario.
- Divisor óptico pasivo (*splitter*), elemento pasivo utilizado para conectar hasta 32 o 64 usuarios por una misma fibra óptica [11].

Hasta la actualidad, se han desarrollado tecnologías xPON que se describen a continuación.

- BPON (*Broadband Passive Optical Network*)

Tecnología presentada por el grupo FSAN (*Full Service Access Network*), basada en la tecnología ATM, con un alcance de 20 km y una longitud de onda para la transmisión de video RF [13].

La red BPON operó en un inicio con tráfico simétrico de 155 Mbps, sin embargo, fue modificada para soportar un tráfico simétrico de 622 Mbps, y un tráfico asimétrico de 622 Mbps de bajada y 155 Mbps de subida [11].

- **EPON (*Ethernet Passive Optical Network*)**

Tecnología presentada por el grupo FEM (*Ethernet in the First Mile*) que buscó aprovechar las ventajas de la fibra óptica para aplicarlas a Ethernet, con lo que se logró un tráfico simétrico de 1.25 Gbps con un alcance máximo de 20 km [11] [13].

La tecnología EPON se define en el estándar 802.3ah y permite una división máxima de 1:32 con el uso de los *splitters*. Frente a GPON y BPON, presenta ventajas en costos por no emplear elementos ATM y SDH [11] [13].

- **GPON (*Gigabit Passive Optical Network*)**

La arquitectura de red pasiva de GPON, definida por la recomendación ITU-T G.984, constituye una tecnología de acceso mediante fibra óptica con una velocidad de descarga de línea de 2.488 Gbps y de subida de 1.244 Gbps, con lo que ofrece una mayor tasa de transferencia que las tecnologías predecesoras EPON y BPON, un alcance lógico máximo de 60 km y un alcance físico máximo de 20 km [13].

En la red GPON, se asigna la longitud de onda de 1310 nm para el tráfico de subida enviado desde los ONT, mientras que para el tráfico de bajada se asigna la longitud de onda de 1490 nm. Además, se puede enviar tráfico de video RF en *broadcast* para el servicio de televisión empleando la longitud de onda de 1550 nm (ver Figura 1-13), aunque la señal de televisión también puede ser enviada mediante paquetes IP en la longitud de onda de 1490nm [13].

Por otro lado, la red GPON emplea el protocolo TDMA como acceso desde los ONT hacia el OLT, con lo cual se evitan colisiones en el tráfico de subida. Además, permite la transmisión de video en *broadcast* empleando la multiplexación WDM.

Es importante señalar que GPON emplea un método denominado GEM, el cual es un método de encapsulamiento que posibilita a los operadores soportar sus servicios como TDM, ATM, entre otros [13]. Finalmente, en la Tabla 1-4 se muestra una comparación de las características de GPON frente a las otras tecnologías xPON estudiadas.

TABLA 1 - 4: Comparación de tecnologías PON [13]

Características	BPON	GPON	EPON
Tasa de bits (Mbps)	Down: 1244, 622, 155 Up: 622, 155	Down: 2488, 1244 Up: 1244, 622, 155	Down: 1250 Up: 1250
Codificación de línea	NRZ	NRZ	8b/10b
Ratio máximo de división	Ratio 1/32	Ratio 1/64	Ratio 1/32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia máxima entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU G.983.x	Serie ITU G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporta TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporta video RF	No	Sí	No

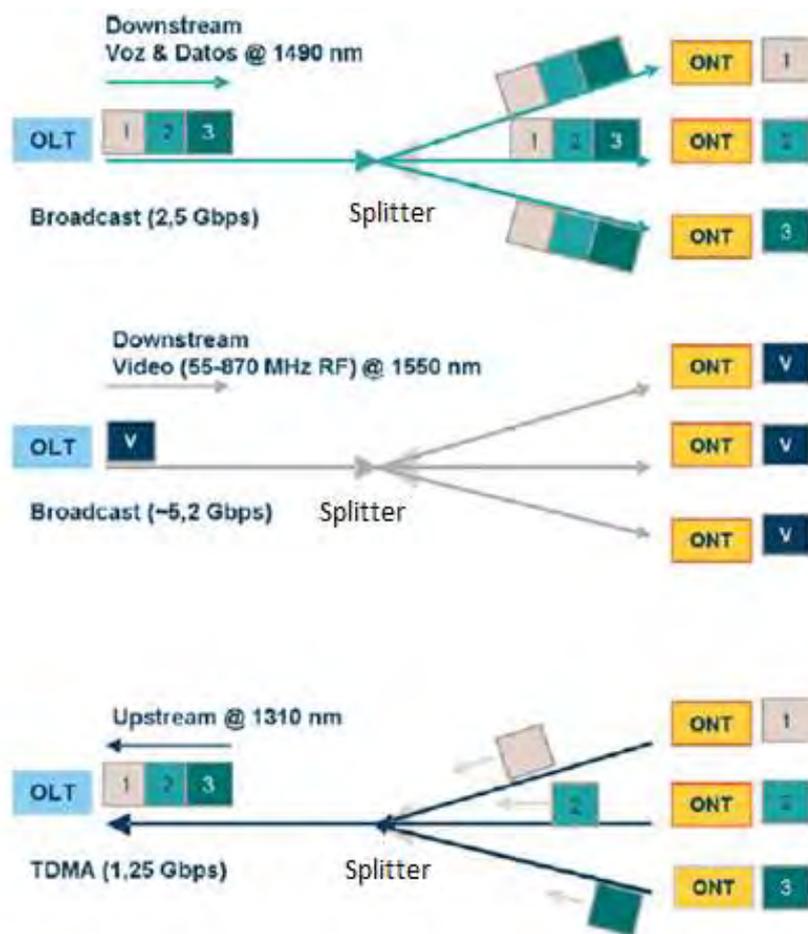


FIGURA 1 - 13: Funcionamiento de la red GPON [13]

1.4.2. Despliegue de cables de fibra óptica en planta externa

En esta sección, se describen diferentes métodos para la instalación de cables de fibra óptica en planta externa.

1.4.2.1. Tendido aéreo

Los cables de fibra óptica se soportan en estructuras de postes. Para esto, se puede aprovechar la infraestructura de postes de alumbrado público o instalar postes nuevos [14].

En el caso de utilizar postes de alumbrado público, los cables de fibra óptica deben alcanzar una altura mínima de 5.40 metros a lo largo de calles. Mientras que a lo largo de avenidas, la distancia mínima requerida es de 5.90 metros. En el caso de que se trate de un cruce de avenidas, la altura asciende a 6.90m [15]. No obstante, cabe señalar que dichas restricciones no han sido respetadas a cabalidad. Esta situación se describe en la sección 3.1 del siguiente capítulo.

Dada la situación descrita, se han tomado medidas que restringen el tendido aéreo. Una muestra de ello es la norma EC. 040 del Reglamento Nacional de Edificaciones

que establece que las instalaciones de redes de telecomunicaciones en nuevas habilitaciones urbanas deberán ser subterráneas para el acceso de los abonados, lo cual representa una medida para el cuidado del paisaje aéreo y el cuidado de la integridad de las personas [16].

Asimismo, en la instalación de los cables, se proyectan reservas de cables de fibra óptica, las cuales sirven principalmente como soporte ante posibles rupturas de los cables de fibra o para la instalación de una nueva bandeja de empalme ante posibles saturaciones de bandejas de empalmes cercanas.

1.4.2.2. Tendido canalizado

Consiste en una red de conductos conectados mediante cámaras en las que se ubican las cajas de empalme o mufas de fibra óptica. Los elementos principales en este sistema de tendido son las cámaras, las cajas de distribución, armarios, entre otros [17].

Este método de tendido generalmente es el más lento debido a que involucra la excavación de zanjas, lo que implica carga burocrática y malestar ciudadano. Asimismo, es necesario contar con precaución de no interferir con otros ductos ya existentes [12].

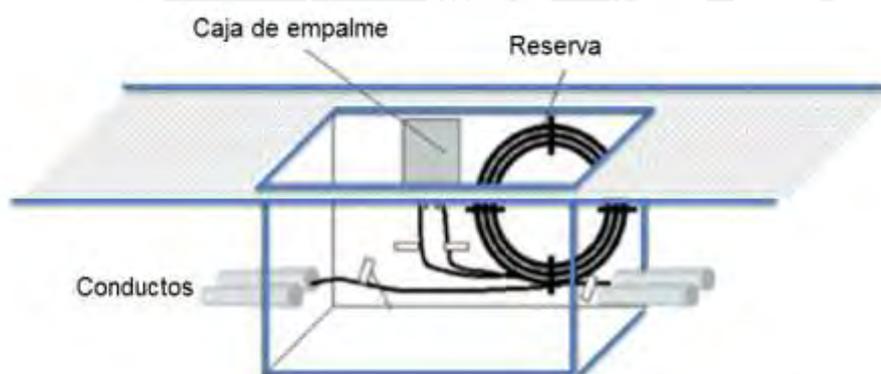


FIGURA 1 - 14: Elementos principales en una cámara empleada en tendido canalizado [18] [Elaboración propia]

1.4.2.3. Tendido microcanalizado

Método de tendido que consiste en desplegar los cables de fibra óptica a través de conductos subterráneos ubicados en una zanja a una profundidad entre 12 – 30 cm y con un ancho alrededor de 1.5 – 5 cm. A diferencia del tendido canalizado (descrito en el numeral 1.4.2.2 de la presente sección), el cual se desarrolla a una profundidad de alrededor de 1 m, el tendido microcanalizado se encuentra más expuesto a posibles construcciones e intervenciones en las vías por las que se instalan los cables de fibra óptica. Dada esa profundidad, es menos probable la ruptura de servicios previamente instalados por medio subterráneo [19].



FIGURA 1 - 15: Conductos para técnica de tendido microcanalizado [19]

Para la construcción de las zanjas se debe realizar un estudio del suelo a fin de evaluar la viabilidad del microcanalizado. Una vez que se determine que el suelo es apto para esta técnica, se emplean máquinas cortadoras para establecer la ruta por la cual se desplegará la fibra óptica.

1.4.2.4. Tendido mediante alcantarillado

La técnica de despliegue mediante alcantarillado busca aprovechar la infraestructura existente de la red de alcantarillado en zonas urbanas para el despliegue de cables de fibra óptica, de modo que se evita la construcción de zanjas (descrita en 1.4.2.2 y 1.4.2.3) y, por tanto, la reducción de costos de instalación.

De acuerdo a la recomendación ITU-T L.77, la instalación de los cables de fibra óptica no debería afectar el normal funcionamiento de las redes de alcantarillado. Asimismo, se plantea que la tecnología empleada en la instalación no debería afectar el estado de las tuberías. Para el acceso a las tuberías de un diámetro alrededor de 20 a 70 cm, inaccesibles por personas, se recomienda el empleo de un robot, el cual recorre el sistema de alcantarillado y realiza las funciones de inspección e instalación de conductos por los cuales se desplegará la fibra óptica [20]. En Figura 1-16 se puede observar una solución robótica a través de las tuberías del alcantarillado.

Entre las principales soluciones comerciales a nivel internacional para la instalación de fibra óptica por alcantarillado, se cuentan con los siguientes sistemas robóticos: STAR (*Sewer Telecommunications Access by Robot*), *Cable Runner* y SAM (*Sewer Access Module*), los cuales pueden incluir elementos como sensores de gas, cámaras de monitoreo y dispositivos de fijación [21]. En la Tabla 1-5 se presenta una descripción de tales soluciones.



FIGURA 1 - 16: Robot *Cable Runner* para el despliegue de cables por alcantarillado [22]

TABLA 1 - 5: Descripción de soluciones robóticas para alcantarillado [21] [22]

Solución robótica	SAM [21]	STAR [21]	Cable Runner [21] [22]
Metodología de instalación	El robot instala bandas circunferenciales de acero inoxidable dentro de la tubería e inserta clips que servirán de sostén a los conductos por los que se desplegará la fibra óptica.	Se emplea el robot para realizar agujeros de 1.5 cm de profundidad y 0.6 cm de diámetro. Luego, se insertan ganchos en forma de "J" en dichos agujeros, sobre los cuales se apoyará el cable de fibra óptica.	El robot instala microconductos a lo largo de la ruta diseñada. Posteriormente, se inserta el cable de fibra óptica mediante soplado y se insertan pernos para asegurar la instalación.
Principales ventajas	Protección contra roedores y sustancias corrosivas, así como limpieza a alta presión	Independiente de las condiciones climáticas	Sistema puede ser removido fácilmente y permite su futura expansión
Diámetro de tuberías	20 – 50 cm	20 – 122 cm	Mayor a 10/3 del nivel de agua

1.5. Perspectivas para el Perú y países de Latinoamérica

A continuación se presenta información presentada por la asociación *Fiber Broadband*, asociación que incluye a fabricantes y operadores de redes FTTH, en base a la investigación realizada por la consultora IDATE y presentada en conferencia en abril de 2018 en México, en la cual participaron, además, representantes de destacadas compañías como Prysmian, AWS, Commscope, Furukawa y Corning.

1.5.1. Latinoamérica

La investigación incluye a 18 países de Latinoamérica con datos hasta setiembre del 2017. Los resultados revelan un total de 7 865 000 suscriptores, entre FTTH y FTTB, y un total de 29 405 000 hogares pasados, lo que representa un crecimiento de 43% y 21% respecto al cuarto trimestre del 2016, respectivamente. La distribución de los suscriptores se muestra en la Figura 1-17. Así, México y Brasil cubren el 72% de suscriptores de la región, con un crecimiento de 36% y 53% respecto al cuarto trimestre del 2016, respectivamente. Respecto a las proyecciones, se estima un total de 36 millones de suscriptores con fibra hasta el hogar o edificio en el año 2022, lo que representaría un crecimiento de 247% respecto al 2017 (Figura 1-18). El mismo estudio revela a GPON como la principal solución para el servicio FTTH y FTTB [23].

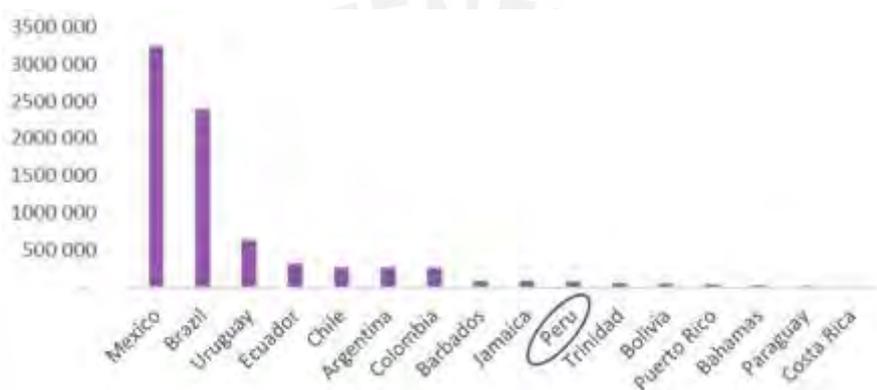


FIGURA 1 - 17: Suscriptores FTTH/B en Latinoamérica a Setiembre de 2017 [23]

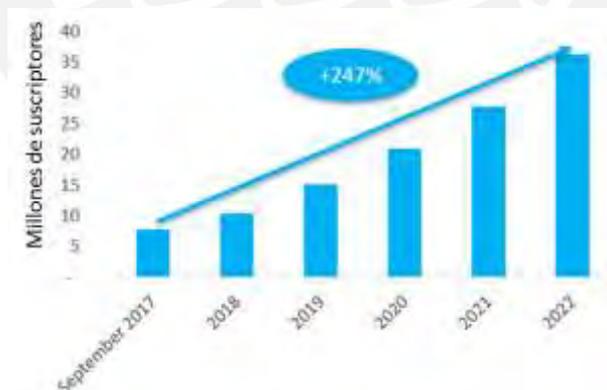


FIGURA 1 - 18: Proyección de suscriptores FTTH/B en Latinoamérica hacia el 2022 [23]

1.5.2. Perú

El estudio revela a Telefónica como el líder del mercado en despliegue de redes FTTH y FTTB. Asimismo, se señala a Perú con un total alrededor de 100 mil suscriptores y 190 mil hogares pasados hasta setiembre de 2017. La proyección para nuestro país es superar el millón de suscriptores y los 3 millones de hogares pasados para el año 2022 [23].



FIGURA 1 - 19: Proyecciones del acceso por fibra óptica hasta el hogar o edificio en el Perú, para 2022 [23]

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Diseñar una red FTTH mediante el sistema de alcantarillado para el acceso a servicios de telecomunicaciones de banda ancha en el distrito de El Agustino.

1.6.2. Objetivos específicos

- Diseñar una red FTTH basada en el estándar GPON como propuesta de solución al acceso de banda ancha para los usuarios.
- Diseñar una red FTTH sobre el sistema de alcantarillado como propuesta de solución al tendido de los cables de fibra óptica en planta externa.
- Realizar un análisis económico del diseño basado en criterios de evaluación de proyectos.

1.7. Justificación de la propuesta de solución

1.7.1. Selección de la arquitectura de red para el acceso de banda ancha

El medio de transmisión propuesto para el acceso de los usuarios finales es la fibra óptica debido a su capacidad de transportar datos a una alta tasa de transmisión y que no presenta la limitación de distancia “proveedor – abonado” que presentan las soluciones basadas en cobre. Con respecto a la arquitectura de red, esta consistirá en una red óptica pasiva. La principal característica de estas redes es la omisión de elementos activos en el tramo de red que va desde el OLT ubicado en la central del proveedor y el ONT ubicado en el hogar del usuario final. Con ello, se recortarán costos de operación y mantenimiento en el flujo de caja del proveedor del servicio, ya

que la red de acceso estará compuesta de elementos pasivos que no requieren un sistema de energía.

La solución propuesta, asimismo, se basará en el estándar de red pasiva GPON. Esta tecnología permitirá cubrir la demanda de banda ancha en la zona de estudio y presenta las ventajas de una red pasiva, descritas anteriormente.

1.7.2. Selección de la técnica de tendido de fibra óptica en planta externa

Tal como se ha mencionado, la solución propuesta para el tendido de la fibra óptica será el sistema de alcantarillado. Se seleccionó esta solución ya que el alcantarillado es un sistema existente en zonas urbanas que llega directamente hacia los predios de los usuarios y que, al ser un sistema ya implementado, no requiere de la excavación de zanjas.

El tendido aéreo sería otra alternativa que evita la excavación de zanjas a lo largo de zonas urbanas. Sin embargo, un punto en contra de la solución aérea es el excesivo despliegue de cables de comunicaciones que ya existe en las zonas urbanas. Este cableado excesivo supone una contaminación visual de paisajes urbanos e incluso puede afectar la integridad de las personas cuyas viviendas están expuestas a este exceso de cableado. Otro punto en contra del tendido aéreo es la realización de obras civiles ya que, en el caso de ausencia de postes o presencia de postes que no cumplen las alturas mínimas requeridas, se deberán instalar nuevos postes. Para estas instalaciones se deberá pasar por un procedimiento burocrático previo y, aunque se cuente con los permisos municipales, existe la posibilidad de una reprobación social.

Por otro lado, el principal punto en contra de las soluciones de canalización y microcanalización es el hecho de que requieren de la excavación de zanjas, lo que implica, además de altos costos de instalación, generación de residuos. Para la realización de estas obras civiles se requiere un trámite burocrático que retrasa la puesta en operación del servicio a ofrecer. Con estas obras civiles, cuyo mayor impacto lo tiene el canalizado convencional, se afecta el normal tránsito peatonal y, por ende, se presenta una posible reprobación social.

La solución mediante alcantarillado permitirá, mediante previo acuerdo con el ente responsable de la red de saneamiento (Sedapal en el caso del Perú), acortar plazos y reducir las molestias por obras civiles. En contraste a las soluciones de canalización y microcanalización, se evitará la alta carga burocrática para la realización de obras civiles en entornos urbanos y se evitará causar un impacto negativo en el medio ambiente. Finalmente, en contraste con una solución aérea, representará una solución que no afecte el ornato aéreo de las zonas urbanas de nuestro país.

1.8. Impacto

En esta sección se describe el impacto esperado de una implementación real que tome como base el diseño y el estudio desarrollados en la presente tesis.

1.8.1. Impacto económico esperado

El diseño elaborado en el presente trabajo constituye una propuesta de solución que busca una disminución de costos de instalación, de operación y de mantenimiento de la red de acceso del proveedor de servicios de telecomunicaciones de banda ancha. Asimismo, con este diseño se espera lograr tarifas asequibles para los usuarios finales de las diferentes clases socioeconómicas.

De acuerdo a un estudio conducido por Ericsson en el 2011, se estima que el Producto Bruto Interno (PBI) de un país puede incrementarse en 1% por cada 10 puntos porcentuales que se incremente la penetración de banda ancha. Respecto a la velocidad de conexión, se estima un incremento de 0.3% del PBI si se duplica la velocidad de acceso de banda ancha [24].

1.8.2. Impacto social esperado

La solución planteada es una propuesta que espera generar una mejor calidad de vida de los ciudadanos, disminuir la brecha de acceso y lograr una mayor inclusión social, gracias a la oportunidad de acceder a servicios de banda ancha a través de una solución tecnológica actual y que les permita incrementar su productividad en actividades cotidianas y laborales. Por otro lado, por experiencia propia, las obras civiles pueden perturbar el tránsito vehicular y peatonal. Con una instalación a través de alcantarillado, se espera disminuir estas perturbaciones, ya que esta instalación no implicará la excavación de zanjas ni instalación de postes.

1.8.3. Impacto ambiental esperado

Respecto al medio ambiente, se espera que no se genere un impacto negativo. En primer lugar, se espera no ocupar el espacio aéreo a través de postes, lo cual generaría una contaminación visual y una posible acumulación de cableado aéreo correspondiente a diferentes servicios. En segundo lugar, se espera que el método de instalación propuesto no requiera afectar el suelo mediante excavaciones de zanjas. En tercer lugar, la solución propuesta se basa en elementos pasivos en toda la red de planta externa, con ello se eliminará el requerimiento de energía en esta parte de la red.

1.9. Alcances y limitaciones

El trabajo se ha delimitado de la siguiente manera:

- Se diseñará una red FTTH en la Zona 1 de El Agustino empleando el estándar GPON y se considerará como medio de despliegue el sistema de alcantarillado existente.
- Se consideran predios unifamiliares, mas no edificios, ni establecimientos comerciales.
- Se asume un sistema de alcantarillado ya implementado.
- Dado que se requiere una infraestructura de alcantarillado ya existente, el diseño se enfoca a entornos urbanos, por lo cual, la tesis no contempla una solución para entornos rurales.
- El diseño por alcantarillado abarca consideraciones principales y recomendaciones generales que se deberían tener para una instalación de este tipo. Se toma como referencia el estado del arte en otros países y recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés), dado que en el Perú no se ha implementado un sistema de este tipo, a la fecha.
- El presente trabajo no incluye la implementación del diseño ya que para ello se requeriría un entorno de fibra óptica con equipamiento especial.
- El diseño plantea disponer de una red de acceso a servicios de banda ancha. En el Perú, para que una conexión de Internet fijo sea considerada como banda ancha, la velocidad mínima efectiva de descarga y carga deben equivaler a 4 Mbps y 1 Mbps, respectivamente, de acuerdo a la Resolución Ministerial N° 482-2018, publicada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones el 26 de junio de 2018 [25].



Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Planta externa

Consiste en la infraestructura exterior, como medios enterrados, tendidos en postes o dispuestos a la intemperie por la cual se ofrece el servicio de telecomunicaciones [26]. A continuación se realiza un estudio de los principales elementos en planta externa de una red óptica.

2.1.1. Elementos

A. Cables de fibra óptica: Son los elementos protectores de la fibra óptica antes, durante y después de la instalación [27]. El tipo de cable a utilizar depende de su aplicación y, en términos generales, se clasifica de la siguiente forma:

- Cables ligeros de fibra óptica

El diseño de un cable de peso ligero consiste en una cubierta resistente de plástico. En la Figura 2-1 se muestran los diseños más comunes de cables ligeros. Por un lado, se puede aplicar una cubierta de plástico con un grosor de 0.5 a 1mm sobre la cubierta

primaria con el fin de obtener una chaqueta ajustada. Por otro lado, la fibra óptica puede estar dispuesta dentro de un tubo suelto, dentro del cual es ajustada y puede lograr eliminación de pérdidas causadas por microcortes. Finalmente, se pueden diseñar cables que contengan un conjunto de fibras contenidas en diferentes ranuras [27].

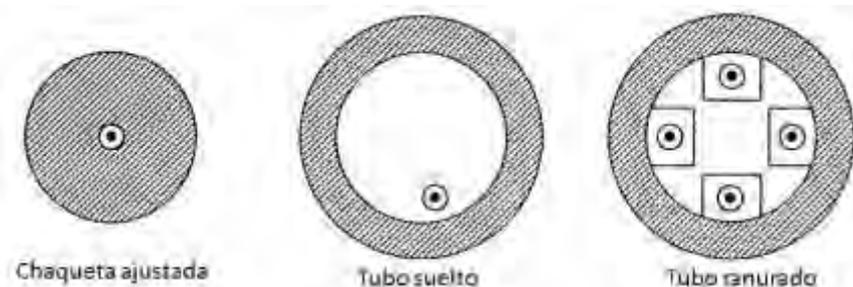


FIGURA 2 - 1: Diseños típicos de cables de peso ligero [27][Elaboración propia]

- Cables pesados de fibra óptica

Estos cables utilizan el acero o el kevlar (polímero resistente) para darle una propiedad de resistencia mecánica a los cables. En la Figura 2-2 se muestran tres tipos de diseños. En primer lugar, la resistencia mecánica se puede lograr incrustando fibras de vidrio en poliuretano y cubriendo este material con una cubierta de kevlar. En segundo lugar, se puede lograr la resistencia colocando múltiples fibras alrededor de un núcleo de acero. Por último, se pueden emplear cintas (normalmente fabricadas con doce fibras) que se agrupan en una matriz rectangular y son colocadas en un tubo de polietileno; además, se disponen de barreras de acero en las dos chaquetas de polietileno más alejadas del centro del cable. Con esto, se obtienen cables con un diámetro alrededor de 1 a 1.5cm [27].

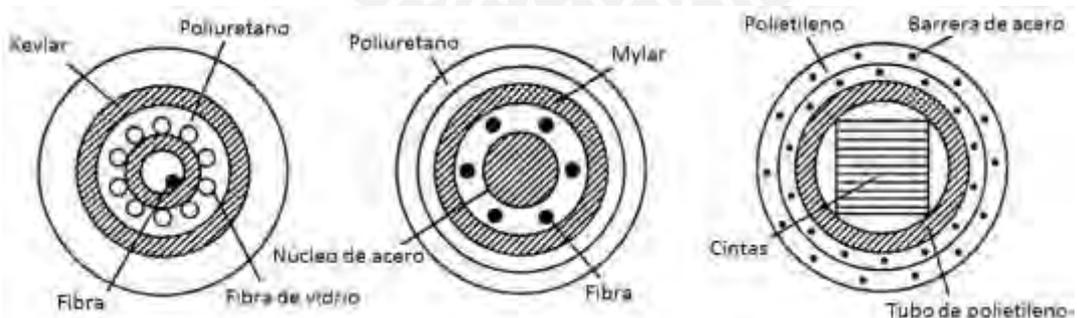


FIGURA 2 - 2: Diseños típicos de cables pesados de fibra [27]

B. Nodos de red de transporte: Constituye el camino “principal” de la red de planta externa, la cual está conformada por diferentes nodos interconectados.

C. Cajas de empalme: Elementos protectores en los que las fibras ópticas se empalman de forma permanente. El proceso de empalme puede llevarse a cabo

mediante las siguientes técnicas:

- **Empalme mecánico:** Existen varias técnicas de este tipo de empalme. Uno de los más comunes, mostrado en la Figura 2-3, consiste en utilizar un tubo rígido de vidrio o cerámica suficientemente grande para aceptar el empalme de las fibras. Para lograr el sellado mecánico y mantener una concordancia de índices de refracción de las fibras, se emplea un adhesivo transparente. Con esta técnica, se han calculado empíricamente pérdidas de inserción alrededor de 0.1dB [28].



FIGURA 2 - 3: Técnica de empalme mecánico basada en el empleo de un tubo rígido [28] [29] [Elaboración propia]

- **Empalme por fusión:** Consiste en soldar un par de fibras con un empalmador que alinea las fibras y se utiliza cuando es poco probable que se necesite cambio de conexión [30]. En la Figura 2-4 se diagrama los procedimientos básicos de fusión. Los extremos de la fibra son sometidas a una descarga de baja energía antes de llevarse a cabo la fusión, proceso en el cual se aplica un arco eléctrico más fuerte [28] [31]. Esta técnica es adaptable para su realización en condiciones de campo y es posible obtener pérdidas de inserción alrededor de 0.01 dB [28] [32].

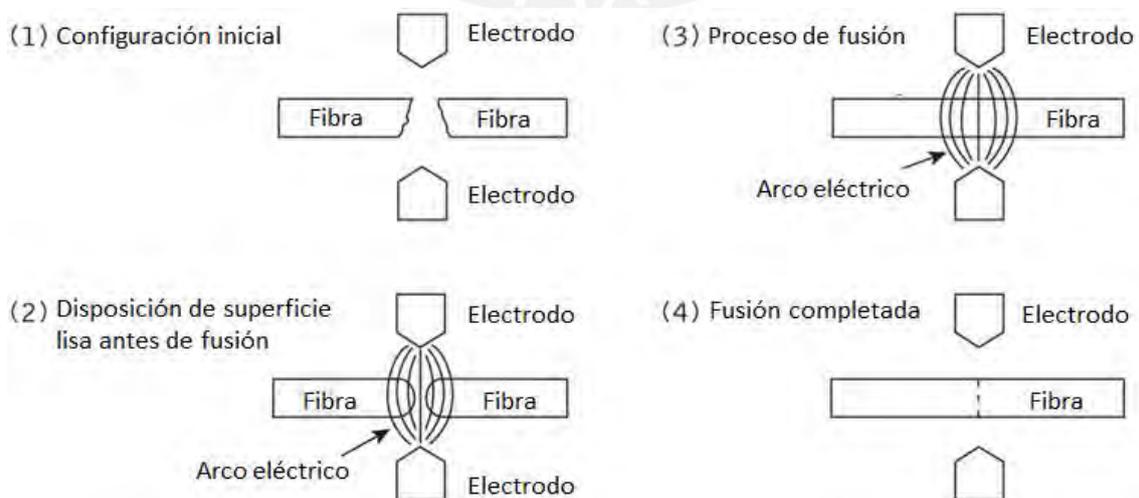


FIGURA 2 - 4: Proceso de fusión de fibras con arco eléctrico [28] [31]

D. Cámaras: Elementos que se emplean en canalizaciones subterráneas y en cuyo interior se empalman los hilos de fibra óptica y se despliegan los cables de la red de telecomunicaciones [26] .

E. Postes: Unidades o estructuras de soporte que se instalan en lugares que no dificulten el acceso a propiedades; en general, su eje coincide con el lindero de las propiedades [14].

2.1.2. Fibra óptica según los modos que soporta

En la teoría electromagnética, se conoce a los modos a la “manera” en que se logra que la luz incidente en la guía de onda presente una distribución de campo tal que la componente transversal dentro de la guía sea estacionaria. De esta manera, los modos permiten que la luz sea guiada, sin embargo, debe considerarse que existen longitudes de onda (asociadas a frecuencias de corte) a partir de las cuales el modo no logra el guiado de la luz [28].

Según el número de modos que soporta, la fibra óptica se clasifica en:

- **Fibra monomodo**

Una fibra monomodo se diseña de tal forma que solo permite la propagación de un modo, mientras que los otros modos son atenuados por absorción o filtrado. Así, se evita la dispersión intermodal de la señal que podría ser causada por los retardos producidos por la propagación de múltiples modos (caso de la fibra multimodo). Esta clase de fibra encuentra su aplicación para requerimientos de alto ancho de banda y trayectos de mediano y largo alcance. Se caracteriza, además, por requerir de transmisores capaces de enfocar en un área pequeña (diámetro $9\ \mu\text{m}$ del *core*) y de presentar una frecuencia normalizada “V” menor a 2.405 (Figura 2-5), para cuyo rango solo se transmite el modo fundamental LP01 [28].

- **Fibra multimodo**

Al contrario que el caso anterior, esta clase de fibra presenta un *core* de mayor de tamaño ($50\text{-}62.5\ \mu\text{m}$) que facilita el acoplo de la fuente transmisora y permite la transmisión de múltiples modos. Debido a esto, se presenta la dispersión intermodal por los retardos de los distintos modos. Para superar esto, existen diseños de fibra de índice gradual cuyo perfil de índice busca que los modos más “lentos” se propaguen más rápido y que en los modos más “rápidos” se produzca lo contrario. La aplicación de esta fibra recae en requerimientos de menor ancho de banda y distancia [28].

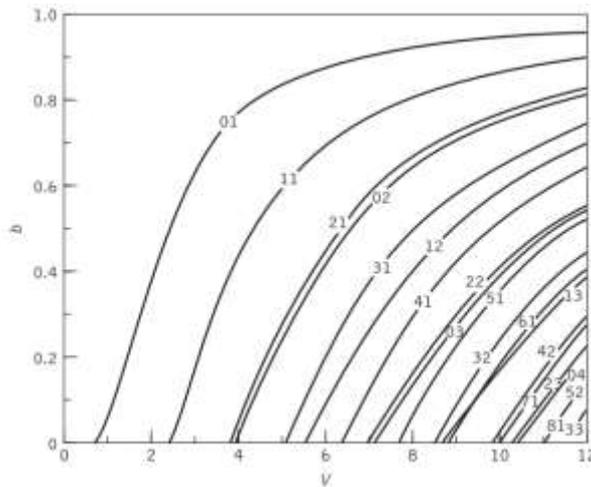


FIGURA 2 - 5: Diagrama b-V [28]

2.2. Dispersión de la señal óptica

La dispersión es un factor que distorsiona los pulsos de luz que viajan a través de la fibra óptica. El efecto que produce este factor es el ensanchamiento de los pulsos de luz en el eje del tiempo y esto, a su vez, puede producir un efecto de interferencia intersimbólica en el canal [28], tal como se muestra en la Figura 2-6(c).

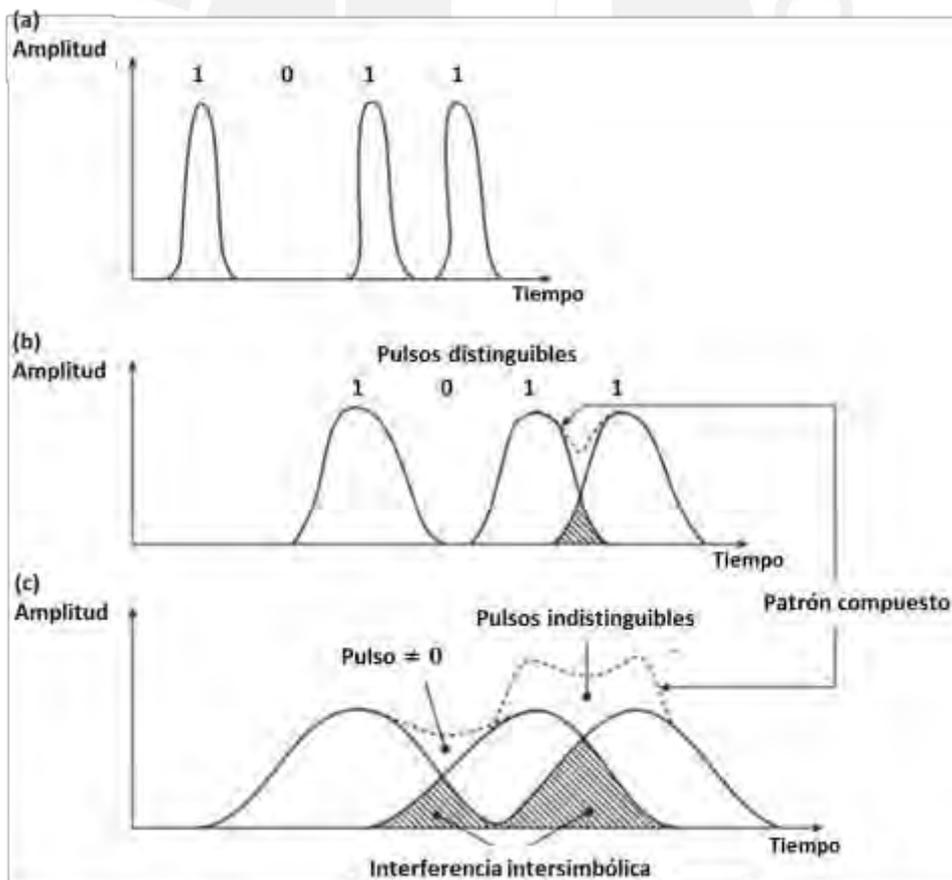


FIGURA 2 - 6: Patrón de bits 1011 a medida que se transmiten por la fibra óptica. (a) Entrada a la fibra, $L=0$; (b) Pulsos a una distancia L_1 ; (c) Pulsos a una distancia $L_2 > L_1$ [28]

A fin de corroborar la viabilidad de un enlace óptico, se puede calcular la dispersión total de acuerdo a tres formas generales de dispersión, en base a la siguiente expresión:

$$\text{Dispersión total} = \Delta t = \sqrt{(\Delta t_{\text{mod}}^2 + \Delta t_{\text{crom}}^2 + \Delta t_{\text{PMD}}^2)} \quad (2.1)$$

Donde:

- Δt_{mod} : **Dispersión modal**. Es un factor a considerar para fibras multimodo, en las que los diferentes modos siguen diferentes caminos a lo largo del enlace y, por tanto, llegan al equipo receptor bajo un diferencial de tiempo. Su valor puede ser calculado bajo la siguiente expresión [28]:

$$\Delta t_{\text{mod}} = \frac{Ln_1}{c} \left(\frac{n_1 - n_2}{n_2} \right) \quad (2.2)$$

Los parámetros que se deben conocer son los índices de refracción del núcleo (n_1), índice de refracción del primer recubrimiento (n_2), la longitud que recorren los pulsos ópticos (L) y la velocidad de la luz (c).

