

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Eléctrica y electrónica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Dimensionamiento e implementación de la ampliación de la Red
Dorsal Nacional de Fibra Óptica, para la conectividad integral del
distrito de Sicsibamba de la región Áncash**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Telecomunicaciones.

Elaborado por

Kevin Fritz Astuhuaman Valenzuela

ID [0009-0008-6114-4012](#)

Asesor

Mg. Mauricio Pedro Galvez Legua

ID [0000-0002-4845-4218](#)

LIMA – PERÚ

2024

Citar/How to cite	Astuhuaman Valenzuela [1]
Referencia/Reference	[1] K. Astuhuaman Valenzuela “Dimensionamiento e implementación de la ampliación de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, para la conectividad integral del distrito de Sicsibamba de la región Áncash.” [Trabajo de suficiencia profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.
Estilo/Style:	
IEEE (2020)	
Citar/How to cite	(Astuhuaman, 2024)
Referencia/Reference	Astuhuaman, K. (2024). <i>Dimensionamiento e implementación de la ampliación de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, para la conectividad integral del distrito de Sicsibamba de la región Áncash.</i> [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style:	
APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*Al incondicional apoyo de mis padres Betzabé y Fritz, como
también se lo dedico a mis hermanos en general.*

Agradecimientos

Le dedico este trabajo a mis asesores como a mi especialista, que fueron los que me apoyaron en todo momento.

Resumen

Actualmente, el Estado peruano no dispone de una infraestructura propia en la región de Áncash, que permita ofrecer el servicio de conectividad integral a gran parte de las diversas instituciones públicas existentes como hospitales, comisarías, entre otros. Además de lograr que estos servicios lleguen a la mayoría de la población, el trabajo se enfocará en uno de estos sectores afectados, el distrito de Sicsibamba. En base de la Red Dorsal Nacional (RDNFO) y el despliegue del proyecto regional en Áncash, el trabajo hace mención a la planificación y ejecución de una red de transporte en base a una infraestructura de comunicación utilizando fibra óptica, desde el punto de concentración en la provincia de Sihuas hasta el área del distrito de Sicsibamba. Así como la implementación de un nodo de distribución y las conexiones finales, que permitan brindar de una conectividad integral a las diversas instituciones en Sicsibamba. Al ejecutar el proyecto, se consigue establecer una red de conexión exclusiva aprovechando la infraestructura de red instalada por el gobierno, ofreciendo a los suscriptores un 40% de la velocidad garantizada tanto en la recepción como en la transmisión, en comparación con la velocidad nominal. También se requiere que haya una relación de 4 a 1 entre la velocidad de recepción y transmisión, y acceso completo en Full Dúplex. Se concluyó que esta infraestructura de telecomunicaciones permitirá reducir la brecha digital existente en dicho pueblo, aumentando capacidades y oportunidades en el distrito.

Palabras clave— Áreas rurales, red de acceso, red de transporte, parámetros de diseño, pandemia, transmisor, receptor, esquema de modulación, ADSS, tendido aéreo, interferencia, potencia óptica, fibra óptica.

Abstract

Currently, the Peruvian government does not have its own infrastructure in the Ancash region, which would allow it to offer comprehensive connectivity services to a large part of the various existing public institutions, such as hospitals and police stations, among others. In addition to ensuring that these services reach the majority of the population, the work will focus on one of these affected sectors, the district of Sicsibamba. Based on the National Backbone Network (RDNFO) and the deployment of the regional project in Ancash, the work mentions the planning and execution of a transport network based on a communication infrastructure using fiber optics, from the concentration point in the province of Sihuas to the area of the district of Sicsibamba. As well as the implementation of a distribution node and the final connections, which allow for integral connectivity to the different institutions in Sicsibamba.

By implementing the project, it is possible to establish an exclusive connection network taking advantage of the network infrastructure installed by the government, offering subscribers 40% of the guaranteed speed in both reception and transmission, compared to the nominal speed. It is also required to have a 4 to 1 ratio between reception and transmission speed and full duplex access. It was concluded that this telecommunications infrastructure will reduce the existing digital divide in this town, increasing the number of people who have access to the Internet.

Keywords– Rural areas, access network, transportation network, design parameters, pandemic, transmitter, receiver, modulation scheme, ADSS, overhead lines, interference, optical power, fiber optics.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xviii
Capítulo I: Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	4
1.2.1 Situación problemática	4
1.2.2 Problema a resolver.....	5
1.3 Objetivos del estudio	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.3.3 Indicadores de logro de los objetivos.....	6
1.4 Antecedentes investigativos	6
Capítulo II: Marcos teórico y conceptual.....	9
2.1 Marco teórico	9
2.1.1 Onda electromagnética	9
2.1.1.1 Ecuaciones de Maxwell	10
2.1.1.2 Espectro electromagnético	12
2.1.1.3 Espectro óptico.....	14
2.1.1.4 Características de la transmisión óptica	16
2.1.2 Fibra óptica.....	19
2.1.2.1 Estructura física de la fibra óptica.....	19
2.1.2.2 Tipos de fibra óptica	20
2.1.2.3 Configuraciones de fibra óptica	21
2.1.2.4 Efectos en la propagación de la luz en las fibras ópticas	24

2.1.3 Redes de datos	27
2.1.3.1 Tecnología de transmisión.....	27
2.1.3.2 Tipos de redes de datos según su cobertura.....	27
2.1.3.3 Modelos de referencia de redes de datos.....	29
2.1.3.4 Topología de redes de datos	33
2.1.4 Equipos de redes de datos.....	35
2.2 Marco conceptual.....	38
2.2.1 Red dorsal nacional de fibra óptica.....	38
2.2.2 Proyectos regionales de banda ancha.....	39
2.2.3 Tipos de nodos de la RDFNO.....	40
2.2.3.1 Nodos core	41
2.2.3.2 Nodo de agregación	41
2.2.3.3 Nodo de distribución.....	41
2.2.3.4 Red de conexión	42
2.2.4 Características de la fibra óptica utilizada y conectores.....	43
2.2.5 Criterios de instalación de fibra óptica	46
2.2.5.1 Método de instalación de ferretería para fibra óptica	48
2.2.5.2 Empalme de fibra óptica por fusión	57
2.2.6 Normas técnicas del proyecto.....	60
2.2.6.1 UIT-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones.....	60
2.2.6.2 TIA: Telecommunications Industry Association.....	60
2.2.6.3 IEC: International Electrotechnical Commission	61
2.2.6.4 IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers	61
Capítulo III: Desarrollo del trabajo de investigación.....	63
3.1 Infraestructura de la RDNFO en la región Áncash.....	63
3.1.1 Características de la red dorsal de la región Áncash.....	64
3.1.1.1 Red de transporte.....	64

3.1.1.2 Red de acceso	64
3.1.2 Descripción del nodo de agregación de Sihuas	65
3.2 Dimensionamiento del tendido de FO para el distrito de Sicsibamba	69
3.2.1 Procedimiento de diseño del tendido de fibra óptica.....	69
3.2.1.1 Planificación del trazado.....	69
3.2.1.2 Levantamiento en campo	70
3.2.1.3 Planificación del proyecto	73
3.2.2 Selección de la ruta para el tendido de FO.....	73
3.2.2.1 Diagrama unifilar del enlace óptico.....	87
3.2.3 Elaboración de planos de la ruta seleccionada.....	87
3.2.3.1 Plano de ruta seleccionada	88
3.2.4 Selección del cable de FO.....	90
3.2.4.1 Especificaciones técnicas del cable de FO	90
3.2.5 Gestión de permisos para el tendido de FO.....	92
3.2.5.1 Gestión de los permisos municipales.....	92
3.2.5.2 Gestión de permisos para el empleo de postes eléctricos	93
3.2.5.3 Gestión de permiso ante Proviñas Nacional	95
3.2.5.4 Gestión de permisos ante el Ministerio de Cultura.....	96
3.2.5.5 Gestión de permisos ante la propiedad privada.....	98
3.2.6 Especificaciones técnicas del equipamiento para el tendido de FO	98
3.2.6.1 Caja de empalme	98
3.2.6.2 Poste de concreto.....	99
3.2.6.3 Herraje de suspensión.....	100
3.2.6.4 Abrazaderas y collarines	101
3.2.6.5 Amortiguadores / anti vibradores	102
3.3 Dimensionamiento del nodo de distribución y acceso en Sicsibamba	103
3.3.1 Diseño de la infraestructura civil del nodo de distribución y acceso.....	103

3.3.1.1 Sala de equipos.....	104
3.3.1.2 Sala de fuerza	105
3.3.1.3 Área libre.....	106
3.3.2 Especificaciones técnicas del equipamiento del Data Center de los nodos	109
3.3.3 Especificaciones técnicas de la red de distribución	113
3.3.3.1 Especificaciones técnicas de equipos nodos de acceso.....	113
3.3.3.2 Consideraciones para el equipo local del cliente (CPE).....	114
3.4 Implementación de la solución	115
3.4.1 Tendido de la fibra óptica	115
3.4.2 Construcción del nodo de acceso y distribución	120
3.4.3 Instalación de los equipos de comunicaciones	121
3.4.4 Pruebas de campo	123
Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados.....	136
4.1 Cumplimiento del primer objetivo específico	136
4.2 Cumplimiento del segundo objetivo específico	137
4.3 Cumplimiento del tercer objetivo específico	138
Conclusiones.....	139
Recomendaciones.....	140
Referencias bibliográficas	141

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Demanda de conectividad para la región Áncash	2
Tabla 2: Datos generales de contrato de financiamiento del proyecto.....	4
Tabla 3: Indicadores de logro de los objetivos	6
Tabla 4: Colores y características ópticas.....	15
Tabla 5: Especificación técnica mínima de equipos del nodo.....	42
Tabla 6: Atributos de la fibra óptica.....	44
Tabla 7: Herrajes de retención	47
Tabla 8: Parámetros de elementos de sujeción	47
Tabla 9: Dimensión proyecto regional Áncash	64
Tabla 10: Red de transporte proyecto regional Áncash.....	64
Tabla 11: Red de acceso proyecto regional Áncash	65
Tabla 12: Localización de nodos distribución colindantes al nodo de agregación de Sihuas	65
Tabla 13: Información general de la red de interconexión de nodo de agregación de Sihuas a nodo en Sicsibamba	77
Tabla 14: Información de elementos de red	78
Tabla 15: Información de estructuras de red.....	80
Tabla 16: Información de propietarios y del cable de FO	82
Tabla 17: Resumen de estructuras empleadas	84
Tabla 18: Información de proyecto para elaboración de planos	88
Tabla 19: Atributos de la fibra óptica.....	91
Tabla 20: Características de la fibra óptica	91
Tabla 21: Características de la caja de empalme.....	98
Tabla 22: Criterios para el uso de la ferretería de suspensión	100
Tabla 23: Características técnicas de servidor.....	112

Tabla 24: Especificación técnica mínima	114
Tabla 25: Especificación técnica mínima del CPE para Instituciones Públicas.....	114
Tabla 26: Especificación técnica mínima del CPE para contratantes distintos a instituciones públicas	115
Tabla 27: Instituciones beneficiadas	115
Tabla 28: Mediciones de equipos abonados	132
Tabla 29: Parámetros de atenuación	137

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Conectividad de acceso a internet municipal nivel regional - 2020	1
Figura 2: Conectividad de acceso a internet regional–2020.....	2
Figura 3: Infraestructura de la red dorsal de fibra óptica.	3
Figura 4: Propagación de la energía electromagnética polarizada verticalmente	10
Figura 5: Espectro electromagnético.....	13
Figura 6: Espectro electromagnético usado en comunicaciones ópticas.....	14
Figura 7: Refracción de la luz	16
Figura 8: La refracción prismática	17
Figura 9: Modelo para la Ley de Snell de refracción	18
Figura 10: Las capas de una fibra óptica	19
Figura 11: Principio de transmisión monomodo y multimodo	21
Figura 12: Fibra monomodo de índice escalonado	22
Figura 13: Fibra multimodo de índice escalonado.....	22
Figura 14: Fibra multimodo de índice gradual	23
Figura 15: Comparación de perfiles de configuración de fibra.....	23
Figura 16: Propagación intermodal en una fibra de índice escalonado	25
Figura 17: Propagación de dos rayos en una fibra multimodo de índice gradual.....	26
Figura 18: Índice de refracción vs. longitud de onda para cristal típico	26
Figura 19: Red LAN	28
Figura 20: Red WAN.....	28
Figura 21: Red internet	29
Figura 22: Redes inalámbricas	29
Figura 23: Modelo OSI.....	31
Figura 24: Modelo TCP/IP	32
Figura 25: Modelo OSI vs TCP/IP	33

Figura 26: Topologías de red	35
Figura 27: Equipos de red.....	38
Figura 28: Red dorsal de fibra óptica	39
Figura 29: Interconexión de la RDNFO y los proyectos regionales	40
Figura 30: Proyecto regional Áncash	42
Figura 31: Características del cable de fibra óptica.....	43
Figura 32: Conectores ST.....	45
Figura 33: Conector FC.	45
Figura 34: Conector SC	46
Figura 35: Distancias mínimas de seguridad respecto al suelo.....	48
Figura 36: Distancias mínimas de seguridad respecto al suelo a estructuras eléctricas.....	48
Figura 37: Soporte de suspensión - sujeto en la estructura (con fleje de acero)	49
Figura 38: Instalación de soporte de retención sujeto en la estructura (con fleje de acero)	50
Figura 39: Esquemático de cruceta propuesta en postes.....	51
Figura 40: Esquemático de cruceta propuesta en torres	51
Figura 41: Esquemático de Bracket de cruceta para postes	52
Figura 42: Abscisas inicial y final del cable de F.O	52
Figura 43: Abrazadera de 2 salidas tipo tuerca de ojo	53
Figura 44: Herraje de retención usado para la instalación de FO	54
Figura 45: Herrajes de retención vanos 100	55
Figura 46: Herrajes de retención vanos 200	56
Figura 47: Herrajes de suspensión vanos 100	56
Figura 48: Herrajes de suspensión vanos 200	57
Figura 49: Equipo de fusión de fibra óptica	58
Figura 50: Factores que influyen positiva o negativamente en el proceso de fusión... ...	59

Figura 51: Red de transporte proyecto regional en Áncash.....	63
Figura 52: Interconexión de la red de agregación de Sihuas con nodos de distribución..	66
Figura 53: Red de transporte que interconecta red de agregación de Sihuas con nodos de distribución	67
Figura 54: Diagrama unifilar que interconecta red de agregación de Sihuas con nodos de distribución	67
Figura 55: Plano civil del nodo de Sihuas	68
Figura 56: Plano de trazado demostrativa.....	70
Figura 57: Plano de levantamiento en campo demostrativa.....	71
Figura 58: Imágenes de toma de información y tratamiento de la información.....	72
Figura 59: Mapa de la región Áncash. La provincia de Sihuas y distrito de Sicsibamba..	74
Figura 60: Recorrido de la fibra óptica, entre el nodo de agregación regional de Sihuas con punto de empalme ubicado en el distrito de Chullin.....	74
Figura 61: Vistas satelitales del punto de empalme y el nodo	75
Figura 62: Imágenes de las estructuras eléctricas de soporte para la fibra óptica.....	76
Figura 63: Diagrama unifilar de la red de transporte mostrando los SPAN considerados en los 3 tramos del enlace óptico.....	87
Figura 64: Plano de ruta de la fibra que llega al distrito de Sicsibamba.	89
Figura 65: Permiso municipal para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba.....	93
Figura 66: Permiso eléctrico para el uso de postería eléctrica para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba.....	94
Figura 67: Permiso Proviñas Nacional para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba	95
Figura 68: Permiso CIRA para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba	96
Figura 69: Permiso PMA para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba	97

Figura 70: Datasheet del poste de concreto empleado	100
Figura 71: Muestra de herraje de suspensión.	101
Figura 72: Muestra de tipos de abrazaderas de retención y suspensión.....	101
Figura 73: Muestra de amortiguador	102
Figura 74: Criterio para cantidad de amortiguadores en zonas no críticas... ..	102
Figura 75: Vista de las dimensiones del nodo de distribución de Sicsibamba.....	103
Figura 76: Vista del Plano de dimensiones del nodo de distribución de Sicsibamba.....	106
Figura 77: Plano de la vista horizontal del nodo de distribución	107
Figura 78: Plano de la vista horizontal del nodo de acceso.....	108
Figura 79: Diseño referencial de ordenadores de fibra óptica	109
Figura 80: Instalación de vanos cortos.....	117
Figura 81: Tipos de postes.....	117
Figura 82: Fotografías del tendido de la red de transporte en Sicsibamba.....	117
Figura 83: Fotografías de la construcción de los nodos en Sicsibamba.....	120
Figura 84: Fotografías del equipamiento de los nodos en Sicsibamba.....	121
Figura 85: Las pruebas MAAT tomado a uno de los carretes de fibra óptica utilizados en el distrito de Sicsibamba.....	124
Figura 86: Fotos de las mediciones MAAT y empalmes a la bobina	125
Figura 87: Las pruebas MATE realizado en el trayecto de fibra óptica utilizados en el distrito de Sicsibamba	126
Figura 88: Diagrama de Pruebas MABE	127
Figura 89: Las pruebas MABE realizado en el trayecto de fibra óptica utilizados en el distrito de Sicsibamba	128
Figura 90: Las pruebas software FastReport con hilos de la red de transporte	129
Figura 91: Lista de pruebas software FastReport con hilos de la red de transporte	130

Figura 92: Se muestra la prueba reflectometría del Hilo 2 de la red de transporte en Sicsibamba	131
Figura 93: Certificado de OTDR.....	134
Figura 94: Certificado de fibra óptica	135

Introducción

El presente trabajo es acerca del dimensionamiento e implementación de la red de transporte. La cual comprende el tendido de fibra óptica desde un punto de conexión del nodo de agregación, la cual se encuentra en la provincia de Sihuas, hasta el distrito de Sicsibamba. Así como la implementación de un nodo de distribución, que permita brindar acceso a las diversas instituciones del distrito a la RDNFO. Adicionalmente, contempla la conexión de diversas instituciones del distrito al nodo de distribución. El trabajo está basado en el cumplimiento de las normas técnicas definidas por el MTC y abarca los aspectos generales de dimensionamiento del tendido de fibra óptica, especificaciones técnicas de los equipos de comunicaciones y la implementación de dicha infraestructura.

En el capítulo 1, En la introducción de este trabajo, se detallan las características generales, la descripción del problema a investigar, el objetivo principal, objetivos específicos, los criterios de éxito y los estudios previos relacionados.

En el capítulo 2, Marcos teórico y conceptual, desarrolla una descripción del tipo de medio de comunicación a utilizar, las bandas de frecuencias, muestra de equipos y ferreterías a utilizar, modos de propagación y manuales técnicos de fabricantes homologados entre otros. En el marco conceptual, se analiza las características técnicas de la red de transporte y acceso en ejecución para la región Áncash.

En el capítulo 3, Desarrollo del trabajo de investigación, se detallará el dimensionamiento e implementación de la red de transporte y acceso, se tiene en consideración los parámetros de diseños en base a lo requerido en el Anexo 8-A de Bases como el Contrato de Financiamiento (siguiendo normativa IEC). Se mostrarán los arreglos y resultados en zonas ya culminadas con los equipos de medición homologados, la metodología del trabajo en el despliegue de la red. Todas las actividades descritas se desarrollan mediante un plan y cronograma de trabajo. Finalmente se realiza un análisis de costos del diseño propuesto.

En el Capítulo 4, análisis y resultados, se examinan los resultados derivados de la simulación del diseño y se comparan con los parámetros establecidos en el diseño original para determinar su grado de conformidad.

Las conclusiones y recomendaciones del estudio se fundamentan en los resultados obtenidos y como se alcanzan los objetivos generales y específicos del diseño. Además, se ofrecen sugerencias basadas en el desarrollo del diseño propuesto para mejorar el trabajo actual y, posiblemente, adaptarlo a otros requisitos similares.

Las fuentes consultadas durante este trabajo se encuentran detalladas en las referencias bibliográficas. La mayoría de estas incluyen referencias a fuentes de información académica y normativa legal.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

Este capítulo abarca una explicación del problema de investigación, aspectos generales del proyecto, metas tanto generales como específicas, criterios para evaluar el cumplimiento de dichas metas, y un repaso de los estudios previos relacionados con la investigación.

1.1 Generalidades

La conectividad en la región de Áncash es limitada y en varios de sus distritos inexistente. Los servicios datos, voz y video, que existen en la región, son ofrecidos por empresas privadas. Esto debido a que la región no cuenta con una infraestructura propia regional ni estatal de telecomunicaciones, que brinde dichos servicios a entidades del Estado y a la población en general. Estos niveles de acceso a internet se muestran en la figura 1 y 2.

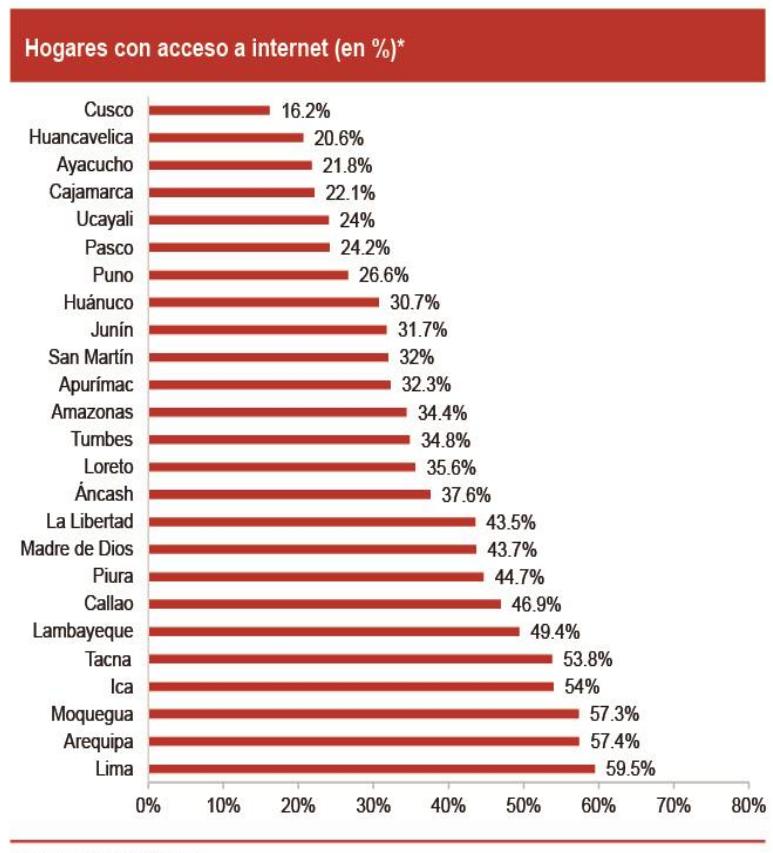
Figura 1

Conectividad de acceso a internet municipal nivel regional - 2020



Fuente: Renamu. Elaboración: ComexPerú.

Nota: fuente <https://gestion.pe/economia/huancavelica-loreto-y-pasco-son-las-regiones-con-la-menor-velocidad-de-internet-en-peru-noticia/>, Registro Nacional de Municipalidades (Renamu, 2020).

Figura 2*Conectividad de acceso a internet regional – 2020*

*Resultados al trimestre III de 2020.
Fuente: Enaho. Elaboración: ComexPerú.

Nota: fuente <https://www.comexperu.org.pe/articulo/cusco-huancavelica-y-ayacucho-cuentan-con-el-menor-porcentaje-de-hogares-con-acceso-a-internet>, Encuesta Nacional de Hogares (Enaho, 2020).

En la tabla 1, presenta la necesidad de conectividad integral para la región Áncash, en función de los distritos conectados, localidades, establecimientos de salud, dependencias policiales, locales escolares y población.