- Δt_{crom} : **Dispersión cromática**. Esta dispersión se genera por las propiedades del material y estructura de la fibra óptica. Puede ser estimada mediante la siguiente expresión [28]:

$$\Delta t_{\text{crom}} = L \cdot \Delta\lambda \cdot \frac{\lambda S_0}{4} \left[1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^4 \right] \quad (2.3)$$

Los parámetros que se deben conocer son la longitud que recorren los pulsos ópticos (L), el ancho espectral de la fuente ($\Delta\lambda$), la longitud de onda de operación (λ), la pendiente de dispersión cero (S_0) y la longitud de onda de dispersión cero (λ_0).

- Δt_{PMD} : **Dispersión por modo de polarización**. En este tipo de dispersión, el ensanchamiento del pulso se genera debido a que las componentes en el eje X y eje Y del modo que viaja por la fibra óptica, no viajan a la misma velocidad. Para distancias cortas, como es el caso del presente diseño, el valor de esta dispersión es despreciable respecto a la dispersión cromática, por lo que es recomendable calcularlo para distancias mayores a 100 km. No obstante, se brinda la expresión para el cálculo respectivo [28]:

$$\Delta t_{\text{PMD}} = D_{\text{PMD}} \sqrt{L} \quad (2.4)$$

Una vez calculada la dispersión total producida, se calcula el máximo ancho de banda en Hertz (BW) a través de la siguiente expresión [28]:

$$BW = \frac{1}{2 \Delta t} \quad (2.5)$$

Finalmente, se calcula la máxima tasa de transferencia (bps) de acuerdo al máximo ancho de banda (Hz). La conversión de hertz a una tasa de bits dependerá del formato de codificación digital empleado. En el caso de una red GPON, la codificación empleada es el *Nonreturn-to-zero* (NRZ), ilustrado en la Figura 2-7(a) [28].

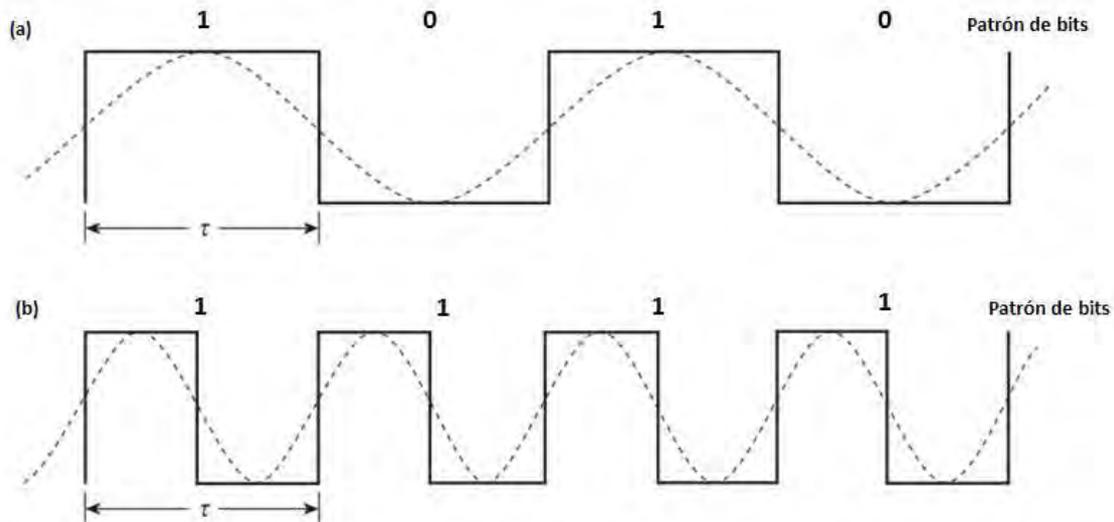


FIGURA 2 - 7: Relación de tasa de bits y longitud de onda para las codificaciones (a) NRZ; (b) RZ [28]

En el caso de la codificación NRZ, se tendrá una tasa de bits máxima (B) según la siguiente expresión:

$$B = \text{Tasa de bits máxima (bps)} = 2 BW \quad (2.6)$$

2.3. Topologías de red

A continuación se describen las principales configuraciones topológicas en una red FTTH:

2.3.1. Configuración punto a punto

Esta configuración consiste en un enlace directo entre la oficina central, donde se encuentra el OLT, y el usuario final, donde está ubicado el ONT. Los equipos activos principalmente utilizados son PDH, SDH y WDM, con lo cual se puede alcanzar enlaces dedicados de alta capacidad mayormente aprovechados en el ámbito empresarial. Sin embargo, la topología punto a punto supondría elevados costos de despliegue en caso el operador decida adoptarla para usuarios domésticos [33].

2.3.2. Configuración punto a multipunto

La configuración punto a multipunto constituye la base de las redes FTTH y, en específico, de las redes PON. Busca reducir el costo de despliegue y mantenimiento mediante la compartición de un mismo segmento óptico entre distintos terminales, es decir, múltiples usuarios comparten un mismo canal físico para la transmisión de información [33].

Las principales configuraciones punto a multipunto son las siguientes:

2.3.2.1. Arquitectura en estrella

En esta configuración, el OLT, el cual forma parte de la cabecera de la red, se conecta a los usuarios finales a través de divisores ópticos pasivos (*splitters*). El divisor más cercano al OLT se denomina divisor de cabecera o divisor de primera etapa, el cual divide la potencia de la señal procedente del OLT hacia los ONT o hacia divisores de segunda etapa que subdividen la potencia de la señal. De esta forma, se crea una topología lógica en estrella o árbol que se caracteriza por ser flexible y de bajo costo de operación y mantenimiento [33].



FIGURA 2 - 8: Arquitectura en estrella o árbol [33]

2.3.2.2. Arquitectura en anillo

La arquitectura en anillo es una configuración robusta formada por nodos que conforman un anillo a través de un enlace común. Esta configuración, además, permite la recuperación de la comunicación ante posibles fallas. Esto se logra mediante el reenvío del tráfico en el sentido opuesto al anterior desde el OLT o desde el nodo/enlace donde se produce la falla de comunicación [34].

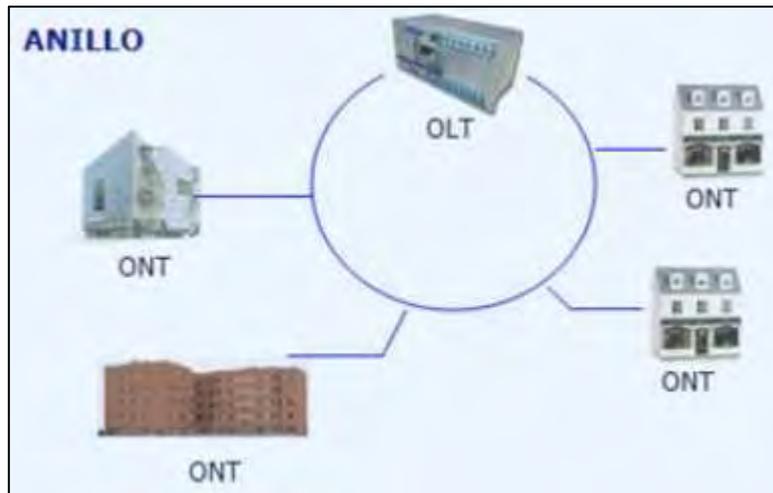


FIGURA 2 - 9: Arquitectura en anillo [33]

2.3.2.3. Arquitectura en bus

La arquitectura en bus está conformada por nodos (ONT) que comparten un mismo enlace con conexión al nodo central (OLT). A diferencia de una arquitectura en anillo, ante posibles fallas, no se recupera la comunicación de los usuarios afectados, por lo que es una solución de menor fiabilidad [34].

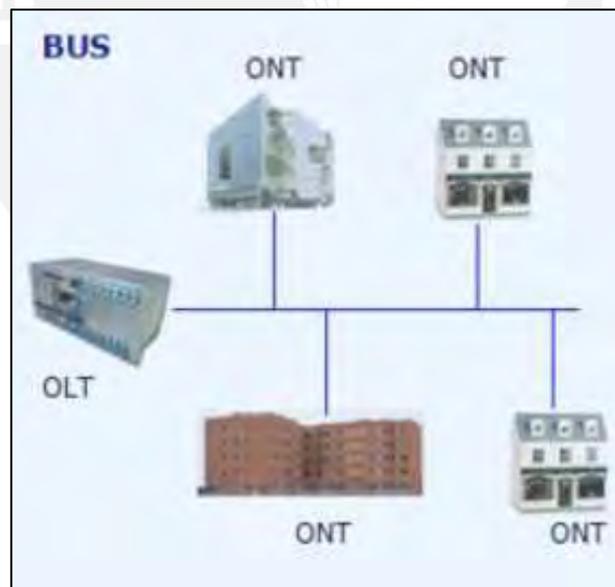


FIGURA 2 - 10: Arquitectura en bus [33]

2.4. Conceptos de diseño hidráulico

2.4.1. Sección transversal del alcantarillado

La sección por donde fluyen las aguas servidas se encuentran parcialmente llenas, tal como se muestra en la Figura 2-11. Esto es un principio básico de sistemas de alcantarillado, donde se cumple que $r < 2R$, es decir, se espera que la sección transversal no sea ocupada en su totalidad por las aguas servidas [35].

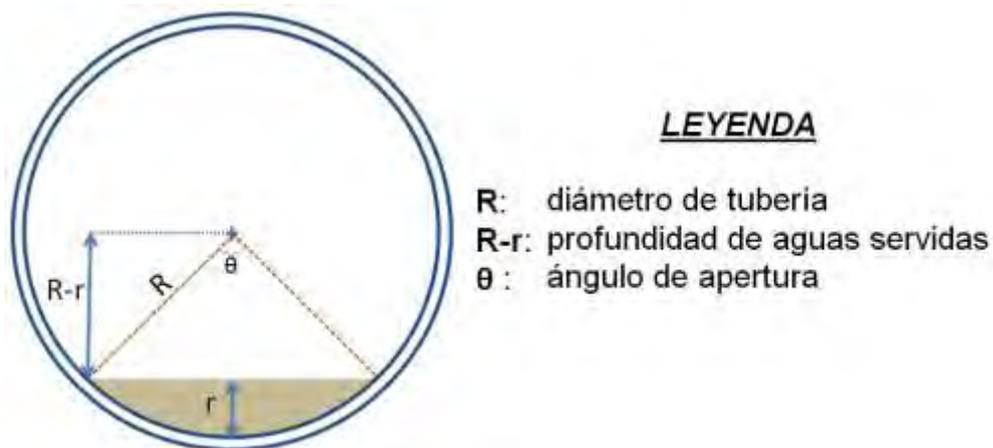


FIGURA 2 - 11: Bosquejo de sección transversal de tubería de alcantarillado
[Elaboración propia]

Las aguas servidas, asimismo, fluyen a una velocidad que puede ser calculada mediante una fórmula de diseño hidráulico denominada Fórmula de Manning. Esta expresión se detalla a continuación [36]:

$$V = \frac{1}{n} (R/2)^{2/3} \sqrt{S} \quad [\text{m/s}] \quad (2.7)$$

Donde:

- V (m/s) es la velocidad para $r = 2R$.
- S es la pendiente del tramo evaluado del sistema de alcantarillado.
- n es el coeficiente de rugosidad de Manning, el cual depende del material de la tubería.

2.4.2. Determinación de caudal de aguas servidas

El caudal de aguas servidas hace referencia a la tasa de desecho en litros por segundo que ingresa hacia la tubería matriz proveniente de los hogares [35].

Para el cálculo del caudal del caudal domiciliario, se emplea la siguiente expresión [35]:

$$Q_d = \frac{CA \times \text{Retorno} \times \text{Hab}}{86400} \quad [\text{litros/s}] \quad (2.8)$$

Donde:

- Q_d (litros / segundo) representa el caudal domiciliario
- CA representa el consumo de litros de agua por persona al día
- Retorno (%) representa el porcentaje del agua consumida que ingresa al sistema de alcantarillado
- Hab representa el número total de habitantes conectados al sistema de alcantarillado

Por otro lado, se considera un factor de caudal medio (f_{qm}) que representa el caudal domiciliario distribuido entre el total de habitantes. Este factor, pues, es calculado mediante la siguiente expresión [35]:

$$f_{qm} = \frac{\text{Caudal domiciliario}}{\text{Total de habitantes}} \quad [\text{adimensional}] \quad (2.9)$$

Donde el factor de caudal medio (f_{qm}) toma un valor entre 0.002 a 0.005. En caso no se encuentre dentro de tal rango, se tomará el valor límite más cercano [35].

2.4.3. Cálculo del caudal de diseño (Q_{dis})

El caudal de diseño representa el caudal de aguas servidas en cualquier punto del sistema de alcantarillado y es calculado mediante la siguiente ecuación [35]:

$$Q_{dis} = \text{Hab} \times \frac{18 + \sqrt{\text{Hab}/1000}}{4 + \sqrt{\text{Hab}/1000}} \times f_{qm} \quad (2.10)$$

Donde:

- Hab representa el número de habitantes que contribuyen al caudal del tramo de alcantarillado en evaluación. Dicho tramo es delimitado por dos buzones y presenta una pendiente determinada.

2.4.4. Cálculo del caudal a sección llena (Q)

El caudal a sección llena hace referencia al caudal en litros por segundo que se tendría si se ocupase toda la sección transversal del alcantarillado, es decir, para $r = 2R$.

Este caudal puede ser calculado mediante la siguiente expresión [35]:

$$Q = A \times V \quad (2.11)$$

Donde:

- "A" es el área transversal de la tubería
- "V" es la velocidad para $r = 2R$

2.4.5. Determinación de área ocupada

El área ocupada por las aguas servidas puede determinarse a partir de las curvas mostradas en Figura 2-12. En ella se observan las siguientes variables:

- r = Altura ocupada de las aguas servidas (ver Figura 2-11)
- R = Radio de la tubería
- Q = Caudal de agua cuando $r = 2R$
- Q_{dis} = Caudal de diseño
- v = Velocidad de las aguas servidas para un caudal Q_{dis}
- V = Velocidad de las aguas servidas para un caudal Q

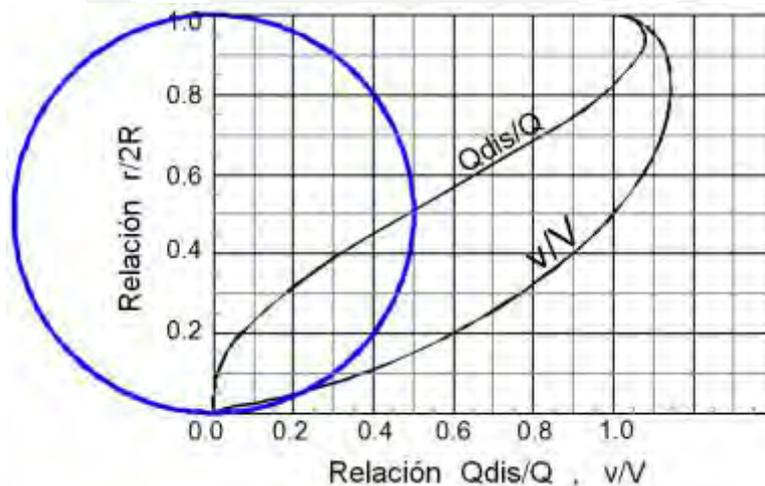


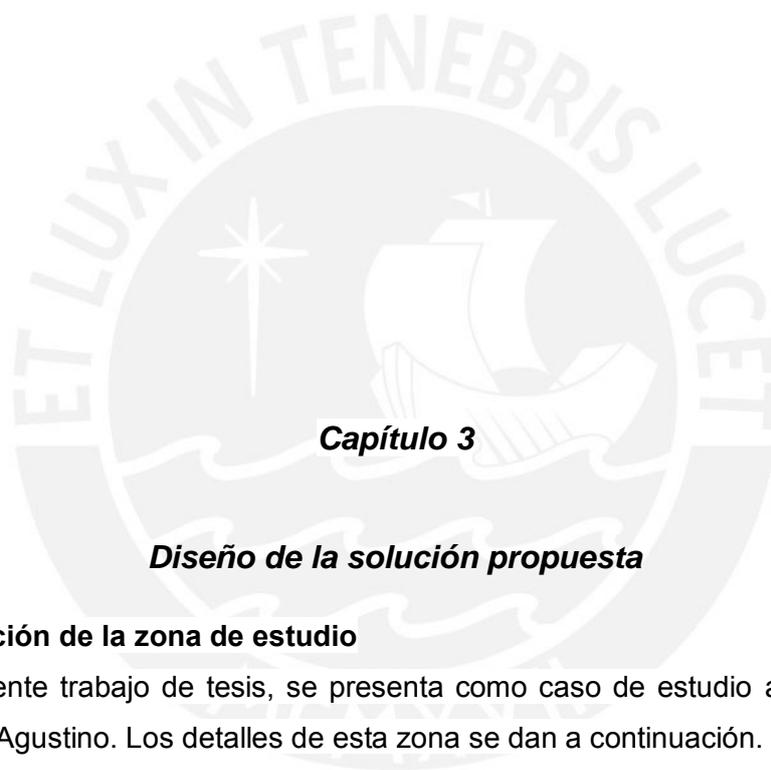
FIGURA 2 - 12: Curvas de caudal y velocidad en secciones circulares, basadas en Manning [37]

Al determinar la relación $r/2R$, y considerando las variables de las figuras 2-11 y 2-12, se calcula el porcentaje de ocupación de las aguas servidas mediante la siguiente expresión:

$$\text{Área ocupada (\%)} = \frac{\frac{R^2\theta}{2} - R(R-r)\text{Sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)}{\pi R^2} \times 100\% \quad (2.12)$$

Donde:

- $\theta = 2\arccos\left(\frac{R-r}{R}\right)$



Capítulo 3

Diseño de la solución propuesta

3.1. Información de la zona de estudio

Para el presente trabajo de tesis, se presenta como caso de estudio a la Zona I del distrito de El Agustino. Los detalles de esta zona se dan a continuación.

3.1.1. Ubicación y descripción de la zona de estudio

En la Figura 3-1 se muestra la ubicación del distrito de El Agustino, cuya área ha sido dividida en zonas. La Zona I es la zona de interés para el presente trabajo de tesis.

La Zona I de El Agustino se encuentra limitada por el norte con la Zona II, al sur con la urbanización San Cayetano y la Zona VII, al este con la Zona VI, y al oeste con el Cuartel Barbones y la urbanización Santoyo.

3.1.3. Población beneficiaria

Como población beneficiaria del diseño propuesto, se ha tomado como referencia el expediente técnico de la obra “Cambio de redes de tuberías de alcantarillado El Agustino I Zona” realizado por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal) en el año 2015 [38]. En Figura 3-3 se muestra la distribución de hogares y se estima un total de 580 hogares, a los cuales se propone brindar el acceso a servicios de banda ancha mediante una red FTTH.

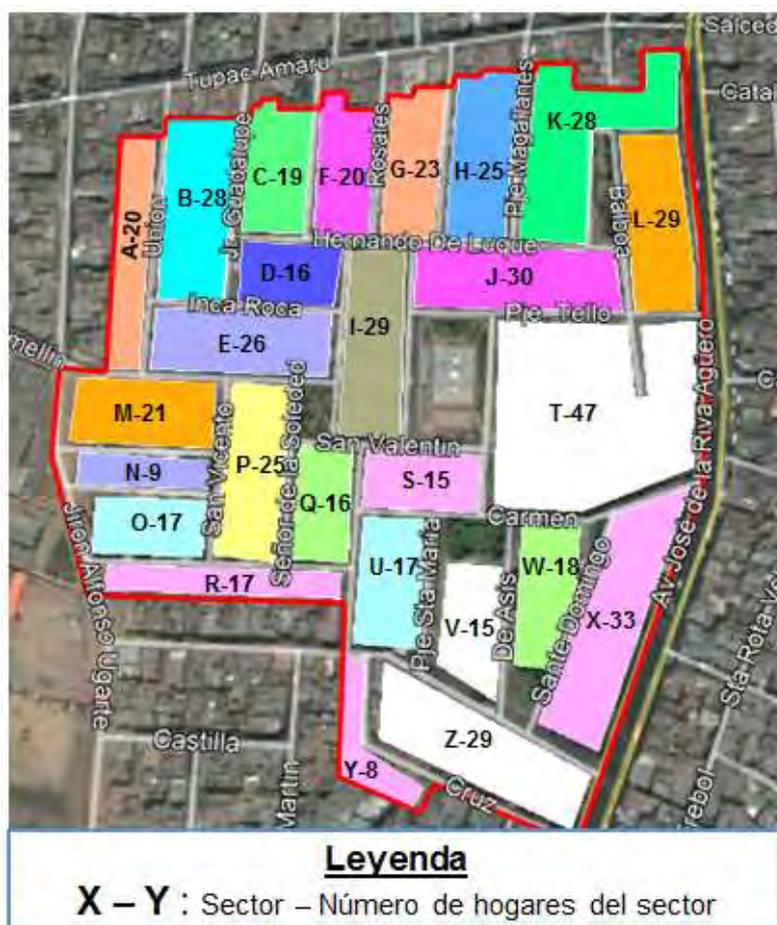


FIGURA 3 - 3: Distribución de hogares en la Zona I de El Agustino [39] [Elaboración propia]

3.1.4. Análisis de involucrados

En la Tabla 3-1 se presenta la lista de involucrados a tener en cuenta en el diseño propuesto de la presente tesis. Entre ellos, destaca Sedapal, pues es el ente que dispone de la infraestructura de alcantarillado, el cual es un factor fundamental para hacer posible el método de despliegue propuesto. Este despliegue debería suponer beneficios tanto para Sedapal como para el operador que instale la red de telecomunicaciones bajo un caso de negocio que se detallará en el Capítulo 4 de esta tesis.

TABLA 3 - 1: Involucrados en la implementación del diseño propuesto [Elaboración propia]

Involucrados	Funciones
Entidad reguladora	Entidades como Osipitel y el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) a cargo de la fiscalización del servicio
Municipalidad de El Agustino	Brindar servicios de calidad a los pobladores del distrito
Sedapal	Brindar el acceso a su red de alcantarillado para el despliegue de la red óptica
Operador	Instalar, operar y mantener la red
Población beneficiada	Acceder a los servicios brindados

3.2. Requerimiento de tasa de transmisión de datos

En Tabla 3-2 se muestra el detalle del consumo de banda ancha proyectado por hogar. Como resultado, se obtiene un consumo proyectado de 74.0312 Mbps. Este dato resulta clave para el dimensionamiento de la red pasiva, puesto que nos permitirá definir el ratio de división de potencia de los divisores ópticos y, con ello, determinar el número de puertos GPON requeridos.

La propuesta proyectada en Tabla 3-2 incluye un servicio *Triple Play*, el cual involucra los servicios de televisión (señal de televisión encapsulada en paquetes IP), telefonía y acceso a Internet de banda ancha. Por otro lado, en la propuesta señalada en Tabla 3-2, se considera una proyección futura en la tasa de transmisión de datos de 50 Mbps, que permita, por ejemplo, acceso a juegos en línea, tráfico HTTP de alta velocidad, aplicaciones de IoT (*Internet of Things*), domótica y seguridad en hogares con el uso de cámaras. Estos ejemplos indicados del uso al acceso de banda ancha son una muestra del desarrollo tecnológico y representaría una oferta atractiva para los hogares.

TABLA 3 - 2: Tasa de bits de servicios a ofrecer por hogar [Elaboración propia]

	TV		Telefonía	Datos
	HD	SD		
Tasa (Mbps)	10	4	0.0312	50
Canales	2	1	1	
Subtotal (Mbps)	20	4	0.0312	
Total (Mbps)	74.0312			

En cuanto a la oferta comercial, los operadores existentes con cobertura en la zona de estudio ofrecen paquetes alrededor de 40 Mbps para el acceso de hogares a Internet fijo por fibra óptica. No obstante, de acuerdo a la regulación peruana, el operador solo está obligado a garantizar una velocidad mínima del 40% de la velocidad máxima contratada del acceso a Internet, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{Velocidad mínima garantizada} = \text{Velocidad máxima contratada} \times 40\% \quad (3.1)$$

Por ello, ante una oferta de 40 Mbps de algún operador, lo que en realidad se garantiza es una velocidad mínima de 16 Mbps.

3.3. Red de acceso FTTH

Las principales partes que constituyen la red de acceso FTTH propuesta se señalan en Figura 3-4. En el presente trabajo de tesis, el dimensionamiento se centrará en la red de alimentación y red de distribución, es decir, entre el OLT ubicado en la oficina central del proveedor y el ONT ubicado en cada una de las viviendas beneficiadas.

En cuanto a los divisores ópticos o *splitters*, se propone una división de dos niveles. Como parte del primer nivel de división, se proyecta el uso de *splitters* con una razón de división de potencia de 2:4. Por otro lado, se proyecta un segundo nivel de *splitters* con razón de división de 1:8. Por tanto, al juntar ambos niveles se obtiene una división conjunta de 32, asociada a un puerto GPON, lo que corresponde a 32 hogares por puerto. Con ello, se obtiene la siguiente tasa de transmisión de descarga por hogar:

$$\text{Tasa de transmisión por hogar (bps)} = \frac{\text{Capacidad de puerto GPON}}{\text{Razón conjunta de splitters}} \quad (3.2)$$

$$\text{Tasa de transmisión por hogar (bps)} = \frac{2.488 \text{ Gbps}}{32} = 77.75 \text{ Mbps}$$

La tasa de 77.75 Mbps representa la tasa máxima por hogar de acuerdo a los niveles de división indicados. Con esta tasa, se cubre la tasa de transmisión proyectada en el punto 3.2.

3.3.1. Oferta comercial de tasa de transmisión propuesta

Si bien se determinó una tasa de 77.75 Mbps por hogar, la tasa con la que se propone comercializar a la demanda de usuarios va desde un plan de 100 Mbps/10 Mbps hasta un plan máximo de 170 Mbps/17 Mbps (Tabla 3-3), con lo cual, considerando que el mínimo garantizado corresponde al 40% de la tasa comercializada, se logra garantizar la tasa dimensionada de 77.75 Mbps.

TABLA 3 - 3: Planes comerciales propuestos para el acceso FTTH [Elaboración propia]

Plan 1 (Mbps)		Plan 2 (Mbps)	
<i>Down</i>	<i>Up</i>	<i>Down</i>	<i>Up</i>
170	17	100	10
Mínimo garantizado		Mínimo garantizado	
68	6.8	40	4

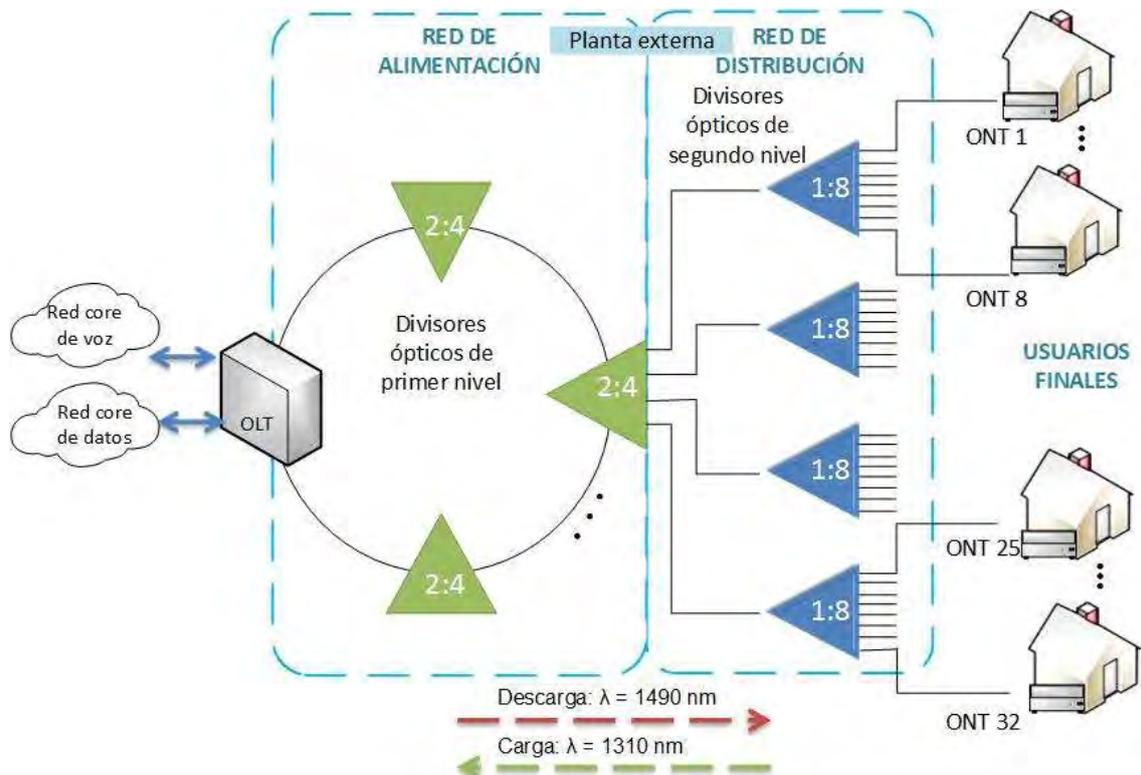


FIGURA 3 - 4: Red de acceso FTTH basada en estándar GPON [40] [Elaboración propia]

3.3.2. Red de alimentación

A) Protección Tipo B

Para la solución de diseño propuesta en el presente trabajo de tesis, se plantea una red de alimentación conformada por *splitters* en una topología tipo anillo que permite una protección tipo B (Figura 3-5).

La protección tipo B provee redundancia a la red de alimentación propuesta. Para lograrlo, uno de los puertos a los que está conectado el cable alimentador se configura en modo activo, mientras que el puerto en la otra dirección es configurado en un modo de espera o *standby*. De esta forma, al ocurrir una falla en uno de los enlaces de la topología en anillo (Figura 3-5 (a)), se activa el respectivo puerto de espera en el OLT

de modo que desde dicho puerto se envíe una copia del tráfico de descarga hacia los *splitters* afectados por la falla de enlace y, además, el tráfico de carga es redirigido hacia dicho puerto. Por otro lado, la protección en la topología propuesta para la red de alimentación permite que ante una falla en uno de los puertos (Figura 3-5 (b)), se active el respectivo puerto de espera. Con ello, se logra que el tráfico sea redirigido a dicho puerto [40].

En el presente diseño, los *splitters* de primer nivel, que conforman la red de distribución, serán de una razón de proporción de 2:4, de modo que admita la conexión desde dos puertos GPON (uno de ellos como *backup*) hacia 4 fibras de distribución que irán conectadas a *splitters* de segundo nivel, a partir de los cuales se llegará a los hogares.

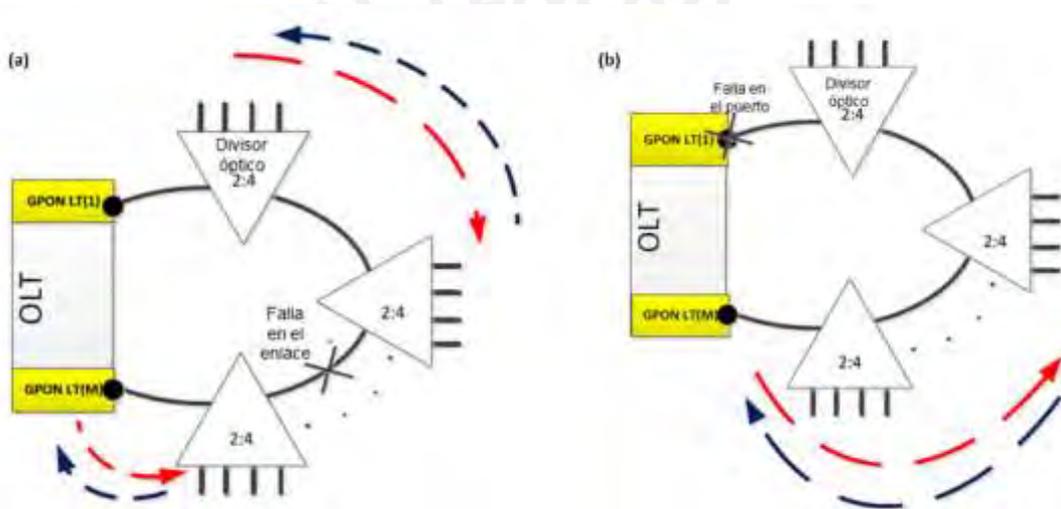


FIGURA 3 - 5: Protección tipo B: (a) Frente a fallas en el enlace (b) Frente a fallas en el puerto GPON [40]

B) Dimensionamiento de puertos GPON

Tal como se indicó en el punto 3.3, un puerto GPON podrá asociarse a un máximo de 32 hogares y, dado que se tiene un total de 580 hogares, se requerirá la siguiente cantidad de puertos:

$$\text{Número de puertos en modo activo} = \frac{\text{Total de hogares beneficiarios}}{\text{Número de hogares por puerto GPON}} \quad (3.3)$$

$$\text{Número de puertos en modo activo} = \frac{580}{32} = 19 \text{ puertos GPON}$$

Cada puerto GPON estará asociado a un *splitter* de la red de alimentación, razón por la cual se requieren 19 *splitters* ópticos de primer nivel. Siguiendo el esquema de protección Tipo B, los *splitters* se distribuirán en una topología tipo anillo y, además de

los 19 puertos GPON activos, se deberán configurar otros 19 puertos en estado *standby*, por lo que se requerirá un total de 38 puertos GPON en el OLT del proveedor.

C) Ubicación de OLT

La ubicación del OLT se muestra en la Figura 3-6, correspondiente a la ubicación del nodo de acceso de uno de los operadores con mayor presencia de infraestructura óptica en el Perú. Así, el OLT, ubicado en la avenida Luis Reynafarje 221, formará una topología en anillo con los 19 *splitters* que se encuentran distribuidos en 5 cajas de empalme y, así, constituir la red de alimentación del diseño propuesto.



FIGURA 3 - 6: Inicio de rutas principal y *backup* a través de la red de alcantarillado [Elaboración propia]

D) Rutas del cable de fibra óptica

Para la ubicación de los 19 *splitters* de primer nivel, se plantea agruparlos de acuerdo a lo indicado en Tabla 3-4 para atender a una determinada cantidad de hogares. Estos *splitters* formarán grupos de 4 y 3 *splitters*, ubicados en cajas de empalmes situadas en buzones con ubicaciones estratégicas a lo largo de la zona de estudio. De esta forma, cada caja de empalme cubrirá una zona determinada (ver Figura 3-7).

Para el recorrido del cable de fibra óptica mostrado en Figura 3-7, se aprovechará la infraestructura de alcantarillado existente y se considerarán reservas de cables de fibra óptica a distancias entre 450 – 550 m ante posibles futuras incidencias.

Dado que se requerirá 19 divisores ópticos en una topología tipo anillo, el cable empleado para la red de alimentación debe ser tal que contenga como mínimo 19 hilos de fibra óptica. Para el diseño del presente trabajo de tesis, se seguirá una de las

buenas prácticas seguidas por los proveedores de servicios mediante fibra óptica. Esta buena práctica consiste en emplear solo hasta el 80% de la capacidad máxima de hilos del cable de fibra óptica, de los cuales el 15% de hilos se destinan para acciones de mantenimiento y un par de hilos se destinan para la realización de pruebas. Teniendo en cuenta esto, se diseñará la red de alimentación considerando un cable de 48 hilos, lo que permitirá contar con hilos para realizar pruebas, para realizar la operación y mantenimiento, y para futuras posibles expansiones de la red.

TABLA 3 - 4: Cantidad de hogares cubiertos por *splitters* de la red de alimentación
[Elaboración propia]

Caja de empalme (CE)	Ubicación en coordenadas	Splitter de primer nivel (2:4)	Hogares cubiertos por cada <i>splitter</i>	Hogares cubiertos por cada CE
CE 1	-12.053139° -77.006288°	S-1	32	127
		S-2	32	
		S-3	31	
		S-4	32	
CE 2	-12.053847° - 77.006520°	S-5	28	117
		S-6	30	
		S-7	27	
		S-8	32	
CE 3	-12.055312° - 77.006325°	S-9	31	127
		S-10	32	
		S-11	32	
		S-12	32	
CE 4	-12.055826° - 77.005727°	S-13	29	120
		S-14	32	
		S-15	29	
		S-16	30	
CE 5	-12.053629° - 77.004960°	S-17	28	89
		S-18	32	
		S-19	29	
Total de hogares			580	

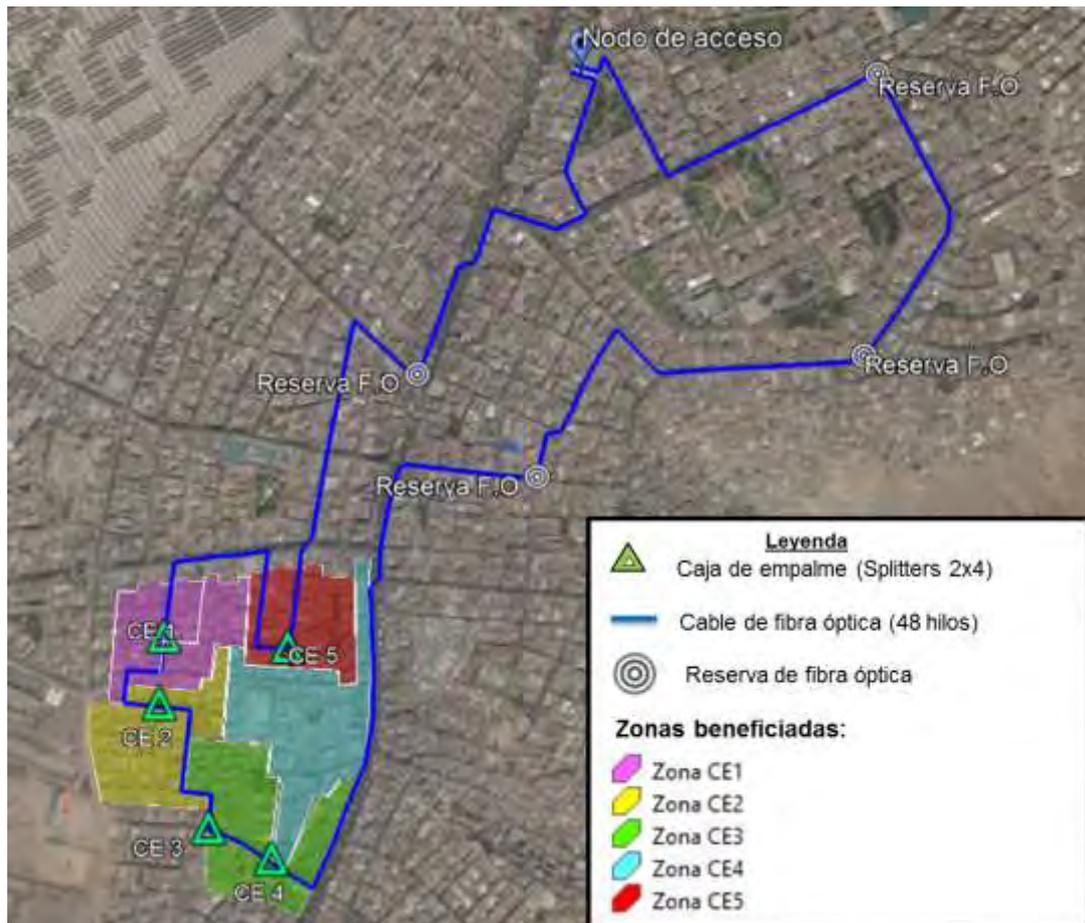


FIGURA 3 - 7: Esquema de la red de alimentación [39] [Elaboración propia]

3.3.3. Red de distribución

La red de distribución estará conformada por los *splitters* ópticos de segundo nivel con una razón de proporción de 1:8, de forma que cada uno de estos divisores podrá corresponder a un máximo de 8 hogares. La redundancia en esta parte de la red no es objeto del presente trabajo de tesis, por lo que una falla en uno de los enlaces de la red de distribución implicaría la pérdida del servicio para los hogares dependientes de dicho enlace. En la Figura 3-8 se puede observar la red de distribución en la Zona CE1, es decir, en la zona cubierta por el grupo de *splitters* S-1, S-2, S-3 y S-4, los cuales se encuentran en una caja de empalme identificada como CE1. Para atender esta zona, se plantea la instalación de 16 *splitters* de segundo nivel (razón 1:8), donde cada uno de ellos atenderá a 8 hogares, a excepción de un *splitter* que atenderá a 7 hogares, tal como se indica en la Figura 3-8. Cada divisor óptico, además, se ubicará en una caja de empalme. En este caso, cada *splitter* de segundo nivel comparte la misma ubicación con otro divisor del mismo nivel, en un mismo buzón.

Las zonas identificadas como Zona CE2, Zona CE3 y Zona CE4 (ver Figura 3-7) son atendidas mediante 16 *splitters* de segundo nivel cada una, según las distribuciones

mostradas en Figura 3-9, Figura 3-10 y Figura 3-11, respectivamente. Finalmente, en la zona identificada como Zona CE5, se plantea la instalación de 12 splitters de segundo nivel de acuerdo a la distribución mostrada en la Figura 3-12. Con ello, se podrá atender a los hogares en cada zona, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3-4.

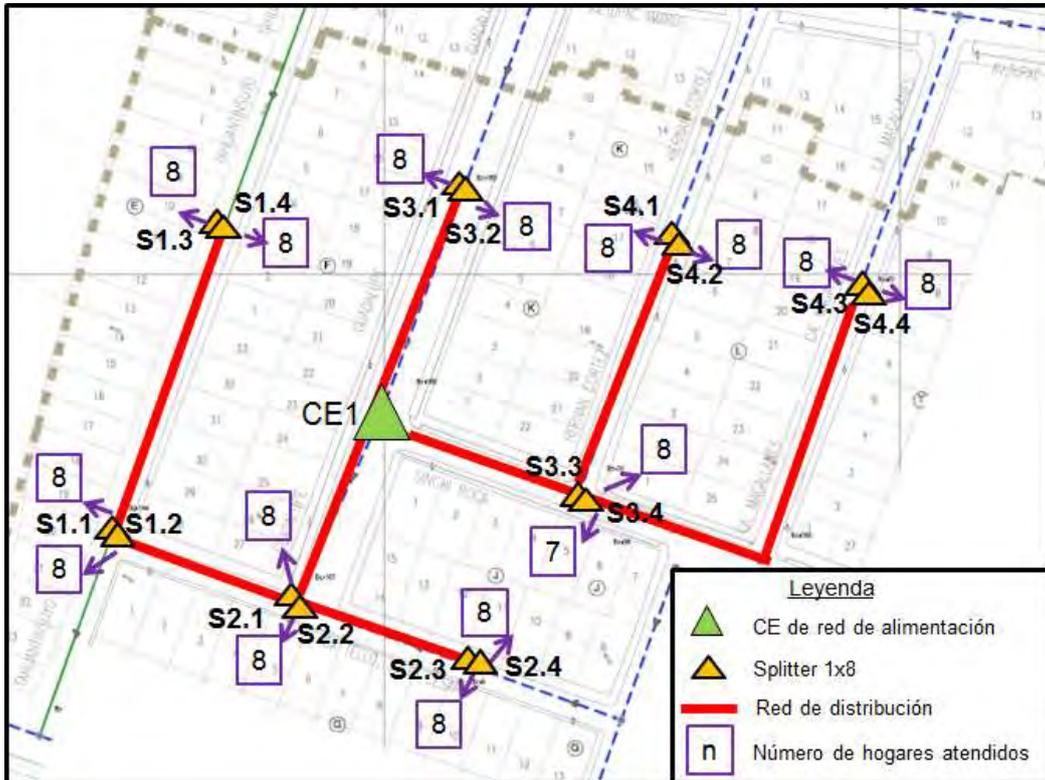


FIGURA 3 - 8: Red de distribución asociada a la caja de empalme 1 (CE1)
[Elaboración propia]

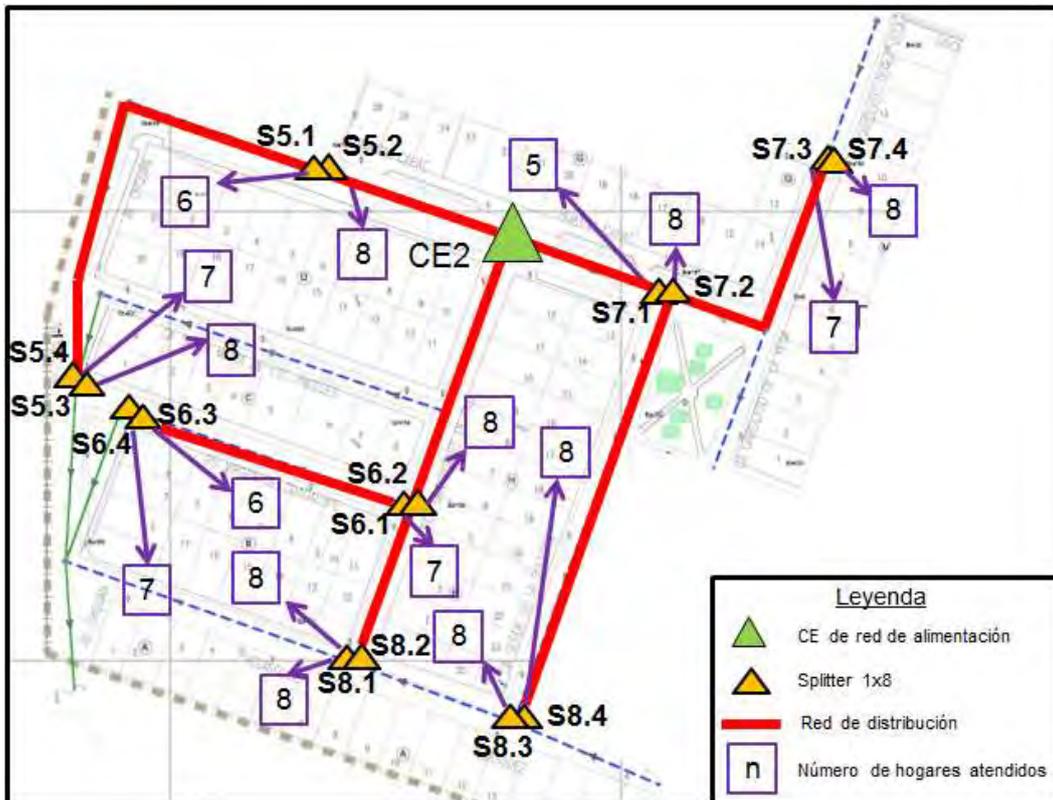


FIGURA 3 - 9: Red de distribución asociada a la caja de empalme 2 (CE2)
[Elaboración propia]

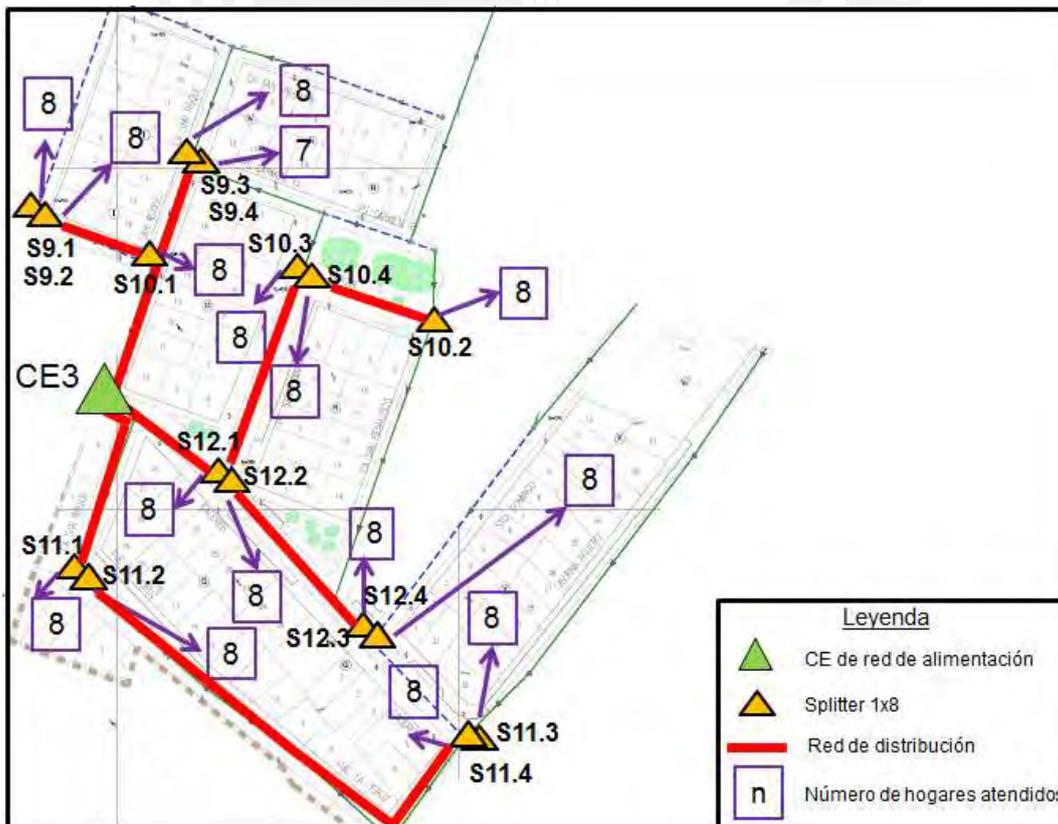


FIGURA 3 - 10: Red de distribución asociada a la caja de empalme 3 (CE3)
[Elaboración propia]

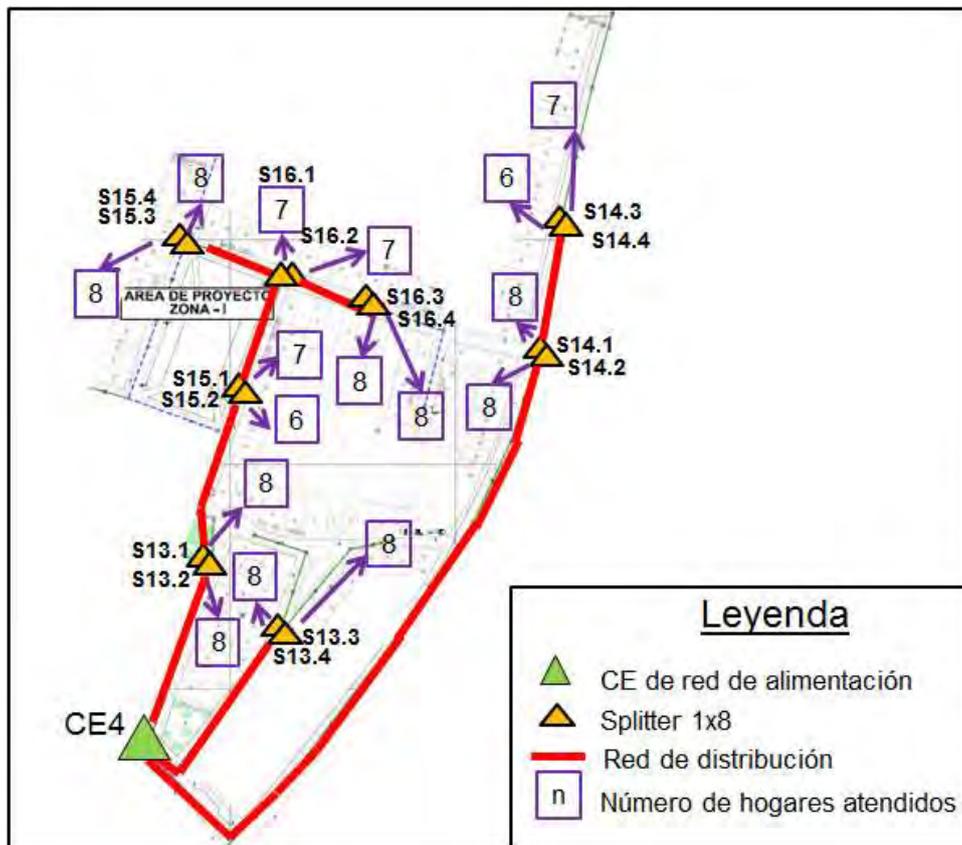


FIGURA 3 - 11: Red de distribución asociada a la caja de empalme 4 (CE4)
[Elaboración propia]

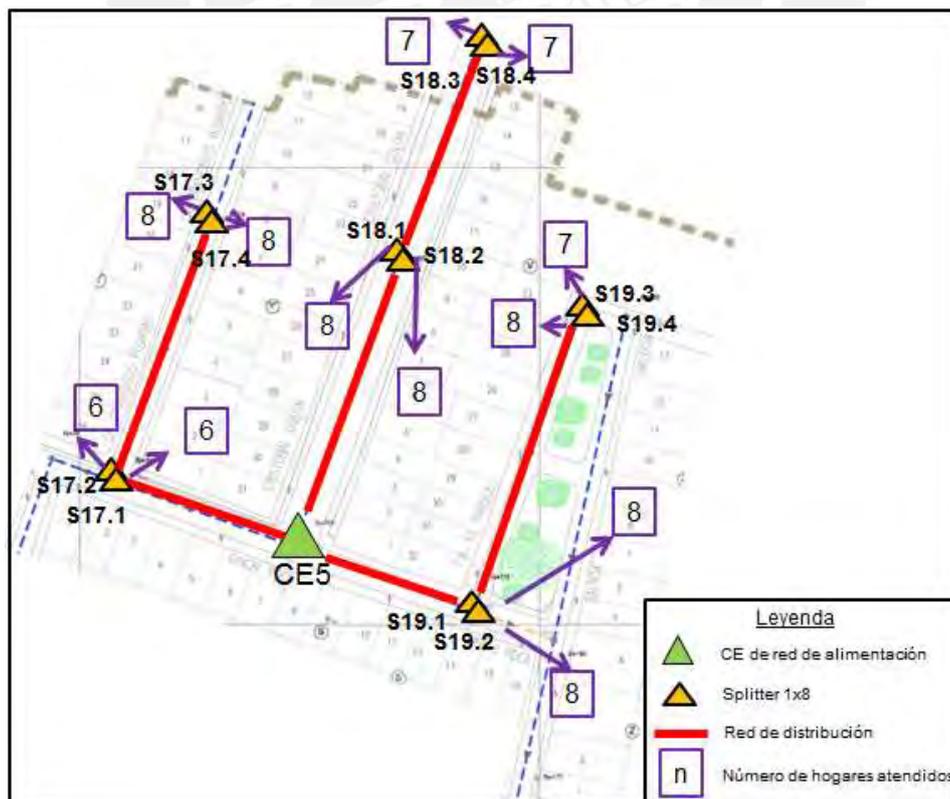


FIGURA 3 - 12: Red de distribución asociada a la caja de empalme 5 (CE5)
[Elaboración propia]

3.4. Análisis de dispersión

En esta sección se realiza un análisis de la dispersión que afecta a los pulsos de luz que viajan a través de la fibra óptica.

A fin de corroborar la viabilidad del enlace según la tasa de bits, se calculará la dispersión total de acuerdo a las tres formas generales de dispersión estudiadas en la sección 2.2:

- Δt_{mod} : **Dispersión modal.**

En el presente diseño, se propone la instalación de fibra óptica monomodo y, como tal, se considera una dispersión modal de valor nulo.

$$\Delta t_{\text{modal}} = 0$$

- Δt_{crom} : **Dispersión cromática.**

En el presente diseño se calcularán de acuerdo a los valores de la recomendación ITU-T G.652.D y G.984.2, para la cual se tienen los siguientes datos con sus valores más críticos: $\Delta\lambda = 1\text{nm}$, $S_0 = 0.092\text{ ps}/(\text{nm}^2.\text{km})$ y $\lambda_0 = 1300\text{ nm}$. Con ello, se calcula, con la ecuación (2.3), para cada longitud de onda de operación:

Enlace principal

L máximo = 2.42 km, distancia desde el transmisor al hogar más alejado

Para $\lambda = 1310\text{ nm}$ y L máximo:

$$\Delta t_{\text{crom}} = 2.42 \times 1 \times \frac{1310(0.092)}{4} \left[1 - \left(\frac{1300}{1310} \right)^4 \right] = 2.20\text{ ps}$$

Para $\lambda = 1490\text{ nm}$ y L máximo:

$$\Delta t_{\text{crom}} = 2.42 \times 1 \times \frac{1490(0.092)}{4} \left[1 - \left(\frac{1300}{1490} \right)^4 \right] = 34.88\text{ ps}$$

Enlace de contingencia

L máximo = 3.29 km, distancia desde el transmisor al hogar más alejado

Para $\lambda = 1310\text{ nm}$ y L máximo:

$$\Delta t_{\text{crom}} = 3.29 \times 1 \times \frac{1310(0.092)}{4} \left[1 - \left(\frac{1300}{1310} \right)^4 \right] = 2.99\text{ ps}$$

Para $\lambda = 1490\text{ nm}$ y L máximo:

$$\Delta t_{\text{crom}} = 3.29 \times 1 \times \frac{1490(0.092)}{4} \left[1 - \left(\frac{1300}{1490} \right)^4 \right] = 47.41\text{ ps}$$

- Δt_{PMD} : **Dispersión por modo de polarización.**

Los parámetros que se deben conocer son la longitud que recorren los pulsos ópticos (L) y el coeficiente PMD (D_{PMD}) que, de acuerdo a la recomendación ITU-T G.652.D, le corresponde un valor máximo de $0.2\text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$. Con ello, se calcula, con la ecuación (2.4):

Enlace principal

$$L \text{ máximo} = 2.42 \text{ km: } \Delta t_{\text{PMD}} = 0.2 \sqrt{L} = 0.31 \text{ ps}$$

Enlace de contingencia

$$L \text{ máximo} = 3.29 \text{ km: } \Delta t_{\text{PMD}} = 0.2 \sqrt{L} = 0.36 \text{ ps}$$

Una vez calculados los tres tipos de dispersión, se procede a determinar la dispersión total con la ecuación (2.1):

Enlace principal

$$\text{Para } \lambda = 1310 \text{ nm y } L \text{ máximo: } \Delta t = \sqrt{(0 + 2.20^2 + 0.31^2)} = 2.22 \text{ ps}$$

$$\text{Para } \lambda = 1490 \text{ nm y } L \text{ máximo: } \Delta t = \sqrt{(0 + 34.88^2 + 0.31^2)} = 34.88 \text{ ps}$$

Enlace de contingencia

$$\text{Para } \lambda = 1310 \text{ nm y } L \text{ máximo: } \Delta t = \sqrt{(0 + 2.99^2 + 0.36^2)} = 3.01 \text{ ps}$$

$$\text{Para } \lambda = 1490 \text{ nm y } L \text{ máximo: } \Delta t = \sqrt{(0 + 47.41^2 + 0.36^2)} = 47.41 \text{ ps}$$

Finalmente, se calcula con las ecuaciones (2.5) y (2.6) la máxima tasa de bits. Entonces, se tiene:

Enlace principal

$$\text{Para } \lambda = 1310 \text{ nm: Tasa de bits máxima (bps)} = 2 \text{ BW} = \frac{1}{\Delta t} = 450 \text{ Gbps}$$

$$\text{Para } \lambda = 1490 \text{ nm: Tasa de bits máxima (bps)} = 2 \text{ BW} = \frac{1}{\Delta t} = 28.7 \text{ Gbps}$$

Enlace de contingencia

$$\text{Para } \lambda = 1310 \text{ nm: Tasa de bits máxima (bps)} = 2 \text{ BW} = \frac{1}{\Delta t} = 332.2 \text{ Gbps}$$

$$\text{Para } \lambda = 1490 \text{ nm: Tasa de bits máxima (bps)} = 2 \text{ BW} = \frac{1}{\Delta t} = 21.1 \text{ Gbps}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible que en los enlaces propuestos se alcancen las velocidades de 2.488 Gbps y 1.244 Gbps para descarga y carga, a longitudes de onda de 1490 nm y 1310 nm, respectivamente, sin que ello signifique la presencia de interferencias intersimbólicas.

3.5. Power Budget

En los puntos 3.3.2 y 3.3.3 se determinaron las rutas que seguirán los cables de fibra óptica en la red de alimentación y distribución, respectivamente. Además de conocer las rutas, es necesario validar si el nivel de potencia recibido en cada uno de los ONT es el adecuado, es decir, si el nivel de potencia recibido supera la sensibilidad mínima

del equipo, pero se encuentra por debajo de su nivel de potencia de saturación. Para esto, se seguirá el esquema planteado en la Figura 3-13, donde se representa el enlace óptico que conecta al ONT, ubicado en un hogar, con el OLT ubicado en la oficina del proveedor. En dicho enlace, los *splitters* son los elementos pasivos que contribuyen en mayor grado a la atenuación de la señal. Asimismo, los conectores, los empalmes por fusión, el ODF, la roseta óptica (incluye adaptador óptico) y los cables de fibra óptica también contribuyen a la atenuación de la señal.

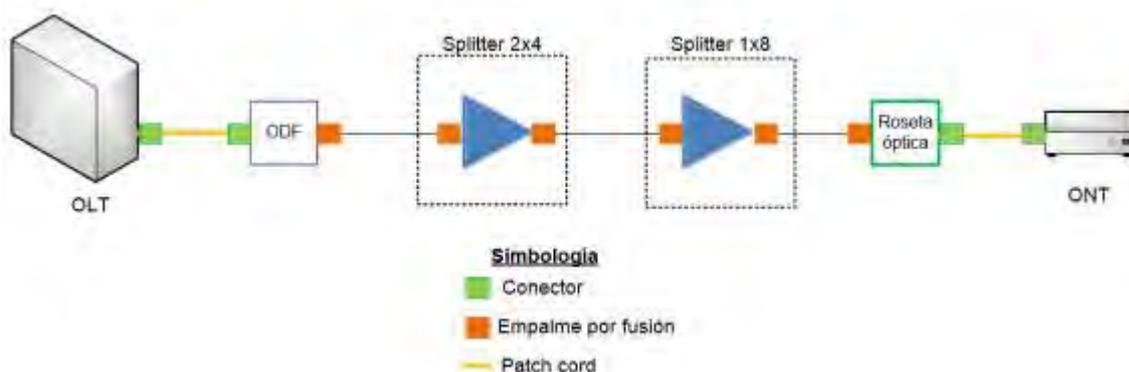


FIGURA 3 - 13: Diagrama de enlace óptico asociado a un hogar [11][Elaboración propia]

Para realizar el análisis respectivo de potencias, se requiere conocer los valores de pérdidas que introducen los diferentes elementos del enlace, así como datos de nivel de sensibilidad y sobrecarga del OLT y ONT. Para esto, se emplearán los equipos indicados en la Tabla 3-5, cuyas marcas servirán solo como referencia, pues el diseño propuesto no se limita a una marca en específico y la elección de los equipos se debe principalmente a la facilidad en el acceso a sus especificaciones técnicas y costos referenciales.

TABLA 3 - 5: Elementos involucrados en el link budget [40] [41] [42] [43] [44] [45]

Elemento del enlace	Parámetro	Valor
OLT GPON FK-OLT-G2500 [41]	Potencia de transmisión	1.5 - 5 dBm
ONT GPON FK-ONT-G400R (De acuerdo a ITU-T G.984.2 Enmienda1 Clase B+) [42]	Potencia de transmisión	0.5 - 5 dBm
	Sensibilidad	-27dBm
	Nivel de sobrecarga	-8 dBm
<i>Splitter</i> 2x4 [43]	Pérdida de potencia	7.3 dB
<i>Splitter</i> 1x8 [44]	Pérdida de potencia	10.5 dB
Cable de fibra monomodo G.652.D [45]	Pérdida de potencia máxima para longitud de onda de 1310nm a 1625nm	0.4 dB/km
Conectores [40]	Pérdida de potencia	0.2 dB
Roseta óptica	Pérdida de potencia	0.2 dB

La pérdida total de potencia de cada enlace es mostrada en las tablas Tabla 3-6 y Tabla 3-7. La Tabla 3-6 corresponde a los enlaces principales, mientras que la Tabla 3-7 corresponde a los enlaces de respaldo, gracias a la topología en anillo propuesta en el diseño para la red de alimentación. Tener en cuenta que para ambos casos se ha considerado el enlace hacia los hogares más alejados para cada *splitter* de distribución, ya que son los puntos más críticos, en los cuales la señal sufre la mayor atenuación.

A fin de corroborar la viabilidad del enlace propuesto, se calculará la potencia de recepción del ONT de acuerdo a la siguiente expresión:

$$P_{\text{recepción}} = \text{Potencia de transmisión del OLT (peor caso)} - \text{Pérdidas} \quad (3.4)$$

En primer lugar, se realizará el cálculo para el enlace principal con mayor nivel de pérdida de potencia. De acuerdo a la Tabla 3-6, este valor es 21.792 dB y corresponde a un hogar atendido desde la caja de empalme CE4. Se muestra el cálculo según la ecuación (3.4):

$$P_{\text{recepción}} = 1.5 - 21.792 = - 20.292 \text{ dBm}$$

En segundo lugar, se realizará el cálculo para el enlace de respaldo con mayor nivel de pérdida. De acuerdo a la Tabla 3-7, este valor es 22.139 dB y corresponde a un hogar atendido desde la caja de empalme CE5. Se muestra el cálculo según la ecuación (3.4):

$$P_{\text{recepción}} = 1.5 - 22.139 = - 20.639 \text{ dBm}$$

En ambos casos, la potencia de recepción no supera el nivel de sobrecarga del ONT y es mayor a su nivel de sensibilidad que, de acuerdo a la recomendación que este sigue (ITU-T G.984.2 Enmienda 1 Clase B+), corresponden a valores iguales a -8 dBm y -27dBm, para una tasa de 2.488 Gbps en sentido descendente. Con ello, se asegura un diseño en el que el ONT recibe la señal a un nivel adecuado para poder procesarla y que, al no sobrepasar el nivel de sobrecarga, se evitarán daños en el equipo. Por otro lado, el cálculo de los enlaces admite considerar un margen de pérdidas, ya que los niveles de pérdidas calculados podrían variar ante cambios o introducción de nuevos elementos en la red de alimentación y/o distribución. Para el enlace principal, se calculó un margen de 6.908 dB, mientras que para el enlace de respaldo se calculó un margen de 6.561 dB.