Tabla 1*Demanda de conectividad para la región Áncash*

Región	Distritos conectados	Localidades	Establecimientos de salud	Dependencias policiales	Locales escolares de gestión estatal	Población Beneficiada
Áncash	144	481	269	28	520	173.643 mil peruanos

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>.

Las 22 capitales regionales y las 180 capitales provinciales de Perú están conectadas a los centros a través de una red troncal de fibra óptica que se extiende por todo el país. La figura 3 muestra la representación de la red.

Figura 3

Infraestructura de la red dorsal de fibra óptica



Nota: fuente http://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/proyectos/red_dorsal.htm, fondo de inversión en telecomunicaciones (FITEL).

El Estado debe elaborar su proyecto de despliegue de dicha red en toda su extensión geográfica, para lo cual el MTC tiene que llevar el despliegue de estos trabajos conjuntamente con el apoyo de las regiones. En el caso de la región de Áncash, el 06 de octubre del 2017, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante el Comité de Promoción de la Inversión Privada del Sector Comunicaciones, proporcionó a Proinversión los informes técnicos del proyecto denominado "Despliegue de Banda Ancha para la Conectividad Integral y el Desarrollo Social de la Región Áncash". Este procedimiento se

sustentó en los criterios establecidos en el perfil CME (Contenido Mínimos Específicos), de la OPI (oficina de Inversión Pública) del MTC, esto en el oficio N.^o 19224-MTC/27.

Siguiendo las disposiciones generales del concurso público, el 10 de julio de 2019 tuvo lugar la ceremonia pública de firma del contrato de financiamiento con YOFC Perú S.A.C., la empresa adjudicada para realizar el diseño como implementación del proyecto mencionado, bajo la supervisión del Programa Nacional de Telecomunicaciones (Pronatel). Estas especificaciones generales están detalladas en la tabla 2.

Tabla 2

Datos generales de contrato de financiamiento del proyecto.

Contratista (Proveedor del servicio)	CONSORCIO YOFC
Acuerdo formalizado	10 de julio de 2019
Inversión	US\$ 121,736,342.10
Beneficiarios	173,643 mil peruanos
Distritos conectados	144 distritos
Localidades beneficiadas	481 localidades
Organizaciones gubernamentales beneficiadas	Escuelas: 520
	Comisarías: 28
	Centros de salud: 269
Extensión de cable de fibra óptica (Km)	1908.5
Puntos de Acceso Digital	118

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>(adaptado del estudio de preinversión de perfil del MTC).

1.2 Descripción del problema de investigación

En esta sección se expondrá la situación problemática que motiva este estudio, así como el dilema a abordar, que constituye la solución propuesta.

1.2.1 Situación problemática

El distrito de Sicsibamba no cuenta con un nodo de distribución y acceso que le permita conectarse a la RDNFO y tener acceso a los servicios de datos, voz y video sobre una infraestructura de telecomunicaciones administrada por el Estado peruano. Esto

genera altos costos, debido a que las instituciones del distrito utilizan los servicios de empresas privadas de telecomunicaciones.

1.2.2 *Problema a resolver*

La falta de conectividad integral de las instituciones del distrito de Sicsibamba a la RDNFO.

1.3 *Objetivos del estudio*

En esta sección se establecerán el propósito general, los objetivos detallados y los criterios de éxito para cada uno de los objetivos específicos.

1.3.1 *Objetivo general*

Dimensionar e implementar una extensión sobre la RDNFO para la conectividad integral del distrito de Sicsibamba.

1.3.2 *Objetivos específicos*

Los objetivos específicos de soporte al objetivo general son los siguientes:

1. Dimensionar la red de transporte de fibra óptica comenzando del nodo de agregación, que se encuentra en la provincia de Sihuas en la región Áncash, hasta el distrito de Sicsibamba.
2. Implementar un nodo de distribución ubicado en el distrito de Sicsibamba en la región Áncash.
3. Evaluar la red de acceso de las instituciones públicas ubicadas en el distrito de Sicsibamba.

1.3.3 Indicadores de logro de los objetivos

Tabla 3

Indicadores de logro de los objetivos

N.º	Objetivo Específico	Indicador de logro	Métrica
1	Dimensionar la red de transporte de fibra óptica desde el nodo de agregación ubicado en la provincia de Sihuas, de la región Áncash, hasta el distrito de Sicsibamba.	Diseño del tendido de Fibra Óptica para implementar la red de transporte.	Documento
		Elaborar las especificaciones técnicas de la Fibra Óptica basado en la norma ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones).	Documento
		Implementación del tendido de Fibra Óptica en el distrito de Sicsibamba, con una atenuación menor a XX dB.	dB
2	Implementar un nodo de distribución ubicado en el distrito de Sicsibamba región Áncash	Diagrama del diseño del espacio físico y acondicionamiento eléctrico, bajo la norma E.30, EM 20 en el Reglamento Nacional de Edificaciones.	Documento
		Diagrama del diseño del tendido de Fibra Óptica.	Documento
		Conectividad desde el nodo de distribución al nodo de agregación, con una atenuación menor a XX dB	dB
3	Evaluar la red de acceso de las instituciones públicas ubicadas en el distrito de Sicsibamba.	Latencia menor a 150 mseg desde el usuario final hasta el nodo de distribución.	mseg.
		Pérdida de paquetes menor al 2% desde el usuario final hasta el nodo de distribución.	Porcentaje
		Velocidad Up/Down mayor al 40% de la velocidad especificada.	Porcentaje

1.4 Antecedentes investigativos

En relación al tema propuesto, se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre el diseño de una red regional de datos y similares para mejorar el servicio de internet en áreas rurales y de difícil acceso para diversas provincias como también proyectos privados. Se mencionarán las investigaciones que más se relacionan con el trabajo propuesto.

En la primera tesis, titulada “Aplicación del diseño de una Red LAN para mejorar la disponibilidad de información de la infraestructura de comunicación en la municipalidad

distrital Daniel Hernández” (Congora e Ilizalde, 2018, p.1), de la Universidad Nacional de Huancavelica. Los autores proponen la implementación de una red de datos con el fin de tener mejor administración a través de la infraestructura de red, la transmisión de voz como también la de transmisión de datos video para permitir la interacción de todas las dependencias de la municipalidad Daniel Hernández en la región Huancavelica. Todo esto debido a que dicha municipalidad no cuenta con la infraestructura y una eficiente distribución de su red interna. En el presente trabajo, se empleará la RDNFO para implementar una red integral, que brinde servicios de conectividad a las diversas instituciones del distrito de Sicsibamba y, con ello, brindar una mejor cobertura y ancho de banda.

En la segunda tesis, titulada “Diseño de una red de fibra óptica para implementar el servicio de banda ancha para Andina Perú cable E.I.R.L. en la ciudad de Cerro de Pasco” (Janampa, 2019, p.1), de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, el autor ha desarrollado un diseño de red de fibra óptica destinado a la ciudad de Cerro de Pasco, ubicada en la región del mismo nombre. Este proyecto busca abordar los desafíos regionales relacionados con los servicios de telecomunicaciones deficientes en dicha ciudad (internet, telefonía, televisión digital y servicios multimedia) y mejorar su eficiencia y distribución. El presente proyecto proporciona una mayor cobertura de conectividad a todas las instituciones del Estado en el distrito de Sicsibamba para tener interconectadas todas las dependencias estatales del distrito, para ello se empleará la RDNFO.

En la tercera tesis, titulada “Diseño de una red satelital de Banda Ancha para las comunidades de los distritos de la provincia de Morropón-Piura” (Herrera, 2018, p.1), de la Universidad Nacional de Piura, tiene el objetivo de establecer y poner en marcha una red satelital en la región de Piura, con el fin de llevar a cabo un proyecto de banda ancha tanto en áreas rurales como urbanas de los distritos de la provincia de Morropón. Esta iniciativa posibilitará la integración de servicios de telecomunicaciones locales. El presente proyecto proporciona una cobertura similar a las redes satelitales con la diferencia de la realización

de una red propia de telecomunicaciones interconectada con la RDNFO, y utiliza una red óptica lo cual genere mayor costo beneficio para el estado.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

Este capítulo está dividido en dos secciones. La primera parte, denominada marco teórico, abarca la explicación de los conceptos para el entendimiento de una red de telecomunicaciones respecto al trabajo de suficiencia trabajado, características, especificaciones del medio de comunicación empleado, tecnologías y equipos utilizados. En el marco conceptual, se especifican el dimensionamiento e implementación, cálculos de la cobertura y capacidades de la red de telecomunicaciones construida.

2.1 Marco teórico

Se presentan de manera exhaustiva los conceptos teóricos que han sido empleados en la elaboración de este trabajo, los cuales han sido extraídos de múltiples fuentes académicas.

2.1.1 *Onda electromagnética*

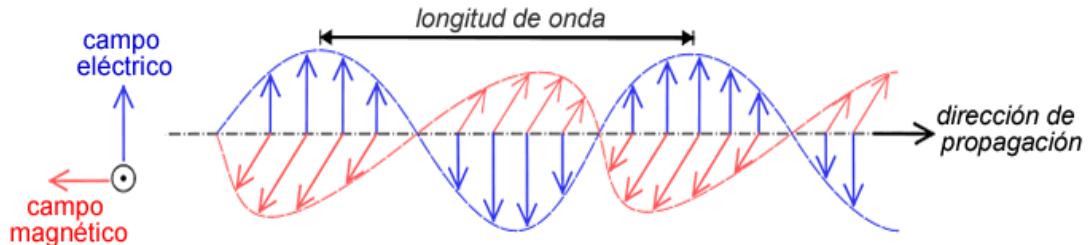
En el libro Campos electromagnéticos, Wangsness (1997), se puede describir como la fusión de ondas producidas por la actividad de cargas en movimiento dentro de campos eléctricos y magnéticos. La transmisión de información se lleva a cabo mediante impulsos de luz, permitiéndonos entender el proceso de propagación al observar lo que se emite en estas ondas electromagnéticas, constituidas por campos electromagnéticos. El origen de las OEM radica en una partícula cargada, la cual genera un campo eléctrico que interactúa con otras partículas.

Al acelerarse en este campo eléctrico, la partícula genera un campo magnético. Estos campos electromagnéticos, surgidos de la actividad de una partícula cargada, se perpetúan de forma autosostenida mientras la partícula se desplaza, lo que implica, Se puede observar en la figura 4 que la variación en el tiempo de un campo eléctrico generará

uno magnético correspondiente, y de la misma manera, un campo magnético en variación temporal inducirá un campo eléctrico, según se muestra.

Figura 4

Propagación de la energía electromagnética polarizada verticalmente



Nota: fuente <https://unicrom.com/composicion-onda-electromagnetica/>, Electronica Unicom.

2.1.1.1 Ecuaciones de Maxwell

En el libro Física II, Jiménez (2023), Maxwell buscaba crear una teoría unificada de la luz, la electricidad y el magnetismo. La propuesta de Faraday, la cual afirmaba que una tensión y una presión a lo largo de una línea magnética podrían determinar la distribución de la fuerza magnética, marcó el inicio de este concepto (p.5).

Maxwell anticipó la existencia de ondas electromagnéticas tras examinar las ecuaciones del campo electromagnético mostrados en las ecuaciones 1, 2, 3, 4.

$$\nabla * E x, t = \frac{\partial}{\partial t} B x, t = 0 \dots \dots (3)$$

$$\nabla * H x, t + \frac{\partial}{\partial t} D x, t = J x, t \dots (4)$$

Las leyes de Gauss referentes al campo eléctrico y magnético, acompañadas de las leyes de Faraday-Lenz como Ampere-Maxwell, son los principios que abordan la propagación de campos electromagnéticos, cada uno a su manera.

D =Desplazamiento eléctrico

H = Intensidad magnética

B= Inducción magnética

E= Campo eléctrico

J= Intensidad de corriente

d= Densidad de carga

En caso de que el espacio sea el vacío y carezca de cualquier campo en su interior, entonces las variables quedan definidas como se muestran en los puntos 5, 6, 7, 8.

$$D = \epsilon E \dots \dots \quad (5)$$

$$B = \mu H \dots \dots (6)$$

$$d=0 \dots \dots (7)$$

$$J=0 \dots \dots \dots \quad (8)$$

Esto nos lleva a la ecuación de onda mencionada anteriormente, remplazando los puntos anteriores 5, 6, 7, 8, en las ecuaciones 1, 2, 3, 4, quedaría definida como se mencionan en los puntos 9 y 10.

$$\nabla^2 E = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \dots \dots \dots (9)$$

$$\nabla^2 H = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \dots \dots (10)$$

Usando estas ecuaciones, Maxwell probó que las OEM se desplazan a la misma velocidad que la luz, que está determinada por la permeabilidad magnética y la constante dieléctrica del medio. (Jiménez, 2023, p.5).

También demostró que la onda magnética debe seguir un camino transversal. De esta manera, consiguió alcanzar resultados similares a los del modelo mecánico, únicamente mediante el uso de sus ecuaciones. De estas ecuaciones, Infirió nuevos atributos de las ondas electromagnéticas, las cuales se resumen de la siguiente manera:

- Reconoció la relación entre la transparencia y la capacidad de conducción. Los materiales conductores opacos y los medios transparentes funcionan bien como buenos aislantes debido a que aquellos con mayor capacidad de conducción absorben la luz.
- Realizó cálculos sobre la energía de las ondas electromagnéticas, concluyendo que la energía de las ondas electromagnéticas se divide en partes iguales entre eléctrica y magnética.
- También notó que, para el caso de un rayo de luz polarizado sobre un plano, la onda eléctrica como magnética se propagan perpendicularmente entre sí. Además, señaló que la presión surge debido a la tensión electromagnética ejercida sobre un objeto expuesto a la luz.

Esta teoría puede ser etiquetada como la Teoría del campo electromagnético, ya que se centra en el espacio cercano a los cuerpos eléctricos como magnéticos. Además, puede ser denominada como la Teoría dinámica, puesto que postula que en este espacio hay una materia en movimiento que genera los efectos electromagnéticos.

Con $C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 E_0}}$; La velocidad luz, o la velocidad de la OEM en ausencia de cualquier medio(vacío).

$$\mu_0: \text{permeabilidad magnética} = 4\pi \times 10^{-7}$$

$$E_0: \text{permeabilidad eléctrica} = 8.85 \times 10^{-12}$$

Aproximadamente, tenemos conocimiento de que la luz se viaja a $300 \times 10^3 \text{ km/s}$, esto no solo es un concepto teórico sino un hecho confirmado mediante experimentos.

2.1.1.2 Espectro electromagnético

La luz constituye únicamente una parte del espectro de radiación electromagnética. La figura 5 ilustra este espectro, que incluye ondas de frecuencia altas y longitud de onda corta, así como ondas de frecuencia extremadamente baja y longitud de onda larga.

Existe una relación simple entre la frecuencia(f) y la longitud de onda(λ), la cual es la velocidad de la onda, también conocida como velocidad luz, dividida por su λ es igual a la f .

Sin embargo, estas variaciones en la f y la λ indican variaciones significativas en la forma en que las ondas interactúan con los materiales (y, por supuesto, con el cuerpo humano).

El espectro electromagnético se dividió en varias regiones que se correspondían más o menos con bandas de frecuencias con características, efectos o aplicaciones similares (como se muestra en la ecuación 11).

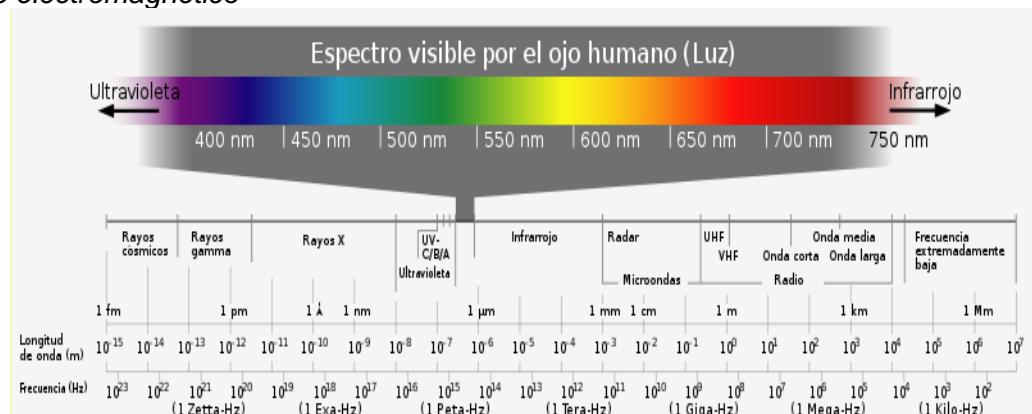
$$f_{\text{frecuencia}} = \frac{\lambda_{\text{onda}}}{V_{\text{luz}}} \dots\dots (11)$$

Sin embargo, estas variaciones en la f y la λ señalan cambios sustanciales en la manera en que las ondas interactúan con diferentes materiales (incluido el cuerpo humano).

El espectro electromagnético se ha dividido en distintas regiones que corresponden, en mayor o menor medida, a bandas de frecuencia con propiedades, efectos o usos similares.

Figura 5

Espectro electromagnético



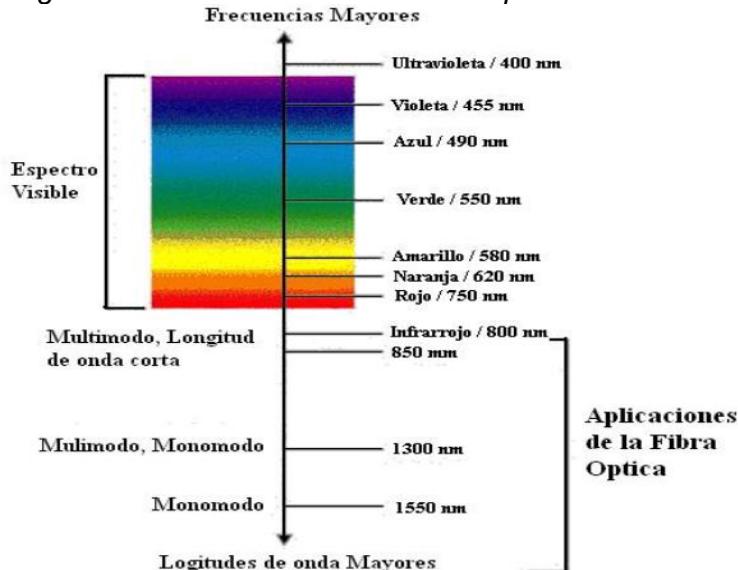
Nota: fuente <https://www.e-education.psu.edu/geog160/node/1958>. GEOG 160 Mapping Our Changing World

2.1.1.3 Espectro óptico

En el libro Fundamentos Ópticos, Pinto e Cabezas (2014), muestran a la luz como una OEM, y su oscilación a distintas frecuencias determina el color que percibimos. Cada λ de la luz blanca experimenta difracción en ángulos distintos al atravesar un prisma (un medio óptico), como se representa en la Figura 6.

Figura 6

Espectro electromagnético usado en comunicaciones ópticas



Nota: fuente <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas/splitters-fibras-opticas.php>, Fibras ópticas por Sergio Schnitzler.

Las tres franjas del espectro electromagnético relacionadas con las frecuencias luminosas son:

- Infrarrojo: se trata de bandas de λ de luz que son muy extensas para ser visibles para el ojo humano
- La franja de λ de luz a la cual responde el ojo humano se denomina visible.
- Ultravioleta: comprende bandas de λ de luz que son demasiado cortas para ser detectadas por el ojo humano.

En el contexto de la comunicación óptica, se pueden emplear diferentes unidades. Como se ilustra en la ecuación 12, es común utilizar λ (metros) en lugar de f (en Hz) dentro del rango del espectro óptico. Por lo tanto:

$$\lambda = \frac{c}{v} \dots \dots (12)$$

En esta ecuación, la letra "v" se utiliza en lugar de la letra "f" convencionalmente empleada para denotar la frecuencia. Esto se hace para distinguir entre la frecuencia del portador óptico (v) y la frecuencia de la señal de información (f).

Las unidades principales en medir la λ de los portadores ópticos son principalmente las siguientes:

$$1 \text{ micra} = 10^{-6} \text{ mts}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ mts}$$

$$1 \text{ A}^{\circ} (\text{angstrom}) = 10^{-10} \text{ mts}$$

Los colores correspondientes a distintas frecuencias se encuentran especificados como se detallan en la tabla 4.

Tabla 4

Colores y características ópticas.

COLOR	$\lambda_{(nm)}$	$f(\text{THz})$	Energía ($\times 10^{-19} \text{ J}$)
Rojo	600 - 800	500 - 370	3.3 - 2.5
Naranja	575 - 600	520 - 500	3.45 - 3.3
Amarillo	565 - 575	530 - 520	3.5 - 3.45
Verde	490 - 565	610 - 530	4.1 - 3.5
Azul	470 - 490	630 - 610	4.2 - 4.1
Índigo	460 - 470	650 - 630	4.3 - 4.2
Violeta	400 - 460	750 - 650	5.0 - 4.3

El rango de λ que se extiende desde 400 hasta 700 nanómetros, que es perceptible para el ojo humano como luz visible, se encuentra dentro del rango de funcionamiento tanto de la fibra óptica como de los componentes ópticos. No obstante, en el caso de las fibras ópticas para telecomunicaciones, prefieren λ mayores o frecuencias bajas, como las que están en el espectro infrarrojo.

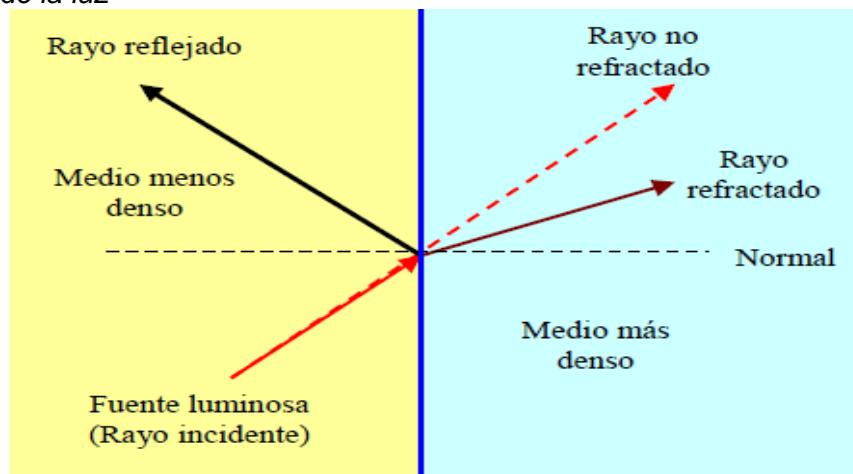
2.1.1.4 Características de la transmisión óptica

Ahora se describirá las principales características de una transmisión mediante el empleo de la fibra óptica.

- **Refracción.** Cuando un haz de luz atraviesa un límite entre dos medios homogéneos, isotrópicos y sin pérdidas con densidades distintas, se divide en dos rayos. Uno de estos rayos es reflejado y el otro es refractado. El rayo refractado cambia de dirección según la ley de Snell, mientras que el rayo reflejado sigue una trayectoria perpendicular a la normal al plano de separación igual al ángulo incidente.

Figura 7

Refracción de la luz

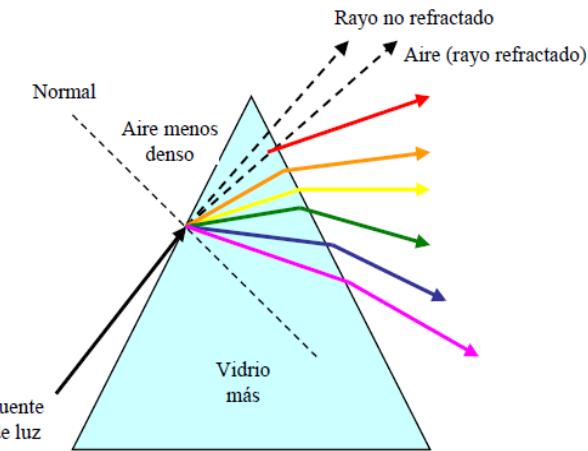


Nota: fuente <https://cienciadelux.com/2016/03/18/la-reflexion-y-la-refraccion-de-las-ondas/>. CienciaDelux by Enrique Castaños.

Es posible que la luz del sol se disperse en sus componentes de frecuencia separados cuando encuentra o pasa a través de una sustancia que es relativamente densa en comparación con el espacio libre, como un cristal prismático la cual abarca todas las λ de la luz blanca. Este fenómeno, denominado refracción prismática, La Figura 8 muestra el espectro de color resultante, que se debe al hecho de que las λ largas (rojas) se refractan menos y las cortas (violetas) se refractan más.

Figura 8

La refracción prismática



Nota: fuente <https://www.fisic.ch/contenidos/optica/prismas-y-dispersi%C3%B3n/>, fisic.ch/contenidos/óptica.

- **Índice de refracción.** Denotado por la letra n minúscula, en diversos medios donde la luz puede moverse indica el nivel de desviación observado cuando la luz golpea la superficie que separa dos medios transparentes con densidades diferentes. En otras palabras, establece la discrepancia angular entre la dirección del rayo refractado y su camino normal. Además, el índice de refracción representa la proporción entre la velocidad de propagación de un haz de luz en el vacío y su velocidad en el interior de un material específico. Su expresión matemática es la siguiente.

$$\lambda = \frac{c}{v} \dots \dots (12)$$

Donde

La velocidad luz en el espacio libre se denota por c .

La velocidad luz en una sustancia determinada denotada por v .

- **Principios de la refracción.** Existen dos reglas fundamentales que gobiernan la trayectoria del rayo refractado.

La primera regla. Demuestra que la ubicación del rayo refractado está determinada por el rayo incidente y la normal que pasa por el punto de incidencia.

En otras palabras, si la normal y los rayos incidentes están en el mismo plano que la superficie, entonces el rayo refractado también debe estar en el mismo plano.

La segunda regla. conocida como Ley de Snell, describe cómo se desvía un rayo de luz al pasar por una discontinuidad en el índice de refracción. La siguiente ecuación ilustra este fenómeno:

$$n_1 \times \sin \theta_1 = n_2 \times \sin \theta_2 \dots\dots(13)$$

En este caso para los índices de refracción:

n_1 = medio 1

n_2 = medio 2

Y para los ángulos:

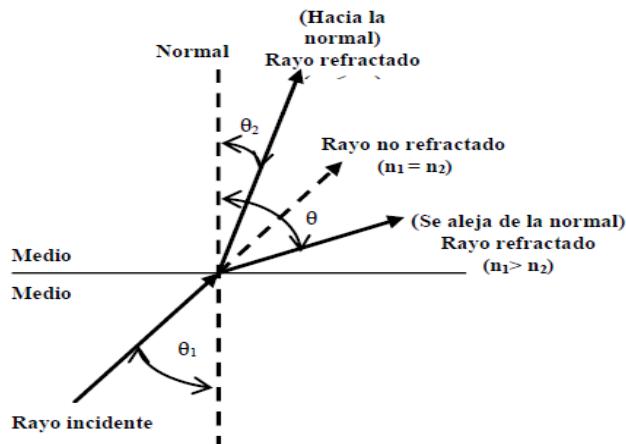
θ_1 = incidente

θ_2 = refracción

Según si n_1 es mayor o menor que n_2 , el rayo que incide en la interfaz entre los dos medios puede refractarse en dirección opuesta - alejándose de la normal o aproximándose a ella.

Figura 9

Modelo para la Ley de Snell de refracción



Nota: fuente <https://fibraoptica.blog.tartanga.eus/fundamentos-de-las-fibras-opticas/>. Fibra Óptica y Redes del CIFP.

Esto ilustra cómo el índice de refracción de un haz de luz influye en su trayectoria al atravesar diversos materiales.

2.1.2 Fibra óptica

En el libro Fibras ópticas, Grazzini (2021), Se describe como un medio de comunicación ampliamente utilizado en redes de telecomunicaciones y datos. Consiste en un fino filamento de vidrio o plástico transparente que se usa para enviar pulsos de luz, representando los datos a transmitir. La Ley de Snell afirma que cuando el ángulo de incidencia del haz de luz en la fibra óptica es mayor que el ángulo límite, el haz se refleja internamente y se propaga dentro de la fibra. Esta luz puede provenir tanto de un diodo LED como de un láser.

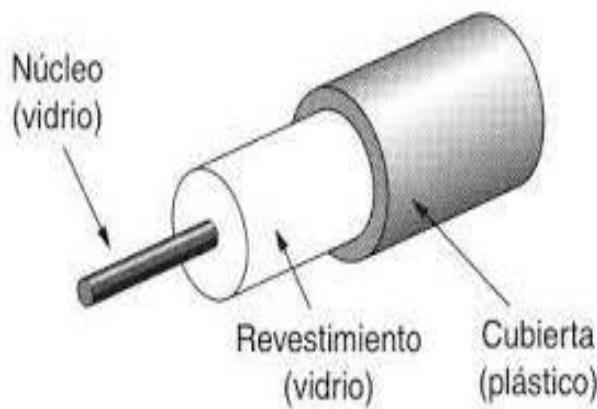
Debido a su capacidad para transportar grandes volúmenes de datos a través de largas distancias a velocidades superiores a las de los cables tradicionales y comparables a las de la radio, se emplean frecuentemente en las telecomunicaciones. Además, al ser inmunes a las interferencias electromagnéticas, representan la forma más avanzada de comunicación por cable disponible en la actualidad.

2.1.2.1 Estructura física de la fibra óptica

En la figura 10, la fibra óptica fundamental está formada fundamentalmente por tres capas concéntricas con características diferentes.

Figura 10

Las capas de una fibra óptica.



Nota: fuente <https://planificacionadministracionredes.readthedocs.io/es/latest/Tema03/Teoria.html>, Readthedocs.io, referencias comunicaciones y redes.

- **El núcleo** es la parte interna que permite el paso de la luz, fabricada generalmente en plástico, sílice o cuarzo fundido. En las fibras monomodo, su diámetro oscila entre 8 y 11 μm , mientras que en el multimodo es de 50 a 62,5 μm .
- **El revestimiento**, conocida como revestimiento, se encarga de mantener la luz contenida en el centro y suele estar compuesta por los mismos materiales que el núcleo, pero con adiciones adicionales, con un diámetro de 125 μm .
- **Cubierto**, también llamado tampón, protege mecánicamente la fibra y está comúnmente hecho de plástico. Por lo general, consta de tres capas: un revestimiento principal de 250 μm de espesor, un revestimiento de silicona o kevlar de 400 μm de espesor y un revestimiento exterior de polietileno de 900 μm de espesor.

En la transmisión por fibra óptica, el transmisor optoelectrónico convierte la información eléctrica en impulsos de luz, que son enviados al núcleo de la fibra óptica, donde la composición del núcleo y el revestimiento que lo rodea permite a la luz que quede confinada en el núcleo. En el extremo receptor, estos impulsos son nuevamente convertidos en señales eléctricas.

2.1.2.2 Tipos de fibra óptica

Tanto la refracción como la reflexión posibilitan el paso de la luz por el medio del cable de fibra óptica. Las variedades de tipos de fibras surgen mediante las combinaciones de dos o más de estas características, las cuales determinan el modo de propagación y el perfil del índice, respectivamente, y cómo se propaga a lo largo de la ruta de transmisión.

Por el modo de propagación. un modo equivale a una ruta. Cuando el cable permite que la luz recorra únicamente una de sus posibles trayectorias, se dice que existe un modo único. Por otro lado, la presencia de múltiples trayectorias se conoce como multimodo, ilustrado en la figura 11.

Figura 11

Principio de transmisión monomodo y multimodo.



Nota: fuente <https://fibraoptica.blog.tartanga.eus/fundamentos-de-las-fibras-opticas/>, Fibra Óptica y Redes del CIFP.

Por perfil de índice. La interpretación visual del índice de refracción de una sección transversal en una fibra óptica se logra mediante su perfil de índice, como se observa en el gráfico. En un extremo del gráfico se encuentra el índice de refracción, mientras que en el otro extremo se encuentra la distancia radial al centro.

Las figuras 12 y 14, Los dos tipos de perfiles de índice más comunes, escalonado y graduado, se muestran a continuación.

2.1.2.3 Configuraciones de fibra óptica

Por lo anterior, existen 3 tipos.

- Monomodo (SM) de índice escalonado.
- Multimodo (MM) de índice escalonado.
- Multimodo (MM) de índice gradual.

Por consiguiente, existen 3 variedades distintas.

- Índice escalonado SM.
- Índice escalonado MM.
- Índice escalonado que funciona en varios modos.

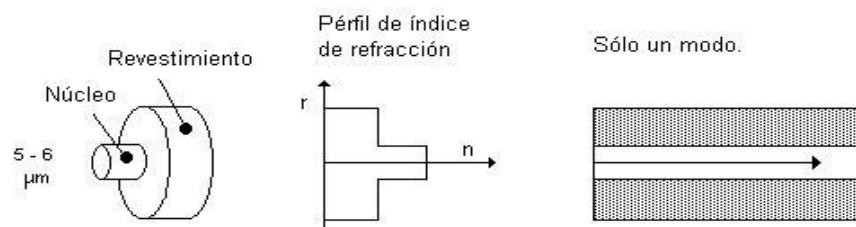
Seguidamente se mostrará:

Fibra SM de índice escalonado. Un núcleo con un diámetro lo suficientemente reducido debería teóricamente limitar la propagación de la luz a través del cable a un único canal. El diámetro del núcleo varía entre 8 μm y 11 μm . El índice de refracción del núcleo fluctúa entre 1,5 a 1,49, siendo ligeramente mayor que el índice del revestimiento, se detalla en la siguiente figura 12, la representación gráfica.

Figura 12

Fibra monomodo de índice escalonado.

Índice Escalonado fibra monomodo

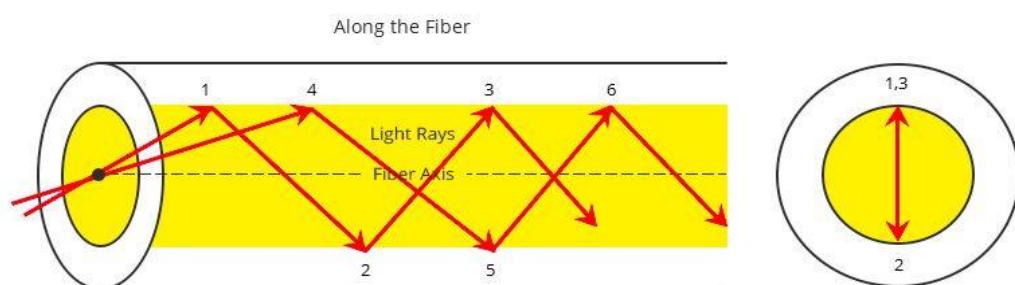


Nota: fuente <https://www.telectronika.com/articulos/fibra-optica/que-es-la-fibra-optica-principios-fabricacion-y-usos/>, telelectronika.com/artículos/fibra-óptica.

Fibra MM de índice escalonado. La configuración es similar a la disposición monomodo, con la diferencia de que el núcleo tiene un diámetro de 50 μm o 62,5 μm . Esto justifica por qué permite el ingreso de más luz en la fibra debido a su ángulo de aceptación más amplio. Hay muchas trayectorias de luz; es decir, no todos los haces siguen las mismas trayectorias, por lo que cada haz tendrá diferentes tiempos de propagación a lo largo del cable (figura 13).

Figura 13

Fibra multimodo de índice escalonado.

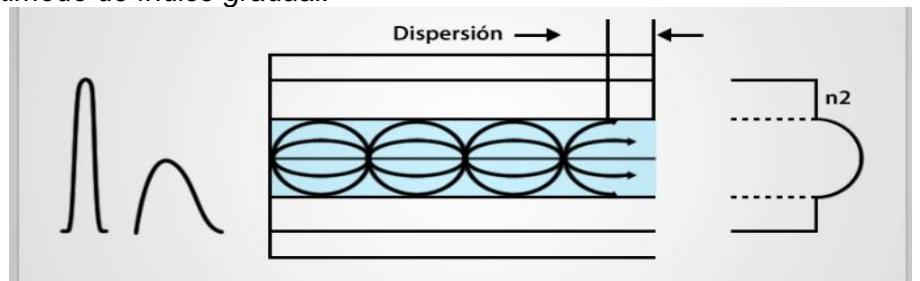


Nota: fuente <https://community.fs.com/es/article/step-index-multimode-fiber-vs-graded-index-multimode-fiber.html>, community.fs.com/es/article.

Fibra MM de índice gradual. La característica de estas fibras es que el índice de refracción nuclear varía, comenzando con un valor más alto en el centro y disminuyendo gradualmente hacia la periferia. La refracción permite la propagación de la luz en estos tipos de fibras. La velocidad de la luz es menor en los sectores cercanos al centro del núcleo que en el área cercana al límite con la corteza, debido a que la velocidad de la luz disminuye con el aumento del índice de refracción. Como se observa en la Figura 14, esto hace que los haces de luz tomen casi el mismo tiempo para atravesar la longitud completa de la fibra.

Figura 14

Fibra multimodo de índice gradual.

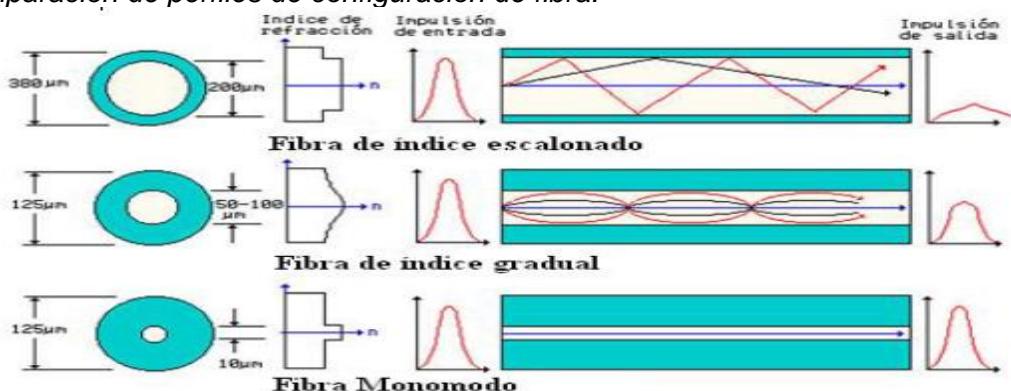


Nota: fuente https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Fibra-multimodo-de-indice-gradual-Krohn-1988_fig4_330742313, <https://www.researchgate.net/>.

Ahora se mostrará una comparación de los 3 tipos de configuración de fibra óptica.

Figura 15

Comparación de perfiles de configuración de fibra.



Nota: fuente <http://foros.monografias.com/showthread.php/63861-La-Aventura-de-la-Energía-monografias.com>.

2.1.2.4 Efectos en la propagación de la luz en las fibras ópticas

En pocas palabras, esto significa una ampliación del ensanchamiento del pulso, lo que inevitablemente afectará a la velocidad máxima de transmisión de una secuencia de pulsos. También existe la posibilidad de que el pulso se vuelva extremadamente ancho y se fusione con el pulso siguiente, lo que provocaría una interferencia de símbolos.

Cuando el pulso de luz viaja dentro de una fibra, adquiere las propiedades de la fuente original. Las siguientes son algunas de las más cruciales:

- El tiempo que transcurre entre los flancos ascendente y descendente del pulso es un buen indicador de la duración del pulso.
- La distancia entre pulsos es otro factor a tener en cuenta.
- El valor asignado oficialmente a su longitud de onda, que en realidad es el máximo de la anchura espectral.
- El ancho es proporcional a la media de las mayores intensidades y depende del tipo de fuente de luz.

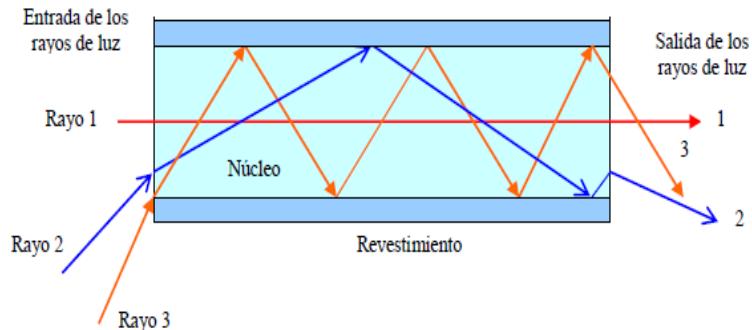
El uso de varios tipos de fibra también indica que la propagación de la luz dentro de la fibra varía en cierta medida. La primera distorsión de la señal transmitida depende del tipo de fibra utilizada, ya sea monomodo o multimodo.

Dispersión intermodal. Dado que el mismo pulso de luz contiene múltiples modos, cada uno de los cuales tarda un tiempo diferente en recorrer una distancia específica a través de la fibra, la primera dispersión de señal se conoce como dispersión intermodal. Solo las fibras multimodo experimentan dispersión intermodal; las fibras de índice graduado mitigan significativamente este fenómeno. El uso de fibras monomodos de índice graduado puede prácticamente erradicarla.

La figura 16 muestra que los tres haces de luz atraviesan el material a la misma velocidad; sin embargo, la propagación por fibra óptica es más lenta para los haces 2 y 3, debido a sus recorridos más largos en comparación con el haz 1.

Figura 16

Propagación intermodal en una fibra de índice escalonado.



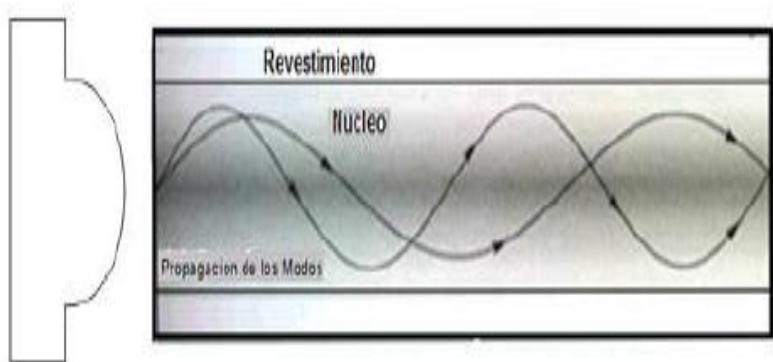
Nota: fuente <https://fernandoarciniega.com/books/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>. Sistemas de comunicaciones electrónicas.

La diminuta dimensión radial de una fibra monomodo de índice escalonado hace que el haz de luz vaya en una sola dirección. En consecuencia, el tiempo que tarda cada rayo en viajar es constante, y la relación de los rayos al final del cable es idéntica a la que tenían cuando entraron. En este caso no se produce dispersión intermodal ni ensanchamiento del pulso.

La figura 17 muestra una fibra multimodo con índice graduado. Dos haces se mueven en direcciones opuestas. Dado que el índice de refracción baja con la distancia desde el núcleo, incluso si viajan en direcciones opuestas, ambos atraviesan la fibra en la misma cantidad de tiempo. Como resultado, la velocidad de la luz aumenta a medida que se aleja del núcleo de la fibra.

Figura 17

Propagación de dos rayos en una fibra multimodo de índice gradual.



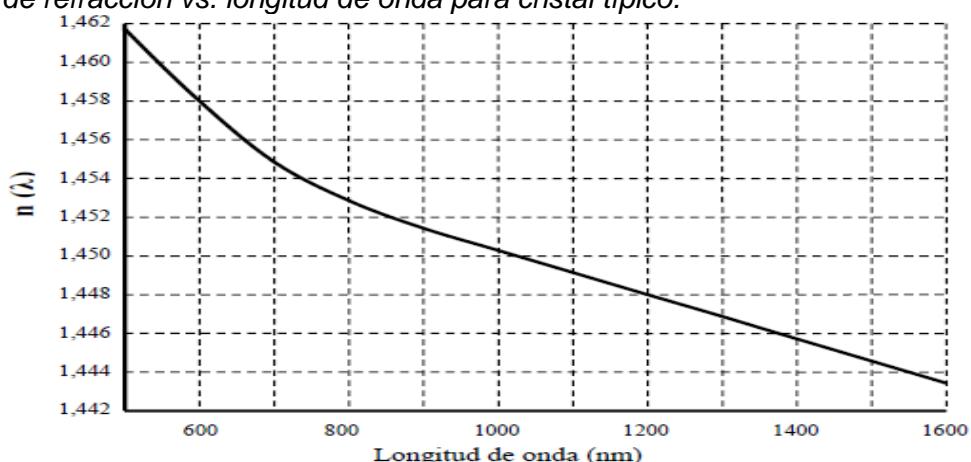
Nota: fuente <https://es.slideshare.net/jegl85/fibras-multimodo>, slideshare.net.

Dispersión en los distintos modos de funcionamiento. Cuando observamos los posibles efectos en los modos que atraviesan la fibra, nos encontramos con que los materiales y las formas geométricas de la fibra determinan el tipo de dispersión que se da en cada uno de ellos. **La dispersión intramodal** describe este patrón.

En la figura 18, podemos ver la correlación entre el índice de refracción del material y la longitud de onda.

Figura 18

Índice de refracción vs. longitud de onda para cristal típico.



Nota: fuente <https://www.amazon.com/Introduction-Fiber-Optic-Systems/dp/0256204144>, An introduction to fiber optic systems.

2.1.3 Redes de datos

En el libro Fundamentos de Redes, de autores: Byron Oviedo Bayas, Eduardo Samaniego, Jorge Murillo Oviedo (2018), definen las redes de datos como el conjunto de dispositivos interconectados alámbrica o inalámbricamente con el fin de compartir información y acceder a servicios (Web, correo electrónico, voz y video).

Las redes de datos las podemos clasificar en función de la tecnología de transmisión y de su cobertura (p.24).

2.1.3.1 Tecnología de transmisión

Se describirá las diversas tecnologías de transmisión:

- **Unicast:** Es una comunicación “uno a uno”. La transmisión de datos entre los nodos A a B pueden requerir viajar por diferentes subredes, por lo cual se necesita un protocolo de ruteo (routing) para dirigirlos.
- **Multicast:** Es una comunicación de uno a varios nodos.
- **Broadcast:** Es una comunicación de uno a todos los nodos de una sub red. Un paquete enviado por un nodo es recibido por todos los demás nodos.

2.1.3.2 Tipos de redes de datos según su cobertura

Las redes de datos se pueden clasificar de acuerdo a su cobertura (tamaño). Ahora se mostrará dicha clasificación.

- WAN (Wide Area Network): un país, continente, el mundo entero.
- LAN (Local Area Network): una empresa.
- PAN (Personal Area Network): menor o igual a 10 metros.

LAN. Según el libro Fibras ópticas, Hugo Omar Grazzini (2021), la red LAN es red que conecta uno o más computadores dentro de un ámbito pequeño y limitado. Todos los dispositivos están conectados por un router, lo que permite localizarlos mediante un cable

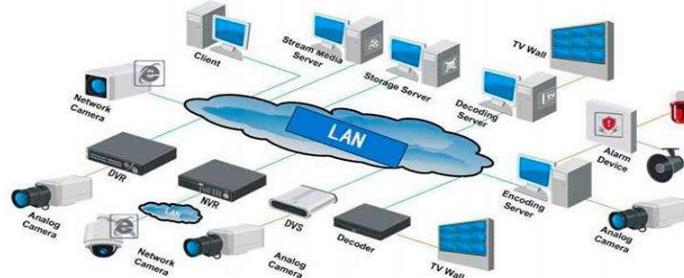
Ethernet. Decimos que es una WLAN si se hace por ondas de radio; esto elimina por completo el problema del cable (p. 35). La figura 19 muestra la configuración típica de la tecnología de difusión, que consiste en un único cable que conecta todas las unidades.