TABLA 3 - 6: Cálculo de pérdidas de potencia en los enlaces principales para los hogares más alejados [Elaboración propia]

CE	Splitter 1x8	Distancia OLT-CE (enlace principal) (km)	Distancia CE-Splitter (km)	Distancia Splitter-hogar (km)	Pérdida patch cord (dB)	Pérdida por conectores y adaptador (dB)	Pérdida por fusiones (dB)	Pérdida por cable de fibra (dB)	Pérdida por splitters (dB)	Atenuación total (dB)
CE1	S1.1, S1.2	1.47	0.0814	0.0800	2	1.0	0.021	0.6526	17.8	21.4736
	S1.3, S1.4		0.1350	0.0600	2	1.0	0.024	0.6660	17.8	21.4900
	S2.1, S2.2		0.0406	0.0850	2	1.0	0.018	0.6382	17.8	21.4562
	S2.3, S2.4		0.0733	0.0520	2	1.0	0.021	0.6381	17.8	21.4591
	S3.1, S3.2		0.0386	0.0600	2	1.0	0.018	0.6274	17.8	21.4454
	S3.3, S3.4		0.0420	0.0580	2	1.0	0.018	0.6280	17.8	21.4460
	S4.1, S4.2		0.0908	0.0550	2	1.0	0.021	0.6463	17.8	21.4673
	S4.3, S4.4		0.1320	0.0550	2	1.0	0.021	0.6628	17.8	21.4838
CE2	S5.1, S5.2	1.63	0.0460	0.0650	2	1.0	0.021	0.6964	17.8	21.5174
	S5.3, S5.4		0.1470	0.1220	2	1.0	0.024	0.7596	17.8	21.5836
	S6.1, S6.2		0.0650	0.0840	2	1.0	0.021	0.7116	17.8	21.5326
	S6.3, S6.4		0.1300	0.0890	2	1.0	0.024	0.7396	17.8	21.5636
	S7.1, S7.2		0.0380	0.0860	2	1.0	0.021	0.7016	17.8	21.5226
	S7.3, S7.4		0.0980	0.0830	2	1.0	0.024	0.7244	17.8	21.5484
	S8.1, S8.2		0.1010	0.0850	2	1.0	0.024	0.7264	17.8	21.5504
	S8.3, S8.4		0.1400	0.0810	2	1.0	0.024	0.7404	17.8	21.5644
CE3	S9.1, S9.2	1.86	0.0800	0.0900	2	1.0	0.027	0.8120	17.8	21.6390
	S9.3, S9.4		0.0740	0.1000	2	1.0	0.027	0.8136	17.8	21.6406
	S10.1		0.0430	0.0430	2	1.0	0.024	0.7784	17.8	21.6024
	S10.2		0.1400	0.0480	2	1.0	0.03	0.8192	17.8	21.6492
	S10.3, S10.4		0.1050	0.0640	2	1.0	0.027	0.8116	17.8	21.6386
	S11.1, S11.2		0.0510	0.0720	2	1.0	0.024	0.7932	17.8	21.6172
	S11.3, S11.4		0.2150	0.0800	2	1.0	0.027	0.8620	17.8	21.6890
	S12.1, S12.2		0.0450	0.0750	2	1.0	0.024	0.7920	17.8	21.6160
CE4	S12.3, S12.4	1.94	0.1150	0.0900	2	1.0	0.027	0.8260	17.8	21.6530
	S13.1, S13.2		0.0900	0.0900	2	1.0	0.021	0.8480	17.8	21.6690
	S13.3, S13.4		0.1050	0.1000	2	1.0	0.021	0.8580	17.8	21.6790
	S14.1, S14.2		0.3200	0.0700	2	1.0	0.021	0.9320	17.8	21.7530
	S14.3, S14.4		0.4000	0.0800	2	1.0	0.024	0.9680	17.8	21.7920
	S15.1, S15.2		0.1700	0.0600	2	1.0	0.024	0.8680	17.8	21.6920
	S15.3, S15.4		0.2900	0.0800	2	1.0	0.03	0.9240	17.8	21.7540
	S16.1, S16.2		0.2300	0.0800	2	1.0	0.027	0.9000	17.8	21.7270
CE5	S16.3, S16.4	1.1	0.2600	0.0800	2	1.0	0.03	0.9120	17.8	21.7420
	S17.1, S17.2		0.0450	0.0500	2	1.0	0.018	0.4780	17.8	21.2960
	S17.3, S17.4		0.1150	0.0450	2	1.0	0.021	0.5040	17.8	21.3250
	S18.1, S18.2		0.0750	0.0600	2	1.0	0.018	0.4940	17.8	21.3120
	S18.3, S18.4		0.1300	0.0750	2	1.0	0.021	0.5220	17.8	21.3430
	S19.1, S19.2		0.0450	0.1000	2	1.0	0.018	0.4980	17.8	21.3160
S19.3, S19.4	0.1150	0.0800	2	1.0	0.021	0.5180	17.8	21.3390		

TABLA 3 - 7: Cálculo de pérdidas de potencia en los enlaces de contingencia para los hogares más alejados [Elaboración propia]

CE	Splitter 1x8	Distancia OLT-CE (enlace principal) (km)	Distancia CE-Splitter (km)	Distancia Splitter-hogar (km)	Pérdida patch cord (dB)	Pérdida por conectores y adaptador (dB)	Pérdida por fusiones (dB)	Pérdida por cable de fibra (dB)	Pérdida por splitters (dB)	Atenuación total (dB)
CE1	S1.1, S1.2	2.72	0.0814	0.0800	2	1.0	0.021	1.1526	17.8	21.9736
	S1.3, S1.4		0.1350	0.0600	2	1.0	0.024	1.1660	17.8	21.9900
	S2.1, S2.2		0.0406	0.0850	2	1.0	0.018	1.1382	17.8	21.9562
	S2.3, S2.4		0.0733	0.0520	2	1.0	0.021	1.1381	17.8	21.9591
	S3.1, S3.2		0.0386	0.0600	2	1.0	0.018	1.1274	17.8	21.9454
	S3.3, S3.4		0.0420	0.0580	2	1.0	0.018	1.1280	17.8	21.9460
	S4.1, S4.2		0.0908	0.0550	2	1.0	0.021	1.1463	17.8	21.9673
	S4.3, S4.4		0.1320	0.0550	2	1.0	0.021	1.1628	17.8	21.9838
CE2	S5.1, S5.2	2.55	0.0460	0.0650	2	1.0	0.021	1.0644	17.8	21.8854
	S5.3, S5.4		0.1470	0.1220	2	1.0	0.024	1.1276	17.8	21.9516
	S6.1, S6.2		0.0650	0.0840	2	1.0	0.021	1.0796	17.8	21.9006
	S6.3, S6.4		0.1300	0.0890	2	1.0	0.024	1.1076	17.8	21.9316
	S7.1, S7.2		0.0380	0.0860	2	1.0	0.021	1.0696	17.8	21.8906
	S7.3, S7.4		0.0980	0.0830	2	1.0	0.024	1.0924	17.8	21.9164
	S8.1, S8.2		0.1010	0.0850	2	1.0	0.024	1.0944	17.8	21.9184
	S8.3, S8.4		0.1400	0.0810	2	1.0	0.024	1.1084	17.8	21.9324
CE3	S9.1, S9.2	2.35	0.0800	0.0900	2	1.0	0.027	1.0080	17.8	21.8350
	S9.3, S9.4		0.0740	0.1000	2	1.0	0.027	1.0096	17.8	21.8366
	S10.1		0.0430	0.0430	2	1.0	0.024	0.9744	17.8	21.7984
	S10.2		0.1400	0.0480	2	1.0	0.03	1.0152	17.8	21.8452
	S10.3, S10.4		0.1050	0.0640	2	1.0	0.027	1.0076	17.8	21.8346
	S11.1, S11.2		0.0510	0.0720	2	1.0	0.024	0.9892	17.8	21.8132
	S11.3, S11.4		0.2150	0.0800	2	1.0	0.027	1.0580	17.8	21.8850
	S12.1, S12.2		0.0450	0.0750	2	1.0	0.024	0.9880	17.8	21.8120
S12.3, S12.4	0.1150	0.0900	2	1.0	0.027	1.0220	17.8	21.8490		
CE4	S13.1, S13.2	2.25	0.0900	0.0900	2	1.0	0.021	0.9720	17.8	21.7930
	S13.3, S13.4		0.1050	0.1000	2	1.0	0.021	0.9820	17.8	21.8030
	S14.1, S14.2		0.3200	0.0700	2	1.0	0.021	1.0560	17.8	21.8770
	S14.3, S14.4		0.4000	0.0800	2	1.0	0.024	1.0920	17.8	21.9160
	S15.1, S15.2		0.1700	0.0600	2	1.0	0.024	0.9920	17.8	21.8160
	S15.3, S15.4		0.2900	0.0800	2	1.0	0.03	1.0480	17.8	21.8780
	S16.1, S16.2		0.2300	0.0800	2	1.0	0.027	1.0240	17.8	21.8510
	S16.3, S16.4		0.2600	0.0800	2	1.0	0.03	1.0360	17.8	21.8660
CE5	S17.1, S17.2	3.09	0.0450	0.0500	2	1.0	0.018	1.2740	17.8	22.0920
	S17.3, S17.4		0.1150	0.0450	2	1.0	0.021	1.3000	17.8	22.1210
	S18.1, S18.2		0.0750	0.0600	2	1.0	0.018	1.2900	17.8	22.1080
	S18.3, S18.4		0.1300	0.0750	2	1.0	0.021	1.3180	17.8	22.1390
	S19.1, S19.2		0.0450	0.1000	2	1.0	0.018	1.2940	17.8	22.1120
	S19.3, S19.4		0.1150	0.0800	2	1.0	0.021	1.3140	17.8	22.1350

3.6. Técnica de tendido de los cables de fibra óptica en planta externa

La técnica propuesta de tendido en la presente tesis consiste en un despliegue de los cables de fibra óptica mediante la infraestructura de alcantarillado existente en un entorno urbano (El Agustino, en este caso). Cabe precisar que, a la actualidad, no se han desarrollado normativas que regulen una instalación de este tipo en el Perú, por lo que en la presente sección se describen las distintas cuestiones que se deben considerar para un despliegue por alcantarillado y se propone una metodología de instalación de fibra óptica en la infraestructura de alcantarillado de la zona de estudio. Las principales etapas de la presente sección se muestran en la Figura 3-14.

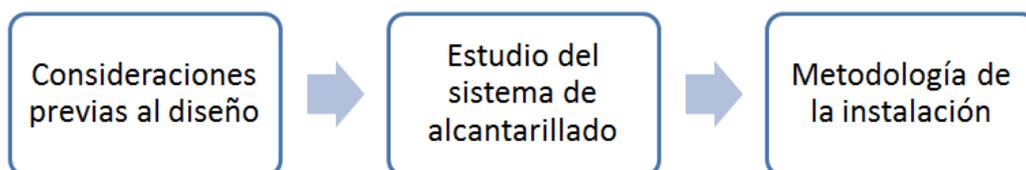


FIGURA 3 - 14: Etapas del diseño de instalación de fibra óptica [Elaboración propia]

3.6.1. Consideraciones previas al diseño

El método propuesto de instalación de los cables de fibra óptica en planta externa requiere un estudio previo del estado de la infraestructura de alcantarillado de interés. Particularmente en el Perú, donde predominan las instalaciones aéreas y subterráneas convencionales, y donde el estado de la infraestructura de alcantarillado puede variar de distrito en distrito, una instalación por alcantarillado en la Zona I de El Agustino debería considerar, en base a la recomendación ITU-T L.77, las siguientes cuestiones [20]:

- **Estado de alcantarillas:** Tener conocimiento del estado y de las dimensiones de la estructura del alcantarillado, lo cual comprende principalmente buzones y tuberías.
- **Tecnología empleada:** La tecnología empleada durante la instalación de la fibra óptica no debe suponer daños a los ductos de alcantarillado.
- **No alteración del servicio:** La instalación y operación de la red óptica no deberá alterar el servicio brindado por Sedapal.
- **Materiales empleados:** Los materiales empleados para instalar la fibra óptica deberán ser resistentes a las sustancias corrosivas y los gases tóxicos que emanan en una red de alcantarillado, así como a agentes externos, como los roedores, que puedan tener contacto con los cables desplegados.

- **Luego de la instalación:** Una vez instalada la fibra óptica, esta no debe impedir el normal flujo de las aguas servidas por los ductos del alcantarillado.
- **Mantenimiento preventivo:** La instalación de la fibra óptica debe ser tal que el procedimiento de mantenimiento preventivo ejecutado por Sedapal para su red de alcantarillado de la Zona I de El Agustino no represente un daño a la estructura de la red óptica.
- **Entorno urbano:** La red de alcantarillado abastece a hogares y, en general, a edificaciones que forman un entorno urbano. Precisamente las personas que cuentan con el servicio básico de saneamiento serán más propensas a demandar un servicio de banda ancha si las comparamos con personas de hogares sin acceso al sistema de aguas residuales.

Adicionalmente, tomando como base a J. Jeyapalan, Ph. D experto en la industria de aguas residuales y tecnologías sin zanjas, se presentan las siguientes consideraciones [46]:

- **Hidráulica del alcantarillado:** Previa a la instalación, se debe realizar un estudio hidráulico de las condiciones de flujo en el peor escenario, considerando información histórica de los flujos de aguas servidas en la red de alcantarillado de interés.
- **Inspección después de la instalación:** Se debe seleccionar una tecnología adecuada para la inspección de la condición de la infraestructura de alcantarillado y de la red de fibra instalada, a fin de que no implique daños a ninguna de estas estructuras.
- **Material de las alcantarillas:** Se requiere una evaluación del material de las tuberías con el fin de determinar la viabilidad de la instalación. Por un lado, se recomienda un especial cuidado con instalaciones en infraestructuras antiguas que puedan dañarse con métodos que implican perforaciones o cortes. Por otro lado, métodos no invasivos, los cuales no requieren perforaciones de la estructura de alcantarillado, resultan compatibles con materiales como el PVC, hormigón y cerámica.
- **Acumulación de grasas y desechos:** Como etapa previa a la instalación de la toda la estructura que albergará a la fibra óptica, se recomienda realizar procesos de limpieza y mantenimientos correctivos a toda la red de alcantarillado de interés. En el Agustino, por ejemplo, se emplea una manguera de 1.5 pulgadas de diámetro para inyectar agua a presión y enfrentar problemas de atoro o colapsos entre dos buzones adyacentes.

3.6.2. Sistema de alcantarillado de la zona de estudio

3.6.2.1. Elementos

La propuesta de rutas que siguen los cables de fibra óptica a lo largo de la zona de estudio (sección 3.3.2 y 3.3.3) es a través del sistema de alcantarillado. Este sistema comprende los siguientes elementos:

- Caja de registro
- Unión domiciliaria
- Ducto principal o tubería matriz
- Buzones

Como se observa en Figura 3-15, cada hogar beneficiario cuenta con una caja de registro y, a partir de esta, se conecta a la red matriz a través de una tubería de acometida (unión domiciliaria) de un diámetro de 16cm. La red matriz está conformada por buzones y por tuberías de un diámetro de 20 – 35 cm. Todas las uniones domiciliarias llegan a la tubería matriz y permiten el flujo de las aguas residuales que parten de los hogares. Cabe señalar, además, que este flujo es a través de tuberías de material de Policloruro de Vinilo (PVC).

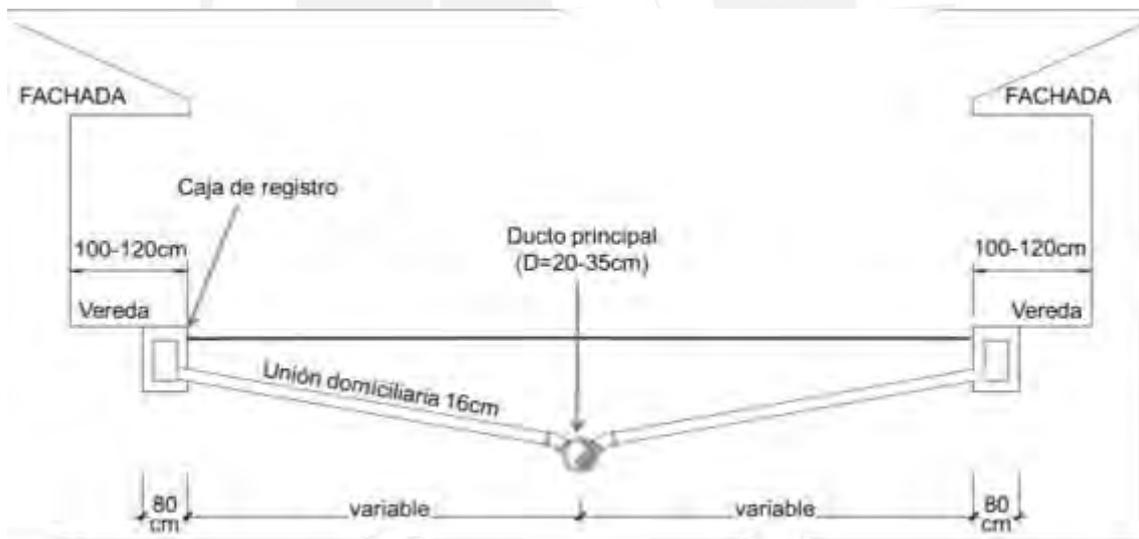


FIGURA 3 - 15: Elementos principales de la red de alcantarillado de interés [38]

3.6.2.2. Estudio hidráulico

De acuerdo a la recomendación ITU-T L.77, la instalación de la fibra óptica en tuberías del diámetro entre 20 – 70 cm (no accesibles por personas) puede ser llevada a cabo por robots. El objetivo de la presente sección, como parte de un estudio hidráulico, consiste en determinar el área transversal ocupada por las aguas residuales que fluyen por el alcantarillado. Para lograrlo, se empleará información estadística y fórmulas de diseño hidráulico que se detallarán en líneas posteriores.

a) Población inicial y futura

La sección transversal ocupada por las aguas residuales dependerá, entre otros factores, de la cantidad de habitantes en la zona de estudio, pues son quienes contribuyen al aumento del caudal de aguas servidas mediante las actividades que realizan como el aseo, lavado de utensilios, uso de inodoro, entre otros.

De acuerdo al estudio previo de hogares beneficiados, se determinó un total de 580 hogares, en base al expediente técnico de la obra “Cambio de redes de tuberías de alcantarillado El Agustino I Zona” realizado por Sedapal. Considerando la presencia de dos padres y dos hijos por hogar, se tendrá una población de 2320, la cual será considerada como nuestra población base del año cero.

Respecto a la población futura, se considera una tasa de crecimiento poblacional anual de 1.015% en el distrito de El Agustino. Esta información se basa en el estudio demográfico elaborado en el Plan Local de Seguridad Ciudadana 2017 de la Municipalidad Distrital de El Agustino [47].

Con los datos anteriores, para un periodo de 10 años se tendrá la siguiente población futura:

$$Pf = Po (1 + r)^n \quad (3.5)$$

Donde Po es la población del año cero y r es la tasa de crecimiento. Así, se tiene:

$$Pf = 2567 \text{ habitantes}$$

La información se muestra consolidada en la Tabla 3-8.

TABLA 3 - 8: Estimación poblacional de la zona de estudio [Elaboración propia]

Tasa de crecimiento poblacional anual	Población inicial (Año 0)	Población futura (Año 10)
1.015%	2320 habitantes	2567 habitantes

b) Coeficiente de rugosidad de Manning

De acuerdo a lo estudiado en la sección 2.4.1 de esta tesis, el coeficiente de rugosidad de Manning es un valor a considerar en el cálculo de la velocidad para una ocupación teórica de las aguas servidas de 100%.

De acuerdo al Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao, para el cálculo hidráulico en las tuberías de alcantarillado de PVC se emplea un coeficiente de rugosidad igual a 0.01 [48].

c) Determinación de caudal de aguas servidas

De acuerdo a información de Sedapal, el consumo promedio de agua potable en el distrito de El Agustino corresponde a 102 litros por persona al día [49]. De esta cantidad, se considera que un 80% ingresa al sistema de alcantarillado [48].

De acuerdo a lo estudiado en la sección 2.4.2 de esta tesis, se calcula lo siguiente:

Para nuestra zona de estudio, según las ecuaciones (2.8) y (2.9), en el año cero, se tendrá:

$$Q_d = \frac{102 \times 0.8 \times 2320}{86400} = 2.19 \text{ L/s} , \quad f_{qm} = 0.002$$

Por otro lado, en el año diez, bajo el mismo consumo de agua, se tendrá:

$$Q_d = \frac{102 \times 0.8 \times 2567}{86400} = 2.42 \text{ L/s} , \quad f_{qm} = 0.002$$

d) Estimación del área ocupada

A estimar el área ocupada por las aguas servidas, se seleccionaron cuatro áreas dentro de la zona de estudio, denominadas como A1, A2, A3 y A4. La información primordial a considerar es el diagrama de flujos de la red de alcantarillado (Anexo 9), pues nos indica el sentido en que fluyen las aguas servidas y, con dicha información, podemos determinar el tramo del alcantarillado hacia el cual confluyen estas aguas servidas. Las áreas indicadas, asimismo, fueron seleccionadas por concentrar a la mayor cantidad de conexiones domiciliarias, lo que se traduce en mayor contribución de volumen de aguas residuales y lo que repercute en el cálculo del caudal de diseño (Q_{dis}). En la Figura 3-16, se observa el diagrama de flujo del área A3, en el que se indica la cantidad de hogares contribuyentes de aguas servidas por cada tramo de la red de alcantarillado perteneciente al área en mención. Asimismo, se muestran los buzones de arranque que nos ayudan a delimitar el diagrama de flujo. Este tipo de buzones se encuentran a una menor profundidad y no permiten el flujo del agua de un determinado lado. Con la información de la Figura 3-16, se concluyó que los flujos de agua en el área A3 confluyen en el tramo denominado T3, ubicado en la calle San Roque. En este tramo, entonces, confluyen las aguas provenientes de 313 hogares, cifra correspondiente a la suma de todos los tramos del área en análisis.

Del total de hogares (313) se obtiene un total de 1252 habitantes (cuatro habitantes por hogar), lo que denominaremos como número de habitantes contribuyentes al tramo T3. Esta información se visualiza en la Tabla 3-9, en la cual se realizan los

cálculos para estimar el área ocupada por las aguas residuales en el tramo de análisis. La Tabla 3-9 muestra los cálculos para los tramos T1, T2, T3 y T4, los cuales son los tramos en los que confluyen las aguas servidas dentro de las áreas A1, A2, A3 y A4, respectivamente. Además, muestra un análisis para la población futura (10 años) para cada uno de los tramos estudiados.

Como resultado, se estima que la tubería del tramo T3 presenta el mayor grado de ocupación, correspondiente al 37.4% de su área transversal y una proyección de 38.6% luego de 10 años. Con ello, comprobamos la disponibilidad de área de las tuberías en el área de estudio.

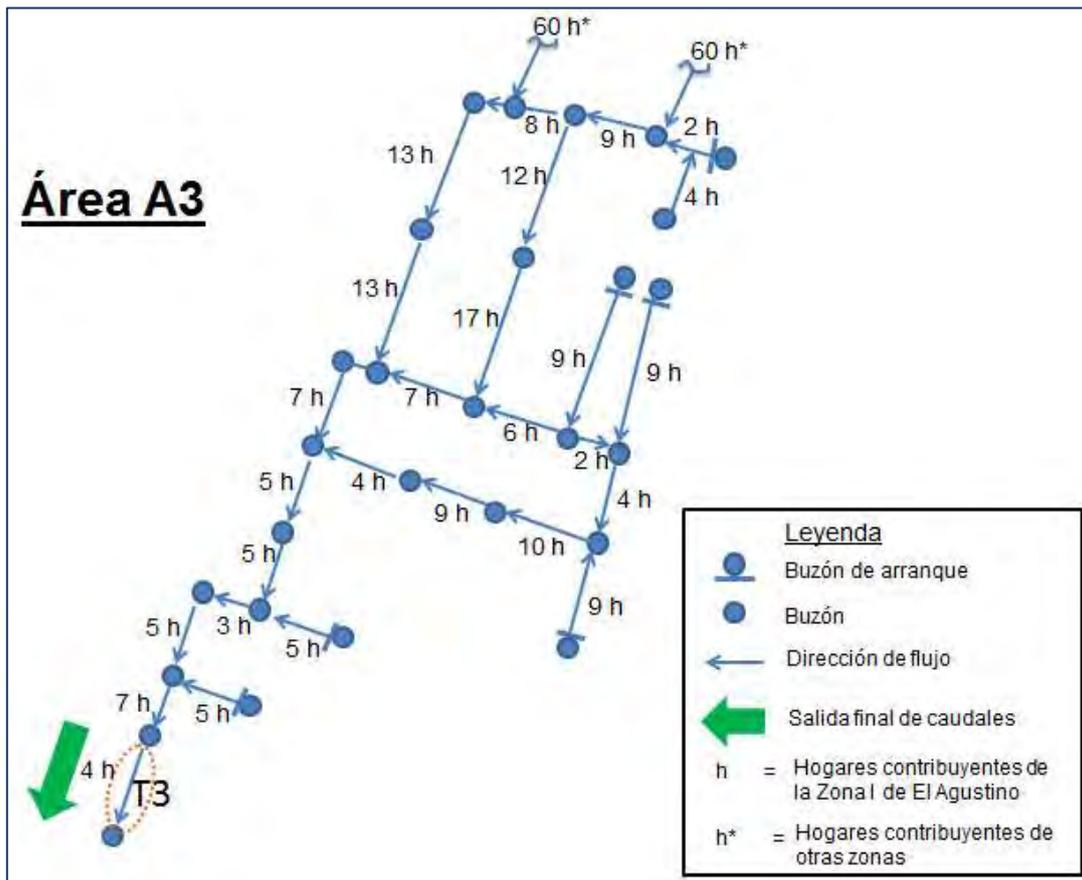


FIGURA 3 - 16: Diagrama de flujo de las aguas servidas para el área A3 de la red de alcantarillado [38] [Elaboración propia]

TABLA 3 - 9: Estimación del área ocupada por las aguas servidas [Elaboración propia]

	Tramo	Diámetro de tubería (mm)	Número de habitantes contribuyentes al tramo	Pendiente del tramo	Velocidad a sección llena (m/s)	Caudal de diseño Qdis (L/s)	Caudal a sección llena Q (L/s)	Relación Qdis/Q	Relación r/2R	Relación áreas (%)
Población actual	T1	300	3388	0.472%	1.22	23.02	86.37	0.27	0.35	31.2
	T2	200	300	0.472%	0.93	2.45	29.29	0.08	0.20	14.2
	T3	200	1252	0.472%	0.93	9.35	29.29	0.32	0.40	37.4
	T4	200	704	0.609%	1.06	5.48	33.27	0.16	0.28	22.9
Población futura	T1	300	3749	0.472%	1.22	25.18	86.37	0.29	0.38	34.9
	T2	200	332	0.472%	0.93	2.70	29.29	0.09	0.21	15.3
	T3	200	1386	0.472%	0.93	10.27	29.29	0.35	0.41	38.6
	T4	200	779	0.609%	1.06	6.03	33.27	0.18	0.30	25.2

3.6.3. Metodología de instalación por alcantarillado

En esta sección se describe el procedimiento de instalación propuesto para la zona de estudio, el cual consiste en una metodología *Packer*, la cual no requiere la excavación de zanjas ni la puesta fuera de servicio del alcantarillado, y ha sido definida y aplicada por la empresa Magtel Comunicaciones Avanzadas, con experiencia en instalaciones por alcantarillado en ciudades como Madrid, Valencia, Sevilla, Zaragoza y Valladolid, en tuberías de diámetro desde 12.5 cm [50]. La propuesta de instalación de la tesis toma, además, como principales referencias las recomendaciones ITU-T L.77 y L.78.

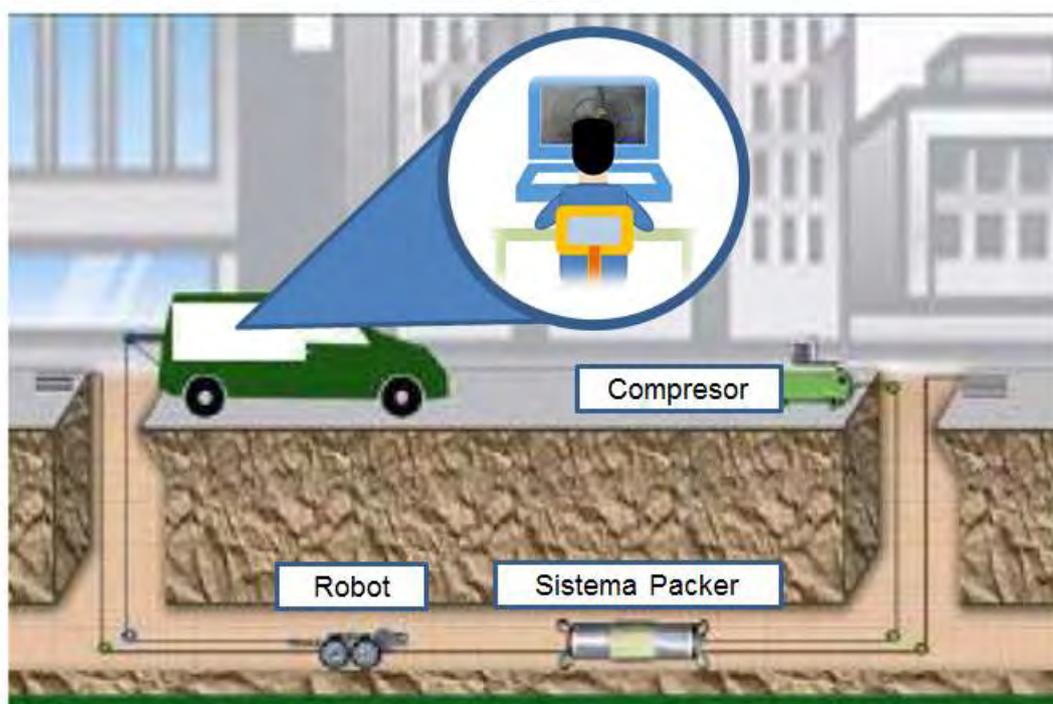


FIGURA 3 - 17: Bosquejo de instalación mediante sistema *Packer* [50] [Elaboración propia]

A continuación se realiza, en primer lugar, una descripción de la instalación en la tubería matriz y, seguidamente, en la tubería de unión domiciliaria o acometida.

3.6.3.1. Tubería matriz

De acuerdo a lo estudiado, la tubería a la cual se ha denominado “tubería matriz” cuenta con diámetros entre 20 – 35cm y su estructura es de PVC, por lo cual constituye una estructura inaccesible por personas. Para llevar a cabo la instalación de fibra óptica en este escenario, se plantea el uso de un robot de acuerdo a las dimensiones del alcantarillado. Para la tubería matriz se plantea el empleo de un robot de dimensiones 299 x 107 x 89 mm, controlable remotamente.

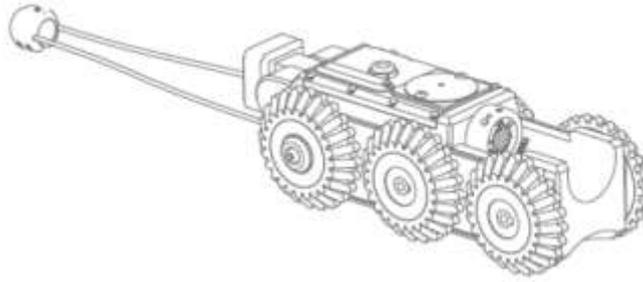


FIGURA 3 - 18: Robot Magtel aplicado en tuberías de diámetro 150 - 600 mm [50]

El procedimiento de instalación incluye los siguientes puntos:

A) Inspección, limpieza y rehabilitación de tuberías

En primer lugar, se realiza el montaje del robot, el cual incluye cámaras de vídeo y un cable de sujeción. Con ello, se realiza un monitoreo remoto de toda la red de alcantarillado de interés a través de las cámaras del robot, cuyo control estará a cargo de un supervisor desde la superficie. El propósito de este monitoreo es determinar el estado de las tuberías, mapear la ubicación de las conexiones domiciliarias, visualizar posibles deterioros en la red de alcantarillado y confirmar la viabilidad de la instalación. Este recorrido del robot, además, permite obtener un informe técnico del estado de las tuberías a través de *Wincan*, software empleado por la empresa Magtel para procedimientos de inspección de alcantarillas. Con esta información se determina la necesidad de realizar la limpieza y rehabilitación de las alcantarillas [50].

Así, al culminar esta primera etapa, nos hemos asegurado de contar con las tuberías en estado óptimo para instalar la red de fibra óptica.

B) Sistema de instalación *Packer*

Luego de la etapa previa de inspección, se procede con la instalación del cableado. Para ello, se necesitan primordialmente los siguientes elementos: cables de fibra óptica, los cuales deben ser aptos para un ambiente de alcantarillado, con fundas de polietileno y cubierta de fibra de vidrio, recomendados como materiales protectores, tomando como base la recomendación ITU-T L.78; tubos, instalados en la parte superior de las alcantarillas y por los que se canalizarán los cables de fibra óptica; robot de inspección, el cual sujetará los tubos en primera instancia; manga de polietileno reforzada con fibra de vidrio, cuya función es mantener los tubos protectores de la fibra adheridos a la parte superior dentro de las tuberías; y el sistema *Packer*. El sistema *Packer* consiste en una cámara de aire expansible que es cubierta por una lámina o manga de polietileno que incluye una protección de fibra de vidrio.

Para lograr la instalación, se siguen los siguientes pasos [50]:

- **Disposición de equipos:** En primer lugar, se ubica el tramo de alcantarillado por el que se instalarán los cables de fibra óptica. Este tramo inicia en un buzón y termina en un segundo buzón. Del lado del primer buzón, se ingresará el robot de inspección, mientras que por el buzón del otro extremo, se ingresará el sistema *Packer*. Este último estará cubierto por una manga y conectado a un cable de sujeción, a un compresor de aire y a un grupo generador [50].

- **Fijación de tubos:** Los tubos por los que se desplegarán los cables de la red óptica serán fijados en la parte superior de la alcantarilla. La fijación temporal, en primera instancia, la realiza el robot de inspección. Para lograr la fijación permanente, interviene el sistema *Packer*. A la vez que el robot de inspección mantiene elevado los tubos, la cámara de aire del *Packer* se expande gracias al empleo del compresor de aire ubicado en el exterior y se logra, además, expandir la manga hasta alcanzar el diámetro de la alcantarilla y permitir la fijación permanente de los tubos por los que posteriormente se instalará la fibra óptica. La primera manga se instala a una distancia de 0.50 metros respecto al inicio del tramo de alcantarilla y las mangas siguientes se instalan a una distancia de 3 metros, una después de otra. Este método, además de fijar los tubos a la parte superior, permite rehabilitar la red de alcantarillado de interés. Cabe precisar, asimismo, que la manga propuesta, aplicada por la empresa Magtel, cumple las siguientes especificaciones [50]:

- Resistente a un pH de [2 – 14]
- Resistente hasta una temperatura de agua de 80°C
- 100% resistente a aceites y grasas, a soluciones cáusticas y al ácido clorhídrico o muriático.
- Resistencia química de 53% al ácido sulfúrico
- Resistencia química de 61% al ácido nítrico

A modo de contraste, se muestra en la Tabla 3-10 la caracterización de las aguas residuales en Lima, el cual nos muestra un nivel de pH de 7.23 y temperatura de 21.52°C. Estos valores corresponden al promedio mensual de noviembre de 2017 de las aguas residuales afluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Taboada. Dicha información fue consultada a la Gerencia de Desarrollo e Investigación de Sedapal.

Por otro lado, se debe considerar la medición y regularización de la presión de inflado de la cámara de aire expansible, mediante el empleo de un manómetro regulador de presión. La presión recomendable es de 1.2 bar.

TABLA 3 - 10: Caracterización de las aguas residuales en Lima [38]

Temperatura (°C)	DBO5 (mg/L)	pH	Aceites y grasas (mg/L)
21.52	439.27	7.23	58.98

- **Instalación de los cables de fibra óptica:** Los cables se desplegarán a lo largo de los tubos fijados en la etapa previa mediante un proceso de soplado. De esta forma, se logra una instalación no intrusiva, es decir, que no requiere realizar perforaciones o cortes a la red de alcantarillado [50].

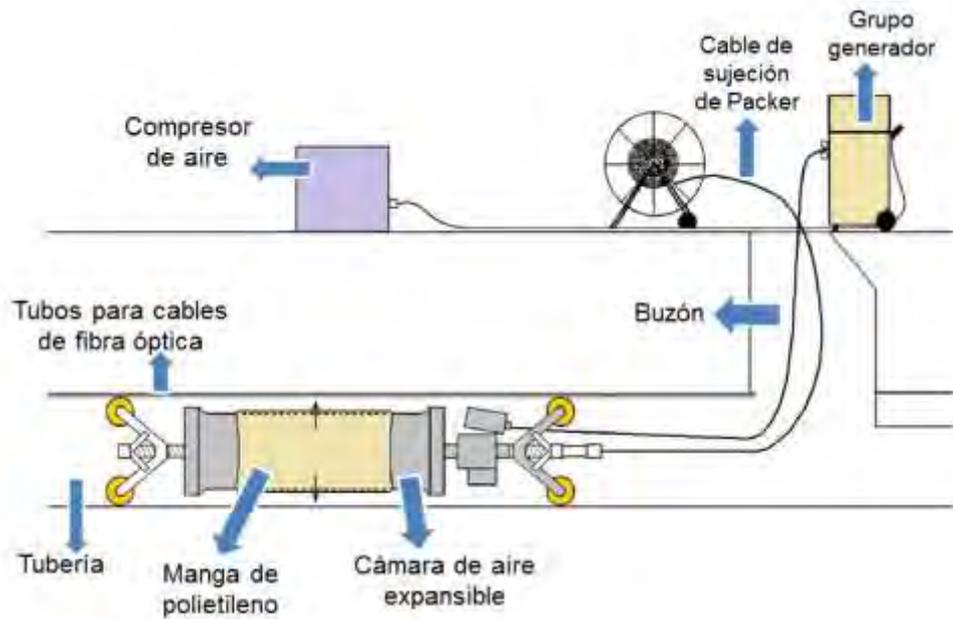


FIGURA 3 - 19: Esquema de sistema *Packer* [50]

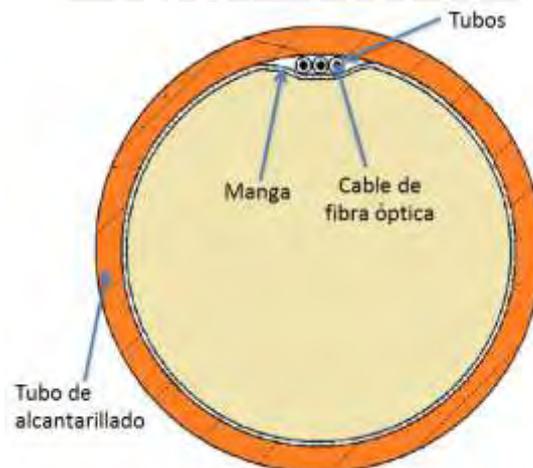


FIGURA 3 - 20: Sección transversal luego de la instalación de los cables de fibra óptica [50]

Adicionalmente, los buzones del alcantarillado son parte fundamental para la instalación de la red óptica. Para lograrlo, se plantea instalar bandejas de acero inoxidable a lo largo de la pared circular y, así, se logra que pueda seguir su recorrido de manera segura. Este recorrido dependerá de la estructura de cada pozo o buzón que previamente ha sido estudiada con el monitoreo del robot. Por otro lado, se propone instalar las cajas de empalme en los buzones, de acuerdo al diseño planteado. Asimismo, se consideran 20 metros de cable adicionales en cada buzón que albergue una caja de empalme. Es importante añadir que, a fin de proteger la red óptica, los materiales empleados dentro de los buzones deberán ser de acero inoxidable resistente a la corrosión y a las aguas residuales.