Se conoce el tiempo de transmisión en el peor de los casos, ya que el tamaño está limitado.

La mayoría de las redes funcionan a velocidades que oscilan entre 10 y 100 Mbps.

Figura 19

Red LAN

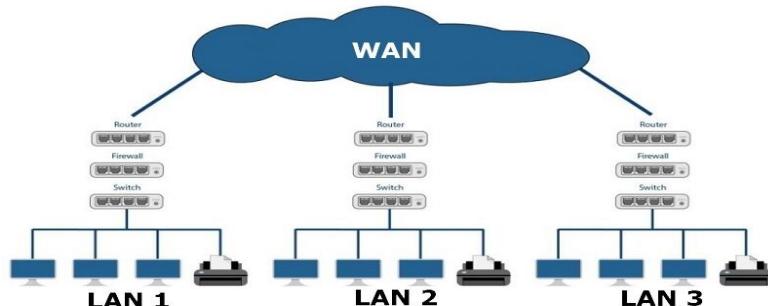


Nota: fuente <https://netcloudengineering.com/funcionamiento-redes-lan/>, netcloudengineering.

WAN. Según el libro Understanding Fiber Optics del autor Jeff Hecht, En su estimación, una red de área extensa (WAN) está formada por un grupo de hosts u ordenadores, unidos entre sí por una subred. Los cables de transmisión y los routers — ordenadores diseñados específicamente para redirigir paquetes de datos— conforman la subred. Los paquetes de datos viajan entre los routers. En la Figura 20, podemos ver que la red es de comutación de paquetes o de almacenamiento y reenvío.

Figura 20

Red WAN

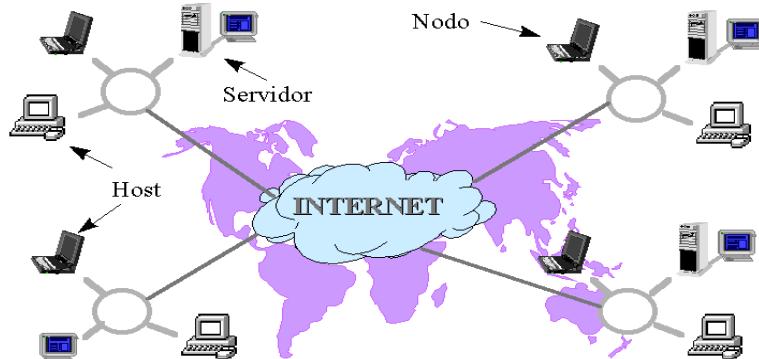


Nota: fuente <https://conceptoabc.com/red-wan/>, conceptoabc.

Un ejemplo de redes WAN es internet, la cual es conocida como la red de redes, la cual emplea routers para interconectar las subredes que la componen.

Figura 21

Red internet.



Nota: fuente <https://www.monografias.com/trabajos12/inter/internet>, www.monografias.com.

Redes inalámbricas. Las redes inalámbricas permiten la conexión de nodos mediante ondas electromagnéticas. Para su implementación se emplean diversos equipos como: radio, microondas, satélites, infrarrojos, etc., como se aprecia en la figura 22.

Figura 22

Redes inalámbricas



Nota: fuente <http://www.antennacomunicaciones.com/redes-inalambricas/>, antennacomunicaciones.com.

2.1.3.3 Modelos de referencia de redes de datos

Los modelos de referencia de redes de datos sirven para diseñar e implementar redes. Estos modelos están basados en estándares mundialmente reconocidos. Existen dos modelos de referencias de redes de datos: OSI y TCP/IP.

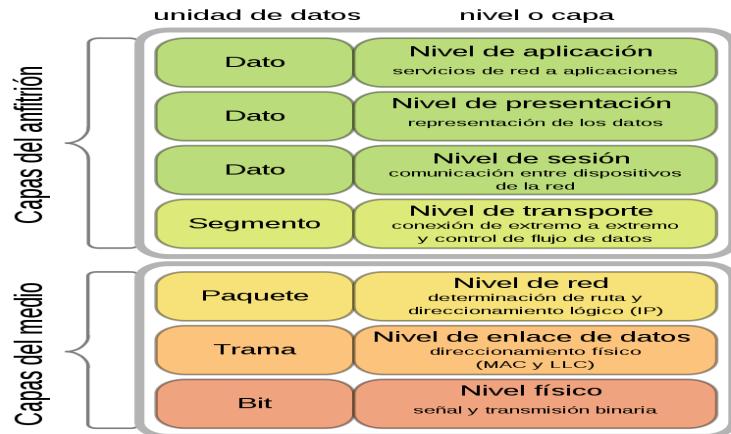
Modelo OSI (Sistemas de conexión abierto), es un concepto de siete niveles. A continuación, se describe cada nivel, tal como se ve en la imagen 23.

1. **Nivel físico.** Temas: voltajes, duración de bits, conexión, recuento de polos de socket, etc.
2. **Nivel de enlace.** Aquí, queremos transformar el medio sin procesar para la transmisión en uno que esté libre de errores.
 - El transmisor recibe datos en trozos de unos pocos cientos de bytes y los procesa en tramas de reconocimiento.
 - Este nivel se ocupa de tramas que faltan, están corruptas o duplicadas.
 - Implementa regulaciones de velocidad.
 - La subcapa de acceso al medio, a menudo llamada subnivel de acceso al medio, regula quién puede usar el canal común en una red de transmisión.
3. **Nivel de red.** Gestiona la congestión mientras decide cómo deben enrutarse los paquetes desde sus orígenes hasta sus destinos finales. Incluye la función de contabilidad.
4. **Nivel de transporte.** A diferencia de los niveles inferiores, que son de máquina a máquina, este habla directamente con su par objetivo. Proporciona una variedad de servicios (como un canal punto a punto que no comete errores). Una gran cantidad de capacidad podría estar disponible abriendo varias conexiones de red. Los mensajes de conexión múltiple que ingresan a una computadora pueden distinguirse mediante el encabezado de transporte. Controla el flujo de datos entre diferentes hosts.
5. **Nivel de sesión.** Muy similar al nivel de transporte, pero con más servicios. Por ejemplo, puede administrar las actividades de los participantes utilizando tokens (objetos únicos y abstractos) o crear puntos de control (puntos de memoria) en transferencias de datos.

6. **Nivel de presentación.** Las características comunes que ofrece incluyen traducción de conjunto de caracteres, traducción de códigos numéricos y más.
7. **Nivel de aplicación.** Deberían definirse los protocolos de correo electrónico, telnet y otras aplicaciones.

Figura 23

Modelo OSI



Nota: fuente https://es.wikipedia.org/wiki/Capa_de_enlace_de_datos. Diagram of OSI model.

El modelo TCP/IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet), tiene como objetivo permitir que varias subredes se comuniquen entre sí y continúen comunicándose incluso si una de esas subredes falla. Ahora revisaremos cada uno de sus niveles, que pueden verse en la Figura 24.

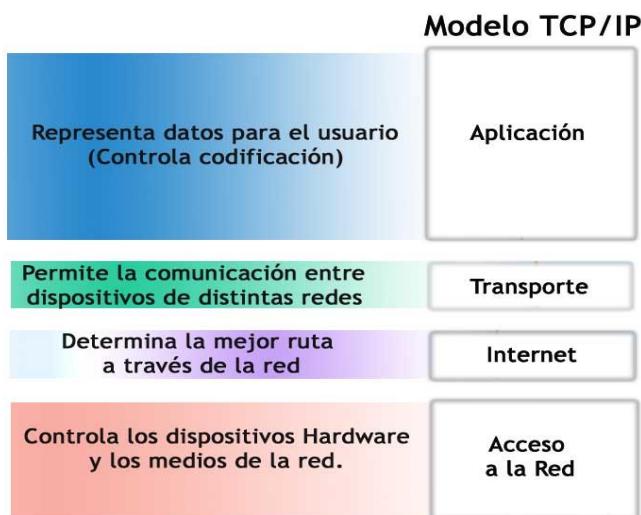
1. **Nivel red.** La base es una capa de Internet sin conexión y conmutada por paquetes. Este diseño no especifica los niveles físicos o de conexión, que se denominan colectivamente como el "nivel de host a red" en este contexto.
2. **Nivel de Internet.** Enviar paquetes de datos a la red permite que los hosts actúen como intermediarios en su camino hacia sus destinos. No hay garantías de entrega ni de orden. En esta capa se definen el enrutamiento y la gestión de congestión del Protocolo de Internet (IP). Descarga de software.
3. **El nivel de transporte.** Facilita la comunicación entre pares en los hosts emisores y receptores. Existe dos protocolos:

- Protocolo de Control de Transmisión (TCP). Establece un canal confiable para la transferencia sin errores de paquetes de datos entre computadoras conectadas a través de Internet. Descompone el flujo en mensajes individuales y luego los reensambla en su destino final. Regula el flujo de fluidos.
- Protocolo de Datagramas Unificado (UDP). El protocolo es sin conexión y tiene un historial deficiente en la entrega confiable de mensajes individuales. Es posible construir protocolos de aplicación adicionales sobre UDP. Cuando la entrega sensible al tiempo es más crítica que la entrega asegurada al 100%, se utiliza UDP.

4. **Nivel de aplicación.** A diferencia del modelo OSI, este no utiliza capas de sesión o presentación.

Figura 24

Modelo TCP/IP



Nota: fuente <https://eltallerdelbit.com/modelo-tcp-ip/> _el taller del bit.com.

Comparación entre el modelo OSI con TCP/IP. Construido sobre protocolos establecidos, el paradigma del modelo TCP/IP ofrece una solución viable a determinados problemas de comunicación. Por otro lado, la Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI)

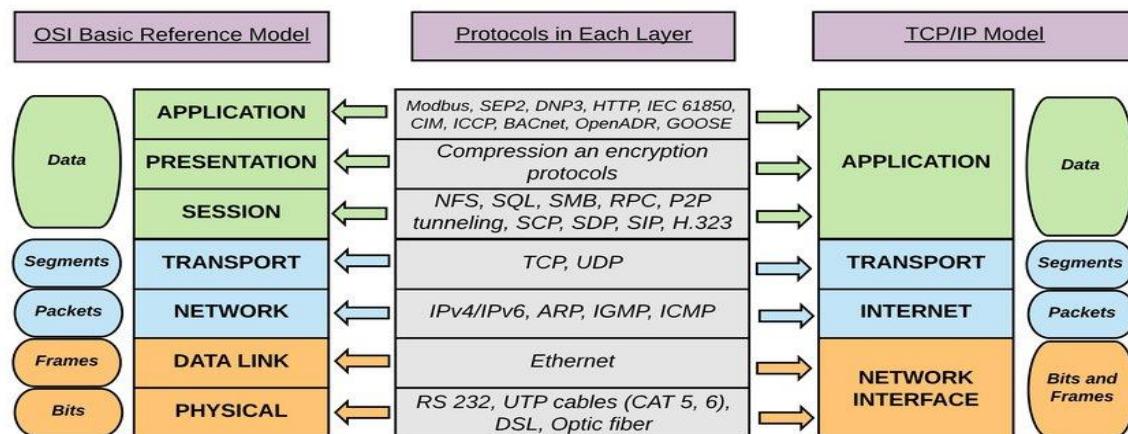
proporciona una base exhaustiva e independiente de protocolos que se supone cubre todo tipo de comunicación en red.

Cuando se trata de redes lógicas y procesamiento de la información entre capas, tanto el modelo TCP/IP como el OSI lo tienen todo cubierto. Cada capa de ambos sistemas tiene una función específica. Si algo va mal, será fácil localizar el punto exacto.

El modelo OSI divide varias operaciones en capas separadas, pero el modelo TCP/IP las consolida en una sola capa. Esta es la principal distinción entre los dos modelos. La Figura 25 muestra las características del modelo TCP/IP, que incluye varios niveles mencionados en el modelo OSI; lo mismo ocurre con las capas de acceso a la red y de aplicación de este modelo.

Figura 25

Modelo OSI vs TCP/IP



Nota: fuente https://www.researchgate.net/figure/The-logical-mapping-between-OSI-basic-reference-model-and-the-TCP-IP-stack_fig2_327483011, researchgate.net.

2.1.3.4 Topología de redes de datos

La estructura física de una red está definida por su topología, que es la disposición de los cables o conexiones que conectan sus diferentes partes. La Figura 26 muestra una topología genérica que puede ser utilizada para muchas clases de categorización de redes.

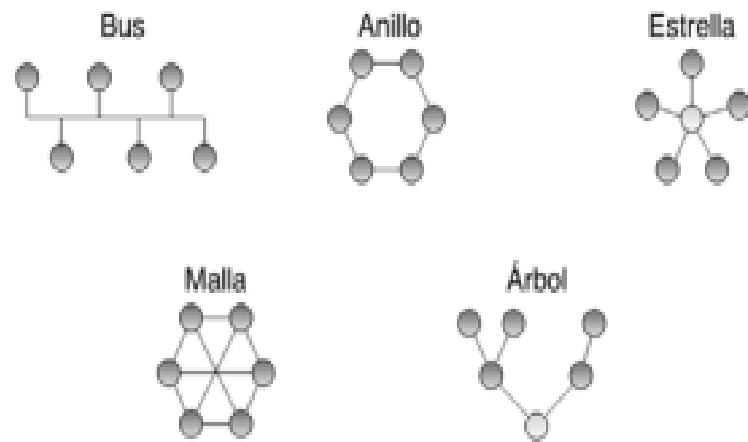
- **Bus:** Una de las topologías más básicas, en la que todos los componentes están directamente conectados a un solo cable. Para evitar desajustes, se requiere

terminación correcta en ambos extremos del cable. Debido a que todos los dispositivos utilizan el mismo canal, debe existir un método para restringir el número de dispositivos, así como la longitud real de la red para proporcionar un acceso adecuado al medio. Debido a un cable roto, el sistema deja de ser operativo.

- **Anillo:** Une dos elementos juntos y también enlaza el elemento final con el primero. Los tokens son paquetes únicos que determinan la secuencia de comunicación y aseguran que todos los componentes sean accesibles de manera justa en esta forma de red. El tránsito de estos paquetes es crucial para el funcionamiento de la red. La red se volverá inoperable en caso de que un solo componente o conexión se rompa.
- **Estrella:** En la que todas las comunicaciones pasan por un único punto, donde todos los cables están conectados. Un beneficio es que aísla el equipo afectado en un solo nodo en caso de desconexión de un componente o rotura de un cable de comunicación. Una gran desventaja es que la red colapsará si el nodo maestro falla.
- **Malla:** Todos los nodos están conectados entre sí, lo que permite enrutar mensajes a través de varios caminos. Cuando todos los nodos están en línea, la red es particularmente resistente contra interrupciones en la transmisión de datos. Cablear la red de malla tendría la desventaja de aumentar los costos de instalación debido a la cantidad de cable necesaria.
- **Árbol:** Es un diseño centralizado donde todos los componentes se despliegan como ramas desde un nodo raíz. Hay un elemento prominente o raíz entre los componentes de la red, que están organizados de manera jerárquica. Las partes restantes comparten una conexión padre-hijo. Para evitar bucles de comunicación, este tipo de red requiere atención especial al enrutamiento de mensajes. La Figura 26 muestra qué sucede cuando falla una red: si un nodo individual falla, podría causar problemas que aislarían ciertas partes de la estructura, pero si la raíz falla, la red se dividiría en dos y no podría conectarse con ninguno de los lados.

Figura 26

Topologías de red



Nota: fuente https://es.wikipedia.org/wiki/Topolog%C3%ADa_de_red.

2.1.4 Equipos de redes de datos

Cualquier pieza de hardware que establece una conexión entre varios nodos en una red a menudo se refiere como equipo de comunicación. Los switches, routers, bridges, repetidores y gateways son las piezas primarias de hardware utilizadas en una red de datos.

Basado en las necesidades y situaciones de la red, cada pieza de equipo tiene su propio alcance único. Las posibles situaciones con conexiones son las siguientes:

- Una sola red de área local (LAN).
- Dos LAN vinculadas entre sí.
- Una LAN conectada a una red de área amplia.
- Dos LAN conectadas a través de una red de área amplia.

Aquí repasaremos los elementos esenciales del equipo que conforman la infraestructura de comunicación de una red de datos.

El propósito de los repetidores es aumentar el alcance de una red. Fueron diseñados para aumentar el alcance de la red al regenerar y amplificar señales débiles. El papel principal de un repetidor es restaurar la fuerza original de una señal de datos modificándola y amplificándola nuevamente.

Las siguientes son las características más importantes de este aparato:

- Conectar varios segmentos de red LAN.
- Redirigir todos los paquetes entrantes.
- La función de un repetidor es regenerar, no amplificar.
- La capa física del modelo OSI es donde los repetidores hacen su magia.

Hub: Al conectar varios cables de diferentes fuentes, un hub funciona de manera similar a un repetidor de múltiples puertos. Los paquetes de datos se entregan a todos los dispositivos conectados a través de un hub ya que los hubs no pueden filtrar datos. Como resultado, el dominio de colisión de todos los hosts conectados a través de un hub permanece igual.

Los hubs no son lo suficientemente inteligentes como para descubrir la ruta más eficiente para los paquetes, por lo que pierden tiempo y energía.

Bridge: La capa de enlace de datos es donde funciona un puente. Lee las direcciones MAC tanto del origen como del destino, lo que lo convierte en un repetidor con capacidades de filtrado adicionales. Además, puede conectar dos LAN que utilizan el mismo protocolo. Este dispositivo es de 2 puertos ya que solo tiene un puerto de entrada y uno de salida.

Switch: Es un dispositivo el cual opera en la capa de conexión de datos y funciona como un puente de múltiples puertos. Dado que verifica los errores antes de enviar los

paquetes, el switch es muy eficiente. En pocas palabras, el switch separa el dominio de colisión entre hosts mientras mantiene la difusión sin cambios.

Router: conectan varias redes, que pueden incluir diferentes tipos de segmentos de LAN. Al recibir un paquete, un router determina la mejor ruta para que el paquete ingrese en la red.

Una tabla de enrutamiento es una base de datos que los routers compilan una lista de todas las direcciones de dispositivos. Permite que el router transfiera datos desde su origen hasta su destino final a través de la ruta más eficiente. La capa de red del modelo OSI es donde los routers hacen su magia.

Gateway: Las puertas de enlace tienen varios propósitos y conectan varias redes entre sí. Desde un entorno a otro, pueden transformar formatos de paquetes. Evalúan datos de un sistema y los transmiten a otro sistema como agentes de mensajes.

Access point: se refiere a un dispositivo que puede conectar dispositivos móviles o tarjetas de red inalámbricas entre sí y a una red inalámbrica externa, que puede ser local o basada en internet. Para reducir la necesidad de conexiones por cable, esta red inalámbrica, también conocida como WLAN o Red de Área Local Inalámbrica, se utiliza, como se aprecia en la figura 27.

Figura 27

Equipos de red

Dispositivos de red	
Repetidor	
Puente	
Hub 10BASE-T	
Switch de grupo de trabajo	
Hub 100BASE-T	
Router	
Hub	
Nube de red	

Nota: fuente <https://sites.google.com/site/redessenagloria/pasos-para-instalar-una-red>, redes senagloria.

2.2 Marco conceptual

En marco conceptual se detalla los criterios para el diseño e implementación regional que beneficie la localidad distrital de Sicsibamba, criterios para el despliegue de la red, descripción para las configuraciones de red y normas técnicas.

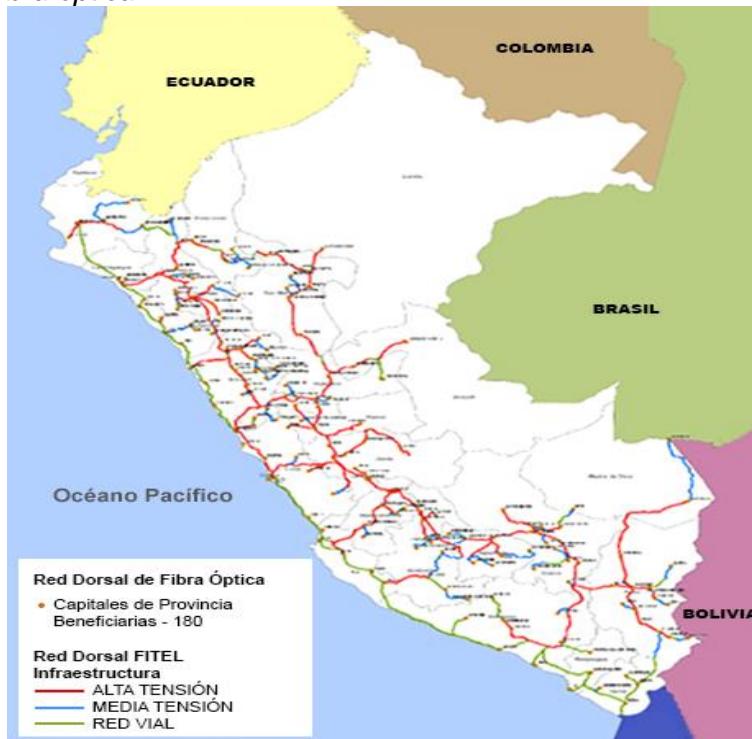
2.2.1 Red dorsal nacional de fibra óptica

El objetivo inicial del proyecto RDNFO era instalar fibra óptica en todo el país. Su misión declarada era conectar 22 capitales regionales y 180 capitales provinciales en zonas donde el sector privado aún no había llegado.

Es un complemento ideal a las bandas 4G LTE por las enormes cantidades de datos de alta calidad que pueden enviarse rápidamente a través de la RDNFO. La disminución del 80% en el coste de una conexión a Internet mejoraría la calidad de vida de todos los peruanos, como se aprecia en la figura 28.

Figura 28

Red dorsal de fibra óptica



Nota: fuente http://www.mtc.gob.pe/comunicaciones/concesiones/proyectos/red_dorsal.html, Fondo de inversión en telecomunicaciones (FITEL).

2.2.2 Proyectos regionales de banda ancha

La cobertura, acceso, el uso y la apropiación de nuevas tecnologías forman parte del plan del Programa Nacional de Telecomunicaciones para reducir la brecha digital. Para lograr este objetivo, desde 2013 apoya iniciativas regionales que incluyen regiones rurales y atienden la necesidad de instituciones como escuelas, hospitales y comisarías. La conexión a Internet de banda ancha está siendo demandada por las entidades gubernamentales en Perú para brindar posibilidades a todos los peruanos.

Los 21 proyectos regionales de banda ancha (fibra óptica) que el MTC tiene en cartera ofrecerán Internet de alta velocidad a las zonas rurales del país a través del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL).

Se desplegarán más de 30.000 km de fibra óptica como parte de los 21 proyectos, que interconectarán 1.530 capitales de distrito y proporcionarán acceso a Internet a casi

3,9 millones de personas en más de 6.600 localidades rurales. Los proyectos requerirán una financiación no reembolsable de Fitel del orden de 1.900 millones de dólares.

Conexión de la RDNFO y los proyectos regionales. La conexión de la RDNFO con cada uno de los proyectos regionales es una de las actividades que se está impulsando fuertemente con el fin de dotar de acceso a servicios de datos, voz y video a la comunidad local, como se muestran en la figura 29.

- Esto equivale a la instalación de unos 28.000 km de nuevo cable de fibra óptica en la RDFNO.
- De los 1.834 distritos del país, aproximadamente 1.600 estarán cubiertos por esta capilaridad (Proyectos Regionales).
- La capacidad mínima de cada nodo de distrito será de 10 Gbps.

Figura 29

Interconexión de la RDNFO y los proyectos regionales.



Nota: fuente https://www.facebook.com/limanews2022/videos/964677787768750/?extid=CL-UNK-UNK-UNK-AN_GK0T-GK1C-GK2C&ref=sharing. Charla Colegio de Ingenieros del Perú.

2.2.3 Tipos de nodos de la RDFNO

La RDNFO cuenta con diversos nodos de interconexión en su implementación.

Seguidamente describiremos cada uno de estos nodos:

2.2.3.1 *Nodos Core*

Como mínimo, las conexiones de la Red Central deben estar equipadas con las siguientes características y tener un caudal de efectivo de 100 Gbit/seg:

- Utilizar direccionamiento IPv4 e IPv6
- ICMP
- Enrutamiento protocolos de nivel 3, que consisten en: - BGPv4, o Protocolo de Pasarela Fronteriza de Cuarta Generación - OSPFv2, conocido como Open Shortest Path First, La tercera edición del protocolo Open Shortest Path First-To-Intermediate-System (OSPFv3)
- Conversión de etiquetas multiprotocolo (MPLS)
- SNMP, o protocolo simple de gestión de red
- Protección: Algoritmo de composición de mensajes (MD5). IPsec, o protocolo de seguridad de Internet. Versión 2 del protocolo Secure Shell (SSHv2). Traducción de "SFTP seguro". Capa de sockets seguros (SSL)

2.2.3.2 *Nodo de agregación*

Están situadas en las capitales regionales.

Los enlaces ascendentes que conectan los Nodos de Agregación a la Red Central deben poder soportar inicialmente un caudal de 10 Gbit/seg. Cada router de agregación debe tener conexiones de enlace descendente de 100 Gbit/s y de enlace ascendente de 10 Gbit/s con los routers centrales, y deben estar controlados por software.

2.2.3.3 *Nodo de distribución*

Los nodos de distribución deben situarse en las capitales provinciales.

Tabla 5

Especificación técnica mínima de equipos del nodo

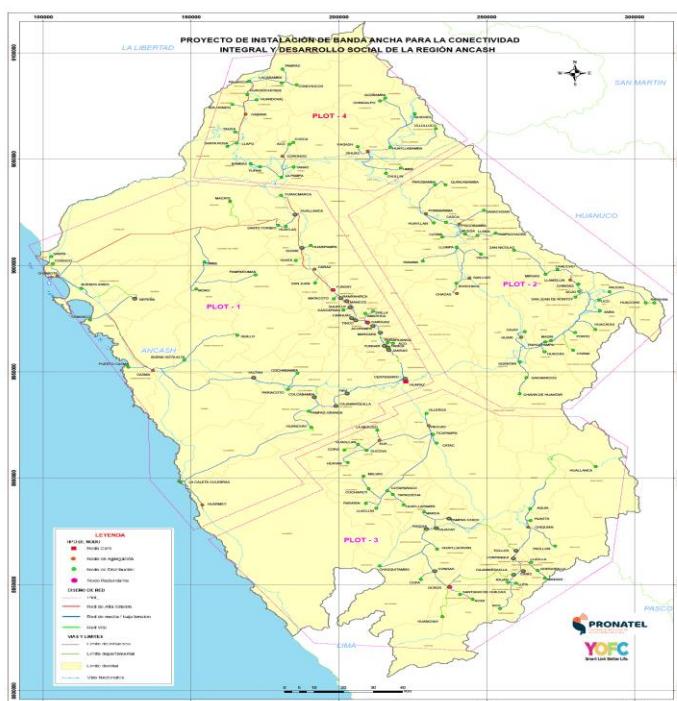
Puertos / Módulos	Debe tener al menos un puerto SFP y dos puertos gigabit 1000 BASE T. Como mínimo, debe incluir un puerto USB externo de Tipo B. 500,000 horas de tiempo de rodaje mínimo necesario. Máximo sistema de rendimiento: 9 Gbps, o 12 Mbps para reenvío (backplane).
Servicios	VPN de video sobre IP (VPLS), VPN de capa 2 y VPN de capa 3 (IPv4 e IPv6).
Protocolos de Ruteo	Protocolo de información de enrutamiento Multicast para IPv6 e IPv4 Soporte de IPv6 OSPF
	Protocolo de puerta de enlace fronteriza (BGP) Soporte de vRPF IPv6 DHCP Transporte IP/MPLS/Ethernet (en Nodos Distritales) Resolución de nombres IPv6 ICMP IPv6
Administración	Asistente de autoinstalación, Protocolo OAM, gestión a través de puerto serial (CONSOLA) y operaciones, administración y mantenimiento. Gestión web, Telnet, SNMP v1, v2 y v3.
Gestión	Asistencia TACACS y/o RADIUS.

2.2.3.4 Red de conexión

Conectados a proveedores públicos de telecomunicaciones. Estos conmutadores Ethernet deben tener 24 puertos.

Figura 30

Proyecto regional Áncash



Nota: fuente MTC. Área de proyectos regionales (p.14).

2.2.4 Características de la fibra Óptica utilizada y conectores

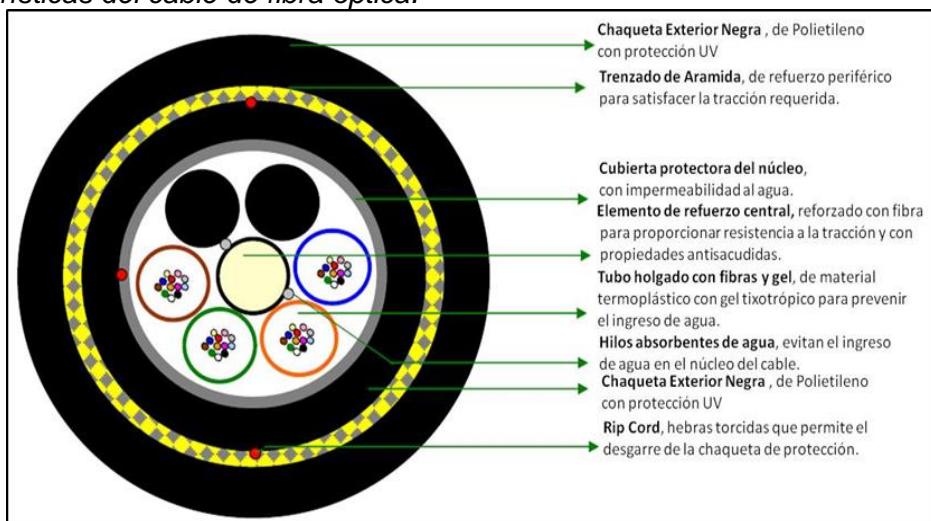
La figura 31 de las especificaciones UIT-T G.652.D para fibra de dispersión monomodo estándar muestra las cualidades técnicas que debe tener la fibra.

El cable de fibra en la red de transporte debe tener al menos 48 hilos.

Lo mejor es un cable ADSS de núcleo seco con relleno de gel en los tubos de fibra. Los ingredientes del gel no pueden ser nocivos para las personas o los animales de ninguna forma; tampoco pueden emitir olores desagradables ni suponer ningún tipo de peligro para la salud cuando se manipulan. Estos artículos pueden eliminarse de forma segura sin necesidad de utilizar más sustancias potencialmente nocivas.

Figura 31

Características del cable de fibra óptica.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Contrato de financiamiento “Instalación de banda ancha para la conectividad integral y el desarrollo social de la región Áncash”.

Asimismo, se adjunta la tabla 6, de los atributos de la fibra óptica utilizada.

Tabla 6*Atributos de la fibra óptica*

Atributo	Dato	Valor
Diámetro del campo modal	$\lambda: 1310 \text{ nm}$	9.2 μm
	$\lambda: 1550 \text{ nm}$	10.4 μm
	Tolerancia a 1310nm	$\pm 0.4 \text{ mm}$
	Tolerancia a 1550nm	$\pm 0.5 \text{ mm}$
Error en la concentricidad del núcleo	Nivel máximo	0.5 μm
No circularidad del revestimiento	Nivel máximo	0.7 %
Longitud de onda de corte del cable	Nivel máximo	1260 nm
Coeficiente de PMDQ de fibra no cableada	Nivel máximo	0.1 ps / $\sqrt{\text{km}}$
Coeficiente de atenuación	$\lambda: 1310 \text{ nm}$	0.35 dB/km
	$\lambda: 1550 \text{ nm}$	0.20 dB/km

Cada enlace consta en tres partes.

- El puerto que transmite la potencia óptica inyectándola.
- El adaptador que dirige los extremos en tensión permanente (muelle) y mantiene un contacto estable entre ellos deslizándolos con fricción.
- La fuente de conexión de extracción de la potencia emitida.

En el caso de dos de estas piezas -los conectores- la calidad del producto acabado puede no representar fielmente la reputación de la marca, por muy reputada que sea. El adaptador conserva su forma original.

La compatibilidad mecánica y óptica es necesaria para el funcionamiento simultáneo de estas tres partes. Se habla de compatibilidad horizontal (CH) cuando todos los componentes son de la misma marca, y de compatibilidad vertical (CV) cuando los fabrican empresas distintas.

En la terminación de la fibra óptica se necesitan conectores o pigtails fusionados. Existen varios tipos de conexión, en variantes monomodo y multimodo, y se clasifican según su aplicación, la norma mundial y sus características.

ST (Straight Tip): EN las redes de datos y los equipos de redes locales suelen emplear estos conectores, que se representan en la figura 32, para fibra monomodo o multimodo.

Figura 32

Conectores ST



Nota: fuente <http://marismas-emtt.blogspot.com/2009/09/conector-st.html>, marismas-emtt.blogspot.com.

FC (Ferrule Connector): La figura 33 ilustra el FC, una conexión en la fibra óptica monomodo o multimodo que suele utilizarse para aplicaciones CATV y telefonía.

Figura 33

Conejor FC

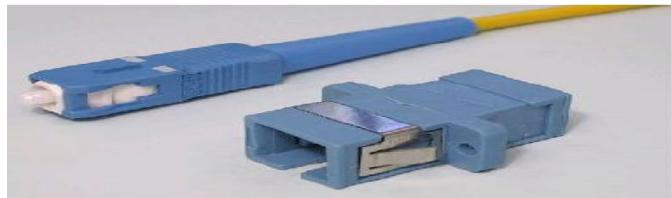


Nota: fuente <http://www.google.com.co/search?q=conectores+fc&hl> , silexfiber.com/producto.

SC (Standard Connector): La figura 34 ilustra el SC, un conector para la fibra monomodo y multimodo que suele utilizarse para el formato monomodo en telefonía.

Figura 34

Conecotor SC



Nota: fuente <http://www.google.com.co/search?q=conectores+fc&hl>, silexfiber.com/producto.

Se garantiza que todas las conexiones, monomodo y multimodo, tienen una pérdida de inserción media inferior a 0,2 dB y máxima de 0,4 dB.

2.2.5 Criterios de instalación de fibra óptica

La fibra óptica en su instalación constituye un proceso sensible y especializado ya que un error puede malograr la fibra óptica y con ello generar un incremento en costos de implementación de la red.

Tener presente que los herrajes de retención tienen la principal función de sostener o anclar la fibra óptica a las estructuras (postes, torres, torrecillas, etc.). Estos pueden variar según la distancia del cable a sostener y al diámetro del cable.

Asimismo, se describe algunos criterios de instalación de la fibra óptica.

- Primero, debemos tener definido la distancia del cable (en metros)
- Distancia del cable= Distancia entre postes(vano) + Flecha del cable(catenaia)
- Luego, aplicar la selección de herrajes de acuerdo con el siguiente cuadro sin tolerancias, sin modificaciones ni instalaciones incompletas del KIT, como se aprecia en la tabla 7.

Tabla 7*Herrajes de retención*

Herrajes de retención en función de las distancias	0 hasta 100 (mts)	100 hasta 200 (mts)	200 hasta 300 (mts)	300 hasta 600 (mts)	600 hasta 1000 (mts)
ADSS-PE-200	R1	R2			
ADSS-AT-200	R1	R2			
ADSS-PE-300	R1	R2	R3		
ADSS-AT-300	R1	R2	R3		
ADSS-PE-600	R1	R2	R3	R4	
ADSS-AT-600	R1	R2	R3	R4	
ADSS-PE-1000	R1	R2	R3	R4	R5
ADSS-AT-1000	R1	R2	R3	R4	R5

- También se debe aplicar la adecuada selección del elemento de sujeción de acuerdo a la tabla adjunta sin tolerancias. Es importante que las abrazaderas deban ser instaladas solamente con los elementos del KIT. No se aceptará ningún tipo de modificación como reemplazar los pernos del KIT por pernos espárragos, modificar el diámetro a través de cortes y soldaduras, etc.

Tabla 8*Parámetros de elementos de sujeción*

Descripción	Detalle	Distancia de cable en metros (M)	Observación
Elementos de sujeción a estructuras (postes, torres, etc.)	Hebillas + Fleje Acerado 3/4"	≤ 100	Sin tolerancias
	Abrazaderas/ Collarines	> 100	
	Ángulos o Tes	Todos los vanos	

- Otro factor importante para este procedimiento de implementación es la distancia mínima de seguridad (DMS)
- Siempre se debe asegurar el DMS con respecto al suelo, mostrado en las figuras 35 y 36.

Figura 35

Distancias mínimas de seguridad respecto al suelo.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD A NIVEL DEL SUELO	
Cuando Cable de FO cruzan o sobresalen	Distancia de cable FO con nivel de piso (m)
1. Vías Férreas de ferrocarriles	7.3
2. Carreteras y avenidas sujetas a tráfico de camiones	6.5
3. Caminos y Calles sujetas al tráfico de camiones	5.5
4. Terrenos de cultivos con presencia de vehículos	5.5
5. Áreas peatonales no transitables	4
6. Calles o caminos zona rurales	5.5
7. En ríos, lagos, canales o charcas	5.5

Nota: fuente <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/R%20M%20%20y%20CNE%202011.pdf>, Código nacional de electricidad.

Figura 36

Distancias mínimas de seguridad respecto al suelo a estructuras eléctricas.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD CON LÍNEAS ENERGIZADAS	
NIVEL DE TENSIÓN	Distancia vertical cable FO con líneas energizadas (m)
1. Líneas de Baja Tensión BT (750V)	1
2. Líneas de Media Tensión MT (11KV -23KV)	1.8 -1.92
3. Líneas de Alta Tensión AT (60KV)	2.5

Nota: fuente <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/R%20M%20%20y%20CNE%202011.pdf>, Código nacional de electricidad.

2.2.5.1 Método de instalación de ferretería para fibra óptica

Todos los componentes para el soporte del cable de fibra óptica, tales como las ferreterías de suspensión, retención, abrazaderas, crucetas; amortiguadores, cajas de empalme, etc., serán instalados conforme lo indica y recomiendan los fabricantes en las respectivas fichas técnicas y/o manuales de instalación.

Los valores de MAT (Máximo allowed tensión) son los máximos a los que puede ser expuesto el cable. Los valores que se requieren para dimensionar la ferretería son los valores de operación, los cuales están por debajo de la máxima para evitar daño al cable. Se recomienda validar los valores máximos soportados por la ferretería con los de operación del cable.

A. Instalación de soporte especial. Cuando se instalan redes de fibra óptica, coaxiales o HFC, se necesitan soportes especializados conocidos como "trompo platina". Los dos soportes utilizados para la fijación del accesorio de retención o la fijación de la suspensión (un soporte, según el tipo de kit de suspensión) son perfectos para esta fijación.

La instalación de estos soportes se realizará cuando los vanos comprendidos entre estructuras de apoyo sean menores o iguales a 200m.

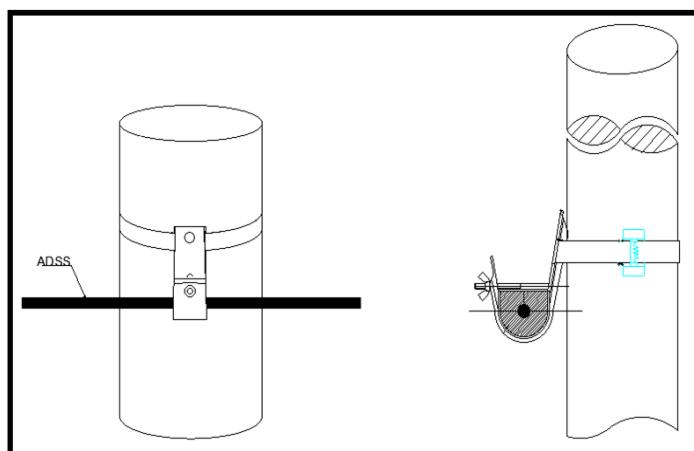
Para anclar el kit de herrajes de retención se emplea 2 soportes especiales los cuales estarán sujetados a la estructura (de madera, concreto o metal) con fleje o cinta de acero inoxidable en dimensiones de Yz'' o $\%$ ", ambos soportes se posicionarán en sentidos opuestos para que el kit de retención a instalar cumpla con su función

El kit de retención de terminales se instala utilizando un soporte especializado que se fija en la dirección de la recepción del cable mediante un fleje o cinta de acero.

El kit de herrajes de suspensión incluye un único soporte que, cuando se fija a una superficie sólida (madera, hormigón, metal, etc.) utilizando medidas Yz'' de fleje o cinta de acero inoxidable, debe orientarse en la dirección de recepción del cable.

Figura 37

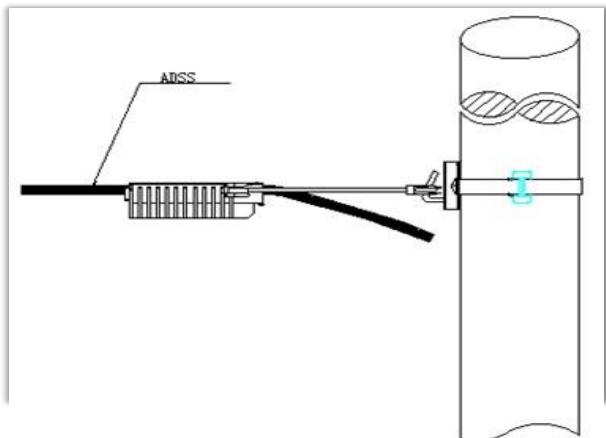
Soporte de suspensión - sujeto en la estructura (con fleje de acero).



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

Figura 38

Instalación de soporte de retención - sujeto en la estructura (con fleje de acero).



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

B. Instalación de cruceta. Para que el cable de fibra óptica pueda estar protegido por el alojamiento de la red, la cruceta se construyó para guardar la reserva técnica del cable a lo largo de la línea de transmisión. El soporte de montaje ayuda a colocarla en la torre o el poste, y puede ajustarse a las distintas condiciones que puedan darse durante la instalación.

La cruceta tiene una capacidad de albergar como mínimo 50 metros de cable de fibra óptica, en base a los diámetros del cable y su radio de curvatura mínimo mostrado en sus especificaciones técnicas.

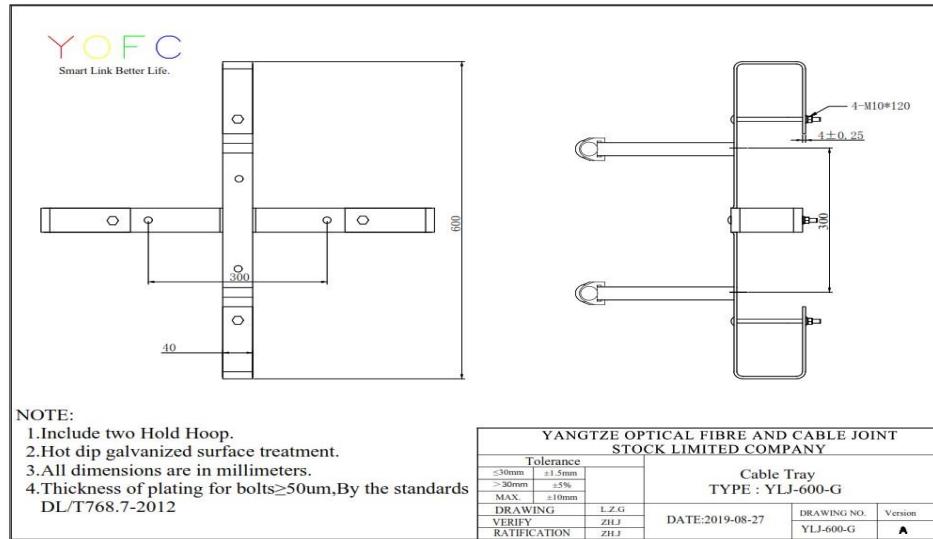
Los criterios para la instalación de la cruceta son las siguientes:

- Coloque la bandeja de cable en forma de cruz en el poste, tal como se muestra en los esquemáticos.
- Segundo paso: usar 2 cintas de acero inoxidable para bloquear y sujetar la bandeja de cables al poste tal como se muestra en la siguiente imagen.

Se mostrarán los esquemas de instalación de los tipos de crucetas propuestos para el proyecto en las siguientes figuras:

Figura 39

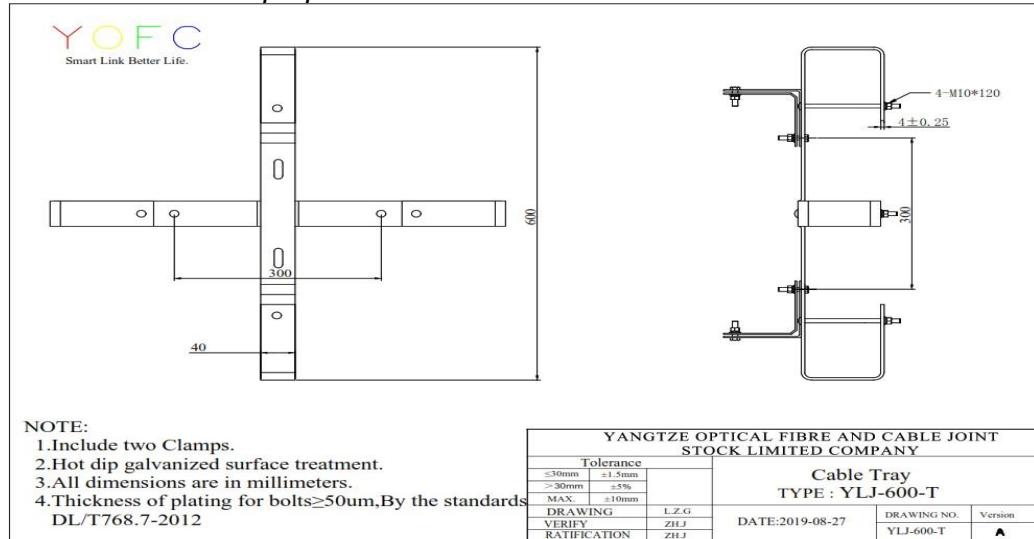
Esquemático de cruceta propuesta en postes.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

Figura 40

Esquemático de cruceta propuesta en torres.