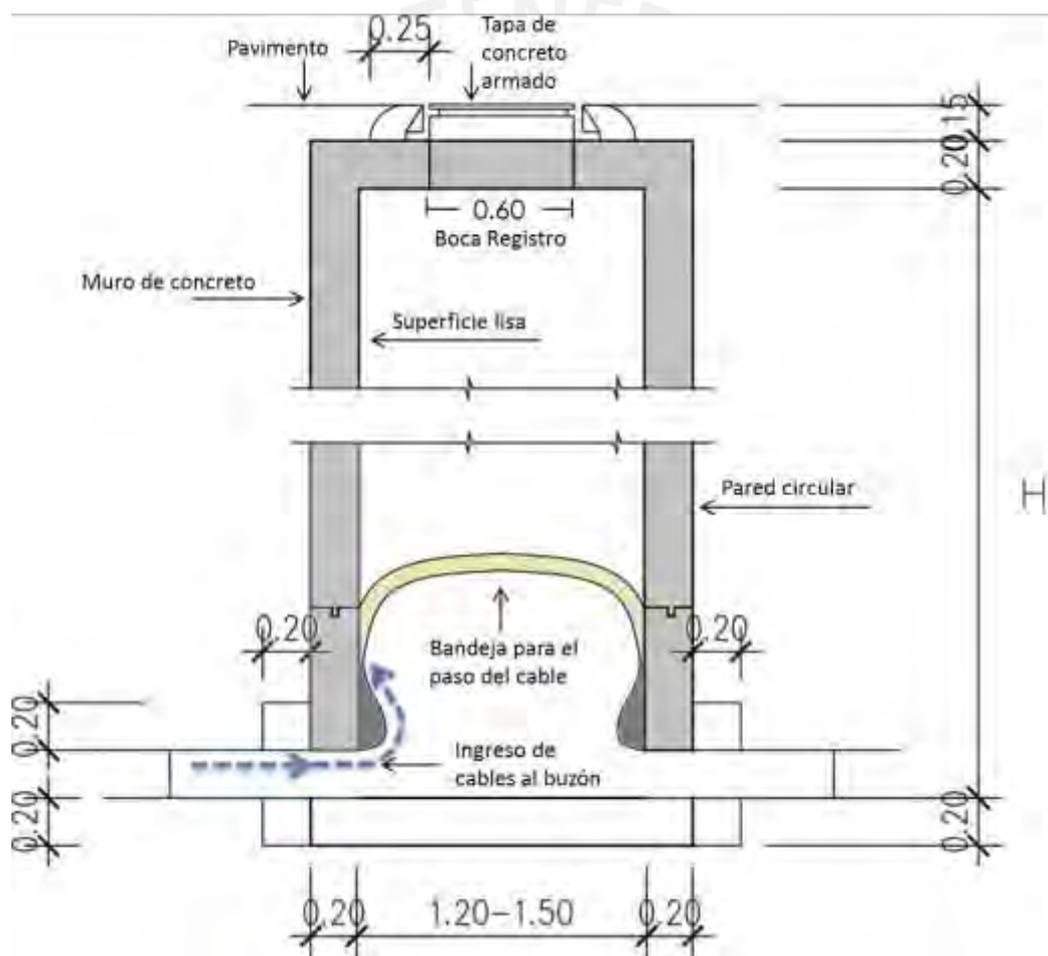


FIGURA 3 - 21: Vista transversal de buzón de alcantarillado. Medidas en metros [Elaboración propia] [38]

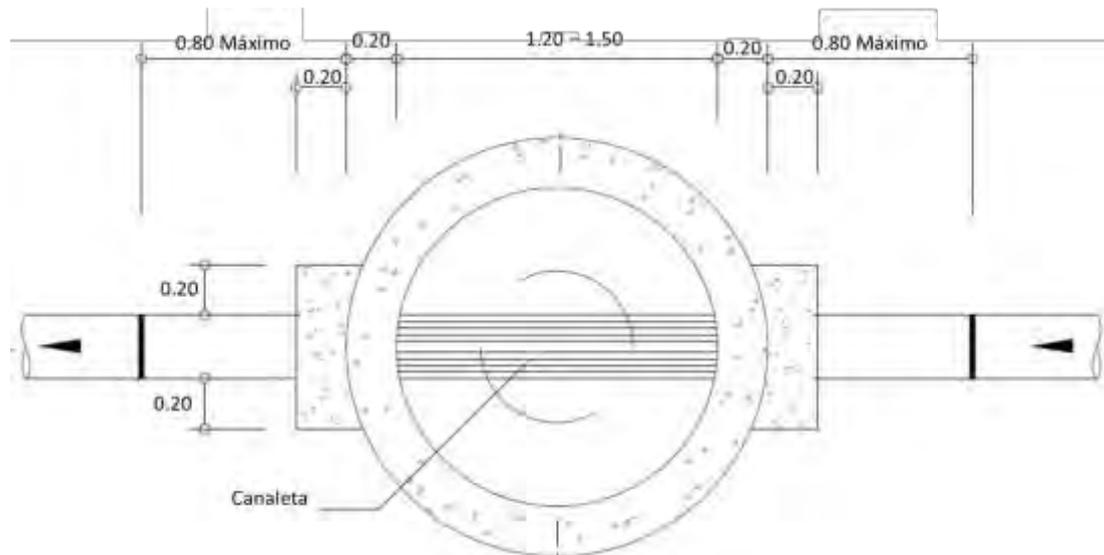


FIGURA 3 - 22: Vista superior de buzón de alcantarillado. Medidas en metros [38]

C) Inspección final

Una vez que se encuentra instalada toda la infraestructura de red óptica en la tubería matriz, correspondiente a la red de alimentación, se procede a revisar el estado de las alcantarillas empleando el robot de inspección, a fin de validar que los procedimientos realizados no produjeron daños a la infraestructura de alcantarillado [50].

3.6.3.2. Unión domiciliaria

En esta sección se describe el procedimiento de instalación para la acometida del cable de fibra óptica hacia el hogar correspondiente. Así, la ruta del cable inicia en el buzón que contiene la caja de empalme respectiva y llega hacia la caja de registro del hogar para, finalmente, desplegarse al interior del mismo.

Respecto a la infraestructura de la unión domiciliaria, esta consiste en tuberías de PVC de diámetro de 16 cm y de una pendiente mínima de 1.5 %. Cabe señalar que, gracias al primer paso de la instalación en la tubería matriz, ya se tienen mapeadas las ubicaciones de las tuberías de unión domiciliaria respecto a la tubería matriz.

El procedimiento propuesto consiste en la instalación de una unión en T de acero inoxidable para realizar la conexión con el conducto que llegará hacia el hogar respectivo (Figura 3-23) [51]. Este procedimiento es realizado por el robot de inspección descrito en la sección anterior, cuyo recorrido va desde el buzón que contiene la caja de empalme hasta la intersección tubería matriz – unión domiciliaria. Por otra parte, entre la caja de registro del hogar y la intersección tubería matriz – unión domiciliaria se procede a instalar el cable de fibra óptica con el empleo del robot de inspección y el sistema *Packer*, con la consideración del diámetro de la conexión domiciliaria (16cm).

Asimismo, se debe definir la ruta de ingreso del cable, en el tramo caja de registro – ONT. Para ello, se propone aprovechar el sistema de ventilación de la red de alcantarillado dentro de la vivienda (Figura 3-24), la cual consiste en una tubería que llega a la azotea de la vivienda y cumple la función de ventilar la red de desagüe y mantener la presión atmosférica. Es preciso señalar que este sistema de ventilación es obligatorio para las viviendas de acuerdo a la norma IS. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones [52].

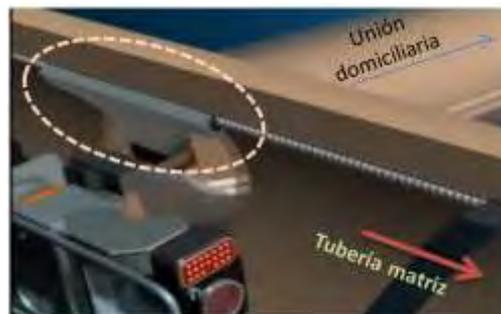


FIGURA 3 - 23: Bosquejo de conexión domiciliaria [51]

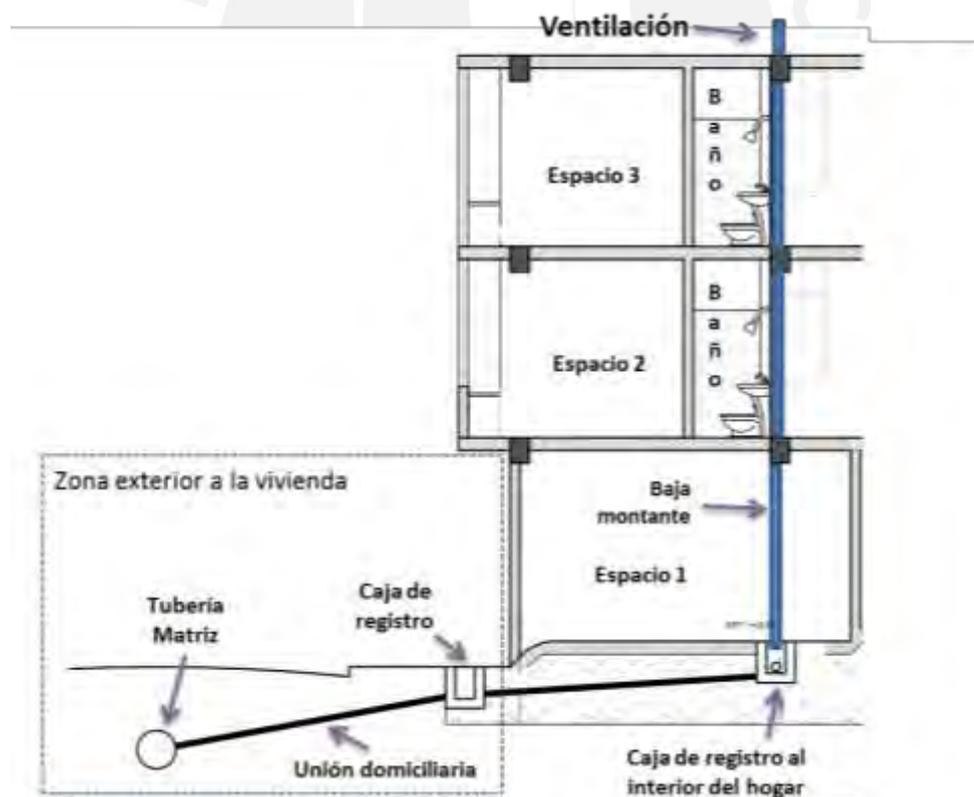


FIGURA 3 - 24: Sistema de ventilación para acometida de la fibra óptica [Elaboración propia]

3.7. Características del cable de fibra óptica

3.7.1. Recomendación ITU-T L.78

Los cables de fibra óptica para instalación al interior de alcantarillas deberían cumplir, de acuerdo a la recomendación ITU-T L.78, las siguientes características y/o resistir ciertas condiciones [53]:

A) Características mecánicas

- **Curvatura**

Durante las etapas de instalación y operación, se debe evitar que las flexiones a las que son sometidos los cables de fibra óptica alcancen el mínimo radio de curvatura de acuerdo a las especificaciones técnicas del cable. De lo contrario, se pueden ocasionar pérdidas de energía por radiación y degradación en el tiempo de vida de la fibra óptica [53].

- **Resistencia a la tracción**

La carga excesiva de tracción en el cable de fibra óptica puede causar el aumento de pérdidas en la potencia óptica y puede causar una tensión residual en el caso que el cable no se relaje. A fin de evitarlo, no se debe superar la resistencia a la tracción máxima del cable, la cual es determinada en su construcción [53].

- **Aplastamiento**

Durante las etapas de instalación y operación, el cable puede estar sometido a aplastamientos, lo que puede provocar la pérdida de potencia óptica y, en el peor de los casos, la ruptura de la fibra óptica [53].

B) Condiciones ambientales

- **Temperatura**

Es importante examinar el rango de temperaturas que soporta el cable de fibra óptica de acuerdo a sus especificaciones técnicas, con el fin de compararlo con la temperatura de las aguas servidas que discurren por el alcantarillado y, así, determinar la viabilidad [53].

- **Ataques de roedores**

Los roedores son agentes externos que pueden circular por la red de alcantarillado y pueden ocasionar daños por mordedura a los cables de fibra óptica.

Esta preocupación se resalta en las recomendaciones ITU-T L.77, L.78 y L.46. Con el fin de asegurar a las fibras ópticas, se debe incorporar barreras protectoras en la estructura del cable. Estas barreras pueden ser metálicas, como cintas de acero, o no metálicas, como fibras de vidrio [53].

- **Agentes químicos**

La cubierta del cable a seleccionar debe asegurar la resistencia al ambiente del alcantarillado que contiene sustancias químicas que pueden provocar la corrosión del cable de fibra óptica [53].

- **Humedad y penetración de agua**

Ambos factores pueden ocasionar la degradación de la resistencia a la tracción de la fibra óptica. Para proteger a las fibras ópticas, se deben emplear barreras ante la inmersión del agua o, alternativamente, barreras metálicas como protección a la humedad.

3.7.2. Experiencias en otros países

- **Italia**

La experiencia de Italia en la instalación de cables de fibra óptica en alcantarillado cuenta con más de 450 km de cables instalados [54]. Como ejemplo de las estructuras empleadas se encuentra la mostrada en la Figura 3-25, la cual empezó a emplearse en el año 2002 en las bases internas de las alcantarillas. Las principales características se muestran en la Tabla 3 -11. Además, estos cables fueron diseñados contra posibles ataques de roedores, y resistentes a limpiezas de las tuberías y el ambiente químico presente en el alcantarillado. Otra estructura de cable empleada en este país se muestra en la Figura 3-26. Sus principales características se muestran en la Tabla 3-12 y, además, se ha empleado exitosamente en alcantarillado, asegurando la protección contra roedores, contra la corrosión y con protección a la penetración de agua o humedad [53].

TABLA 3 - 11: Principales características de cables empleados en Italia [54]

Información técnica	Valor
Diámetro de cable (mm)	20
Peso del cable (Kg/km)	1210
Radio de curvatura (mm)	400
Temperatura de operación (°C)	-40 a 60
Tubos con fibras (n)	3
Número de fibras (n)	96
Tipo de fibras	ITU-T G.652, G.655
Estándares	IEC 60794

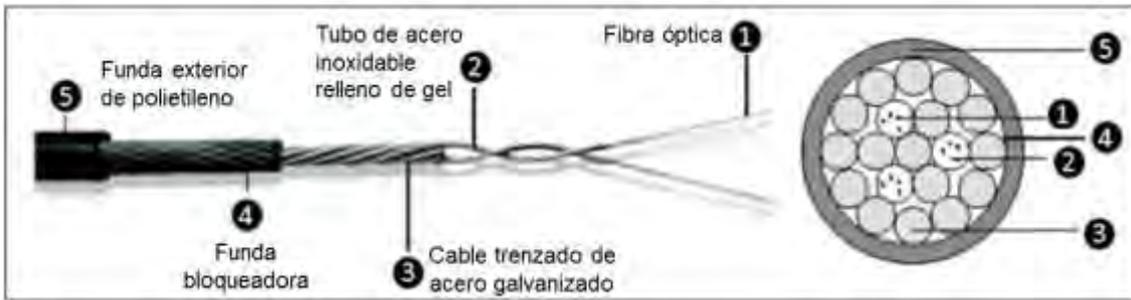


FIGURA 3 - 25: Estructura de cable empleado para alcantarillado en Italia [54]

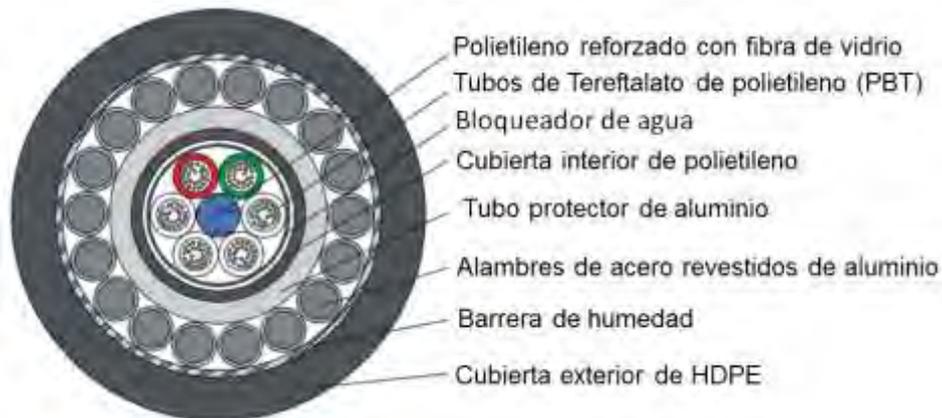


FIGURA 3 - 26: Estructura de cable con elemento central de polietileno [53]

TABLA 3 - 12: Principales características de cable con elemento central empleado en Italia [53]

Información técnica	Valor
Diámetro de cable (mm)	25.5
Peso del cable (Kg/km)	1450
Radio de curvatura (mm)	255
Temperatura de operación (°C)	-30 a 70
Número de tubos x Número de fibras por tubo (nxm)	1x12, 2x12, 4x12, 4x24, 6x24
Tipo de fibras	ITU-T G.652, G.655
Estándares	IEC 60794

- **China**

En la Figura 3-27 se muestra un cable con estructura de tubo holgado de plástico empleado en China y que ha permitido la protección contra la humedad y corrosión en un ambiente de alcantarillado. Asimismo, se emplea hilo de aramida para asegurar la resistencia del cable a la tracción, cubierta exterior de Polietileno de Alta Densidad

(HDPE, por sus siglas en inglés) para proteger contra la corrosión y se emplea una lámina de aluminio como barrera para la humedad y agentes químicos [53].

Por otro lado, se muestra en la Figura 3-28 otra estructura empleada, que consiste en una estructura con tubo holgado metálico como barrera a la humedad y cuenta con alambres de acero que le otorgan su resistencia a la tracción que puede ocurrir en la instalación y operación de los cables [53].

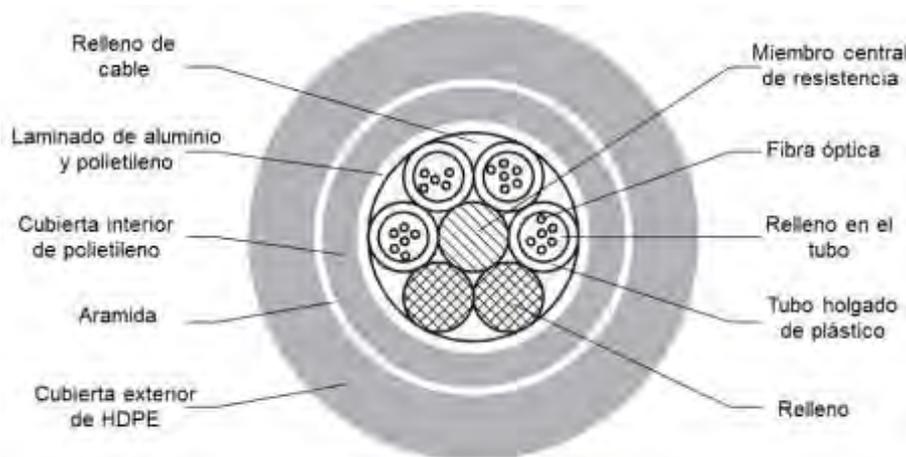


FIGURA 3 - 27: Cable con estructura de tubo holgado de plástico [53]

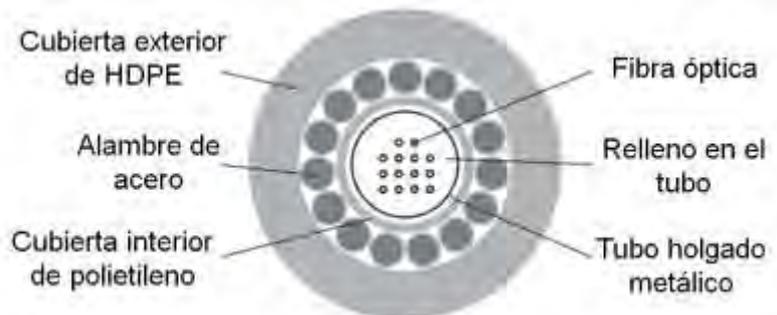


FIGURA 3 - 28: Estructura de cable con tubo holgado metálico [53]

3.7.3. Cable de fibra óptica propuesto

En la Figura 3-29 se muestra una propuesta de cable para la instalación en alcantarillado. Este cable, del grupo Prysmian, es apto en alcantarillas donde existe un alto riesgo de presencia de roedores y, gracias a su doble cubierta de polietileno, protege a las fibras ópticas del ambiente corrosivo en el que se encontrará. Asimismo, se asegura la protección contra el agua y humedad por el compuesto impermeable que contiene [55]. Para la red de alimentación, se propone el empleo de un cable de 48 hilos (13.8 mm de diámetro), por las razones expuestas en la sección 3.3.2. Por otro lado, para atender a la red de distribución y a las conexiones domiciliarias se

propone un cable de capacidad de 288 hilos con diámetro de 22.5 mm, distribuidos en 24 micromódulos (12 fibras por cada micromódulo). En la Figura 3-30 se muestra la cantidad de hilos necesarios para implementar la red de distribución y, como se observa, en todos los casos, en cada una de las direcciones, se tiene una cantidad de hilos menor a 12, por lo que bastaría con un micromódulo para realizar las conexiones en la red de distribución. Asimismo, se plantea un máximo de 16 micromódulos para las conexiones domiciliarias (un micromódulo por hogar) asociadas a una caja de empalme. Con ello, del total (24 micromódulos) se tendría un máximo de 17 micromódulos ocupados y se dispondría de 7 micromódulos de reserva.

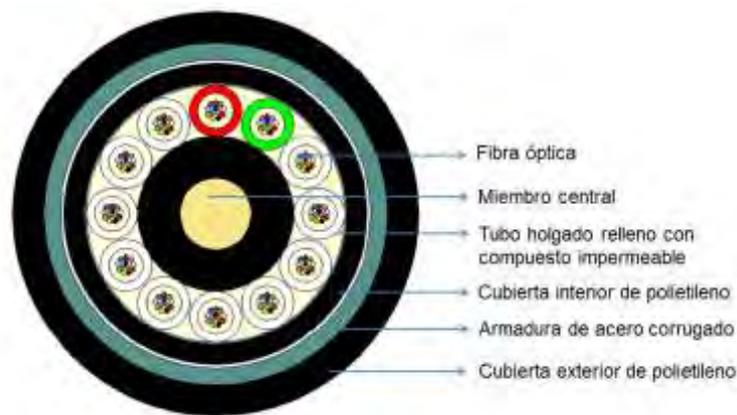


FIGURA 3 - 29: Estructura de cable propuesta para la instalación en alcantarillado [55]

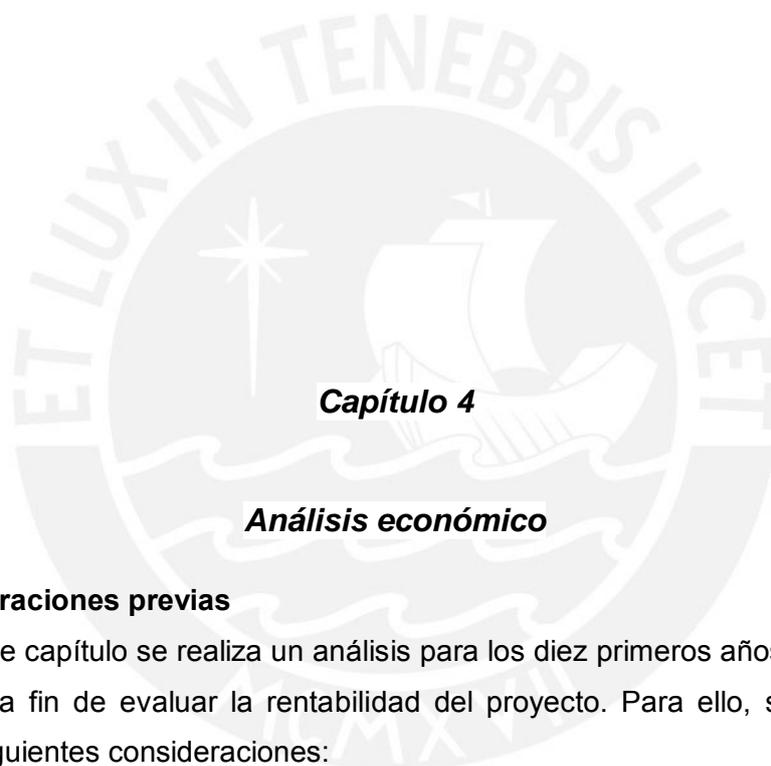


FIGURA 3 - 30: Asignación de hilos en la red de distribución [Elaboración propia]

3.8. Desafíos para la implementación

En el Perú, a la fecha, no se cuenta con instalaciones de fibra óptica desplegadas por redes de alcantarillado. El presente trabajo de tesis considera importante investigar esta técnica innovadora de tendido como una alternativa a las soluciones ya existentes y, además, contar con documentación para una futura implementación. Sin embargo, es importante considerar, de darse la ejecución, los siguientes aspectos:

- **Personal capacitado:** Se requiere del personal que maneje el equipamiento de instalación y se encuentre informado sobre los aspectos de seguridad y salud ocupacional para un entorno de alcantarillado.
- **Nueva tecnología:** Lograr una primera implementación de redes ópticas sobre alcantarillado supondría un hito en el desarrollo de las telecomunicaciones que servirá como referente para futuras implementaciones.
- **Aceptación social:** Si bien la instalación propuesta es una técnica no intrusiva que no requiere perforaciones o cortes de la estructura de alcantarillado, esta no será posible si las personas beneficiarias no son informadas de la viabilidad del despliegue por alcantarillado y, además, si no permiten la acometida a sus hogares.
- **Normativas:** Un claro ejemplo es la Ordenanza de Saneamiento emitida en el año 2015 en la ciudad de Valencia de España, cuyo objeto consistió en establecer las condiciones mínimas en la instalación de redes de telecomunicaciones en la red de alcantarillado y establecer las obligaciones de las operadoras que apliquen esta técnica de tendido [56] (Anexo 10). Por ello, antes de una posible futura implementación, se debe contar con un conjunto de normativas gubernamentales que regulen la intervención del alcantarillado para infraestructura de telecomunicaciones, con el objetivo de llevar implementaciones que no alteren el normal servicio de saneamiento brindado por Sedapal.



Capítulo 4

Análisis económico

4.1. Consideraciones previas

En el presente capítulo se realiza un análisis para los diez primeros años de operación del servicio, a fin de evaluar la rentabilidad del proyecto. Para ello, se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para los costos asociados a equipamiento activo y pasivo, se consideraron costos referenciales de los proveedores Furukawa, Prysmian y Magtel Comunicaciones Avanzadas.
- El tipo de cambio empleado será de 3.27 soles por dólar, tomando como referencia información publicada por el Banco Central de Reserva (BCR).
- La Tasa de Costo Oportunidad (TCO) considerada en la presente tesis es de 13.63%, de acuerdo a tasa empleada por FITEC en proyectos de telecomunicaciones.
- Los costos asociados a los estudios de ingeniería, difusión, sensibilización, elaboración de línea base y supervisión fueron estimados de acuerdo a

consultas realizadas al Ingeniero Luis Montes Bazalar, por su experiencia como ex Secretario Técnico de FITEL.

- La estimación de costos por concepto de operación y mantenimiento a lo largo del proyecto será de 10% del capex, en base a estimaciones realizadas en proyectos formulados por FITEL.

4.2. Estimación de inversión

En esta sección se estima la inversión requerida en base a costos referenciales consultados a expertos en el tema y a estimaciones realizadas en Proyectos Regionales de FITEL. Sobre la instalación del sistema *Packer*, se realiza una estimación en base a consultas realizadas a Magtel Comunicaciones Avanzadas, empresa española con experiencia en despliegue por alcantarillado, en la que se determinó, según sus estudios, estimar un 13% de instalación adicional con respecto a un tendido canalizado convencional. Este último se estima en 40 dólares por metro lineal. La estimación del 13% adicional incluirá el cableado y la metodología *Packer*, la cual involucra una limpieza del alcantarillado por el que se tenderá la fibra óptica. La inversión total estimada se muestra en la Tabla 4-1.

TABLA 4 - 1: Estimación de la inversión inicial [Elaboración propia]

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio unitario (S/.)	Precio parcial (S/.) (Incluido IGV)
Equipamiento pasivo					
<i>Splitters</i> 2x4	Unidades	19	35.00	114.45	2,174.55
<i>Splitters</i> 1x8	Unidades	76	50.00	163.50	12,426.00
ODF	Unidades	1	50.00	163.50	163.50
Roseta óptica	Unidades	580	15.00	49.05	28,449.00
Patchcord con conectores SC-SC	Unidades	581	15.00	49.05	28,498.05
Pigtail SC	Unidades	581	8.00	26.16	15,198.96
Adaptador óptico SC	Unidades	581	1.50	4.91	2,849.81
Conector RJ-45	Paquetes (50 unid)	24	5	16.35	392.40
Cable UTP Categoría 6	Rollo (300 metros)	24	130	425.10	10,202.40
Cajas de empalme	Unidades	44	400	1,308.00	57,552.00
Instalación robótica (Sistema <i>Packer</i>): Limpieza, microconductos, mangas, accesorios, canaletas, 4.32km de F.O 48 hilos, 3.3km de F.O 288 hilos					1,126,266.48
Subtotal 1 (S/.)					1,284,173.15
Equipamiento activo					
OLT chasis con 10 <i>slots</i> de 4 puertos por <i>slot</i> y 20 módulos GPON	Unidad	1	20,000.00	65,400.00	65,400.00
ONT	Unidad	580	90.00	294.30	170,694.00
Subtotal 2 (S/.)					236,094.00
TOTAL CAPEX (S/.)					1,520,267.15

Por otro lado, en la Tabla 4-2 se muestra la estimación de inversión total, basada en proyectos de telecomunicaciones realizados por FITEC, para el año cero del proyecto, en el que se consideran inversiones adicionales, entre ellas la inversión por estudios de ingeniería de la infraestructura de alcantarillado de la zona de estudio.

TABLA 4 - 2: Estimación de la inversión para el año cero del proyecto [Elaboración propia]

Descripción	Inversión (S/.)
Capex	
Inversión estimada para realizar el proyecto	1,520,267.15
Pruebas ópticas (3% del capex pasivo + 10% del capex activo)	62,134.59
Estudio de Ingeniería (1.5% del capex)	
Incluye estudios de la infraestructura de la red de saneamiento y red de telecomunicaciones	22,804.01
Difusión y sensibilización (0.3% del capex)	
Difusión en la población beneficiaria sobre la innovadora metodología por alcantarillado y sensibilización sobre los beneficios de un acceso de banda ancha por fibra óptica	4,560.80
Elaboración de línea base (0.2% del capex)	
Incluye la documentación y estudios realizados para el desarrollo del proyecto	3,040.53
Supervisión de la implementación (0.5% del capex)	
Incluye supervisión de la implementación y la puesta en marcha	7,601.34
Total (S/.)	1,620,408.42

4.3. Evaluación privada

En esta sección se realiza un análisis del flujo de caja del proyecto para un marco temporal de 10 años, a fin de evaluar la rentabilidad del mismo. Si bien se estima una inversión para los 580 hogares, se considera una penetración del 60% correspondiente a 348 hogares de la zona de estudio, con un pago mensual de 150 soles, acorde a las ofertas actualmente existentes de empresas operadoras por servicios *Triple Play* en el Perú (Anexo 14). De acuerdo a los resultados, mostrados en Tabla 4-3, se obtiene un VAN de 837,128.16 soles y una TIR de 26%, que corresponden a un VAN positivo y una TIR mayor a la Tasa de Costo Oportunidad, lo que demuestra la rentabilidad del proyecto de acuerdo a las estimaciones realizadas.

Asimismo, se espera un tiempo de recuperación de la inversión durante el quinto año de operación del proyecto.

TABLA 4 - 3: Evaluación privada del proyecto. Montos en soles [Elaboración propia]

TCO: 13.63%							
Año	0	1	2	3	4	5	
Egresos	1,620,408.42	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	
Ingresos		626,400.00	626,400.00	626,400.00	626,400.00	626,400.00	
Flujo	-1,620,408.42	464,359.16	464,359.16	464,359.16	464,359.16	464,359.16	
Factor	1.00	0.88	0.77	0.68	0.60	0.53	
Valor actual (V.A)	-1,620,408.42	408,658.94	359,640.01	316,500.93	278,536.42	245,125.78	
V.A acumulado	-1,620,408.42	-1,211,749.47	-852,109.46	-535,608.53	-257,072.11	-11,946.33	
Año	6	7	8	9	10		
Egresos	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	VAN 837,128.16 TIR: 26% Payback 5 años	
Ingresos	626,400.00	626,400.00	626,400.00	626,400.00	626,400.00		
Flujo	464,359.16	464,359.16	464,359.16	464,359.16	464,359.16		
Factor	0.46	0.41	0.36	0.32	0.28		
Valor actual (V.A)	215,722.76	189,846.66	167,074.42	147,033.72	129,396.92		
V.A acumulado	203,776.43	393,623.09	560,697.51	707,731.24	837,128.16		

4.4. Caso de negocio

4.4.1. Experiencias en otros países

- **Caso 1**

Un operador de red óptica y el operador de la red de saneamiento se convierten en socios comerciales. El primero instala la red de telecomunicaciones a cambio de un porcentaje que negocia con el operador del alcantarillado, sobre la facturación bruta. Este caso de negocio ha sido implementado en ciudades como Albuquerque e Indianápolis [57].

- **Caso 2**

En este caso, el operador del alcantarillado se asocia con distintos proveedores de telecomunicaciones para lograr la instalación de la fibra óptica. Los costos de esta instalación son cubiertos principalmente por el propietario de las alcantarillas, el cual ocupa hilos de fibra para uso propio y cede el resto de hilos a sus proveedores socios a fin de obtener ingresos económicos.

Este caso de negocio ha sido implementado en ciudades como Berlín [57].

- **Caso 3**

Este caso de negocio plantea que el propietario de la red de alcantarillado sea el encargado, además, de construir y operar la red de fibra óptica. En ciudades como Tokio, Viena, Nueva York y Los Ángeles, se ha implementado este caso de negocio [57].

4.4.2. Caso de negocio propuesto

De acuerdo a la evaluación privada según las estimaciones planteadas, el proyecto resulta rentable, por lo que los costos de instalación serán cubiertos en su totalidad por la empresa operadora de telecomunicaciones en acuerdo con Sedapal, previa licitación. Con ello, solo la empresa ganadora se encargará del despliegue de la red óptica en la zona de estudio. En el presente trabajo se propone, tomando como base la experiencia española incluida en el Anexo 10, que el operador sea el responsable de operar, mantener y monitorear el estado de la infraestructura de alcantarillado durante toda la operación del proyecto. Con ello, se espera que el operador de telecomunicaciones entregue los reportes de estado gratuitamente a Sedapal, a fin de asegurar el estado óptimo del alcantarillado.

4.5. Análisis de sensibilidad

En el presente trabajo se han considerado al porcentaje de penetración de demanda, al Capex y al pago de cada hogar como los factores sensibles y cuya incertidumbre podría afectar los resultados obtenidos en la evaluación del flujo de caja. Los resultados mostrados en la Tabla 4-4 plantean tres escenarios. En primer lugar, el escenario base corresponde a una penetración del 60% (348 hogares), el capex estimado en la sección 4.2 y una cuota por hogar de 150 soles. En segundo lugar, bajo los escenarios “pesimistas”, el proyecto sigue siendo rentable, al obtener valores de VAN positivos y valores de TIR mayores a la Tasa de Costo Oportunidad. En cuanto a los escenarios “optimistas”, como es de esperarse, se obtiene una mayor rentabilidad. El detalle puede ser observado en el Anexo 12.

TABLA 4 - 4: Resultados del análisis de sensibilidad [Elaboración propia]

	Escenarios base	Escenarios pesimistas			Escenarios optimistas		
		Penetración -20%	Capex +20%	Cuota por hogar -20%	Penetración +20%	Capex -20%	Cuota por hogar +20%
VAN (S/.)	837,128.16	174,106.49	372,159.97	174,106.49	1,500,149.82	1,302,096.35	1,500,149.82
TIR	26%	16%	18%	16%	35%	36%	35%

4.6. Análisis de riesgos

En esta sección se han considerado, en base a estudios de Proyectos Regionales de FITEI, al capex y a la TCO como las variables más influyentes en nuestro análisis de flujo de caja. Para estas variables, se realiza un análisis de riesgos que va desde un 50% hasta 150%, donde el 100% representa el estado base (sin variación). En cuanto al capex, se recomienda especial cuidado en caso de alcanzarse un capex superior al 130% del capex estimado en la sección 4.2, puesto que, según se muestra en la Tabla

4-5, para mayores variaciones se tendría un VAN negativo (Figura 4-1), lo que afectaría la viabilidad del proyecto. En este caso, el Estado podría evaluar su intervención a través de un subsidio.