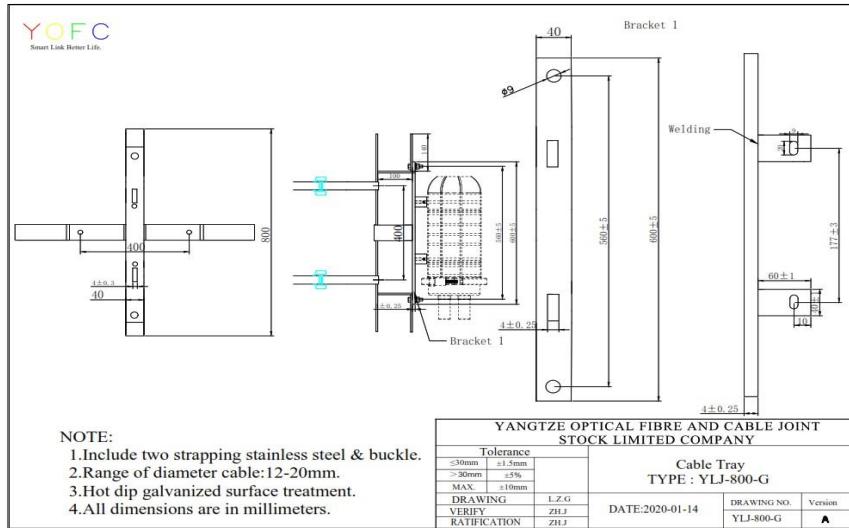


Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

Con respecto a los brackets de sujeción para las cajas de empalme, se mostrarán los esquemáticos propuestos para el proyecto.

Figura 41

Esquemático de Bracket de cruceta para postes.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

Reserva de 50 metros (Se muestra la abscisa inicial y final para cumplir con la cantidad indicada).

Figura 42

Abscisas inicial y final del cable de F.O.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

C. Instalación de abrazaderas. En el tendido de redes de fibra óptica, coaxiales o HFC se utilizan las abrazaderas. El collarín de dos salidas es perfecto para conexiones de

retención, mientras que el collarín de una salida es adecuado para accesorios de suspensión.

La instalación de estas abrazaderas se realizará cuando los vanos comprendidos entre estructuras de apoyo sean mayores de 200m.

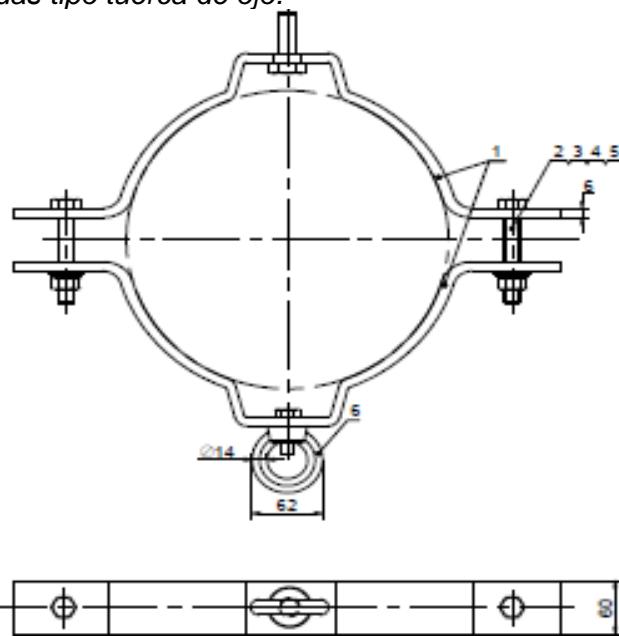
Las dimensiones y tipo de abrazaderas a utilizar van a depender del diámetro de la estructura y de la zona de instalación del cable.

La estructura de soporte tendrá un collarín de dos salidas fijado a ella para asegurar el kit de herrajes de retención. Al instalar el kit de retención de terminales, asegúrese de colocar la abrazadera de salida en la misma dirección que la recepción del cable.

El kit de herrajes de suspensión debe fijarse utilizando una sola abrazadera de salida, que debe colocarse en paralelo al recorrido del cable.

Figura 43

Abrazadera de 2 salidas tipo tuerca de ojo.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Contrato de financiamiento región Áncash Pronatel.

D. Instalación de herrajes de retención. Las ferreterías de retención, por su naturaleza están preparadas para estar expuestos a la intemperie, soportando sin problemas las condiciones ambientales, pero es importante asegurarnos que la parte

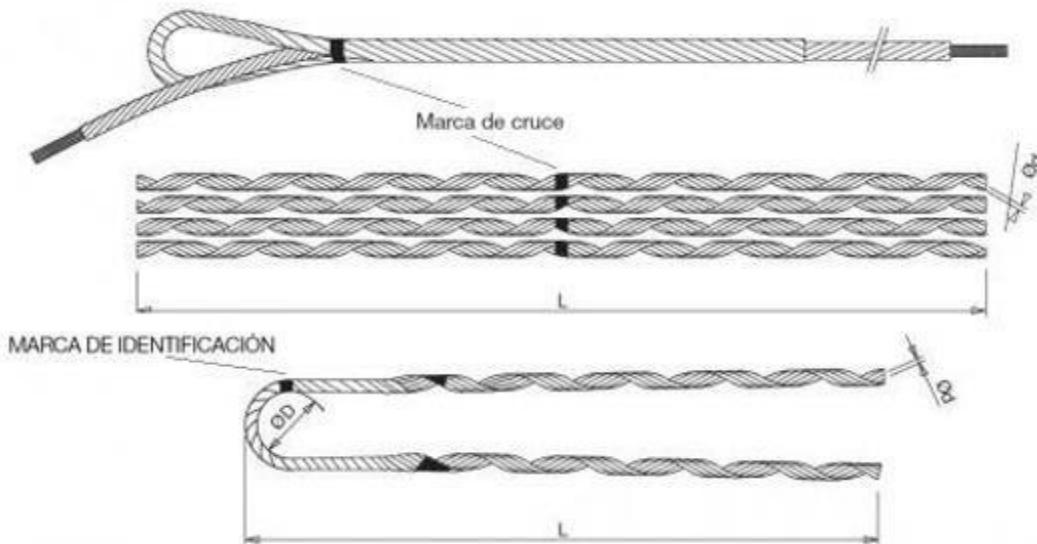
interna de los preformados se encuentren libres de residuos y secos antes de ser instalados a fin de mantener sus capacidades de agarre.

El proveedor de ferretería suministra los kits que contienen preformados paquetes conteniendo todos los componentes necesarios para la instalación. Este empaque además facilitar la logística y manipulación, evita que los preformados se ensucien.

Use them in the posts at the beginning or end of the section with a splice, a reserve, or a direction shift of more than 30° so that the tension in the various cable sections may be maintained.

Figura 44

Herraje de retención usado para la instalación de FO



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Contrato de financiamiento región Áncash Pronatel.

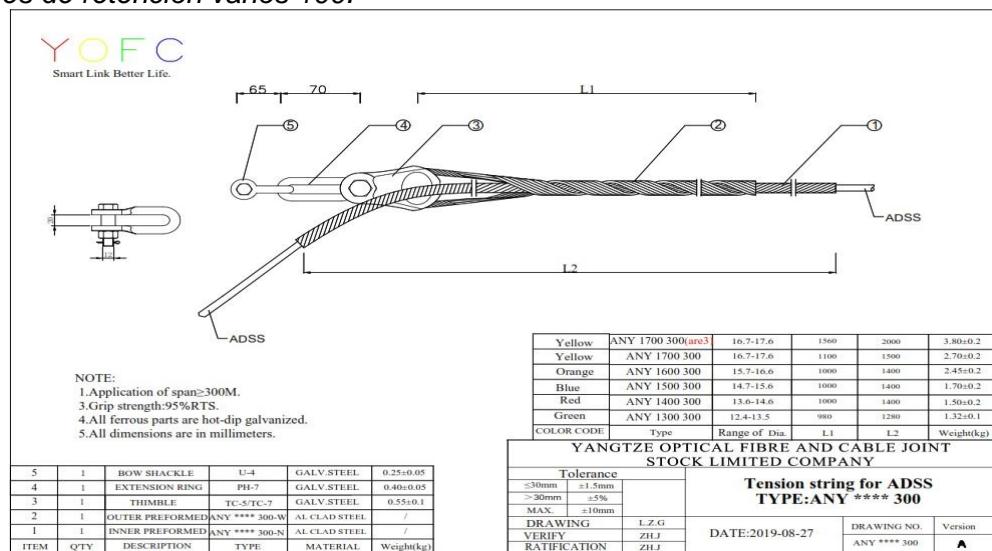
Sus aplicaciones potenciales incluyen:

- Empalmes entre tramos aéreos;
- Alteraciones seccionales o cambios de ángulo superiores a 30° acompañados de reservas y/o empalmes.
- Siempre que exista un desnivel superior a quince grados. Durante la instalación deben seguirse los siguientes pasos:

- Las varillas de seguridad se fijan al cable en los puntos exactos que se decidieron anteriormente.
- Se utiliza un ojal de un separador para pasar los guardacabos del dispositivo de seguridad.
- A El dispositivo de seguridad se fija a las varillas de sujeción con un espacio de unos quince centímetros entre los bordes de las varillas y los guardacabos del dispositivo. Para fijar el cable al poste, se utiliza un grillete para sujetar la tuerca anular al ojal opuesto del espaciador; este espaciador sirve para mantener el radio de curvatura del cable.
- A Las figuras muestran lo que ocurre cuando el operario tiene problemas para colocar el conjunto de anclaje tensado en el poste: marca la posición del cable, libera su tracción, coloca el conjunto en el suelo y vuelve a tensarlo para asegurarlo al poste

Figura 45

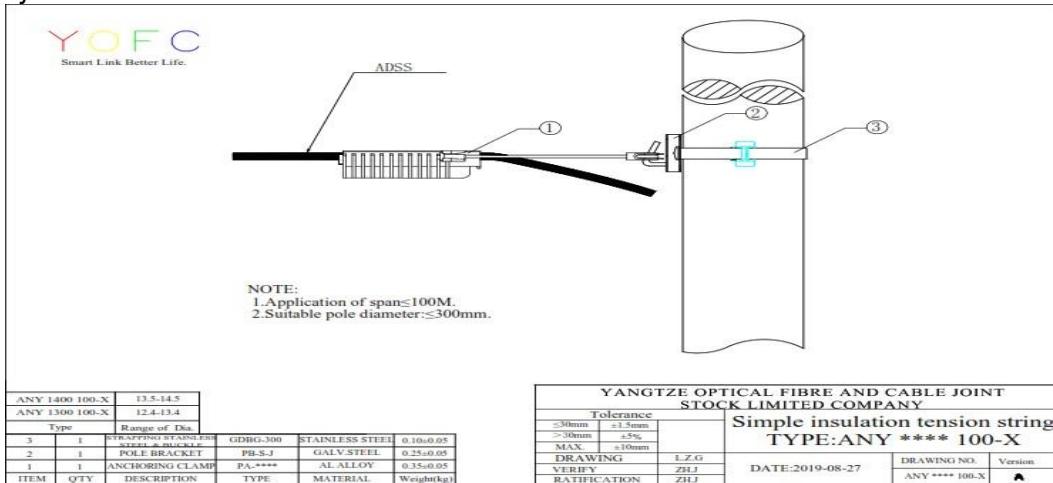
Herrajes de retención vanos 100.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Contrato de financiamiento región Áncash Pronatel.

Figura 46

Herrajes de retención vanos 200.



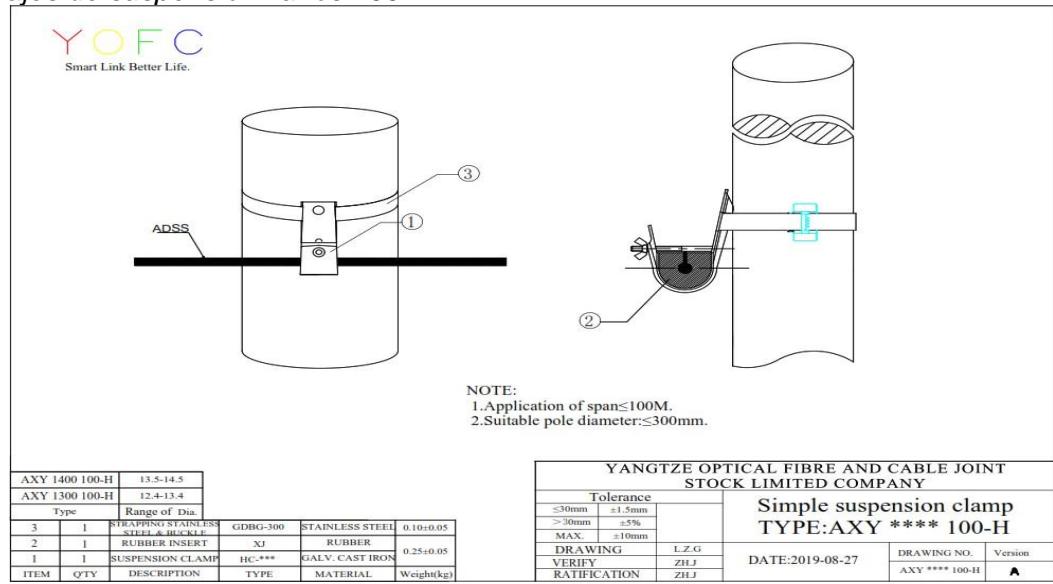
Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Contrato de financiamiento región Áncash Pronatel.

E. Instalación de herrajes de suspensión. Esta pieza es ideal para sujetar cables

de fibra óptica tipo ADSS en el medio tramo.

Figura 47

Herrajes de suspensión vanos 100.

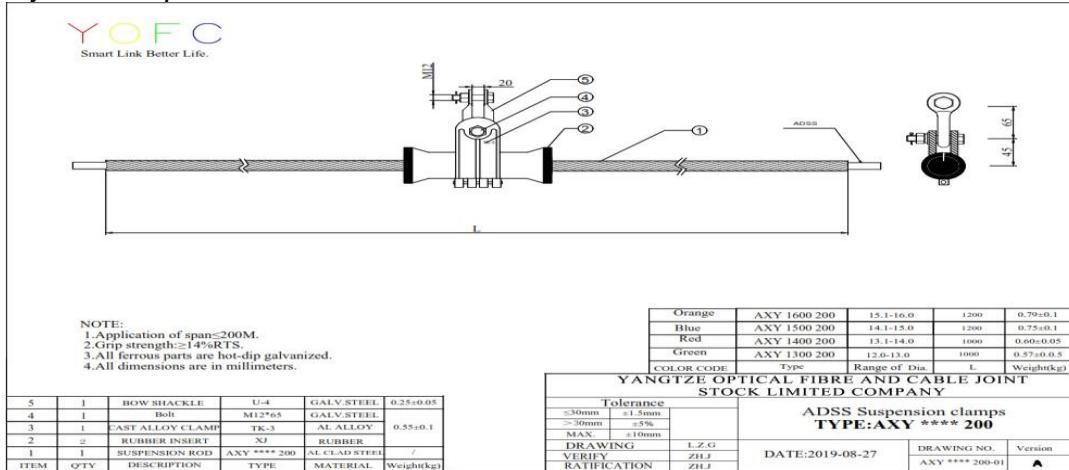


Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

La figura 48 muestra el preformado de suspensión en su lugar, el cual está unido a varillas preparadas que sirven para proteger el cable.

Figura 48

Herrajes de suspensión vanos 200.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

Las suspensiones se aplican a postes con niveles inferiores a 15° o con flechas menores que Sm.

Tras la tensión del cable, las suspensiones se colocan de la siguiente manera:

- La retención de suspensión con el terminal circular se engancha con el gancho espiral.
- Luego se pone sobre las varillas de protección después de retirar la polea en el tendido y centrar las varillas de protección prefabricadas con respecto al poste en el cable.

2.2.5.2 Empalme de fibra óptica por fusión

Es necesario empalmar los cables de fibra juntos para cumplir los requisitos de instalación.

Además de formar empalmes entre las fibras de los cables en sus extremos utilizando latiguillos, también se realizan empalmes entre las fibras de los cables en sus extremos utilizando latiguillos para poder conectar las fibras a los aparatos transmisores y receptores.

Se utiliza una máquina de empalme por fusión, también conocida como máquina de empalme, para realizar la fusión de empalmes (figura 49). Además de sus funciones principales de aproximación de fibras, alineación, fusión y estimación de pérdidas, la máquina cuenta con un calentador integrado que facilita la colocación del protector en el empalme.

Figura 49

Equipo de fusión de fibra óptica.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo 8-A.

Seguir estos pasos asegurará un empalme exitoso de fibra óptica:

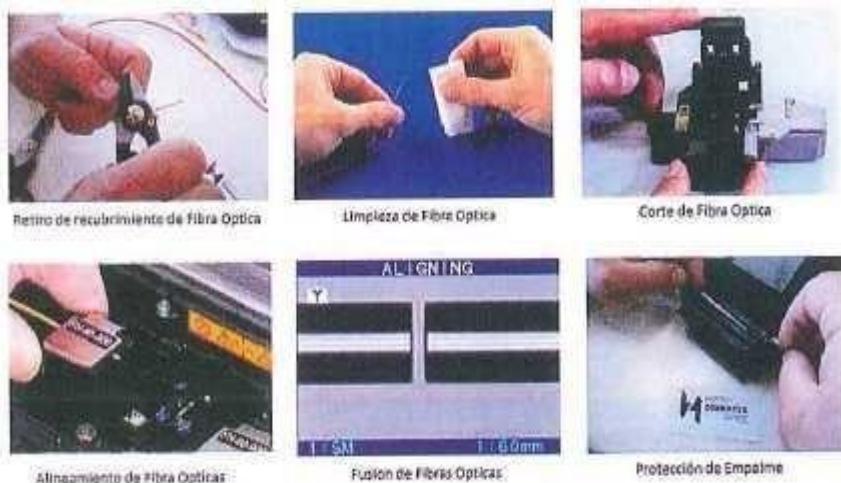
Para configurar el tipo de fusión en el menú del equipo de fusión, primero identifique el tipo de fibra con la que está trabajando (SM).

- Con pinzas especializadas, retire con cuidado los recubrimientos protectores, aproximadamente 10 cm de longitud, asegurándose de no dañarlos.
- Inserte el tubo de fusión, que es una funda de protección de plástico termocontraíble, en la fibra del cable.
- Para cortes precisos en el ángulo y longitud especificados, inserte cada fibra óptica (FO) en la máquina de corte a la longitud que necesite.
- Para mantener la limpieza, cada FO debe almacenarse después de ser cortado.

- Sostenga las fibras a las distancias especificadas en el aparato y colóquelas frente a los electrodos de la máquina de fusión, una en cada extremo. Después de asegurar las dos hebras, cierre la tapa y oprima el botón SET para comenzar el proceso de fusión. Cómo la máquina alinea y acerca las fibras se muestra en dos planos X/Y. Se forma un arco de fusión entre los electrodos después de una limpieza adecuada y determinar longitudes precisas; luego se muestra la atenuación estimada del empalme, como se ve en la figura 50.

Figura 50

Factores que *influyen positiva o negativamente en el proceso de fusión.*



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Contrato de financiamiento región Ancash Pronatel.

- Los empalmes de fibra óptica pueden tener alineaciones longitudinales (separación), laterales o angulares, que son los tres tipos principales de alineaciones de fibras que afectan las pérdidas de señal óptica.
- Factores como los tamaños de núcleo y las Aperturas Numéricas (NA) de las fibras empalmadas, así como el tamaño de los errores de alineación, determinan las pérdidas de señal óptica.
- El ángulo de corte en relación con el eje, que debe ser menor de 1° en toda la superficie de corte, es un componente crítico en el empalme de fibra óptica para obtener pérdidas mínimas. Para hacer esto, se utilizan cortadoras precisas.

2.2.6 Normas técnicas del proyecto

2.2.6.1 UIT-T: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Las normas técnicas en base a la UIT son las siguientes:

- a) G.650: Especificación y Evaluación de los Parámetros Críticos de las Fibras Monomodo.
- b) G.650.3: Procedimientos para la Prueba de Conexiones de Cable de Fibra Óptica Empalmadas.
- c) G.652: Características de los Cables de Fibra Óptica Monomodo.
- d) G.671: Propiedades de Subsistemas y Componentes Ópticos Basados en la Transmisión.
- e) L.10: Los cables de fibra óptica para uso en túneles y conductos.
- f) L.12: Empalmes de Fibra Óptica.
- g) L.26: Cables de Fibra Óptica Aéreos.
- h) L.36: conecta fibras ópticas monomodo.

2.2.6.2 TIA: Telecommunications Industry Association

Las normas técnicas en base a la Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones son las siguientes:

- a) TIA-455-8: Medición de la pérdida y reflectancia del empalme o conector utilizando un OTDR.
- b) TIA-455-57: Preparación y examen de la cara final de la fibra óptica para fines de prueba.
- c) TIA 455 61A: Medición de la atenuación de fibra o cable mediante un OTDR.
- d) TIA-455-243: Análisis del estado de polarización y reflectometría óptica en el dominio temporal con barrido de longitud de onda (OTDR) para la medición de la dispersión de modo de polarización en fibras ópticas monomodo instaladas.
- e) TIA-526-7: Es un método de prueba para la medición de la pérdida de potencia óptica de la instalación de la planta de cable de fibra óptica monomodo.

- f) TIA-568-C.0: Cableado genérico de telecomunicaciones para el cliente.
- g) Espacios y canales para telecomunicaciones se usa el TIA-569-C.
- h) El estándar TIA-758-B es para la infraestructura de telecomunicaciones que es propiedad del cliente.

2.2.6.3 IEC: International Electrotechnical Commission

Las normas técnicas en base a la Comisión Electrotécnica Internacional son las siguientes:

- a) IEC-60529; Grados de protección proporcionados por los recintos.
- b) Las metodologías de medición y los procedimientos de prueba para la dispersión cromática están detallados en la norma IEC-60793-1-42.
- c) Las técnicas de medición y los procedimientos de prueba para la dispersión del modo de polarización se encuentran en la norma IEC-60793-1-48.
- d) La norma de referencia para los métodos básicos de prueba de cables ópticos es la IEC-60794-1-2, la cual forma parte de la especificación genérica para cables de fibra óptica.
- e) Los cables ópticos aéreos a lo largo de líneas de energía eléctrica están cubiertos en la norma IEC-60794-4-20, Cables de Fibra Óptica - Parte 4-20. Esta es la familia de especificaciones para cables ópticos autosostenidos totalmente dieléctricos (ADSS).
- f) IEC 61280-4-2: Atenuación monomodo de cable instalado y medición de pérdida de retorno óptico.

2.2.6.4 IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

Las normas técnicas en base al Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos son las siguientes:

- a) IEEE 1222: Estándar para pruebas y rendimiento de todos los cables de fibra óptica dieléctricos autoportantes (ADSS) para uso en líneas eléctricas de servicios eléctricos.
- b) IEEE 1591.2: Estándar para pruebas y rendimiento de hardware para todo el cable de fibra óptica dieléctrico autoportante (ADSS).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

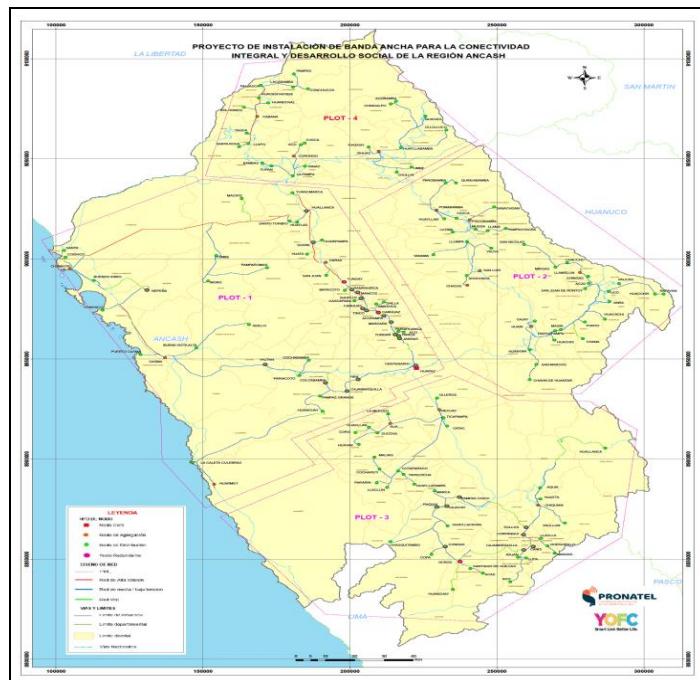
Durante la elaboración de este estudio de investigación, se realizará respecto al plan de cobertura del proyecto regional en Áncash enfocado al distrito de Sicsibamba, provincia de Sihuas, esto incluye el diseño y proceso de implementación llevado a cabo en el proyecto.

3.1 Infraestructura de la RDNFO en la región Áncash

La red está basada en estudios realizados en campo la cual se subdivide en 158 enlaces en la red de transporte, la cual constituye 4 áreas, con un aproximado de 1887.95 km de despliegue de fibra óptica entre la red de transporte. El cual será descrita en la siguiente gráfica según la proyección de la empresa encargada del despliegue YOFC PERÚ SAC. Esto mostrado en la figura 51.

Figura 51

Red de transporte proyecto regional en Áncash



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>, Contrato de financiamiento región Áncash Pronatel.

3.1.1 Características de la red dorsal de la región Áncash

En la tabla 9, cómo está estructurado el proyecto a nivel de la red de transporte y accesos, como también las topologías de interconexión, como se mencionó anteriormente esto está estructurado por áreas.

Tabla 9

Dimensión proyecto regional Áncash.

Información basica			
PLOT	Región	Enlaces	Base Km
1	Áncash	54	768.26
2	Áncash	37	359.71
3	Áncash	43	527.04
4	Áncash	24	232.95

3.1.1.1 Red de transporte

El dimensionamiento de los nodos que integran la red de transporte en el proyecto regional en la región Áncash, la cual estará conectada al proyecto RDNFO, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 10

Red de transporte proyecto regional Áncash.

Región	NOC	Centro de mantenimiento	Nodos red de transporte		
			Agregación	Distribución	Total
Áncash	1	6	19	144	163

Debido a que al momento se encuentra en ejecución la red de transporte y posteriormente se implementó la red de acceso se toma la proyección el estudio técnico que elaboró la contratista YOFC respecto al siguiente cuadro.

3.1.1.2 Red de acceso

De esta manera, se muestra el dimensionamiento de la red de acceso como también los lugares beneficiados en el proyecto regional en la región de Áncash. La cual

estará conectada a la red de transporte del mismo proyecto regional, como indica la tabla siguiente:

Tabla 11

Red de acceso proyecto regional Áncash.

Región	NOC	Centro de mantenimiento	Centro de usuarios	Nodos	Hospital	Estación policial	Escuelas	Plazas
Áncash	1	10	10	435	269	28	520	363

3.1.2 Descripción del nodo de agregación de Sihuas

Los nodos de agregación se instalarán en las capitales provinciales. Esto facilitará la implementación y despliegue de los nodos de Distribución los cuales estarán integrados formando una topología física en anillos, como se aprecia en la figura 12.

El nodo de agregación de Sihuas es uno de los 19 nodos interconectados a la RDNFO, la cual será el punto de partida para el despliegue en la red de transporte que conecte ciertos distritos ubicados en el sector norte de la región Áncash. El nodo de agregación de Sihuas está ubicado distrito de Sihuas, e interconecta las localidades de Chingalpo, Quiches, Acobamba, Ullulluco, Huayllabamba, Sihuas, Chullin y Umbe.

Tabla 12

Localización de nodos distribución colindantes al nodo de agregación de Sihuas.

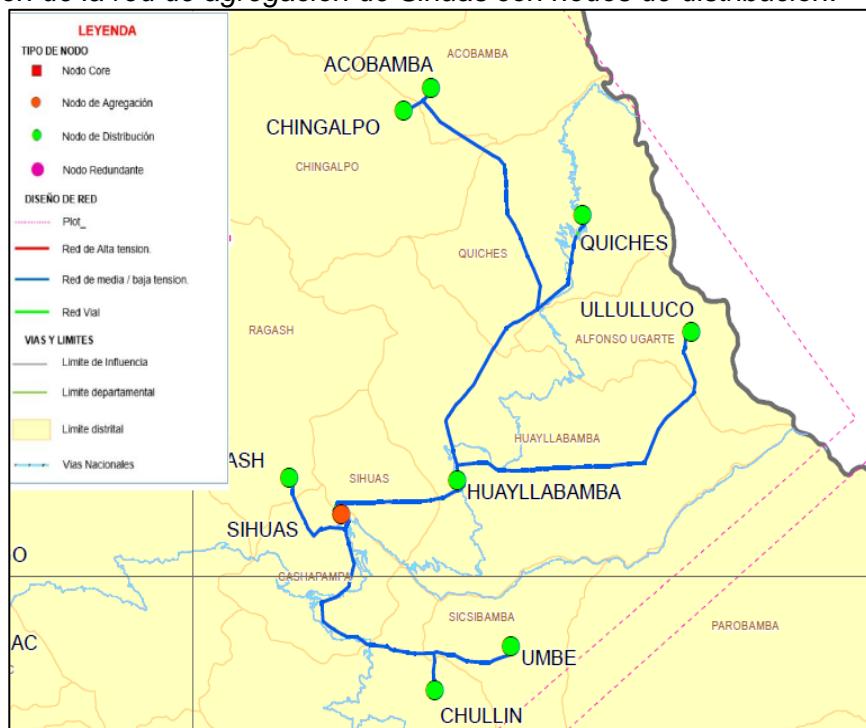
Nº	Codl NEI2015	Región	Provincia	Distrito	Localidad	Capital provincia	Capital distrito	Tipo de nodo óptico (proyecto regional)	Longitud	Latitud	Altura (msnm.)
1	219010001	Áncash	Sihuas	Sihuas	Sihuas	SI	SI	Agregación	77.63646	-8.5526	2784
2	219020001	Áncash	Sihuas	Acobamba	Acobamba	-	SI	Distribución	77.58119	8.32597	3129
3	219030001	Áncash	Sihuas	Alfonso ugarte	Ullulluco	-	SI	Distribución	77.4268	8.45671	3227
4	2190450001	Áncash	Sihuas	Chingalpo	Chingalpo	-	SI	Distribución	77.59763	8.33848	3187
5	2190570001	Áncash	Sihuas	Quiches	Quiches	-	SI	Distribución	77.49142	8.39465	2998
6	2190680001	Áncash	Sihuas	Ragash	Ragash	-	SI	Distribución	77.66721	8.53266	3528

7	2190 9000 1	Ánca sh	Sihuas	San juan	Chullin	-	SI	Distribución	77.5814 1	8.64671	2729
8	2191 0000 1	Ánca sh	Sihuas	Sicsibamb a	Umbe	-	SI	Distribución	77.5355 5	8.62343	3115

Se mostrará en la figura 52, las conexiones que tiene el nodo de agregación de Sihuas, respecto a los nodos de distribución interconectados a esta.

Figura 52

Interconexión de la red de agregación de Sihuas con nodos de distribución.

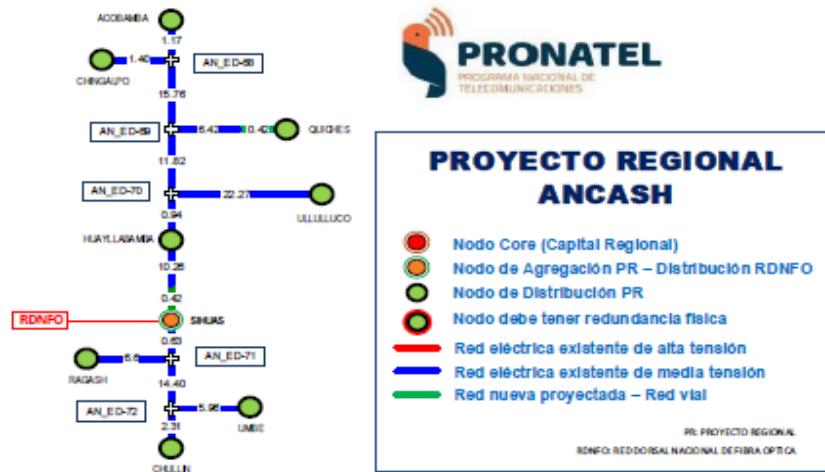


Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento mapa de red, p.1).

De esta manera, se muestra las distancias de interconexión del nodo de agregación de Sihuas con los nodos de distribución ubicados en las localidades de Chingalpo, Quiches, Acobamba, Ullulluco, Huayllabamba, Sihuas, Chullin y Umbe, esto mostrado en la figura 53.

Figura 53

Red de transporte que interconecta red de agregación de Sihuas con nodos de distribución.

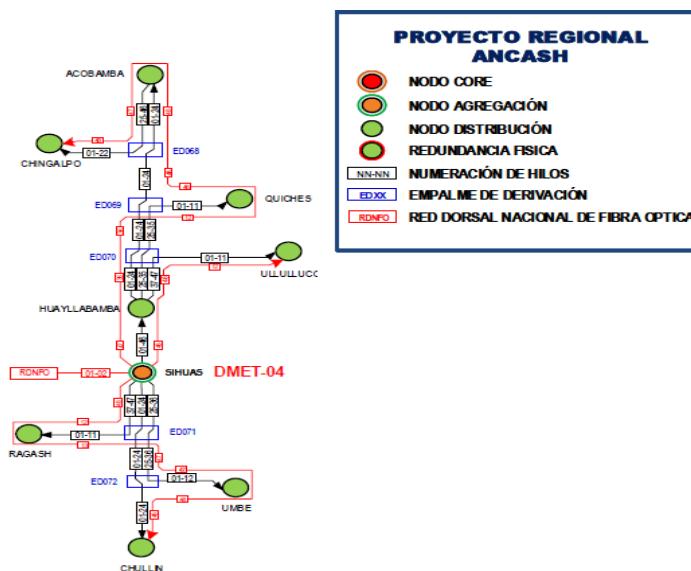


Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento Diagrama Unifilar, p.1).

Se muestra el diagrama unifilar en la figura 54, de la fibra óptica que interconecta el nodo de agregación de Sihuas con los nodos de distribución ubicados en las localidades de Chingalpo, Quiches, Acobamba, Ullulluco, Huayllabamba, Sihuas, Chullin y Umbe

Figura 54

Diagrama unifilar que interconecta red de agregación de Sihuas con nodos de distribución.

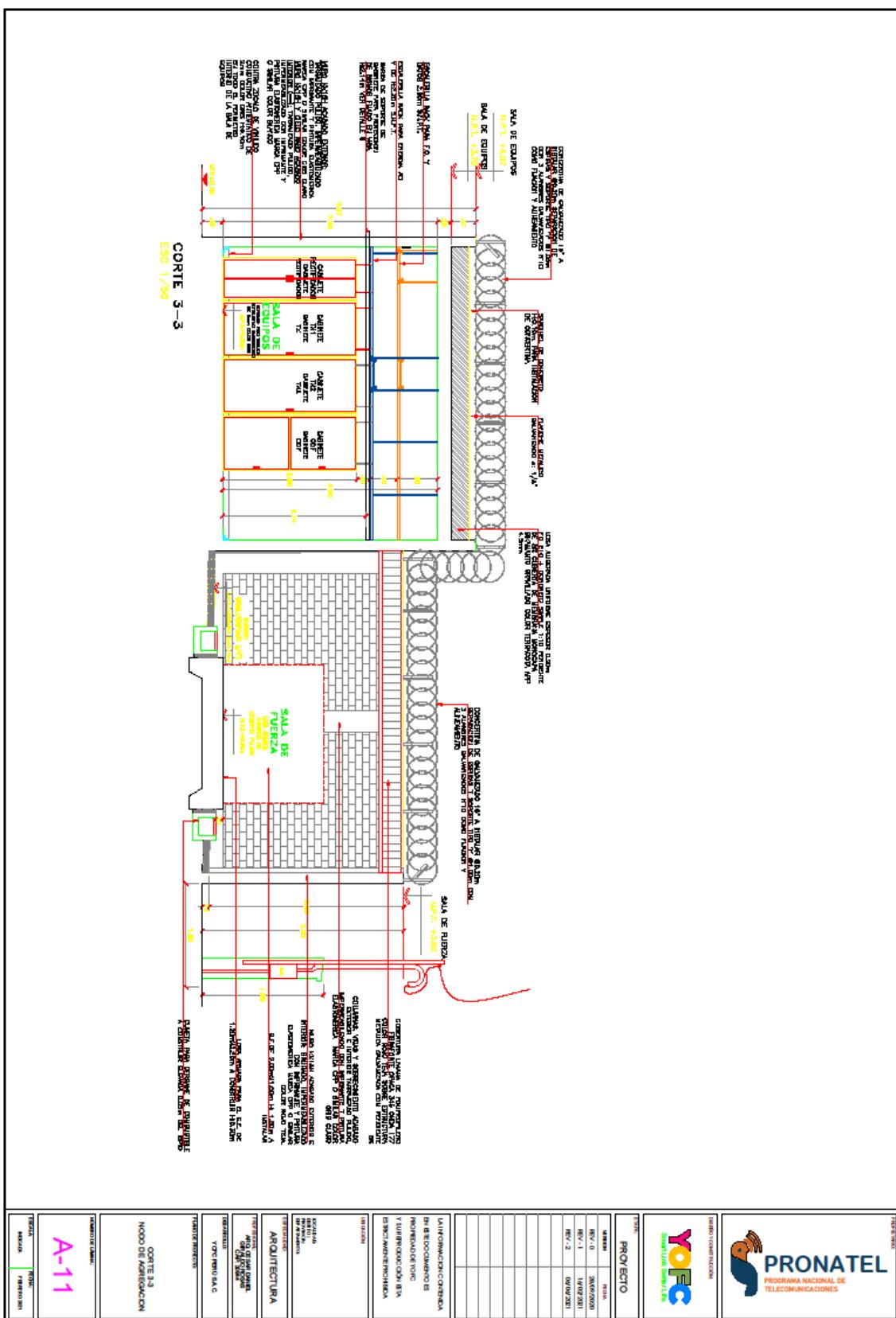


Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento diagrama de Empalmes y Derivaciones, p.1).

Este nodo de agregación tiene un área mínima del terreno de 30 m², se adjunta el plano civil del nodo de Sihuas, mostrado en la figura 55.

Figura 55

Plano civil del nodo de Sihuas.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento Plano de Site de Distribución, p.1).

3.2 Dimensionamiento del tendido de FO para el distrito de Sicsibamba

Con la opción de expandirse a 10 y 40 Gbps y utilizar la multiplexación CWDM, el alto ancho de banda de la fibra óptica ADSS (1 Gbps) garantiza una troncal con suficiente capacidad para la población. Las distancias de los cables de fibra óptica desplegados, las capacidades mínimas de transporte y la disponibilidad asegurada de los nodos determinan el tamaño de la red de transporte. Esto sirve de base para el dimensionamiento del sistema de energía, la fibra óptica, los equipos activos, las torres y las casetas que componen la red. Para garantizar un tiempo de actividad del 99.6 % para los nodos, se tienen en cuenta factores como la redundancia, las dificultades de acceso y la proximidad a los centros de servicio.

3.2.1 Procedimiento de diseño del tendido de fibra óptica

Para que el proyecto se ejecute con profesionalidad y perdure en beneficio de la zona, especialistas y técnicos formados y con gran experiencia supervisarán el proceso de diseño y tendido de la red.

3.2.1.1 Planificación del trazado

Varios factores, incluidas las normas y ordenanzas locales de construcción, la ubicación precisa de las instalaciones y redes eléctricas existentes a lo largo de todo el trayecto, y otros interesados en el diseño, determinarán la ubicación exacta de la red de cables. Existen diversos métodos para instalar plantas exteriores, cada uno adaptado a un cierto trayecto del cable. El trayecto podría atravesar vastas extensiones de campo abierto, pasar por carreteras pavimentadas urbanas o rurales, cruzar barrancos, seguir ríos o lagos, o, más probablemente, una combinación de todos estos paisajes. Para planificar tener en cuenta cuantos cables llegará al Nodo, ya que estas no pueden compartir una misma ruta, solo se pueden compartir rutas los enlaces de redes de acceso y de azteca.

Figura 56

Plano de trazado demostrativa.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

3.2.1.2 Levantamiento en campo

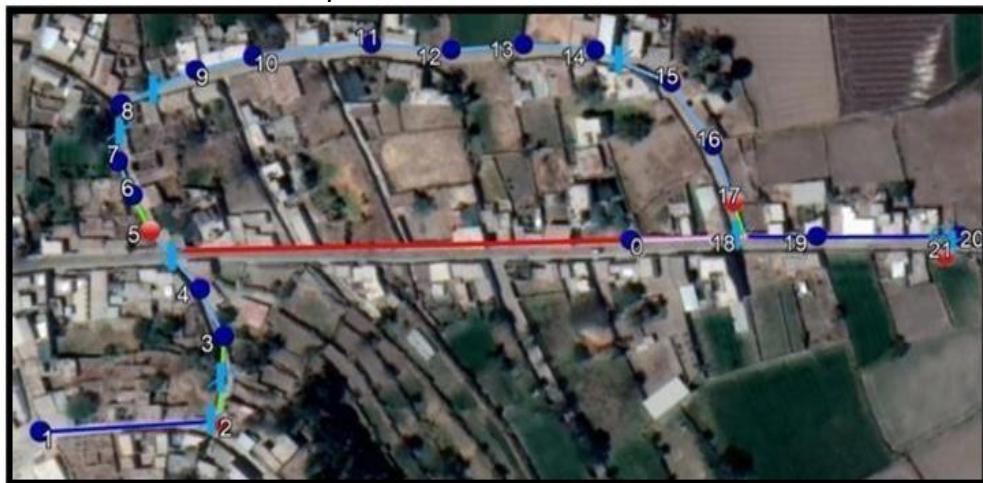
Para averiguar dónde deben ir los cables, qué obstáculos deben evitarse o superarse y a qué autoridades locales se puede consultar sobre el enrutamiento del cable, es importante conducir o caminar por todo el diseño de la planta exterior. Para ahorrar tiempo y esfuerzo en el diseño, es común que los gobiernos locales o municipales tengan conocimientos sobre los conductos disponibles o las normas que rigen el uso de postes telefónicos o líneas eléctricas.

En el caso de un rediseño, se deberá justificar mediante fotos el uso de la nueva ruta propuesta y el descarte del diseño original.

Respecto a las últimas millas, estos se deberán plasmar en el informe como un diseño totalmente nuevo, sustentando el recorrido de la misma, adicional a ello de haber algún inconveniente al momento de plasmar la ruta más corta, éste deberá ser debidamente sustentado en el informe de replanteo con fotos de campo de la ruta no considerada, tal como figura en la siguiente figura.

Figura 57

Plano de levantamiento en campo demostrativa.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Ahora se elaboran los planos tipo de todas las rutas.

En este punto del proceso de diseño, recopilamos la siguiente información:

- Para cada vano a lo largo de la ruta, hallar su medición y flecha.
- Identificar el tipo de cable para cada segmento del recorrido.
- Evaluación del hardware y los materiales de cualquier tipo de poste, torre, tope o reserva. Datos, nombres, etc.
- Ferretería y notas de instalación.
- Los bloques necesarios se organizan en la plantilla por campos particulares.
- Cumplimiento del fichero kmz.
- creación de planos (incluyendo cobertura unifilar y no lineal, entre otros).
- medición de todas las pérdidas del enlace (incluyendo atenuaciones, reflectancias, etc.).
- Memoria y descripción de ficheros: Ampliación.
- planos elaborados con AutoCAD.
- montaje de componentes según el plano previsto.
- revisión del esquema unifilar del trazado.

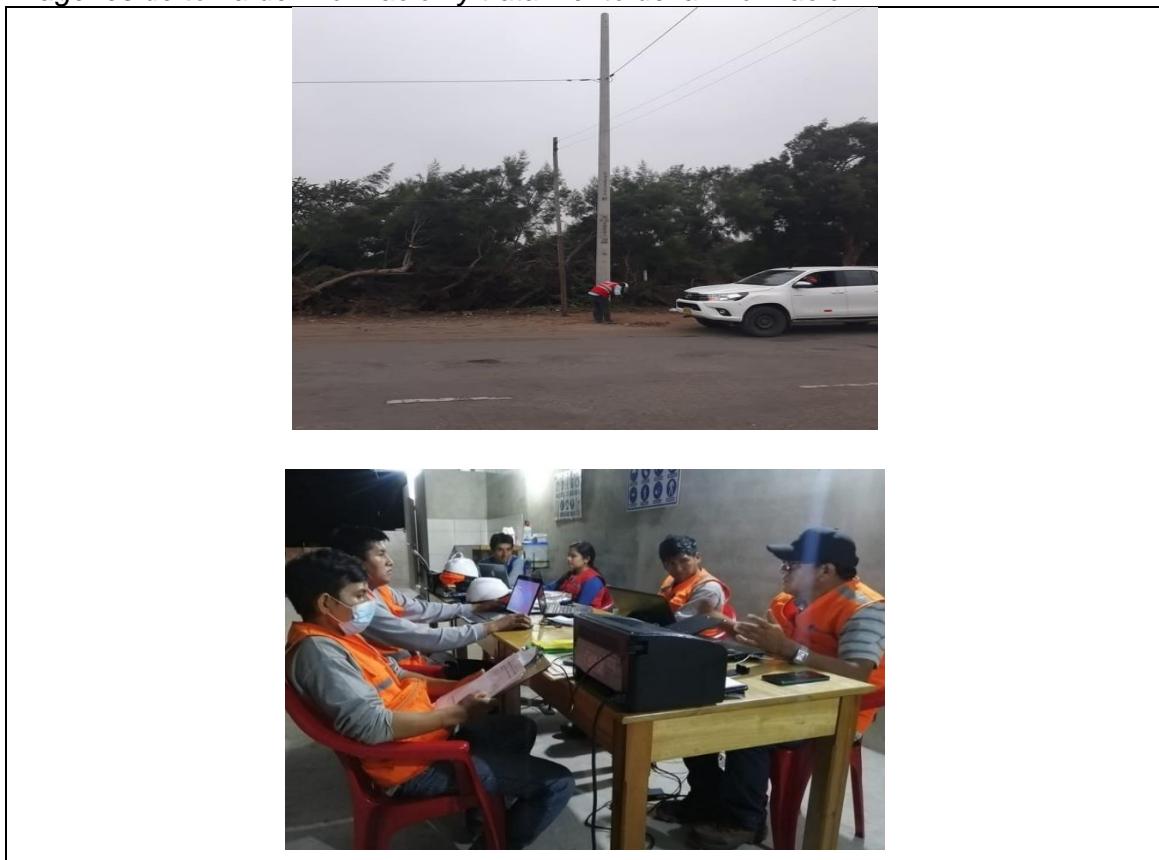
- La elaboración del expediente técnico (incluidos todos los archivos vinculados, las plantillas y los planos).

En la figura 58, la primera etapa consiste en recibir los datos sobre el terreno y cargarlos mediante GPS.

Como paso preliminar, comprobamos y registramos las coordenadas y los datos de campo de cada torre o poste eléctrico que pueda utilizarse para instalar la línea de fibra.

Figura 58

Imágenes de toma de información y tratamiento de la información.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Ahora que tenemos los datos de cada poste, podemos examinarlos y averiguar cuál es la mejor manera de establecer la ruta.

3.2.1.3 Planificación del proyecto

El diseño del sistema de comunicación es la base para la planificación de las instalaciones de redes de fibra óptica. Al diseñar la arquitectura de una red, generalmente se llevan a cabo los siguientes procedimientos:

- Selección de la ruta de conexión, inspección y registro de cualquier necesidad específica, como permisos e inspecciones.
- Se especifican las necesidades de equipos de comunicación y sus componentes.
- Se definen los componentes de una red de cables. Esto incluye trabajar en colaboración con electricistas, personal de instalaciones y otros.
- Se proporciona toda la documentación de instalación necesaria.
- Se detalla la estrategia de pruebas.
- El plan del proyecto debe ser lo suficientemente detallado para que todos los involucrados en el proyecto puedan leer los documentos de planificación y saber qué esperar en cada paso.