En el caso de la Tasa de Costo Oportunidad, las variaciones entre el rango de 50% a 150% no afectan la viabilidad del proyecto, según se muestra en la Tabla 4-6 y la Figura 4-2, dado que el VAN permanece positivo.

TABLA 4 - 5: Variación en el capex [Elaboración propia]

Variable: Capex	VAN
50%	1,999,548.63
60%	1,767,064.54
70%	1,534,580.44
80%	1,302,096.35
90%	1,069,612.25
100%	837,128.16
110%	604,644.06
120%	372,159.97
130%	139,675.88
140%	-92,808.22
150%	-325,292.31

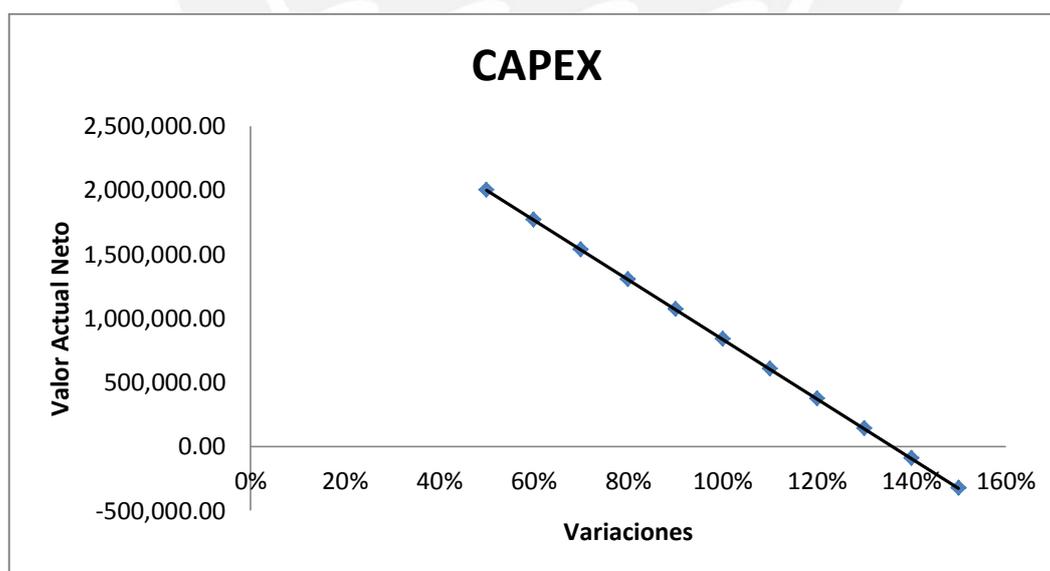


FIGURA 4 - 1: Variación del VAN en función del capex [Elaboración propia]

TABLA 4 - 6: Variaciones de la Tasa de Costo Oportunidad [Elaboración propia]

Variable: TCO	VAN
50%	1,669,130.46
60%	1,470,617.11
70%	1,290,018.12
80%	1,125,353.85
90%	974,895.14
100%	837,128.16
110%	710,724.68
120%	594,516.74
130%	487,475.13
140%	388,691.01
150%	297,360.20

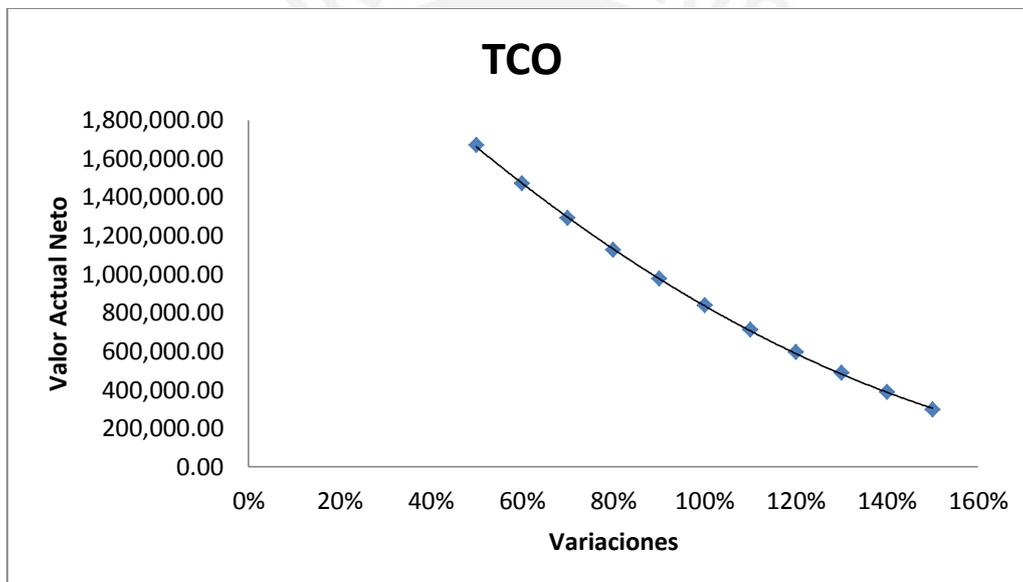


FIGURA 4 - 2: Variación del VAN en función de la TCO [Elaboración propia]

Conclusiones

- Se diseñó una red FTTH basada en una arquitectura de red óptica pasiva, empleando el estándar GPON. Con ello, se busca beneficiar a 580 hogares ubicados en la Zona I de El Agustino, con un dimensionamiento de tasa de transmisión mínima de 77.75 Mbps por cada hogar, que puede ser comercializada con un plan de hasta 170 Mbps de descarga y 17 Mbps de subida, considerando un 40% de velocidad mínima garantizada. Para lograrlo, se dimensionó una red de alimentación compuesta por 19 *splitters* de primer nivel con una razón de división de potencia de 2:4 y una red de distribución de 76 *splitters* de segundo nivel con una razón de división de potencia de 1:8.
- Se diseñó la red FTTH con redundancia a nivel de la red de alimentación, considerando una topología en anillo compuesta por los 19 *splitters* de primer nivel. Mientras que la red de distribución se diseñó siguiendo una topología en estrella para llegar a los hogares beneficiarios.
- Se verificó la viabilidad del enlace óptico principal a nivel de tasa de transmisión con un cálculo de dispersión de la señal en el eje del tiempo de 2.2 ps y 34.9 ps para las longitudes de onda de 1310 y 1490 nm, respectivamente. En cuanto al enlace *backup*, se obtuvo una dispersión de 3.0 ps y 47.4 ps para las longitudes de onda de 1310 y 1490 nm, respectivamente.
- Se calculó con el análisis de *Power Budget* la atenuación mayor de entre todos los enlaces ópticos. Para los enlaces principales, se calculó la atenuación de 21.792 dB con una potencia de recepción del ONT de -20.292 dBm, mientras que para los enlaces de respaldo se calculó la atenuación de 22.139 dB con una potencia de recepción del ONT de -20.639 dBm. Con ello, se comprobó la viabilidad a nivel de potencias.
- Se estimó un grado de ocupación de hasta 37.4% de las aguas servidas respecto al área transversal de las tuberías de alcantarillado, de acuerdo a las distribuciones del Anexo 9.
- En cuanto al método de instalación de fibra óptica por alcantarillo, se concluye que se requiere una instalación no intrusiva, es decir, que no requiera cortes ni perforaciones en las tuberías, debido a que el material es de PVC y una instalación intrusiva podría ocasionar fugas y filtraciones de las aguas servidas.
- Se comprobó, de acuerdo a las estimaciones de inversión, que el proyecto es rentable, con un valor de VAN de 837,128.16 soles y una TIR de 26%, con lo que se logra la recuperación de la inversión en el quinto año de operación. Para estos

resultados, se consideró un capex estimado de 1,520,267.15 soles, de una cuota de pago mensual por hogar de 150 soles y una penetración del 60% de la demanda equivalente a 348 hogares. Al variar estos factores en $\pm 20\%$, se comprobó que el proyecto sigue siendo rentable. Sin embargo, al realizarse un análisis de riesgos, se determinó considerar un especial cuidado en caso de alcanzarse un 130% del capex base, puesto que, según se muestra en la Tabla 4-5, para mayores variaciones se tendría un VAN negativo, lo que afectaría la viabilidad del proyecto, en cuyo caso el Estado podría evaluar su intervención a través de un subsidio.



Recomendaciones y Trabajos a futuro

- Se recomienda para una futura implementación, actualizar los datos demográficos y de estudio hidráulico presentados en la presente tesis.
- De acuerdo a reuniones realizadas con la Gerencia de Desarrollo e Investigación de Sedapal, se estima que un 3.4% de la red de desagüe en Lima requiere de renovación a causa de su envejecimiento. Se recomienda el estudio e implementación de proyectos pilotos en dicha parte de la red de desagüe, para la instalación de fibra óptica al mismo tiempo que se renueva la red de alcantarillado.
- La presente tesis afronta la problemática de la brecha digital de acceso. Como estudio complementario, se recomienda la evaluación de alternativas para disminuir la brecha de uso existente, de modo que se afronten ordenadamente las brechas de cobertura, acceso y uso de servicios de telecomunicaciones de banda ancha.
- Para futuros trabajos, se recomienda el estudio de factibilidad de un tendido por alcantarillado en proyectos *Greenfield*, consistentes en iniciar una planificación desde un punto cero. Por citar un ejemplo, se recomendaría abordar los entornos rurales en los cuales ya se tenga previsto implementar la infraestructura de alcantarillado por primera vez (desde cero), de modo que se plantee una instalación en paralelo de la red de alcantarillado con la red de fibra óptica a través de la metodología propuesta en la tesis. De este modo, las alcantarillas contarán con un valor agregado (red de telecomunicaciones) desde su puesta en operación.
- Como trabajo futuro, que involucra una red de telecomunicaciones al interior de alcantarillado, se recomienda el estudio de factibilidad de una implementación de sensores que permita el monitoreo de la red de saneamiento, que pueda incluir parámetros como el tirante (altura de las aguas servidas respecto a la base de alcantarilla) y el caudal en el tiempo. Se recomendaría una implementación de este tipo en los puntos más críticos de la red de alcantarillado.

Bibliografía

- [1] Akamai, "State of the Internet connectivity report," 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.akamai.com/es/es/about/our-thinking/state-of-the-internet-report/global-state-of-the-internet-connectivity-reports.jsp>. Fecha de consulta: 15 10 2017
- [2] S. Bauer, D. Clark and W. Lehr, "Understanding broadband speed measurements," [En línea]. Disponible en: <https://www.measurementlab.net/publications/understanding-broadband-speed-measurements.pdf>. Fecha de consulta: 15 10 2017.
- [3] Osiptel, "Los servicios de telecomunicaciones en los hogares peruanos (ERESTEL 2016)," 2016 [En línea]. Disponible en: <https://www.osiptel.gob.pe/articulo/erestel-2016-servicios-telecomunicaciones-hogares>. Fecha de consulta: 15 10 2017.
- [4] Osiptel, "Conexiones de Acceso a Internet Fijo, desagregadas por Tecnología de Acceso y Velocidad de Transmisión, desde diciembre 2010 - Información actualizada a junio de 2017".
- [5] Municipiudad Distrital El Agustino, "Plan de Desarrollo Local Concertado," 2015. [En línea]. Disponible en: http://mdea.gob.pe/files/PDLC_2030_PROYECTO_FINAL.pdf. Fecha de consulta: 05 12 2017.
- [6] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, "Instalación del servicio de accesibilidad por cable en los cerros de El Agustino, provincia de Lima" 2014 [En línea]. Disponible en: http://www3.vivienda.gob.pe/pnc/ProyectoTelefericos/EIAGustino/PIP%20AGUSTINO%20FACTIBILIDAD_FINAL%2017-02-2014.pdf. Fecha de consulta: 05 12 2017.
- [7] Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados, "Niveles socioeconómicos 2016," 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.apeim.com.pe/wp-content/themes/apeim/docs/nse/APEIM-NSE-2016.pdf>. Fecha de consulta: 28 05 2018.
- [8] Canada News Wire, "North American First: Robot Lays Fibre-Optic Cable in Sewer Systems," 2000. [En línea]. Disponible en: <https://search-proquest-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/docview/454734695?accountid=28391>. Fecha de consulta: 01 12 17.
- [9] FITEL, "Prueban con éxito nuevo servicio de fibra óptica de alta velocidad en Manchay," 30 07 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.fitel.gob.pe/noticia-prueban-con-exito-nuevo-servicio-fibra-optica-alta-velocidad-manchay.html>. Fecha de consulta: 01 12 2017.
- [10] Telefónica, Nota de Prensa - Telefónica despliega red de alta velocidad de Internet fijo en 22 ciudades del país, Lima, 2017.
- [11] C. Añazco, "Diseño Básico de Redes de Acceso FTTH utilizando el estándar GPON," en Obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones, Guayaquil, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2013.
- [12] J. Prieto, "Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica", Proyecto de Fin de Carrera, Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2014.

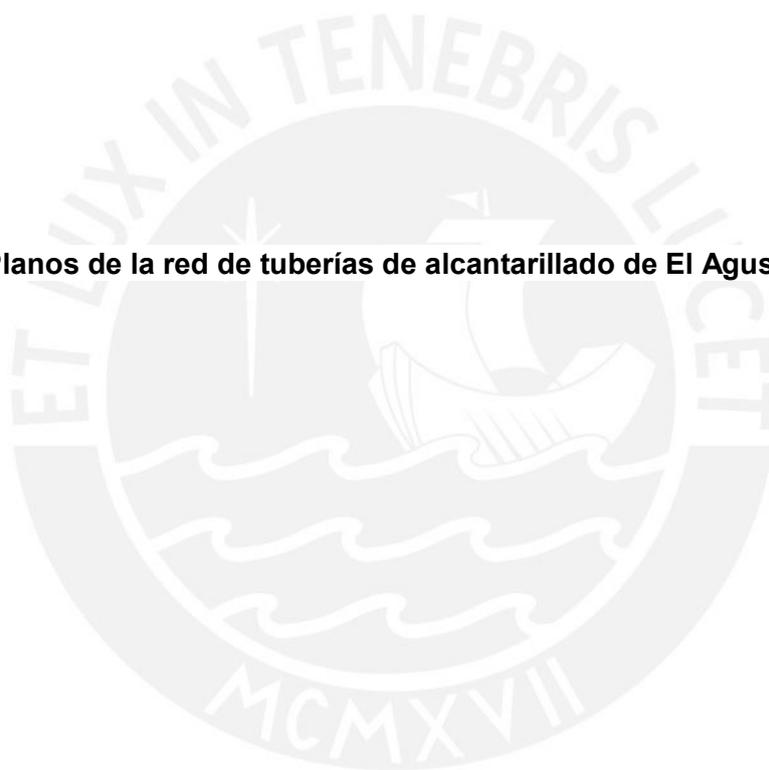
- [13] R. Millán, "GPON (Gigabit Passive Optical Network)," España, 2008.
- [14] Ministerio de Energía y Minas, "Código Nacional de Electricidad," *Sección 2: Terminología Básica*, pp. 14,52.
- [15] Osiptel, "Contrato de soporte de cables de telecomunicación en postes de alumbrado público y/o baja tensión - Anexo 2," [En línea]. Disponible en: https://www.osiptel.gob.pe/Archivos/info_empresas/Contratos/Cont01-luzdelsurviettelperu.pdf. Fecha de consulta: 20 06 2017.
- [16] *Redes e Instalaciones de Comunicaciones*, Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma EC 040.
- [17] V. Chang, "Diseño e implementación de un sistema de detección, localización y alerta de averías en redes de fibra óptica de planta externa metropolitana basado en información georeferenciada," Tesis para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2014.
- [18] Conectronica, "Tipos de instalación de fibra óptica," [En línea]. Disponible en: <http://www.conectronica.com/fibra-optica/curso-fibra-optica/tipos-de-instalacion-de-fibra-optica>. Fecha de consulta: 12 07 2017.
- [19] A. Rojas, Análisis y estudio del despliegue de una red backbone microcanalizada, Informe de Suficiencia para optar por el título de Ingeniero de Telecomunicaciones: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014.
- [20] *Installation of optical fibre cables inside sewer*, Recommendation ITU L.77, 2008.
- [21] H. Vaseli, "Application of Micro-Trenching for Fiber to the Home," Tesis presentada en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de Maestría en Ciencias, Department of Civil and Environmental Engineering. University of Alberta, 2015.
- [22] CableRunnerInternational, "The Fiber Optic Infrastructure Company," [En línea]. Disponible en: http://www.cablerunner-international.com/media/Company_Presentation_EN.pdf. Fecha de consulta: 15 03 2018.
- [23] Fiber Broadband Association, "2018 Latam Conference," 10-12 04 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.fiberbroadband.org/latamconference>. Fecha de consulta: 20 06 2018.
- [24] Ericsson, "New study quantifies the impact of broadband speed on GDP," 27 09 2011. [En línea]. Disponible en: <https://www.ericsson.com/en/press-releases/2011/9/new-study-quantifies-the-impact-of-broadband-speed-on-gdp>. Fecha de consulta: 28 05 2018.
- [25] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, "Resolución Ministerial 482-2018 MTC/01.03". 26 06 2018.
- [26] *Ley para el fortalecimiento de la expansión de infraestructura en telecomunicaciones*. Ley 29022, 2015.
- [27] G. P. Agrawal, *Fiber-Optic Communication Systems*, New York, Wiley, 2002, pp. 67-71.
- [28] J. M. Senior, *Optical Fiber Communications. Principles and Practice.*, England, Prentice Hall, 2009, pp. 233-241.

- [29] T. G. Giallorenzi, "Optical Communications Research and Technology: Fiber Optics," 1978. [En línea]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/stamp/stamp.jsp?arnumber=1455283>. Fecha de consulta: 16 07 2017.
- [30] The Fiber Optic Association, "Splicing Fiber Optic Cables," [En línea]. Disponible en: <http://www.thefoa.org/tech/ref/termination/Splices/Splices.htm>. Fecha de consulta: 30 05 2017.
- [31] W. A. Gambling, H. Matsumura and A. G. Cowley "Jointing loss in single-mode fibres," 1978. [En línea]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/stamp/stamp.jsp?arnumber=4240773>. Fecha de consulta: 16 07 2017.
- [32] W. A. Gambling, H. Matsumura and C. M. Ragdale, "Jointing loss in single-mode fibres," 1978. [En línea]. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/stamp/stamp.jsp?arnumber=4249490>. Fecha de consulta: 16 07 2017.
- [33] J. Galeano, "Diseño e Instalación de una red FTTH," Proyecto de Fin de Carrera, Universidad Carlos III de Madrid, 2009.
- [34] Y. Marchukov, "Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH," Trabajo Final de Carrera, Universidad Politécnica de Valencia, 2011.
- [35] O. R. Martínez Jordán, "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio El Centro y Sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio La Tejera, Municipio de San Juan Ermita, Departamento de Chiquimula," Trabajo de Graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Ingeniería Civil, 2011.
- [36] J. Sánchez San Román, "Cálculo aproximado de la altura de inundación," España, Universidad de Salamanca, Departamento de Geología [En línea]. Disponible en: http://hidrologia.usal.es/Complementos/Calculo_altura_agua.pdf. Fecha de consulta: 06 05 2018.
- [37] Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua, "Dimensionamiento con llenado parcial", España, Universidad de Salamanca," [En línea]. Disponible en: <http://cidta.usal.es/Cursos/redes/modulos/Libros/unidad%208/parcial.PDF>. Fecha de consulta: 07 05 2018.
- [38] Sedapal, Consorcio SM & Aquaplan, "Expediente técnico de obra Cambio de redes de tuberías de alcantarillado El Agustino I Zona," Lima, 2015.
- [39] GoogleEarth.
- [40] Mahmoud M. Al-Quzwini, "Design and Implementation of a Fiber to the Home FTTH Access Network based on GPON," International Journal of Computer Applications, vol. 92, nro 6, 2014.
- [41] Furukawa, "OLT GPON FK-OLT-G2500 [En línea]. Disponible en:http://www.tecnoredsa.com.ar/productos/f223f4_ET2743.pdf. Fecha de consulta: 11 04 2018.
- [42] Furukawa, "ONT GPON FK-ONT-G400R," [En línea]. Disponible en: http://www.nexus.com.pe:8081/media_nexus/uploads/fichas_tecnicas/35510130.pdf. Fecha de consulta: 11 04 2018.

- [43] Furukawa, "Intelligent Solutions to Network's Infrastructure," [En línea]. Disponible en:
http://www.furukawa.co.th/lan/support_download/Furukawa2013Catalogengweb.pdf. Fecha de consulta: 11 04 2018.
- [44] Furukawa, "Divisor Óptico 1xN Equilibrado," [En línea]. Disponible en:
http://www.tecnoredsa.com.ar/productos/d46a16_ET2371.pdf. Fecha de consulta: 11 04 2018.
- [45] *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*, Recommendation ITU G.652, 2016.
- [46] J. Jeyapalan, "The last mile," 2002. [En línea]. Disponible en:
https://www.astm.org/SNEWS/AUGUST_2002/jeyapalan_aug02.html. Fecha de consulta: 26 05 2018.
- [47] Municipalidad Distrital de El Agustino, "Plan de Seguridad Ciudadana 2017".
- [48] Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao, Sedapal, 2005.
- [49] Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, "Debemos consumir 100 litros de agua al día por persona, pero consumimos hasta 250 litros," 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.actualidadambiental.pe/?p=42982>. Fecha de consulta: 06 05 2017.
- [50] Magtel Comunicaciones Avanzadas, "Procedimiento técnico de ejecución - Sistema Packer," 2011.
- [51] FAST Opticom, "Technology Overview" [En línea]. Disponible en:
<http://fastopticom.de/en/technology/technology-overview/>. Fecha de consulta: 25 05 2018.
- [52] *Instalaciones Sanitarias para Edificaciones*, Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma IS 010.
- [53] *Optical fibre cable construction for sewer duct applications*, Recommendation ITU L.78, 2008.
- [54] *Optical fibre cables for direct surface*, Recommendation ITU L.110, 2017.
- [55] Prysmian-Draka, "Optical cable for sewer installation," 2012. [En línea]. Disponible en: https://www.prysmiangroup.com/sites/default/files/business_markets/markets/downloads/datasheets/InternetCableData-Sewer-loose-tube-cables_en_0.pdf. Fecha de consulta: 15 06 2018.
- [56] Ordenanza de Saneamiento . Servicio Ciclo Integral del Agua, 2015. Ayuntamiento de Valencia,
- [57] J. Jeyapalan, "Using Existing Infrastructure To Speed FTTH Deployment," 03 2007. [En línea]. Disponible en: http://www.broadbandproperties.com/2007issues/march07issues/jey_mar.pdf. Fecha de consulta: 01 06 2018.



Anexo 1. Planos de la red de tuberías de alcantarillado de El Agustino, Zona I



SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA



CONSORCIO SM & AQUAPLAN

EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA

"CAMBIO DE REDES DE TUBERIAS DE
ALCANTARILLADO EL AGUSTINO I ZONA"

EN EL DISTRITO DE EL AGUSTINO

CONSORCIO SM & AQUAPLAN
[Signature]
DIRECTOR DEL ESTUDIO
TOMAS EDISON NAUCAPOMA REYES
Reg. CIP N° 68015

PLANOS



INDICE DE PLANOS
EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA
ZONA I - EL AGUSTINO



CONSORCIO SM & AQUAPLAN

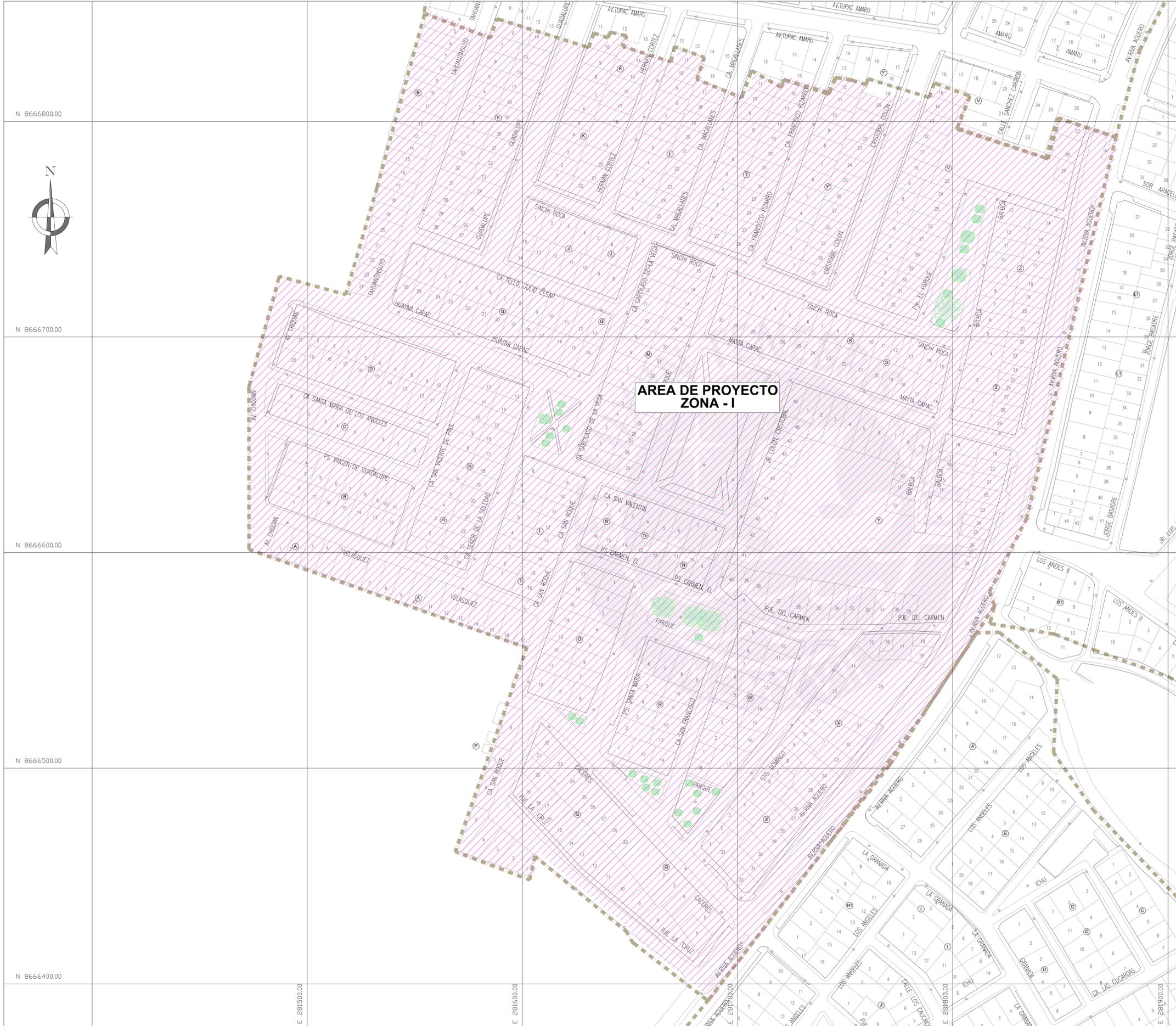
PLANOS GENERAL		
CODIGO	NOMBRE	Nº DE LAMINAS
U-01	PLANO DE UBICACION DE LA ZONA I - EL AGUSTINO	1
TOP-01	PLANO TOPOGRAFICO - ZONA I EL AGUSTINO	4 (del 1 al 4)
PG-01	PLANO GENERAL - ESQUEMA GENERAL DE ALCANTARILLADO ZONA I - EL AGUSTINO	1
		6

SISTEMA PROYECTADO		
CODIGO	NOMBRE	Nº DE LAMINAS
ALG-03	RED DE ALCANTARILLADO - VISTA EN PLANTA CAMBIO DE TUBERIA Y TUBERIA PROYECTADA A EJECUTAR - ZONA I - EL AGUSTINO	4 (del 1 al 4)
ALG-04	ALCANTARILLADO - VISTA EN PLANTA CONEXIONES DOMICILIARIAS A EJECUTAR - ZONA I - EL AGUSTINO	4 (del 1 al 4)
ALG-05	ALCANTARILLADO DIAGRAMA DE FLUJO ZONA I - EL AGUSTINO	4 (del 1 al 4)
ALG-06	RED DE ALCANTARILLADO PERFILES LONGITUDINALES CAMBIO DE TUBERIA Y TUBERIA PROYECTADA A EJECUTAR - ZONA I - EL AGUSTINO	4 (del 1 al 4)
SEC-01	SECCIONES TRANSVERSALES INTERFERENCIAS ZONA I - EL AGUSTINO	1
		17

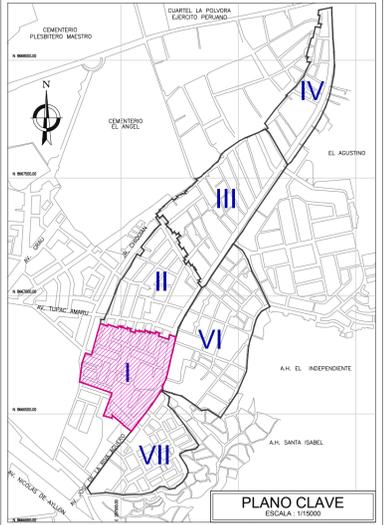
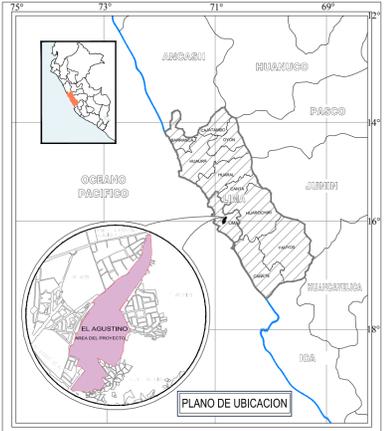
PLANO DE DETALLES		
CODIGO	NOMBRE	Nº DE LAMINAS
DT-01	SISTEMA DE ALCANTARILLADO DETALLE DE CONEXIONES DOMICILIARIAS A EJECUTAR	1
DT-02	DETALLE A EJECUTAR DE BUZONES Y ZANJA	1
		2

CONSORCIO SM & AQUAPLAN

DIRECTOR DEL ESTUDIO
TOMÁS EDMUNDO NAUCAPOMA REYES
Reg. CIP N° 68015



**AREA DE PROYECTO
ZONA - I**



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	MANZANAS
	AREA DE ESTUDIO

CONSORCIO S&M & AQUAPLAN
 DIRECTOR DEL ESTUDIO
 TOMAS EDINSON NAUCAPOMA REYES
 Reg. CIP N° 68015

SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA		
CONSORCIO SM & AQUAPLAN		
Proyecto: EXPEDIENTE TECNICO DE OBRA "CAMBIO DE TUBERIAS DE ALCANTARILLADO EL AGUSTINO I ZONA" EN EL DISTRITO DE EL AGUSTINO	Distrito: EL AGUSTINO Provincia: LIMA Departamento: LIMA Dibujo: JPB Escala: 1/900	N° de Proyecto: CP N° 0076-2014-SEDAPAL Plano N°: U-01
Plano: PLANO DE UBICACION DE LA ZONA I - EL AGUSTINO	Profesional Responsable: TOMAS EDINSON NAUCAPOMA REYES Director: TOMAS EDINSON NAUCAPOMA REYES Fecha: SEPTIEMBRE 2015	Total de Planos: 1/1



Anexo 2. Hoja de datos OLT



OLT GPON FK-OLT-G2500

Tipo del Producto Equipo GPON FBS

Familia del Producto FBS - Furukawa Broadband System

Descripción

La OLT (Optical Line Terminal) es un equipo utilizado en redes FTTx (Fiber To The X) como concentrador de clientes. Su función es distribuir el acceso a cada usuario de la red y realizar tareas de gestión, tales como control de acceso, gestión de banda, configuración de servicios, etc. Chasis GPON con altura de 7RU (unidades de rack).

Características Generales

- 10 slots para módulos de servicio:
 - Cada módulo de servicio soporta hasta 4 interfaces GPON SFP, para atendimento a 64 abonados cada, totalizando 2560 abonados por chasis;
 - Opción de módulos de servicio con interfaces GPON redundantes;
- 2 slots para módulos de uplink:
 - El módulo de uplink presenta 2 puertas 10GbE XFP y 4 puertas GbE SFP;
- 2 slots para módulo de control y gerenciamiento (switching):
 - Posibilidad de instalación de 2 módulos de switching para que operen en régimen de redundancia;
- 296 Gbps de capacidad de switching y 220Mpps de throughput;
- Upgrade de software en servicio (ISSU – In Service Software Upgrade);

GPON

- Soporta ITU-T G.984.4 para gestión y control de la Interface de la ONT (OMCI);
- Gestión remota de la ONT;
- Descubierta y ranging automático de la ONT;
- Soporta NSR (Non-Status Reporting) y SR (Status Reporting) DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) – G.984.3;
- Múltiples T-CONTs por ONT;
- Hasta 128 ONTs por interface GPON;
- Velocidad de 2.5Gbps en downstream y 1.25Gbps en upstream;
- 20km de rango de transmisión (60km de alcance lógico);
- Longitud de onda de transmisión: 1490nm;
- Longitud de onda de recepción: 1310nm;
- Potencia Óptica de Transmisión: 1,5dBm ~ +5dBm
- Potencia Óptica de Recepción: -8dBm ~ -28dBm

Layer 2

- Standard Ethernet Bridging;
 - Hasta 32K direcciones MACs;
 - Hasta 4K VLANs, 802.1q;
 - Port/Subnet/Protocol-based VLAN;
 - VLAN stacking (QinQ) / translation;
 - Spanning Tree (STP, RSTP e MSTP);
 - Link Aggregation (802.3ad);
 - Jumbo frame de hasta 9K;
-

Layer 3

- Enrutamiento IPv4 y IPv6;
 - Enrutamiento estático;
 - Routing Information Protocol (RIP) v1, v2 y RIPng;
 - Open Shortest Path First (OSPF) v2, v3;
 - Border Gateway Protocol (BGP) v4;
 - Intermediate System to Intermediate System (IS-IS);
 - Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP);
-

QoS

- Traffic scheduling (SP, WRR e DRR);
 - 8 colas por puerta;
 - Limitación condicional de tasa;
 - Mapeo de colas de acuerdo con ingress/egress port, MAC, 802.1q, 802.1p, ToS/DSCP, IP SA/DA, TCP/UDP;
 - Listas de control de acceso basadas en puertas, direcciones MAC, EtherType, IP SA/DA, dirección IP de multicast, TCP/UDP;
-

MultiCast

- IGMP v1/v2/v3;
 - IGMP Snooping;
 - IGMP Proxy;
 - IGMP Static Join;
 - Multicast Vlan Registration (MVR);
 - PIM-SM, SSM;
-

Gerencia

- Serial/Telnet (CLI);
 - SNMP v1/v2/v3;
 - DHCP server, client y relay con opción 82;
 - Single IP management;
 - RMON;
 - Syslog;
 - Link Layer Discovery Protocol (LLDP);
-

Seguridad

- Autenticación basada en MAC ou porta (802.1x);
 - Storm Control para broadcast;
 - Bloqueo de tráfico multicast y unicast desconocidos;
 - Protección DoS;
 - Gerenciamiento Out-of-Band;
 - IP Source Guard;
 - Secure Shell (SSH) v1/v2;
-

Características constructivas

Dimensiones [mm]	Ancho	Alto	Profundidad
		444	310
	Min	Máx	OBS
Temperatura de operación	0	50	°C
Temperatura de almacenamiento	-40	70	
Humedad relativa de operación	0%	90%	Sin condensación
Consumo de Energía		390	Watts
Alimentación		-48/60	Volts
Alimentación	Dos fuentes DC en régimen de redundancia y balanceo de carga		

- Fuentes y ventiladores hot-swappable;
- LEDs indicativos de alarma;

Garantía

Garantía de 1 año

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema, solamente se garantiza la compatibilidad del equipo con la familia de ONTs GPON de Furukawa, siendo la actividad de soporte técnico por parte de Furukawa condicionada a este escenario.



ONT GPON FK-ONT-G400R

La ONT (Optical Network Terminal) es un equipo utilizado en redes FTTx (Fiber To The X) para acceso de los abonados.

La ONT recibe la señal óptica de la red PON (Passive Optical Network) y ofrece una interface de conexión para el abonado. En paralelo, la ONT también envía los datos del abonado para la OLT (Optical Line Terminal), para establecer el enlace de comunicación con la central.

La comunicación óptica es realizada de acuerdo con el estándar GPON (Gigabit Capable Passive Optical Network), cumpliendo con los requisitos de la norma ITU-T G.984. Un mismo canal de comunicación de la central brinda servicio a hasta 64 ONTs en un radio de 20km de distancia, con velocidad de 2,5Gbps de downstream y 1,25Gbps de upstream.

La ONT GPON Furukawa FK-ONU-G421W posee una interface óptica SC-APC para conexión a la red PON y 4 interfaces Gigabit Ethernet RJ-45 para conexión a la red de datos del abonado.



ONU GPON FK-ONU-G400R

Características Técnicas:

- Interfaces:
 - 1 interface óptica GPON SC-APC;
 - 4 interfaces metálicas RJ-45 10/100/100Base-T (GbE);
- Características GPON:
 - De acuerdo con el estándar GPON ITU-T G.984.2;
 - Transmisor de 1.244Gbps sentido upstream en modo ráfaga;
 - Receptor de 2.488Gbps sentido downstream;
 - Longitud de onda de transmisión: 1310nm;
 - Longitud de onda de recepción: 1490nm;
 - Laser de acuerdo con ITU-T G.984.2 Amd1, Class B+, con las siguientes características:
 - Receptor tipo APD (Avalanche Photo Diode);
 - Transmisor tipo DFB (Distributed Feedback Laser);
 - Potencia de transmisión: 0,5 a 5,0dBm;
 - Potencia de recepción: -27dBm de sensibilidad y -8dBm de sobrecarga;
- Características de QoS GPON:
 - Framing totalmente compatible con ITU-T G.984;
 - Múltiples T-CONTs por dispositivo;

- Múltiples GEM Ports por dispositivo;
- Soporta modo Single T-CONT o modo Multiple T-CONTs;
- Mapeo flexible entre GEM Ports y T-CONTs;
- Activación con descubierta automática SN y contraseña, en conformidad con ITU-T G.984.3;
- Forward Error Correction (FEC);
- Perfil para mapeo de servicio 802.1p en upstream y downstream;
- Soporte para Multicast GEM Port;
- Mapeo de GEM Ports en un T-CONT con scheduling basado en colas de prioridad;
- Características Ethernet:
 - Estándar 10/100/1000Base-T (Gigabit Ethernet);
 - Auto negociación o configuración manual;
 - Detección de MDI/MDX automática;
 - Colas de prioridad, basadas en Hardware, en la dirección de downstream en soporte a CoS;
 - 802.1d bridging;
 - Switch virtual basado en 802.1q VLAN;
 - Hasta 128 direcciones MAC y 16 grupos VLAN;
 - VLAN tagging/detagging por puerta Ethernet;
 - VLAN stacking (Q-in-Q) y VLAN Translation;
 - IP ToS/DSCP para mapeo 802.1p;
 - Clase de servicio basado en VLAN-ID, 802.1p bit, ToS/DSCP;
 - Marking/remarking de 802.1p;
 - Limitador de direcciones MAC;
 - Scheduling controlado de prioridad e tasa;
 - IGMP Snooping;
 - Limitador de tasa Broadcast/Multicast;
- Características de gerenciamiento:
 - Gerenciamiento en conformidad con ITU-T G.984.4 e G.983.2;
 - Manipulación de MIB a través de OMCI por comandos Create, Delete, Set, Get, Get Next;
 - Provisionamiento de todos los servicios, incluyendo Ethernet, VoIP, etc.;
 - Alarmas y relatório AVC (Application Visibility and Control), monitoreo de performance;
 - Descarga remota de imagen de software;
 - Activación y rebooting remoto;
 - Mantiene dos conjuntos de imagen de software, para chequeo de integridad y rollback automático;
- Características constructivas:
 - Temperatura de operación: 0 a 50°C;
 - Humedad relativa de operación: 5 a 90% (sem condensação);
 - Alimentación DC 12V con adaptador AC/DC incluido 100-240V, 50/60Hz;

- Dimensiones: 172 x 33 x 130 mm;
- LEDs indicativos de status;
- Garantía de 1 año.





Anexo 4. Hoja de datos Splitter 1xN

Divisor Óptico 1xN Equilibrado



Tipo del Producto	Divisor óptico
Familia del Producto	FBS - Furukawa Broadband System
Descripción	<p>Splitters Ópticos son componentes pasivos que realizan la división del señal óptico en una red PON. Son constituidos por una fibra de entrada y N fibras de salida, las cuales dividen la potencia del señal óptico proporcionalmente, caracterizándolos como splitters equilibrados. Son utilizados principalmente en redes ópticas FTTx/PON y redes HFC (Cable TV).</p> <p>Disponible en tres modelos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Conectorizado en la entrada y salidas;- Conectorizado sólo en las salidas;- No conectorizado.
Ambiente de Instalación	Interno o Externo (Alojamiento en caja adecuada).
Ambiente de Operación	No Agresivo
Compatibilidad	Bandejas de Empalme o Módulos Conectorizados.
Garantía	12 meses

Ventajas

- Modelos 1x2 fabricados con tecnología FBT o PLC,
- Modelos 1x4, 1x8, 1x16, 1x32, 1x64 fabricados con tecnología PLC;
- Operación en las tres ventanas de comunicación para los estándares de redes ópticas pasivas: 1310nm, 1490nm y 1550nm;
- Pérdida de Inserción y Uniformidad estables entre 1260 y 1650nm para modelos PLC – Full Spectrum;
- Para modelos FBT, los parámetros de Pérdida de Inserción y Uniformidad se aplican a los anchos de 1260~1360 y 1480~1650nm;
- Tamaño compacto permite el almacenamiento en diversos tipos de bandejas ópticas de empalme;
- Baja Pérdida de Inserción y excelente Uniformidad;
- Alta fiabilidad;
- Fibra especial G.657A - optimizado para almacenamiento en bandejas con radio de curvatura reducidas.

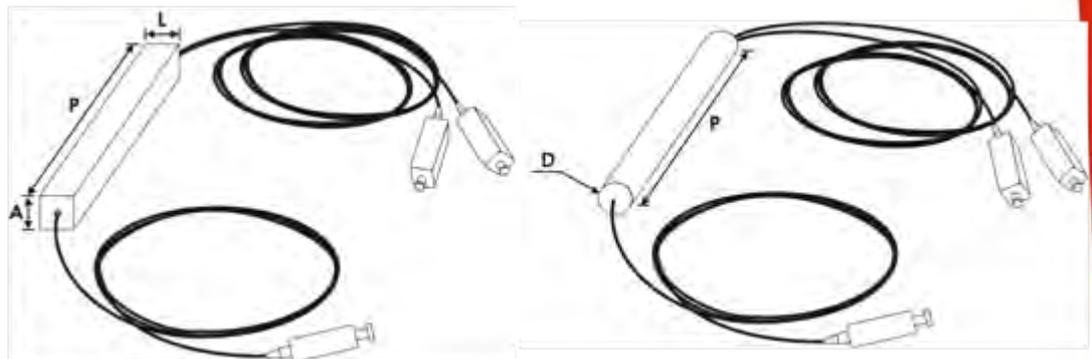
Perámetros de desempeño

Modelos	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Banda Óptica Pasante	PLC: 1260~1650 FBT:1260~1360nm y1480~1650nm					
Pérdida de Inserción Máxima (Sin Tener en Cuenta las Pérdida de las Conexiones)	3,7dB	7,1dB	10,5dB	13,7dB	17,1dB	20,5dB
Uniformidad	0,5 dB	0,6 dB	1,0 dB	1,3 dB	1,5 dB	1,7 dB
Sensibilidad a la Polarización Máxima (PDL)	0,2 dB	0,2 dB	0,25dB	0,3 dB	0,4 dB	0,5 dB
Directividad	>55 dB					
Pérdida de Retorno	>55 dB					

Especificaciones ambientales

Modelos	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Temperatura de Operación	-40~+85°C			-25~+70°C		
Temperatura de Almacenamiento	-40~+85°C					
Humedad Relativa de Operación	5~95%					
Humedad Relativa de Almacenamiento	5~95%					

Splitter con conector

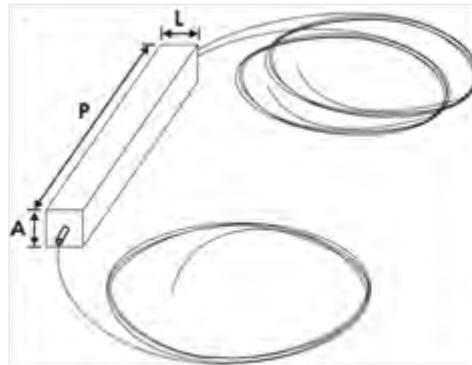


Características dimensionales para splitter con conector

Modelos	1x2 FBT		1x2 PLC		1x4		1x8		1x16		1x32	
	E/S	S	E/S	S	E/S	S	E/S	S	E/S	S	E/S	S
Profundidad (P)	50mm		55mm		55mm		55mm		60mm		80mm	
Diámetro (D)	3.0mm		N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
Anchura (L)	N/A		7mm		7mm		7mm		12mm		20mm	
Altura (A)	N/A		4mm		4mm		4mm		4mm		6mm	
Largura del Pigtail de Entrada	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m	1.5m	0.6m
Largura del Pigtail de Salida	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m	0.6m
Diámetro del Pigtail	900µm											

- S - Splitter Conectorizado sólo en las Salidas;
- E/S - Splitter Conectorizado en la Entrada y en las Salidas.

Splitter sin conector



Características dimensionales para splitter sin conector

Modelos	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Profundidade (P)	50mm	40mm	40mm	40mm	50mm	60mm
Diámetro (D)	3mm	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Anchura (L)	N/A	4mm	4mm	4mm	7mm	12mm
Altura (A)	N/A	4mm	4mm	4mm	4mm	4mm
Largura de la Fibra	2m					
Diámetro da Fibra Desnuda	250µm					

Código de Colores

Puerta 1	Azul
Puerta 2	Naranja
Puerta 3	Verde
Puerta 4	Marrón
Puerta 5	Gris
Puerta 6	Blanco
Puerta 7	Rojo
Puerta 8	Negro

- En los divisores de 16, 32 y 64 salidas, el grupo de colores se repetirá a cada 8 puertas, siendo separados e identificados a través de tubos plásticos y etiquetas;
- Código de colores válido para splitters no conectorizados;
- Splitters Conectorizados presentan identificación de las puertas por medio de etiquetas numeradas.

Tipo del conector

Conectores	Atenuación Óptica por Conexión (dB)		Pérdida de Retorno Máxima por Conexión(dB)	Características
	Típica	Máxima		
SC-APC	0,15	0,30	>60	- Conector del tipo "Push-Pull"; - Cuerpo Plástico; - Cerrojo Cerámico (Zirconia).
SC-UPC	0,15	0,30	>50	

- Para los Splitters Conectorizados es necesario sumar las pérdidas de las conexiones a las pérdidas presentes en el splitter. De esa forma, se obtiene los parámetros de rendimiento del conjunto.

Tipo da Fibra

Fibras de Entrada y Salidas del Tipo "Bend Insensitive" G.657A ⁽²⁾.

Normas Aplicables

- Telcordia GR-1209 (Componentes Ópticos Pasivos)
- Telcordia GR-1221 (Requisitos de Confiabilidad para Componentes Ópticos Pasivos)
- IEC 61753-1 (Dispositivos de Interconexión de Fibra Óptica y Componentes Pasivos - Estándar de Rendimiento)

Certificaciones

ANATEL (Homologación 1837-11-0256 y 1835-11-0256)

Grabación Padrón

SPLITTER OPTICO XXX 1XN YY/ZZ G.657A GG-GGG/AA-AAA BBDCC/EEDFF

Furukawa

XXX = Tecnología de fabricación (FBT ou PLC);

N = Cantidad de salidas;

YY = Si es un componente no balanceado, indica la porcentaje de potencia óptica de la primera salida;

ZZ = Si es un componente no balanceado, indica la porcentaje de potencia óptica de la segunda salida;

G.657A= Tipo da fibra;

GG-GGG = Tipo de conector de las entradas;

AA-AAA = Tipo de conector de las salidas;

BB = Longitud de la fibra de entrada (m);

CC = Diámetro do revestimiento de la fibra de entrada (0,9 mm ou 2 mm);

EE = Longitud de las fibras de salida (m);

FF = Diámetro del revestimiento de la fibra de salida (0,9 mm ou 2 mm).

Código del Producto SPLITTERS SIN CONECTORES:

35500100	SPLITTER OPTICO FBT 1X2 50/50 G.657A NC/NC 2M/2M
35500104	SPLITTER OPTICO PLC 1X4 G.657A NC/NC 2M/2M
35500099	SPLITTER OPTICO PLC 1X8 G.657A NC/NC 2M/2M
35500108	SPLITTER OPTICO PLC 1X16 G.657A NC/NC 2M/2M
35500112	SPLITTER OPTICO PLC 1X32 G.657A NC/NC 2M/2M
35500109	SPLITTER OPTICO PLC 1X64 G.657A NC/NC 2M/2M

SPLITTERS CONECTORIZADOS SÓLO EN LA SALIDA:

35500174	SPLITTER OPTICO PLC 1X4 G.657A NC/SC-APC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500178	SPLITTER OPTICO PLC 1X8 G.657A NC/SC-APC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500191	SPLITTER OPTICO PLC 1X2 G.657A NC/SC-APC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500192	SPLITTER OPTICO PLC 1X16 G.657A NC/SC-APC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500196	SPLITTER OPTICO PLC 1X32 G.657A NC/SC-APC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500175	SPLITTER OPTICO PLC 1X4 G.657A NC/SC-UPC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500179	SPLITTER OPTICO PLC 1X8 G.657A NC/SC-UPC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500189	SPLITTER OPTICO PLC 1X2 G.657A NC/SC-UPC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500193	SPLITTER OPTICO PLC 1X16 G.657A NC/SC-UPC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500197	SPLITTER OPTICO PLC 1X32 G.657A NC/SC-UPC 1.5D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT

SPLITTERS CONECTORIZADOS EN LAS SALIDAS Y ENTRADA:

35500173	SPLITTER OPTICO PLC 1X4 G.657A SC-APC/SC-APC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500177	SPLITTER OPTICO PLC 1X8 G.657A SC-APC/SC-APC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500188	SPLITTER OPTICO PLC 1X2 G.657A SC-APC/SC-APC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500195	SPLITTER OPTICO PLC 1X16 G.657A SC-APC/SC-APC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500199	SPLITTER OPTICO PLC 1X32 G.657A SC-APC/SC-APC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500172	SPLITTER OPTICO PLC 1X8 G.657A SC-UPC/SC-UPC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500176	SPLITTER OPTICO PLC 1X4 G.657A SC-UPC/SC-UPC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500190	SPLITTER OPTICO PLC 1X2 G.657A SC-UPC/SC-UPC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500194	SPLITTER OPTICO PLC 1X16 G.657A SC-UPC/SC-UPC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT
35500198	SPLITTER OPTICO PLC 1X32 G.657A SC-UPC/SC-UPC 0.6D0.9/0.6D0.9 SEM BREAKOUT

Accesorios Incluidos

Hoja de Pruebas (Medidas de Pérdida de Inserción y Pérdidas de Retorno⁽¹⁾).

Notas

- 1-Medidas sin conectores
- 2-Tiene baja sensibilidad a la curvatura,y es compatible con las fibras G.652,que pueden ser utilizados en toda la red de fibra óptica



Anexo 5. Hoja de datos Splitter 2xN

2XN BALANCED OPTICAL SPLITTER



Construction features

Splitter type	2x2	2x4	2x8	2x16	2x32	2x64
Length	50 mm	45 mm		55 mm		65 mm
Nominal diameter	3 mm	N/A				
Width	N/A	5 mm		7 mm		12 mm
Height	N/A	4 mm				
Manufacturing technology	FBT	PLC				
Pigtail length	2 m					
Diameter naked fiber	0.25 mm					

Performance

Splitter type	2x2	2x4	2x8	2x16	2x32	2x64
Maximum insertion loss(dB)	4	7.3	10.8	14	17.7	21.3
Uniformity (dB)	0.6	0.8	1.3	1.5	2.1	2.5
Polarization sensitivity maximum (PDL) (dB)	0.2	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5
Optical band passing	PLC: 1260~1650 nm y FBC: 1260~1360 nm y 1480~1650 nm					
Directivity	> 55 dB					

Part number

35500121	FBT	2x2	G.657A	50/50	NC/NC 2 m / 2 m
35500186	PLC	2x2			
35500120		2x4			
35500119		2x8			
35500118		2x16			
35500115		2x32			
35500114		2x64			

CONNECTORIZED SPLITTERS



Performance

Splitter type	1x2	1x4	1x8	1x16	1x32
Maximum insertion loss(dB)	3.7	7.1	10.5	13.7	17.1
Uniformity	0.5	0.6	1	1.3	1.5
Polarization sensitivity maximum (PDL)	0.2	0.2	0.25	0.3	0.4
Optical band passing	1260~1360 nm y 1480~1650 nm				
Directivity	> 55 dB				

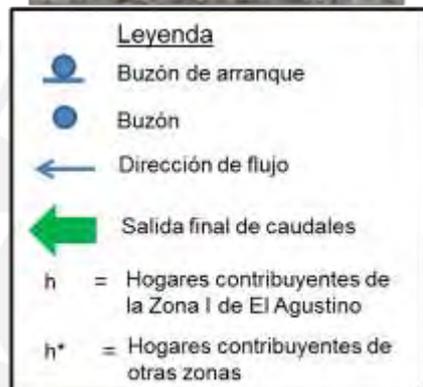
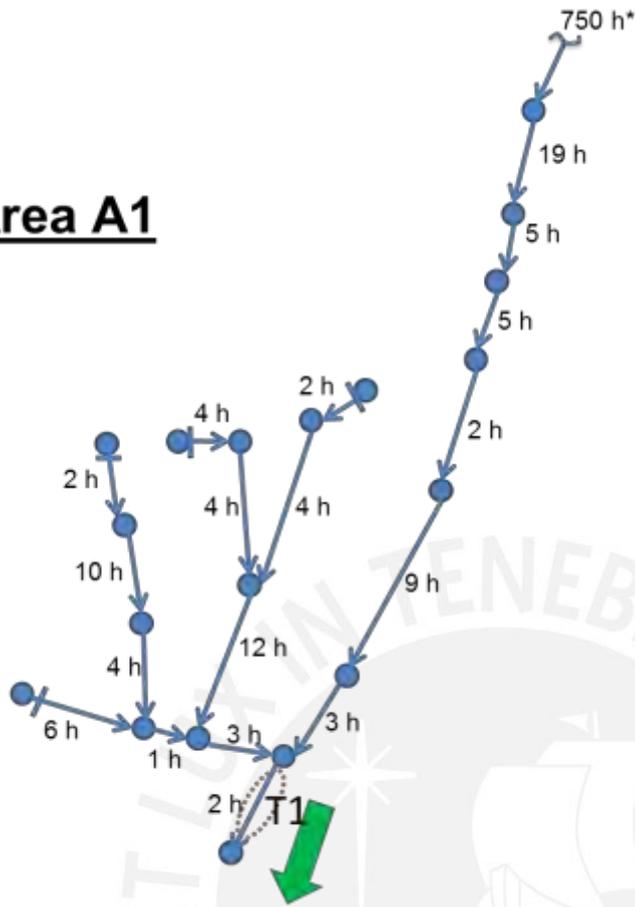
Part number

35500173	PLC	1x4	G.657A	-	SC-APC/SC-APC	0.6 D.09/0.6 D0.9
35500177		1x8			SC-APC/SC-APC	
35500117		1x16			SC-APC/MPO-APC	0.5 D0.9/0.5
35500195					SC-APC/SC-APC	1.5 D2/1.5 D2
35500111					1x32	SC-APC/MPO-APC
35500199		SC-APC/SC-APC				1.5 D2/1.5 D2
35500122		1x64				

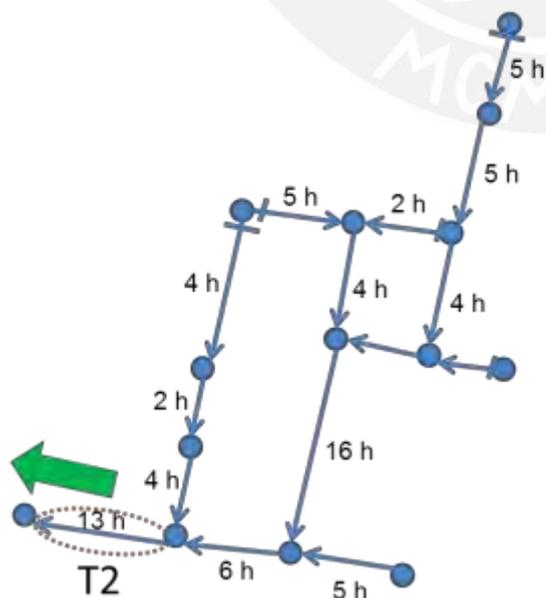
Anexo 6. Diagrama de flujos de aguas servidas en El Agustino (Zona I)



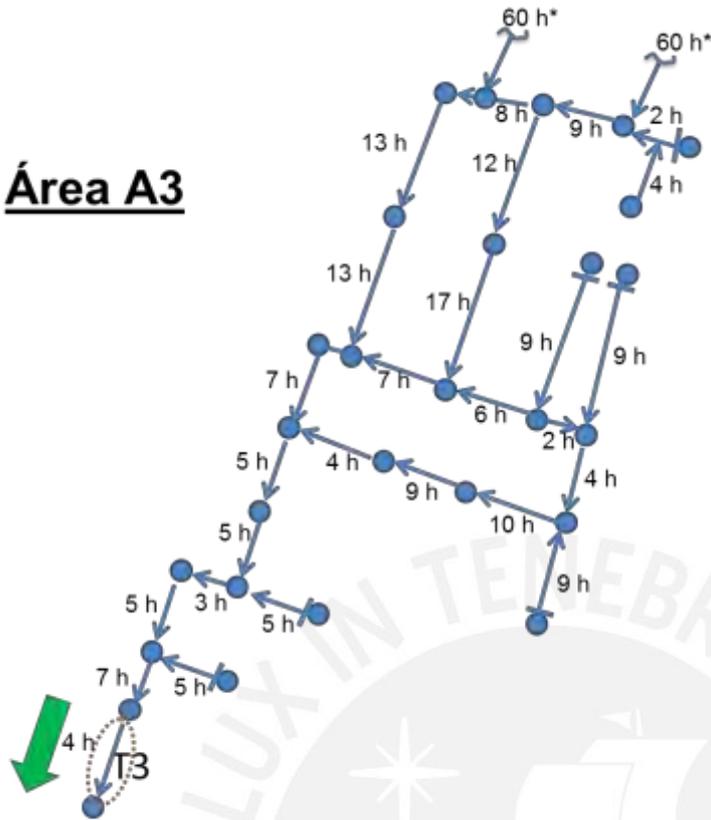
Área A1



Área A2



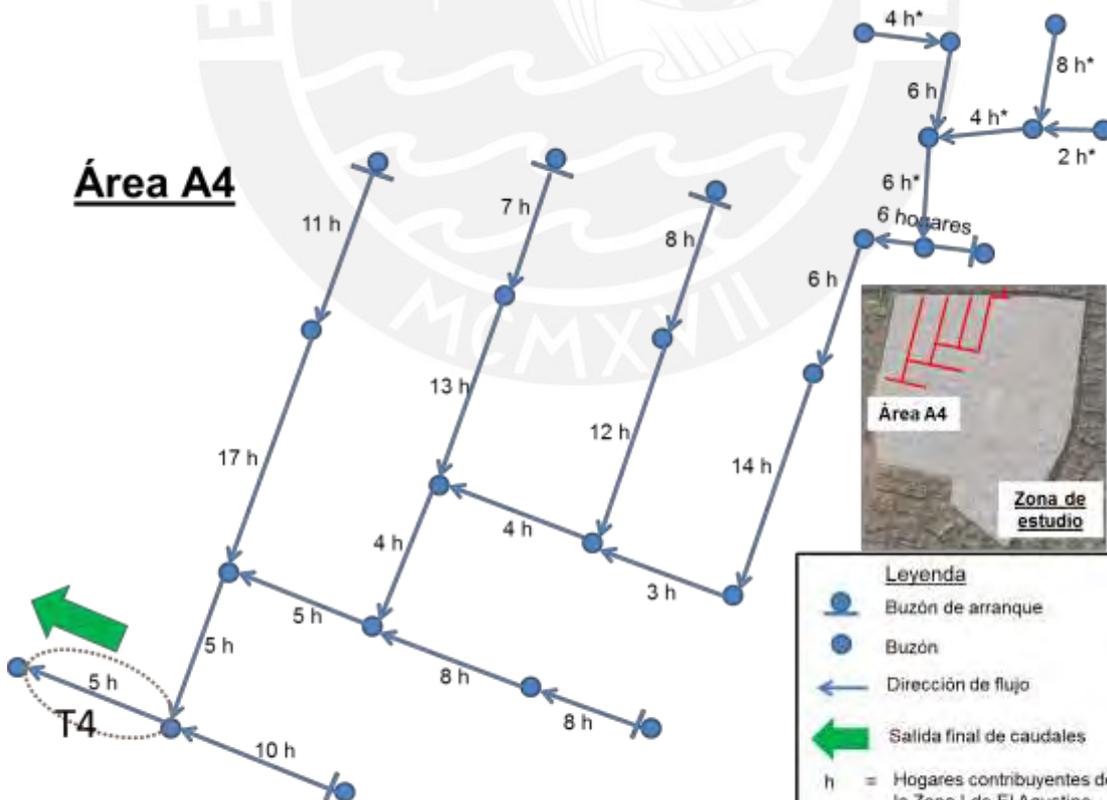
Área A3



Leyenda

-  Buzón de arranque
-  Buzón
-  Dirección de flujo
-  Salida final de caudales
- h = Hogares contribuyentes de la Zona I de El Agustino
- h* = Hogares contribuyentes de otras zonas

Área A4



Leyenda

-  Buzón de arranque
-  Buzón
-  Dirección de flujo
-  Salida final de caudales
- h = Hogares contribuyentes de la Zona I de El Agustino
- h* = Hogares contribuyentes de otras zonas



Anexo 7. Estado del arte de marco Regulatorio. Caso: Valencia, España





Ordenanza de saneamiento

Aprobada por acuerdo de: 23.12.2015
Publicación B.O.P.: 10.02.2016

Excelentísimo Ayuntamiento de Valencia
Servicio Ciclo Integral del Agua

ORDENANZA DE SANEAMIENTO

TITULO I. - OBJETIVOS Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.

TITULO II. - USO DE LA RED DE ALCANTARILLADO.

Capítulo 1.- Disposiciones generales.

Capítulo 2.- Uso de la red.

Capítulo 3.- Acometidas.

Capítulo 4.- Afecciones y reposiciones.

Capítulo 5.- Permiso de conexión.

Capítulo 6.- Inspección.

Capítulo 7.- Instalaciones visitables.

Capítulo 8.- Instalación de redes de telecomunicaciones en el interior de los colectores del sistema municipal de saneamiento.

TÍTULO III. – VERTIDOS A LA RED DE SANEAMIENTO

Capítulo 1.- Disposiciones generales.

Capítulo 2.- Condiciones de los vertidos.

Capítulo 3.- Control de los vertidos.

Capítulo 4.- Inspección de vertidos.

Capítulo 5.- Vertidos y descargas puntuales e incontroladas.

TÍTULO IV. – REGIMEN SANCIONADOR

Capítulo 1.- Infracciones.

Capítulo 2.- Sanciones.

DISPOSICIÓN ADICIONAL.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA.

DISPOSICIÓN DEROGATORIA.

DISPOSICIÓN FINAL.

ANEXOS:

- I. Requerimiento de calidad del vertido a la red municipal de alcantarillado.
- II. Documentación necesaria para la obtención del permiso de conexión a la red de vertidos no domésticos y de carácter industrial.
- III. Modelo de acta de infracción de obras.
- IV. Modelo de acta de infracción de vertidos.

- V. Modelo de acta de inspección de obras.
- VI. Modelo de acta de inspección de vertidos.
- VII. Modelo de etiquetado de muestras.
- VIII. Definiciones básicas.
- IX. Documentación necesaria para la recepción de obras.
- X. Homologación de empresas contratistas.
- XI. Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia. Año 2015

TÍTULO I. – OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.

Artículo 1. Objeto

Es objeto de esta Ordenanza:

1. Establecer las normas de utilización de la red municipal de alcantarillado, colectores, estaciones de bombeo, elementos de captación de aguas pluviales y, en general, de todos aquellos elementos que conforman el Sistema Municipal de Saneamiento (en adelante S.M.S.).
2. La regulación de los vertidos de aguas residuales, freáticas o de cualquier otro tipo al S.M.S., y concretamente los procedentes de actividades sujetas a la reglamentación vigente sobre actividades calificadas.

Todo ello sin perjuicio de las competencias atribuidas a otros Organismos de la Administración, según lo establecido en el ordenamiento jurídico vigente.

Artículo 2. Desarrollo.

Las Normas contenidas en la presente Ordenanza desarrollan las exigencias de la Normas Urbanísticas del vigente Plan General de Ordenación Urbana en materia de saneamiento.

Artículo 3. Planes.

En la elaboración de planes que desarrollen el Plan General de Ordenación Urbana será preceptivo el estudio técnico integral del saneamiento de la zona, evacuación de aguas pluviales y, en los sectores donde se ubiquen actividades industriales, un estudio técnico adicional sobre la previsible contaminación por vertidos.

Artículo 4. Ámbito.

El ámbito de la presente Ordenanza y de la actuación del Servicio del Ciclo Integral del Agua se circunscribe al municipio de Valencia y, en concreto, al suelo público.

El Ayuntamiento de Valencia podrá suscribir convenios con los propietarios de suelo privado para establecer servidumbres de paso, redes de alcantarillado, colectores y cualquier otra instalación de saneamiento.

En el resto de casos quedan excluidas las afecciones en suelo privado.

TÍTULO II.- USO DE LA RED DE SANEAMIENTO.

CAPÍTULO 1. DISPOSICIONES GENERALES.

Artículo 5. General.

Los preceptos contenidos en este Título II de la presente Ordenanza van dirigidos a la preservación del S.M.S., asegurar su buen funcionamiento y eficacia para evacuar y conducir a las unidades operativas de tratamiento los vertidos autorizados, así como establecer un adecuado drenaje de aguas pluviales.

Artículo 6. Vía Pública.

En la vía pública la construcción de la red de saneamiento deberá efectuarse con anterioridad, o al menos simultáneamente, a las obras de urbanización definitivas.

Artículo 7. Proyectos y Planes.

En la redacción de los proyectos de urbanización, previstos en las Normas Urbanísticas del Plan General, se desarrollará la red de saneamiento, conforme a las directrices técnicas de la presente Ordenanza y serán informadas por los servicios técnicos municipales que tengan atribuidas competencias en materia de saneamiento: Servicios Técnicos Municipales de Saneamiento (en adelante S.T.M.S).

Artículo 8. Parcelas / Solares.

Aquellas parcelas que gocen de la calificación de solar pero que carezcan en su entorno de la red de saneamiento planificada deberán asegurar su conexión a la red de saneamiento existente con “carácter provisional”. En este supuesto se seguirán las especificaciones que los S.T.M.S. establezcan, de acuerdo con la presente Ordenanza y las Normas Urbanísticas del Plan General dirigidas a la protección de los recursos hidráulicos, previa consulta oficial, ya sea anterior o bien en el trámite de ejecución de la licencia urbanística correspondiente.

Artículo 9. Suelo no urbano.

Aquellas instalaciones y viviendas permitidas en suelo no urbano deberán establecer su propio sistema particular de saneamiento, ajustándose a la legislación vigente.

Artículo 10. Obras.

La totalidad de las obras de saneamiento que se ejecuten en el término municipal de Valencia y que afecten o puedan afectar al S.M.S. se ajustarán a la “Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia. Año 2015” que figura como Anexo XI a la presente Ordenanza o normas que la sustituyan o modifiquen. No podrán iniciarse obras que afecten al S.M.S. sin comunicación previa, con al menos 10 días de antelación de su inicio, a los S.T.M.S.

Artículo 11. Desarrollo urbano.

En el caso de obras de saneamiento que afecten a zonas de desarrollo urbano (apertura de nuevos viales y suelo urbanizable) resulta obligatorio adoptar los criterios

establecidos en la Ordenanza Municipal Reguladora de las Zanjas, Calas e Instalaciones y Coordinación de Obras en el Dominio Público Municipal.

CAPÍTULO 2.- USO DE LA RED.

Artículo 12. Global.

En suelo urbano los edificios existentes o que se construyan deberán acometer obligatoriamente a la red general, tanto las aguas residuales como las aguas pluviales, de forma directa, tal como indica el artículo 10.

A los efectos de la presente ordenanza las “aguas grises” tendrán el carácter de aguas residuales.

Artículo 13. Punto de conexión.

La conexión desde los edificios a la red general, se realizará obligatoriamente a un pozo de registro.

Artículo 14. Parcelas sin Red.

Cuando no exista red de alcantarillado enfrente de la finca, según indica el artículo 8 de la presente Ordenanza, pero sea factible la conexión a la misma a través de viales de uso público, será obligatoria dicha conexión, ya sea con carácter definitivo o bien provisional, hasta una distancia de 100 metros y hasta la urbanización definitiva de la zona. Los costos de dichas obras serán atribuibles a los propietarios afectados.

Artículo 15. Soluciones Particulares.

En casos singulares del desarrollo urbanístico podrán estudiarse soluciones particulares para aquéllas zonas que teniendo calificación de suelo urbano les resulta inviable la conexión con la red de saneamiento municipal.

En tal caso, el propietario efectuará solicitud específica de saneamiento particular, que será informada por los S.T.M.S. y, en su caso, autorizada por el Ayuntamiento.

Artículo 16. Instalaciones Anteriores.

Los propietarios de edificios e instalaciones ya establecidos con anterioridad a la entrada en vigor de la presente Ordenanza quedan obligados, a través de la Disposición Transitoria, a adaptar sus vertidos y acometidas a los preceptos de la presente Ordenanza, con los plazos y determinaciones que en dicha Disposición se establecen.

CAPÍTULO 3.- ACOMETIDAS.

Artículo 17. Definición de acometida domiciliaria.

Se define la acometida domiciliaria como la instalación de saneamiento que une la red interior de un edificio o instalación al S.M.S. por vía pública.

La acometida discurre desde la arqueta instalada en línea de fachada hasta el pozo de registro del S.M.S.

La forma, características técnicas y dimensiones vienen definidas en la “Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia. Año 2015” que figura

como Anexo XI en la presente Ordenanza o normas que la sustituyan o modifiquen. Cualquier modificación a la misma debe ser autorizada por los S.T.M.S.

Artículo 18. Conexión.

Las acometidas domiciliarias se conectarán por gravedad al S.M.S.. En el caso de que el nivel de desagüe particular no permita la conexión por gravedad, el propietario de la finca queda obligado a realizar la elevación de aguas pertinente a su costa hasta alcanzar la cota de conexión.

Aquellos inmuebles cuya acometida domiciliaria este conectada a alguna acequia de riego y siempre que exista alcantarillado público hasta una distancia de 100 metros, los propietarios están obligados a desconectar esta acometida de la acequia y conectar la nueva a la red de alcantarillado a su cuenta y cargo.

Los S.T.M.S. definirán el punto o puntos de conexión adecuados.

Artículo 19. Construcción y mantenimiento.

Las acometidas particulares serán responsabilidad de sus propietarios, quienes se encargaran de su construcción, limpieza, reparación, vigilancia y buen funcionamiento a su cargo. En el caso que sea necesaria la apertura de zanjas en vía pública se deberá obtener la correspondiente licencia urbanística.

La conexión al pozo de registro, al tratarse de un recinto confinado, la efectuará el Ayuntamiento.

Artículo 20. Retorno de aguas.

En ningún caso podrá exigirse responsabilidad al Ayuntamiento por el hecho de que las aguas circulantes por el S.M.S. pudieran penetrar a los edificios a través de las acometidas particulares. Los propietarios de los edificios deberán prever esta eventualidad, disponiendo de las cotas necesarias o, en su caso, instalando los sistemas antirretorno adecuados.

Artículo 21. Protección.

Para proteger los edificios de gases o animales que puedan circular a través de la acometida se adoptarán por sus propietarios, entre otras, las siguientes medidas:

- a) Se instalará, en el interior del edificio, un equipo adecuado para cada acometida independiente.
- b) Se dispondrá de tubería de ventilación sin sifón ni cierre, conectada con anterioridad al equipo adecuado, tal y como viene definida en el Código Técnico de la Edificación para el saneamiento.

Artículo 22. Red Separativa.

En el caso de que la red de saneamiento sea del tipo separativo (red de aguas residuales independiente de la red de drenaje de pluviales) el propietario queda obligado a disponer de dos acometidas independientes, una para el vertido de aguas residuales y otra para las pluviales que se recojan en el edificio o parcela, ejecutadas ambas de acuerdo con la “Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia. Año 2015” que figura como Anexo XI en la presente Ordenanza.

El presente artículo sólo resultará exigible a aquellas licencias urbanísticas que se soliciten con posterioridad a la construcción del alcantarillado separativo de la zona.

CAPÍTULO 4.- AFECCIONES Y REPOSICIONES.

Artículo 23. Documentación.

Cuando se deban ejecutar obras en vía pública que afecten al S.M.S. y que exijan modificaciones, desvíos, reposiciones de algunos de sus elementos, conexiones o cualquier otro tipo de afección a la misma, será necesaria la autorización municipal previo informe por los S.T.M.S. El solicitante aportará:

- a) Memoria detallada de la obra a efectuar y descripción de las afecciones a la red de saneamiento municipal.
- b) Planos de planta, ámbito de actuación, secciones, perfiles longitudinales y detalles significativos de la obra a ejecutar.
- c) Plan de obra de saneamiento.
- d) Aquellos otros documentos que por las características de las obras los S.T.M.S. consideren necesario aportar.

La citada documentación irá suscrita por técnico competente.

Diez días antes del comienzo de las obras se aportará la siguiente información:

- Nombre del director de obra.
- Nombre del responsable de seguridad y salud laboral.
- Teléfonos y fax de contacto.
- Fecha prevista de inicio de obras.

Toda la documentación requerida en este artículo se presentará también en soporte informático, haciendo entrega de ella en las dependencias municipales donde estén ubicados los S.T.M.S.

Artículo 24. Obras Municipales.

En el supuesto de tratarse de obras promovidas por servicios de este Ayuntamiento que afecten al S.M.S., será necesario el informe previo favorable de los S.T.M.S, emitido tras supervisar la correspondiente documentación. La supervisión del proyecto será siempre previa al inicio de las obras.

Los S.T.M.S. y el personal autorizado por el Ayuntamiento para la Inspección, Vigilancia y Control de las Obras de Saneamiento velarán por su correcta ejecución, de acuerdo con lo establecido en proyecto y con las posibles correcciones introducidas en el informe de supervisión.

Si durante la ejecución de las obras surgieran circunstancias o necesidades que aconsejaran la introducción de modificaciones que afecten a la red de saneamiento, será necesario informe previo de los S.T.M.S.

Artículo 25. Informe Previo.

Recibida la documentación citada en los artículos 23 y 24 en las dependencias municipales donde estén ubicados los S.T.M.S. se emitirá informe sobre la idoneidad de las obras solicitadas y el cumplimiento de los preceptos señalados en esta Ordenanza y en la “Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia. Año 2015” que figura como Anexo XI en la presente Ordenanza.

Si se detectaran deficiencias técnicas y/o falta de documentación se comunicará inmediatamente al interesado para su subsanación y/o aportación de la documentación técnica complementaria para poder emitir informe.

Examinados los informes técnicos y administrativos favorables, se otorgará, en su caso, la correspondiente autorización que faculte para la ejecución de obras en el S.M.S.. La denegación de autorización será siempre motivada.

Artículo 26. Ejecución

Durante la ejecución de toda obra que afecte al S.M.S., los S.T.M.S. y el personal autorizado por el Ayuntamiento para la inspección, vigilancia y control de las obras controlarán, de oficio, la sujeción de las mismas a la Normativa aplicable y, en su caso, a las condiciones particulares que pudieran haberse incluido en la autorización concedida.

Si se detectasen infracciones a la normativa o una incorrecta ejecución de la obra que pudiese afectar al desarrollo normal de la red municipal de saneamiento, los S.T.M.S. extenderán el modelo de Acta de Infracción especificado en Anexo III o informe pertinente, en la que se señalen las deficiencias detectadas.

Examinada dicha Acta o informe, la Alcaldía podrá ordenar la paralización preventiva de las obras y la apertura del expediente sancionador correspondiente.

Artículo 27. Afección de las obras.

En ningún caso se permitirá la ejecución de obras que afecten al S.M.S. sin contar con la oportuna autorización municipal.

Si se estuvieran ejecutando obras sin autorización, la Alcaldía dará inmediatamente orden de paralización, hasta la obtención de la misma. Se procederá a la apertura del expediente sancionador correspondiente, requiriendo al responsable de la ejecución de las obras sin autorización a los efectos de aportar documentación necesaria para la legalización de las mismas, si procede.

En el caso de que se constate la realización de obras no adecuadas a lo dispuesto en la presente Ordenanza y/o “Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia. Año 2015” que figura como Anexo XI en la presente Ordenanza, se otorgará un plazo al responsable de las obras para que reponga a su costa el S.M.S. de forma adecuada, eliminándose todos los añadidos y modificaciones introducidas y asegurando un perfecto desagüe de las aguas residuales y pluviales de que se trate.

Si en la ejecución de cualquier tipo de obra se diese la circunstancia de que se puede afectar a algún elemento de saneamiento el promotor de la misma comunicará, de forma inmediata, esta eventualidad a los S.T.M.S.

Artículo 28. Recepción de la obra.

Una vez finalizada la obra y para la recepción de la misma, el solicitante aportará al Ayuntamiento, la documentación requerida en el Anexo IX, que se presentará también en soporte informático.

Será necesaria la cumplimentación del Cuaderno de Información de la Red de Alcantarillado, expedido por el Director de Obra y elaborado por empresa homologada. Las condiciones de homologación, vigencia y revocación se establecen en el Anexo X.

Artículo 29. Riesgos.

En caso de riesgos higiénico-sanitarios por acumulación o filtraciones de aguas fecales o riesgos de inundaciones debido al bloqueo, interrupción o conexiones deficientes o inadecuadas u otras afecciones a los elementos que componen el S.M.S., el Ayuntamiento podrá, por iniciativa propia y, sin perjuicio de la apertura del correspondiente expediente sancionador, reponer la red a la situación original. Se valorará el costo de la reposición según el cuadro de precios vigente aprobado por el Ayuntamiento y adjunto al pliego de condiciones que rige la contrata de mantenimiento del S.M.S. y se remitirá al responsable de las deficiencias para su abono.

Artículo 30. Ejecución Subsidiaria.

Con carácter general, todas aquellas actuaciones que no se adecuen a la “Normativa para obras de saneamiento y drenaje urbano de la ciudad de Valencia. Año 2015” que figura como Anexo XI en la presente Ordenanza, y/o a lo preceptuado en la presente Ordenanza deberán ser resueltas de inmediato por el infractor. Caso de no hacerlo, se abrirá el correspondiente expediente y el Ayuntamiento podrá ejecutar las actuaciones pertinentes a través de la contrata de saneamiento y con los precios que tiene aprobados la misma por el Ayuntamiento. El importe de estas actuaciones se imputará al infractor, que deberá abonar el mismo en la tesorería municipal.

Artículo 31. Incidencias en las Obras.

Queda terminantemente prohibido dejar restos de obra, escombros u otros materiales en el interior de la red de saneamiento y/o de cualquier elemento de la misma, debiendo procederse a su retirada inmediata por la empresa que ejecuta las obras de afección a la red de saneamiento. La comunicación se efectuará de oficio, incluso verbalmente, por los S.T.M.S y el personal autorizado por el Ayuntamiento para la inspección, vigilancia y control de las obras. Caso de no procederse a su inmediata retirada se aplicará lo especificado en el artículo 30.

CAPÍTULO 5.- PERMISO DE CONEXIÓN.

Artículo 32. Permiso de conexión.

El permiso de conexión es la autorización municipal para ejecutar las obras necesarias para la construcción de acometidas particulares que unan las redes privadas con el S.M.S.. Dicho permiso tendrá carácter de licencia urbanística y tiene por objeto aprobar el trazado propuesto por el titular de la instalación, así como las características y plazos de ejecución. Las obras de conexión final, remate y acabados en el pozo de registro, tal y como especifica el artículo 19 serán realizadas por el Ayuntamiento.

Artículo 33. Integración Urbanística.

El permiso de conexión se otorgará de conformidad a la legislación vigente y lo articulado en la presente Ordenanza.

Artículo 34. Licencia de Obras.

La concesión de la licencia municipal de obras de urbanización podrá llevar consigo implícitamente el permiso de conexión al S.M.S. existente, siempre y cuando venga

completamente definido en la documentación técnica necesaria para la obtención de la licencia urbanística correspondiente.

Artículo 35. Documentación Independiente.

El solicitante del permiso de conexión, no vinculada a una licencia de obras, aportará planos de planta y secciones representativas a escala E 1:100 de la acometida, arqueta de registro y conexión al pozo del S.M.S.

Artículo 36: Documentación asociada a la licencia de obras.

Para la obtención del permiso de conexión asociado a una licencia de obras, el solicitante aportará planos de planta y secciones representativas a la escala E 1:100 o E 1:50, detallando expresamente las medidas adoptadas según el artículo 21. El otorgamiento de la licencia conllevará implícitamente el permiso de conexión. Dicha documentación se entregará a los S.T.M.S. en soporte informático para su informe

CAPÍTULO 6.- INSPECCIÓN.

Artículo 37. Inspección y control.

Por los S.T.M.S y el personal autorizado por el Ayuntamiento para la inspección, vigilancia y control de las obras se ejercerá la inspección, vigilancia y control del S.M.S., con objeto de detectar la ejecución de obras en vía pública que puedan afectar al mismo y comprobar que las mismas se realizan de acuerdo con los preceptos señalados en la presente Ordenanza.

Artículo 38. Realización de Inspecciones.

Las inspecciones y controles podrán ser realizadas, a iniciativa del Ayuntamiento, a cualquier obra y/o actuación que afecte al subsuelo de las vías públicas cuando éste lo considere oportuno. También se efectuarán inspecciones de oficio para comprobar el cumplimiento de la normativa vigente sobre saneamiento, dentro del trámite de ejecución de la licencia urbanística correspondiente, y la correcta ejecución del proyecto de obra.

Artículo 39. Procedimiento.

El titular o responsable de las obras facilitará a los inspectores y al personal autorizado por el Ayuntamiento para la inspección, vigilancia y control de las obras el acceso a las distintas zonas de trabajo a fin de que puedan proceder a la realización de su cometido. Igualmente, deberá mostrar la necesaria autorización municipal que ampare la ejecución de las obras, así como entregar los datos e información que éstos le soliciten relacionados con las obras de saneamiento.

Artículo 40. Acreditación.

Los inspectores y el personal autorizado por el Ayuntamiento para la inspección, vigilancia y control de las obras deberán acreditar su identidad mediante documentación expedida por el Ayuntamiento. Por los S.T.M.S. se levantará un Acta de Inspección, realizada con los datos de identificación de la empresa que ejecuta las obras, tipo de

obras, situación y cualquier otro hecho que se considere oportuno hacer constar, conforme al modelo que figura en el Anexo V de esta Ordenanza.

Artículo 41. Actuación de la Inspección.

En el caso de detectar infracciones a la normativa vigente sobre saneamiento o de ejecutarse obras sin licencia o autorización, los S.T.M.S. procederán a levantar el acta de infracción (Anexo V de la Ordenanza) con la documentación que en ella se demanda o informe pertinente, a la que acompañarán copia del acta de la inspección realizada.

Artículo 42. Titularidad.

La inspección y control municipal sobre las obras que afecten al S.M.S. se producirá tanto a obras de titularidad pública o privada, independientemente del tipo de licencia urbanística otorgada que ampare la ejecución de las obras.

Todo acceso y/o actuación al S.M.S. por personas ajenas a los S.T.M.S. queda terminantemente prohibido salvo autorización expresa de los mismos, quedando únicamente excluidos de este precepto los accesos derivados de la realización de tareas de seguridad encomendadas a técnicos especialistas de los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado.

CAPÍTULO 7.- INSTALACIONES VISITABLES.

Artículo 43. Definición de instalaciones visitables.

Con carácter general se definen las instalaciones visitables del S.M.S. a las plantas depuradoras, estaciones de bombeo, compuertas de derivación, rejillas, depósitos de retención y regulación, aliviaderos, conducciones con diámetro superior a 1500mm. y demás instalaciones que se pueda acceder con facilidad.

Artículo 44. Autorización.

Las labores de mantenimiento, conservación, limpieza e inspección serán realizados por la contrata de saneamiento, salvo autorización expresa de los S.T.M.S. en circunstancias especiales.

Los S.T.M.S. fijarán y autorizarán las condiciones a cumplir en el desarrollo de la visita y en ella aparecerá la relación personalizada de los visitantes que serán acompañados por técnicos de los S.T.M.S. o personal autorizado.

Artículo 45. Recintos Confinados.

En recintos confinados, sean visitables o no, resultará de obligado cumplimiento el Plan de seguridad y salud elaborado por la contrata de saneamiento.

Para labores específicas y puntuales se elaborará un nuevo plan detallado, coherente y basado en el plan de seguridad y salud precitado e informado positivamente por el coordinador de seguridad y salud designado por el promotor de estas actuaciones de mantenimiento municipal.

Artículo 46. Trabajos.

Cuando los trabajos en el interior de recintos confinados los realice una empresa ajena a la contrata, debido a conexiones con la red general, reposición de desperfectos,

instalación de equipos, etc., se deberá adjuntar a la petición de autorización específica un plan de seguridad y salud de los trabajos, basado en el plan de seguridad y salud general (art. 45).

Durante la ejecución de los trabajos, tanto los servicios técnicos de la contrata de saneamiento encargados de la inspección como el coordinador de seguridad y salud inspeccionarán puntualmente la adopción de las medidas de seguridad aprobadas en el plan.

Artículo 47. Riesgos no definidos.

Si durante la ejecución de trabajos en el interior de recintos confinados se detectasen la aparición de riesgos no previstos en el plan de seguridad y salud (como vertidos incontrolados, avenidas de agua, deterioro de materiales, etc...), el coordinador de seguridad y salud, ordenará el cese inmediato de los trabajos y la redacción en su caso de un nuevo plan que contemple los nuevos riesgos detectados siguiendo el mismo procedimiento previsto en el artículo anterior.

Artículo 48. Instalaciones.

Solo se permitirá la instalación en el interior de colectores:

- Cableado de comunicaciones
- Sensores, tomamuestras y otros instrumentos científicos y técnicos.

Siempre y cuando no interfieran en el funcionamiento del S.M.S. y con autorización expresa de los S.T.M.S.

Artículo 49. Prohibiciones.

Se prohíbe expresamente la instalación de conductos de distribución de energía eléctrica, agua potable, gas y productos petrolíferos.

CAPITULO 8.- INSTALACIÓN DE REDES DE TELECOMUNICACIONES EN EL INTERIOR DE LOS COLECTORES DEL SISTEMA MUNICIPAL DE SANEAMIENTO.

Artículo 50. Objeto.

El desarrollo que en la actualidad se está operando en los servicios de telecomunicaciones y la experiencia acumulada en las infraestructuras instaladas en el sistema municipal de saneamiento, aconsejan regular, en el presente capítulo, el proceso de implantación de redes de telecomunicaciones por el interior de los colectores que integran el S.M.S. de la ciudad de Valencia, estableciendo los condicionantes mínimos a considerar en la planificación, en el proyecto, y en la instalación, mantenimiento y explotación de las redes, referidos a la interacción con el servicio de alcantarillado.

Delimitar las relaciones entre los agentes implicados: servicios municipales, operadoras y contrata de saneamiento (C.S.) como explotadora del S.M.S.; establecer las obligaciones de las operadoras, y determinar las actuaciones de la C.S.

Artículo 51.- Normativa Específica.

La explotación de las redes de telecomunicaciones se regula por la Ley 9/2014 de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, y según establece el artículo 2 de la citada Ley,

son consideradas como servicios de interés general que se prestan en régimen de libre competencia, en relación con el Real Decreto 425/2005 de 15 de abril sobre las Condiciones para la Prestación de Servicios de Comunicaciones Electrónicas, el Servicio Universal y la Protección de Usuarios.

El sistema municipal de saneamiento, se califica como bien de dominio público de conformidad con el Reglamento de Bienes de las Entidades Locales aprobado por Real decreto 1372/1986 de 13 de Junio, y la Ley 33/2003 de 3 de noviembre de Patrimonio de las Administraciones Públicas.

Las operadoras quedan obligadas al pago de aquellas tasas e impuestos que se deriven de la utilización del dominio público, o de las obras que deban ejecutar para la instalación de las redes de telecomunicaciones.

Artículo 52.- Uso del S.M.S.

La operadora que solicite autorización para la implantación de redes de telecomunicación por el S.M.S. deberá figurar inscrita como entidad autorizada para explotar redes fijas de telecomunicaciones, en el Registro de Operadores de Redes y Servicios de Comunicaciones Electrónicas dependiente de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones.

La operadora interesada presentará ante este Ayuntamiento la solicitud de autorización junto al proyecto técnico, consensuado con los técnicos municipales del Servicio del Ciclo Integral del Agua, y demás documentación exigida en el art. 55 de la presente ordenanza.

Artículo 53.- Las operadoras podrán usar los elementos del S.M.S., y aquellos colectores o alcantarillas con altura en vertical igual o superior a 1,5 metros, únicamente para la instalación de tubos y equipos de telecomunicaciones, siempre y cuando este uso no vaya en detrimento o no suponga una alteración del servicio al que está dedicado el S.M.S., bien porque afecte a la prestación del propio servicio público, a sus infraestructuras, instalaciones, a sus locales, o bien, por las actividades que ha de realizar la C.S. en virtud de sus obligaciones con el Ayuntamiento de Valencia.

Se entiende por los elementos del S.M.S. el conjunto de infraestructuras de propiedad municipal cuya gestión, mantenimiento e inspección tiene atribuido el Servicio del Ciclo Integral del Agua, situadas parcialmente en el subsuelo de la ciudad, así como los bienes de propiedad municipal adscritos a dicho Servicio, bien de forma directa o explícita, o bien por razón de su destino o uso.

Artículo 54.-Planificación de la Red de Telecomunicaciones.

La operadora, previo a la presentación del correspondiente proyecto, dará a conocer a los S.T.M.S. su planificación de instalación de red a través de los colectores, y en función del estado del S.M.S. actual y de la planificación prevista en los mismos, los técnicos municipales determinarán las condiciones de uso del S.M.S. y la adecuación del trazado propuesto.

En el supuesto que el trazado solicitado no fuera factible, los S.T.M.S. propondrán una alternativa al mismo de similares características, si ello fuera posible.

Artículo 55.- Proyecto, Dirección Facultativa y Ejecución de la Infraestructura de Comunicaciones.

La operadora presentará un proyecto para la ejecución de uno o varios tramos de su red, en el que definirá completamente la obra a realizar, respetando el trazado anteriormente consensuado.

Junto al proyecto de obra deberá aportar un pliego de prescripciones técnicas.

Tanto el proyecto como el pliego deberán ser aprobados, junto a la autorización municipal, por el órgano municipal competente, previo informe de los S.T.M.S.

La operadora nombrará al director de obra, que realizará el replanteo previo de la obra conjuntamente con la C.S., como empresa responsable de la ejecución del proyecto en el S.M.S.

Además, el director de obra, llevará a cabo la supervisión, inspección, control, aceptación y recepción de las obras.

Artículo 56.-Conservación y Mantenimiento.

La C.S. realizará el mantenimiento preventivo y correctivo de los conductos portadores de acuerdo con el contrato suscrito entre operadora y C.S. siendo a cargo de la operadora el coste del mantenimiento.

La operadora establecerá una dirección facultativa para la gestión del mantenimiento de su red, designando un representante con capacidad para entrar en el interior de los colectores si la C.S. o los S.T.M.S. así lo requirieran.

El mantenimiento preventivo consistirá en el recorrido interior del alcantarillado, revisando el estado de los conductos y reparando aquellas anomalías que se detecten. Estas operaciones se efectuarán después de episodios lluviosos que produzcan calados en los colectores superiores al 50% o, al menos, dos veces al año.

Artículo 57.-Explotación.

La explotación de la red de telecomunicaciones corresponde a la operadora. Se incluye el tendido del cable por el interior de los tubos portadores.

Artículo 58.- Acceso.

El acceso al alcantarillado, por el riesgo y peligrosidad que reviste, se realizará siempre con el conocimiento, visto bueno y supervisión de la C.S..

El acceso de personas al alcantarillado queda reservado exclusivamente a quienes hayan sido previamente autorizadas por los servicios técnicos de la C.S., los cuales velarán y establecerán en todo caso las condiciones de acceso. En modo alguno será responsable la C.S. de cualquier incidente que pudiera derivarse ni de sus consecuencias si las condiciones de acceso que, en cada caso, pueda imponer la C.S. no fuesen cumplidas o si el acceso fuese hecho sin previa autorización de la C.S..

Artículo 59.- Intervención de la C.S.

- La C.S. se hará cargo de la instalación, mantenimiento y conservación de los conductos y del cableado de acuerdo con el proyecto y el pliego de prescripciones técnicas aprobado por el Ayuntamiento.

- En caso de avería, la C.S., previa comunicación y consulta con la operadora, procurará con la máxima celeridad llevar a cabo la reparación de los tubos portadores.

- La C.S. atenderá cualquier mejora de interés general, tanto en el proyecto e instalación como en el mantenimiento del tubo portador.

- Informará periódicamente a los S.T.M.S. del estado de las instalaciones y trabajos realizados y también, con carácter extraordinario de todos los sucesos que se produzcan en la red.

Artículo 60.- Obligaciones de las Operadoras.

La operadora, una vez conseguidas la correspondiente autorización asume las siguientes obligaciones:

1.- La ejecución del proyecto aprobado, cuando se refiera a la obra en el S.M.S., se deberá llevar a cabo necesariamente por la empresa titular de la contrata del servicio público de limpieza y conservación del sistema municipal de saneamiento de la ciudad, (C.S.), como responsable, en todo momento, del buen funcionamiento del sistema municipal de saneamiento, de acuerdo con el pliego de condiciones que rige dicha contrata, del que se deriva la obligación de “vigilancia y control de cualquier obra o actuación que afecte al S.M.S.”

2.- Ejecutar la obra conforme al proyecto aprobado, de acuerdo con las condiciones establecidas en el presente capítulo.

3.- Serán a cuenta de la operadora todos los costes derivados de la implantación de la red de telecomunicaciones: proyecto, instalación, mantenimiento, supervisión (direcciones facultativas, controles de calidad ...), impuestos, tasas, y fianzas, etc.

4.- Si se tuviera que efectuar alguna instalación de saneamiento que interfiera el espacio ocupado por los tendidos de cable, la operadora procederá a su desvío sin que pueda reclamar al Ayuntamiento cantidad alguna.

5.- Contratar una póliza de seguro de Responsabilidad Civil que cubra los daños y perjuicios personales, materiales e inmateriales.

6.- La operadora deberá garantizar, por cualquier medio válido en derecho, los daños que pueda causar en las instalaciones municipales de saneamiento.

7.- Los tubos portadores deberán identificarse por la operadora, quien será responsable de recopilar la información de la disposición de los tubos de forma exacta en relación al colector.

8.- Las operadoras facilitarán la información de red construida al Servicio del Ciclo Integral del Agua y a OCOVAL de cada uno de los tramos donde sean instaladas las infraestructuras del cable. Toda la documentación se entregará en formato compatible con el sistema cartográfico de los S.T.M.S. quedando representado los tramos de red de alcantarillado y los pozos de registro y demás elementos afectados por las operaciones de montaje del cableado.

9.- Comunicar al Ayuntamiento de Valencia el abandono de las instalaciones que pueda producirse por cualquier causa. El Ayuntamiento podrá requerir por escrito a la operadora para que en el plazo máximo de un mes comunique el abandono o alegue lo que estime conveniente.

El incumplimiento de esta obligación podrá ser motivo de la extinción de la autorización por incumplimiento de la operadora y, a tal efecto, el Ayuntamiento podrá repercutir los daños y perjuicios causados.

En caso de que el abandono de las instalaciones sea por no resultar ya operativas, la operadora procederá a la desinstalación a través de la C.S., siendo los gastos que conlleve por su cuenta.

10.- Si la operadora trasladase la titularidad total o parcial de su red necesitará de la previa autorización expresa y por escrito del Ayuntamiento. La nueva operadora habrá

de subrogarse en todos los derechos y obligaciones de la autorización. Podrá ser causa de revocación de las licencias otorgadas la transmisión de la titularidad de la red sin dicha autorización.

11.- El operador asume como propias, y por tanto, exime de toda responsabilidad al Ayuntamiento y a la C.S. por aquéllas incidencias de todo tipo que pudieran surgir como consecuencia de la autorización municipal y de los trabajos que han de realizarse por el mismo.

Cuando se produzcan afecciones en la red de alcantarillado, como consecuencia de obras programadas, se procurará, cuando ello sea posible, mantener la continuidad de los conductos portadores de fibra óptica, excepto en extremos insalvables, en que será comunicado con la máxima antelación posible a la operadora para lograr el menor impacto sobre su servicio.

En ningún caso la operadora podrá reclamar compensación alguna por el posible impacto de estas obras, aunque éstas fueran promovidas por el Ayuntamiento. Las operadoras asumirán íntegramente a su cargo cualquier modificación en los conductos portadores de fibra óptica que se considere necesario.

Artículo 61.-Responsabilidad de las Partes

El Ayuntamiento de Valencia no será responsable de las averías e incidencias de cualquier índole que puedan afectar al servicio del cable que por cualquier causa puedan producirse por el funcionamiento del S.M.S., no pudiendo la operadora en ningún caso reclamar cantidad alguna por menoscabo o deficiencias en la prestación o interrupción del servicio de comunicaciones así como por cualquier otro concepto. La operadora sufragará a su costa todos los trabajos necesarios para el restablecimiento del servicio de comunicaciones.

La C.S. será responsable de la correcta instalación y mantenimiento de los conductos portadores de la fibra óptica, en los términos establecidos en este capítulo y siempre en el entendido que la instalación haya sido ejecutada por la C.S..

La operadora, por sí, o a través de terceros, será responsable del control y vigilancia de sus instalaciones. A los efectos no podrá reclamar cantidad alguna por deterioro o robo de las mismas, ni por las consecuencias que puedan producirse.

Artículo 62.- Comisión de Seguimiento.

Cuando la instalación de las redes de telecomunicaciones afecte al S.M.S., se constituirá una comisión de seguimiento integrada por dos representantes de los S.T.M.S de Valencia, dos de las operadoras y dos de la C.S., pudiendo incorporarse a su criterio un representante del Servicio de Mantenimiento de Infraestructuras.

Tendrá como funciones, el seguimiento del proyecto, su ejecución, y el mantenimiento de las instalaciones durante la vigencia de la autorización concedida.

Podrá ser convocada por cualquiera de las partes y se reunirá como mínimo una vez al año siendo convocada por los S.T.M.S con 10 días de antelación.

Artículo 63 Confidencialidad.

Los agentes implicados se comprometen a no divulgar a terceros cualquier información referente a sus actividades, sea información técnica, comercial o de cualquier otra naturaleza, procedente de ellas o de su personal, colaboradores y clientes, que haya sido obtenida por cualquiera de las partes como consecuencia de esta autorización.

La confidencialidad será mantenida por los agentes durante toda la vigencia de la autorización. Llevado a término el mismo, no podrá ser revelada sin el consentimiento previo, expreso y escrito de la otra parte, al menos durante los dos siguientes años a su finalización.

Se excluyen de la obligación de confidencialidad las informaciones que hayan sido publicadas o sean de público conocimiento por otros medios.

TÍTULO III. VERTIDOS A LA RED DE SANEAMIENTO

CAPÍTULO 1.- DISPOSICIONES GENERALES.

Artículo 64. Actividades sujetas a licencia ambiental.

Las actividades que viertan sus aguas residuales al S.M.S. y que se encuentren incluidas dentro de la Ley 6/2014, de 25 de julio, de Prevención de Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunidad Valenciana en su Anexo II Categoría de actividades sujetas a licencia ambiental, deberán disponer para su conexión a la red municipal de saneamiento de la correspondiente licencia ambiental o documentación pertinente.

Artículo 65. Actividades Existentes.

Aquellas actividades calificadas que se encuentren incluidas dentro de la Ley 6/2014, de 25 de julio, de Prevención de Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunidad Valenciana en su anexo II Categoría de actividades sujetas a licencia ambiental ya instaladas en el término municipal, que dispongan de la correspondiente licencia para el ejercicio de su actividad y que necesiten enlazar con el S.M.S. deberán solicitar permiso de conexión al S.M.S. en los términos previstos en la presente Ordenanza. Una vez puesta en marcha la actividad, el Ayuntamiento requerirá análisis de comprobación de la calidad del vertido descrito en el artículo 68 y de acuerdo con los capítulos 2 y 3 del presente Título y del Anexo I

Artículo 66. Singularidades.

1.- Para aquellos vertidos no domésticos al S.M.S. que no resulten amparados por una licencia ambiental y a los de carácter provisional, el Ayuntamiento podrá otorgar una autorización de vertido conjuntamente al permiso de conexión a la red. En este caso el solicitante deberá aportar la documentación señalada en el Anexo II de la presente Ordenanza.

2.- Específicamente para efectuar vertidos de aguas procedentes del rebaje del nivel freático al S.M.S. deberá obtenerse autorización previa. Junto a la solicitud, se deberá aportar los datos necesarios para el conocimiento e informe favorable de los S.T.M.S. y, en todo caso, la siguiente documentación:

- Plano croquis de las obras con la ubicación de los elementos necesarios para definir el vertido como son pozos, bombas, instalación de medidas correctoras o de protección del S.M.S. por el vertido, punto de vertido, etc.
- Memoria técnica de las necesidades del bombeo, descripción de los equipos a instalar, medidas correctoras instaladas para evitar arrastres y caídas de arenas y finos al S.M.S., justificación de la elección del procedimiento del vertido al mismo y no otros.



Anexo 8. Cable de fibra óptica para alcantarillado

Optical cable for sewer installation

Cable Design



- not to scale -

- Central Strength Member (CSM).
- Loose Tube containing fibres and filled with a suitable water tightness compound.
- Loose tubes SZ stranded around the CSM.
- Longitudinal Water Tightness: flooded with filling compound.
- Peripheral Strength Elements
- Inner Sheath: PE. Black. Ripcords beneath.
- Armour: both sides copolymer coated corrugated steel.
- Ripcords beneath the tape.
- Outer Sheath: PE. Black.

Features and advantages

Sewer installation.

Armoured cables are very suitable for sewer installation where there is high risk of rodent presence.

Armoured structure and double jacket provides additional compressive strength and complete rodent protection.

Double polythene sheath structure protects against corrosive environments

Static cable bending radius 15 x cable diameter

Temperature range -40°C to +70°C

Technical data

No. of Fibres (x12)	≤	12	24	36	48	60	72	96	144	192	288
Cable Diameter	mm	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	14.3	15.9	19.2	19.4	22.5
Cable Weight	Kg/km	180	180	180	180	180	200	240	335	345	455

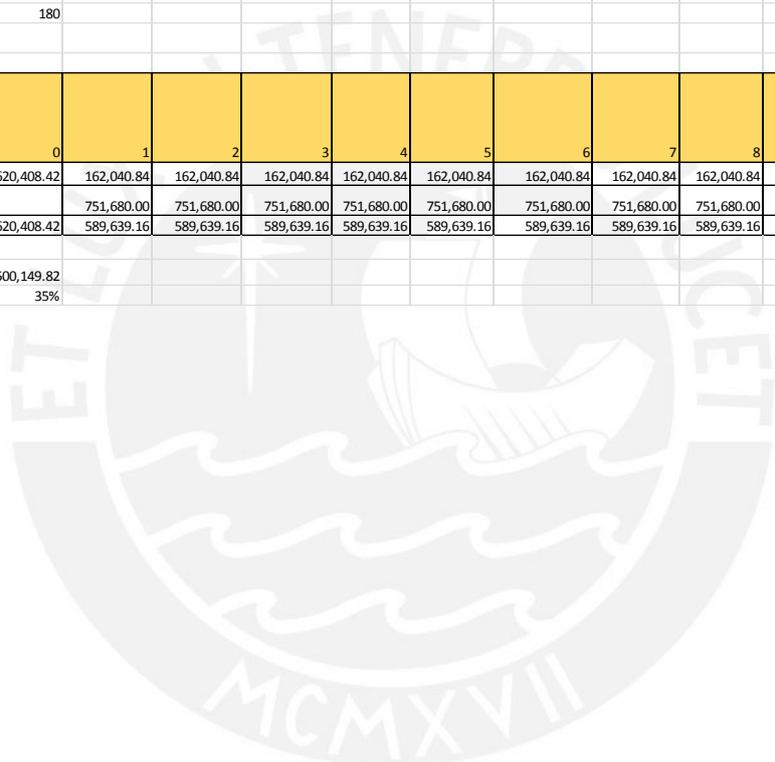
International Standards : IEC 60794; IEC 60793; ITU-T Rec. G.650; ITU-T Rec. G.652
ITU-T Rec. G.655 ; ITU-T Rec. G.656 ; ITU-T Rec. G.657



Anexo 9. Análisis de sensibilidad

CUOTA POR HOGAR -20%											
Penetración	60%										
HOGARES	580										
TCO	13.63%										
Cuota por hogar	120										
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos	1,620,408.42	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84
Ingresos		501,120.00	501,120.00	501,120.00	501,120.00	501,120.00	501,120.00	501,120.00	501,120.00	501,120.00	501,120.00
Total	-1,620,408.42	339,079.16	339,079.16	339,079.16	339,079.16	339,079.16	339,079.16	339,079.16	339,079.16	339,079.16	339,079.16
VAN	174,106.493515908										
TIR	16%										

CUOTA POR HOGAR +20%											
Penetración	60%										
HOGARES	580										
TCO	13.63%										
Cuota por hogar	180										
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos	1,620,408.42	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84	162,040.84
Ingresos		751,680.00	751,680.00	751,680.00	751,680.00	751,680.00	751,680.00	751,680.00	751,680.00	751,680.00	751,680.00
Total	-1,620,408.42	589,639.16	589,639.16	589,639.16	589,639.16	589,639.16	589,639.16	589,639.16	589,639.16	589,639.16	589,639.16
VAN	1,500,149.82										
TIR	35%										





Anexo 10. Análisis de riesgos



Anexo 11. Ofertas Triple Play

Claro

8 Mbps + HDTV Básico + 100

- Al mes
- S/ 140**
- ✓ 8 Mbps
 - ✓ 100 minutos de telefonía fija
 - ✓ 124 canales
 - ✓ Incluye 1 deco básico HD

Válido del 04.07.18 al 08.08.18

[ver más >](#)

8 Mbps + HDTV Superior + 100

- Al mes
- S/ 200**
- ✓ 8 Mbps
 - ✓ 100 minutos de telefonía fija
 - ✓ 258 canales
 - ✓ Incluye 1 deco HD

Válido del 04.07.18 al 08.08.18

[ver más >](#)

12 Mbps + HDTV Avanzado + 100

- Al mes
- S/ 160**
- ✓ Personal 12 Mbps
 - ✓ 100 minutos de telefonía fija
 - ✓ 211 canales
 - ✓ Incluye 1 deco HD

Válido del 04.07.18 al 08.08.18

[ver más >](#)

20 Mbps + HDTV Avanzado + 100

- Al mes
- S/ 175**
- ✓ Pareja 20 Mbps
 - ✓ 100 minutos de telefonía fija
 - ✓ 211 canales
 - ✓ Incluye 1 deco HD

Válido del 04.07.18 al 08.08.18

[ver más >](#)

Telefónica

S/ 30 dscto. x 6 meses

8 Mbps

📺 + 📞 + 📺

Internet + Fijo + Televisión

S/ **149**^{.90}

Te llamamos

S/ 10 dscto. x 6 meses

16 Mbps

📺 + 📞

Internet + Fijo

S/ **109**^{.90}

Te llamamos

S/ 30 dscto. x 6 meses

16 Mbps

📺 + 📞 + 📺

Internet + Fijo + Televisión

HD Incluye 58 canales HD

S/ **169**^{.90}

Te llamamos