3.2.2 Selección de la ruta para el tendido de FO

Situado en la provincia de Sihuas, el nodo de Sihuas sirve de alimentador de la red de fibra óptica y conecta el distrito de Sicsibamba con ella. La proximidad de ambas zonas hace necesaria esta actuación. Se instalarán más de 20.5 km de cable de fibra óptica como parte del sistema de transporte, pero el trabajo parte de un punto de alimentación de dicha red de transporte la cual se encuentra en la ciudad de Chullin hasta la ciudad de Sicsibamba que aproximadamente es de 6.525 km, tanto a través de líneas de media tensión como en la franja de carreteras (nuevos postes). Utilizamos infraestructuras preexistentes, como los postes de media tensión. En la red viaria, se consideran postes colocados en paralelo a la carretera. La figura 60 muestra el recorrido del cable ADSS. La figura 61 muestra la trayectoria del cable entre los dos nodos que se conectarán, así como la posición de los postes que sujetarán el cable.

Figura 59

Mapa de la región Áncash. La provincia de Sihuas y distrito de Sicsibamba.

Distritos de la provincia de Sihuas

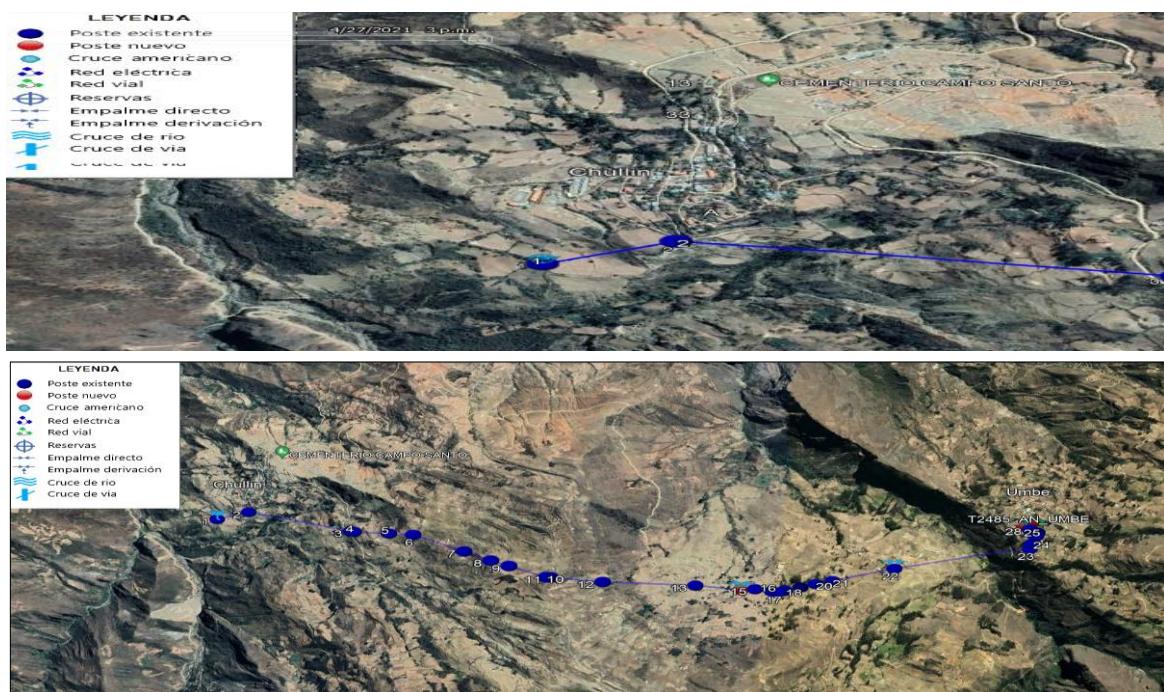


Nota: fuente https://www.familysearch.org/es/wiki/Sihuas,_Áncash,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADA, familysearch.org.

Se aprecia el recorrido de la fibra óptica, la cual estará apoyado sobre infraestructura existente de postes eléctricos y postes proyectados, esto respecto a la información tomada en campo, mostrados en la figura 60.

Figura 60

Recorrido de la fibra óptica, entre el nodo de agregación regional de Sihuas con punto de empalme ubicado en el distrito de Chullin.



Nota: fuente Documento de despliegue de proyecto YOFC, Adaptado de Google Maps.

Figura 61

Vistas satelitales del punto de empalme y el nodo.



Nota: fuente Documento de despliegue de proyecto YOFC, Adaptado de Google Maps.

A la hora de calcular el metrado de fibra óptica que se necesitará, se tienen en cuenta las longitudes de los recorridos que atravesará y el tipo de soporte. Tendremos en cuenta los siguientes puntos.

- Longitud sobre la red de carreteras.
- Longitud general.
- Longitud utilizando postes de alta tensión.
- Longitud utilizando postes de media tensión.

Entre los postes disponibles a lo largo del trazado del cable de fibra óptica que se están examinando se encuentran postes de media tensión y postes nuevos diseñados específicamente para la instalación de cable de fibra óptica en zonas que carecen de postes eléctricos. En la figura 62 se muestran dos postes de media tensión en los que se tiende y fija el cable de fibra óptica.

Figura 62

Imágenes de las estructuras eléctricas de soporte para la fibra óptica.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Los resultados del cálculo del tamaño del cable ADSS y los accesorios necesarios al instalarlo y fijarlo en los postes a lo largo de la ruta se presentan en las tablas.

Tabla 13

Información general de la red de interconexión de nodo de agregación de Sihuas a nodo en Sicsibamba.

219060006	4	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBE	Áncash	Sihuas	Sicsibamba	Umbe	Campo traviesa
219060006	4	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBE	Áncash	Sihuas	Sicsibamba	Umbe	Vía
219060006	4	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBE	Áncash	Sihuas	Sicsibamba	Umbe	Vía
219060006	4	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBE	Áncash	Sihuas	Sicsibamba	Umbe	Vía
219060006	4	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBE	Áncash	Sihuas	Sicsibamba	Umbe	Vía
219060006	4	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBE	Áncash	Sihuas	Sicsibamba	Umbe	Vía
219060006	4	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBE	Áncash	Sihuas	Sicsibamba	Umbe	Vía

Se muestra en la tabla 14, la información de elementos de ubicación de la red, respecto a las coordenadas geográficas, UTM, distancias de vano a vano, etc.

Tabla 14

Información de elementos de red

Información de elementos de red													
Ítem de poste	Identificación de estructura ND: No definido S/C: Sin código	Elemento de red	Vano (m)	Flecha (m)	Longitud de cable (m)	X UTM	Y UTM	Latitud (WGS84)	Longitud (WGS84)	Altitud (msnm)	Ángulo desviación horizontal (º)	Ángulo desviación vertical (º)	Ubicación linea de estructura NA: No aplica
1	SC	Poste eléctrico	254	3.18	257.44	215835.58	9045485.13	-8.626451	-77.581899	2796	0.00	18.49	NA
2	SC	Poste eléctrico	769	23.07	792.04	216061.93	9045563.80	-8.625754	-77.579839	2881	32.54	15.14	NA
3	SC	Poste eléctrico	28	0.28	28.44	216782.16	9045392.58	-8.627345	-77.573310	3089	1.31	28.04	NA
4	SC	Poste eléctrico	242	3.02	244.95	216805.22	9045386.54	-8.627401	-77.573101	3104	12.50	1.18	NA
5	SC	Poste eléctrico	214	2.67	216.35	217046.92	9045377.33	-8.627499	-77.570907	3109	0.31	33.42	NA

6	SC	Poste eléctrico	394	7.87	401.39	217207.33	9045370.3 3	-8.627572	-77.569451	3250	21.04	19.07	NA
7	SC	Poste eléctrico	212	2.65	214.61	217545.88	9045222.8 7	-8.628925	-77.566386	3386	0.87	22.08	NA
8	SC	Poste eléctrico	124	1.24	125.03	217722.31	9045142.8 3	-8.629659	-77.564789	3472	2.59	7.36	NA
9	SC	Poste eléctrico	245	3.06	247.79	217836.27	9045097.2 3	-8.630078	-77.563757	3488	0.97	0.00	NA
10	SC	Poste eléctrico	54	0.54	54.16	218061.91	9045002.4 6	-8.630948	-77.561714	3488	24.23	41.83	NA
11	SC	Poste eléctrico	344	6.87	350.46	218085.81	9045003.0 7	-8.630944	-77.561497	3536	8.59	-26.06	NA
12	SC	Poste eléctrico	587	11.73	598.42	218383.20	9044965.7 7	-8.631299	-77.558799	3368	5.51	-16.34	NA
13	SC	Poste eléctrico	283	3.54	286.94	218943.89	9044949.7 2	-8.631478	-77.553709	3196	4.66	-6.72	NA
14	ANC/1360	Poste nuevo	90	0.90	90.46	219223.61	9044918.8 3	-8.631774	-77.551171	3163	13.52	9.12	NA
15	SC	Poste eléctrico	106	1.06	107.43	219311.31	9044929.9 4	-8.631679	-77.550374	3177	16.08	10.13	NA
16	SC	Poste eléctrico	36	0.36	36.68	219414.72	9044913.8 1	-8.631831	-77.549436	3196	4.68	1.58	NA
17	SC	Poste eléctrico	54	0.54	54.45	219450.02	9044905.3 0	-8.631910	-77.549116	3197	35.05	-20.36	NA
18	SC	Poste eléctrico	104	1.04	105.18	219496.60	9044923.6 5	-8.631747	-77.548692	3177	0.50	-11.93	NA
19	SC	Poste eléctrico	104	1.04	104.58	219591.62	9044960.1 4	-8.631423	-77.547827	3155	1.02	-10.93	NA
20	SC	Poste eléctrico	114	1.14	115.63	219687.09	9044994.8 6	-8.631115	-77.546958	3135	1.30	-13.74	NA
21	SC	Poste eléctrico	408	8.16	415.95	219792.25	9045030.4 2	-8.630800	-77.546001	3107	1.56	-0.98	NA
22	4054267	Poste eléctrico	847	25.40	871.96	220174.79	9045171.5 3	-8.629548	-77.542519	3100	4.10	4.39	NA
23	SC	Poste eléctrico	60	0.60	60.12	220985.57	9045406.2 2	-8.627476	-77.535143	3165	61.07	7.65	NA
24	SC	Poste eléctrico	72	0.72	72.85	220998.62	9045463.7 4	-8.626957	-77.535021	3173	1.45	-1.59	NA
25	SC	Poste eléctrico	19	0.19	19.66	221012.80	9045534.4 3	-8.626319	-77.534888	3171	51.49	-7.81	NA

26	SC	Poste eléctrico	27	0.27	27.38	221000.37	9045549.17	-8.626185	-77.535000	3168	88.12	-5.73	NA
27	SC	Poste eléctrico	55	0.55	55.22	221020.402	9045567.23	-8.626023	-77.534817	3166	75.42	-8.98	NA
28	SC	Poste eléctrico	47	0.47	47.73	220975.333	9045596.94	-	-	3157	23.74	-3.52	NA
29	ANC/1361	Poste nuevo	55	0.55	55.20	220938.38	9045625.84	-8.625488	-77.535558	3154	82.29	-5.76	NA
30	ANC/1362	Poste nuevo	5	0.05	5.54	220991.033	9045671.93	-	-	3149	57.65	4.69	NA
Nodo Umbe	SC	Nodo	0	0.00	0.00	220996.259	9045670.32	-8.62509	-77.53503	3149	74.33	0.00	NA

Se muestra la información de las estructuras empleadas en el despliegue de la red de transporte, mostrado en la tabla 15.

Tabla 15

Información de estructuras de red

CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA														
ALTURA DE ESTRUCTURA (m)	RESISTENCIA DE POSTE (Kgf)	TIPO DE ESTRUCTURA	MATERIAL DE ESTRUCTURA	ESTADO DE LA ESTRUCTURA	NIVEL DE TENSIÓN NA: No aplica	ELEMENTOS O EQUIPOS UBICADOS EN ESTRUCTURA	RETIENIDA	TIPO DE SUELO	ZONA DE ACCESO	CABLES ELÉCTRICOS	CABLES A INSTALAR	TOTAL , CABLES	ALTURA DEL CABLE EN ESTRUCTURA (m)	DMS RESPECTO AL SUELO (m) (CNE 2011)
12	500	Triple	Madera	Bueno	22.9 KV	Cruceta	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Triple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Triple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	Cruceta	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Doble	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50

12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Doble	Madera	Bueno	22.9 KV	Cruceta	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Doble	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Doble	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Predio privado	3	1	4	7.50	7.50
12	300	Simple	Concreto	Bueno	NA	NA		Tierra	Campo traviesa	0	1	1	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	Cruceta	1	Tierra	Campo traviesa	0	1	1	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	Cruceta	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Triple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Triple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	Cruceta		Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
12	500	Simple	Madera	Bueno	22.9 KV	NA	1	Tierra	Campo traviesa	3	1	4	7.50	7.50
8	300	Simple	Madera	Bueno	0.22 KV	NA	1	Tierra	Vía	1	1	2	7.50	7.50

8	300	Simple	Madera	Bueno	0.22 KV	NA	1	Tierra	Vía	1	1	2	7.5	7.5
8	300	Simple	Madera	Bueno	0.22 KV	NA		Tierra	Vía	1	1	2	7.5	7.5
12	300	Simple	Concreto	Bueno	NA	NA		Tierra	Vía	0	1	1	7.5	7.5
12	300	Simple	Concreto	Bueno	NA	NA		Tierra	Vía	0	1	1	7.5	7.5
12	300	NA	NA	Bueno	NA	NA		Tierra	Vía	0	1	1	7.5	7.5

Se muestra la información de los propietarios de las estructuras y la información del cable de fibra óptica empleado, esto mostrado en la tabla 16.

Tabla 16

Información de propietarios y del cable de FO.

Propietario de estructura			Información de cables y empalmes a instalar											
PROPIETARIO DE ESTRUCTURA	UNIDAD DE NEGOCIO	PROPIETARIO PREDIO O SERVIDUMBRE	TIPO CABLÉ (SPAN)	CODIGO DE BOBINA	TIPO DE EMPALME	CAJAS DE EMPALME	VANO ACUMULADO (m)	LONGITUD DE CABLE ACUMULADA (m)	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	(IN) RESERVA (m)	(OUT) RESERVA (m)	TIPO DE RESERVA	LONGITUD DE RESERVA (m)
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE100 0	DL5MX080 18	Derivación	Tipo Domo	254.26	317.44	1-60	316	60		Derivación	60
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE100 0	DL5MX080 18			1023.23	1169.48	316-376	1146	60		Mantenimiento	60
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE100 0	DL5MX080 18			1051.39	1252.92	1146-1201	1229	55		Mantenimiento	55
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE100 0	DL5MX080 18			1293.32	1497.87	1229	1472				0
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE100 0	DL5MX080 18			1507.00	1714.22	1472	1632				0
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE100 0	DL5MX080 18			1900.52	2115.61	1633	2017				0

HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	DL5MX08018			2112.48	2330.22	2017	2227					0
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	DL5MX08018			2236.27	2455.25	2227	2389					0
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	DL5MX08018			2481.00	2763.04	2389-2449	2706	60		Mantenimiento	60	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	DL5MX08018			2534.62	2817.20	2706	2737				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	DL5MX08018			2878.21	3167.66	2737	3078				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	DL5MX08018			3464.90	3766.08	3078	3667				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	DL5MX08018			3748.30	4053.02	3667	3060-4020				0	
PRONATEL	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154	Directo	Tipo Domo	3837.86	4253.48	640-690	770	60	50	Empalme	110	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154			3944.23	4360.91	770	871				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154			3980.55	4397.59	871	909				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154			4034.46	4512.04	909	1038	60		Mantenimiento	60	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154			4138.60	4617.22	1038	1152				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154			4242.14	4721.80	1152	1257				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154			4356.63	4837.43	1257	1353				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CA8M700154			4764.42	5253.38	1353	1729-1759				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722	Directo	Tipo Domo	5610.98	6195.34	327-367	1216	30	40	Empalme	70	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5670.50	6255.46	1216	1280				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5742.63	6370.31	1280-1322	1397	42		Mantenimiento	42	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5762.10	6389.97	1397	1417				0	
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5789.21	6417.35	1417	1446				0	

HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5843.88	6472.57	1446	1501					0
HIDRANDINA	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5891.14	6520.30	1501	1550					0
PRONATEL	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5945.79	6575.50	1550	1625					0
PRONATEL	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5951.28	6661.04	1625-1714	-	80		Terminación	80	
PRONATEL	Huaraz	Municipalidad	PE1000	CL8M700722			5951.28	6661.04						0	

Se muestra la información en la tabla 17, el resumen de estructuras empleadas.

Tabla 17

Resumen de estructuras empleadas

Resumen de materiales							Cable de fibra óptica	Herrajes						Materiales de fijación		
PINTURA DE SEGURIDAD (Indicado por PROVIAS)	HERRAJES	HERRAJE SUJECION	AMORTIGUADORES	CORONA COIL	CRUCETAS	POSTE CONCRETO (12m)	PE-1000 AREA 1 (Ø14.2mm)	R1 VANO 100	R2 VANO 200	R3 VANO 300	R4 VANO 600	R5 VANO 1000	ABRAZADERA 9-10"	FLEJES DE ACERO 3/4	HEBILLAS 3/4	SOPORTE ESPECIAL
	R3	Abrazadera	2	-	1	-	317.44	-	-	1	-	-	1	2	2	-
	R3-R5	Abrazadera	6	-	1	-	862.04	-	-	1	-	1	1	2	2	-
	R5-R1	Abrazadera	4	-	1	-	78.44	1	-	-	-	1	1	2	2	-
	R1-R3	Abrazadera	2	-	-	-	244.95	1	-	1	-	-	1	-	-	-
	R3-R3	Abrazadera	4	-	-	-	216.35	-	-	2	-	-	1	-	-	-

	R3-R5	Abraza dera	5	-	-	-	401.39	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-
	R5-R3	Abraza dera	5	-	-	-	214.61	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-
	R3-R2	Abraza dera	3	-	-	-	125.03	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-
	R2-R3	Abraza dera	3	-	1	-	297.79	-	1	1	-	-	1	2	2	-	-
	R3-R1	Abraza dera	2	-	-	-	54.16	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-
	R1-R5	Abraza dera	3	-	-	-	350.46	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-
	R5-R5	Abraza dera	6	-	-	-	598.42	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
	R5-R3	Abraza dera	5	-	-	-	311.94	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-
	R3-R2	Abraza dera	3	-	1	1	115.46	-	1	1	-	-	2	2	2	-	-
	R2-R2	Fleje de acero	1	-	-	-	107.43	-	2	-	-	-	-	4	2	2	2
	R2-R1	Fleje de acero	0	-	-	-	36.68	1	1	-	-	-	-	4	2	2	2
	R1-R1	Fleje de acero	0	-	1	-	154.45	2	-	-	-	-	-	4	2	2	2
	R1-R2	Fleje de acero	1	-	-	-	105.18	1	1	-	-	-	-	4	2	2	2
	R2-R2	Fleje de acero	2	-	-	-	104.58	-	2	-	-	-	-	4	2	2	2
	R2-R2	Fleje de acero	2	-	-	-	115.63	-	2	-	-	-	-	4	2	2	2
	R2-R5	Abraza dera	5	-	-	-	445.95	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-
	R5-R5	Abraza dera	8	-	1	-	911.96	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-
	R5-R2	Abraza dera	4	-	-	-	60.12	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-
	R2-R2	Fleje de acero	0	-	1	-	122.85	-	2	-	-	-	-	4	4	2	2
	R2-R1	Fleje de acero	0	-	-	-	19.66	1	1	-	-	-	-	4	2	2	2

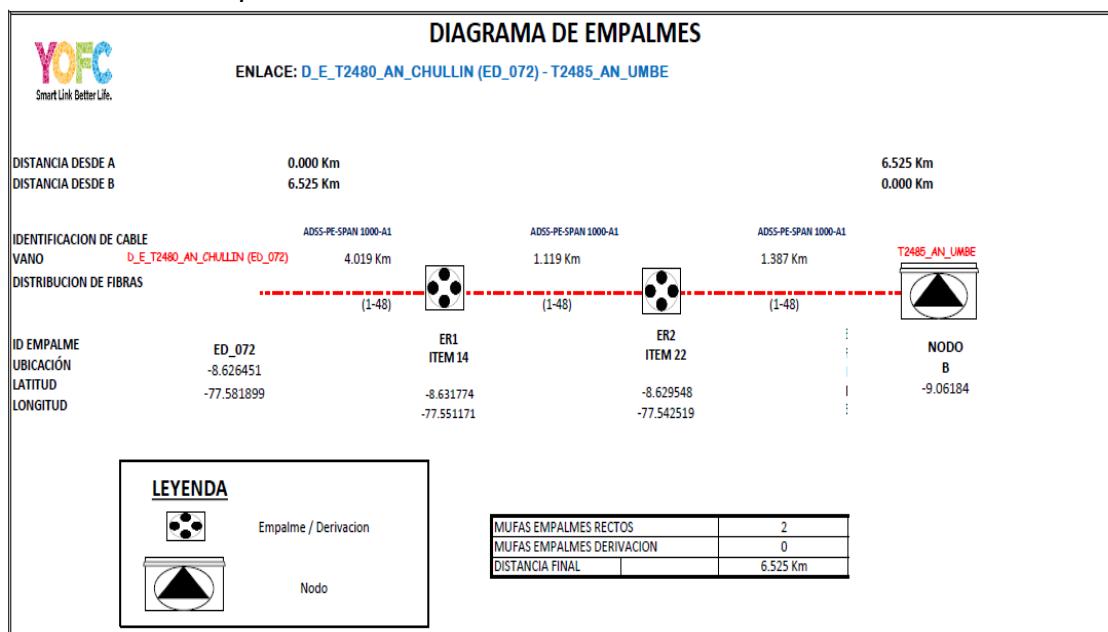
	R1-R1	Fleje de acero	0	-	-	-	27.38	2	-	-	-	-	-	4	2	-
	R1-R2	Fleje de acero	0	-	-	-	55.22	1	1	-	-	-	-	4	8	-
	R2-R2	Fleje de acero	0	-	-	-	46.53	-	2	-	-	-	-	4	4	-
	R2-R2	Fleje de acero	0	-	-	1	55.20	-	2	-	-	-	-	4	10	2
	R2	Fleje de acero	0	-	1	1	105.54	-	1	-	-	-	-	2	2	1
			0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2.2.1 Diagrama unifilar del enlace óptico

El enlace entre el punto de empalme en la ciudad de Chullin y el nodo Umbe (distrito de Sicsibamba) consta de un tendido de fibra óptica de 6.525 km, definido por tres tramos y 2 cajas de empalme, así se muestra en la figura 63.

Figura 63

Diagrama unifilar de la red de transporte mostrando los SPAN considerados en los 3 tramos del enlace óptico.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento Diagrama de empalmes, p.1).

3.2.3 Elaboración de planos de la ruta seleccionada

La siguiente tabla la muestra la descripción de cada uno de los puntos a ser incluidos en la plantilla de información de levantamiento de campo, donde se mostrarán todos los datos requeridos para cada uno de los puntos de apoyo pertenecientes al tramo diseñado. Los datos a ser ingresados serán tanto puntuales observados en campo como calculados en base a los anteriores, pero nunca estimados o supuestos, como se indica:

Tabla 18*Información de proyecto para elaboración de planos*

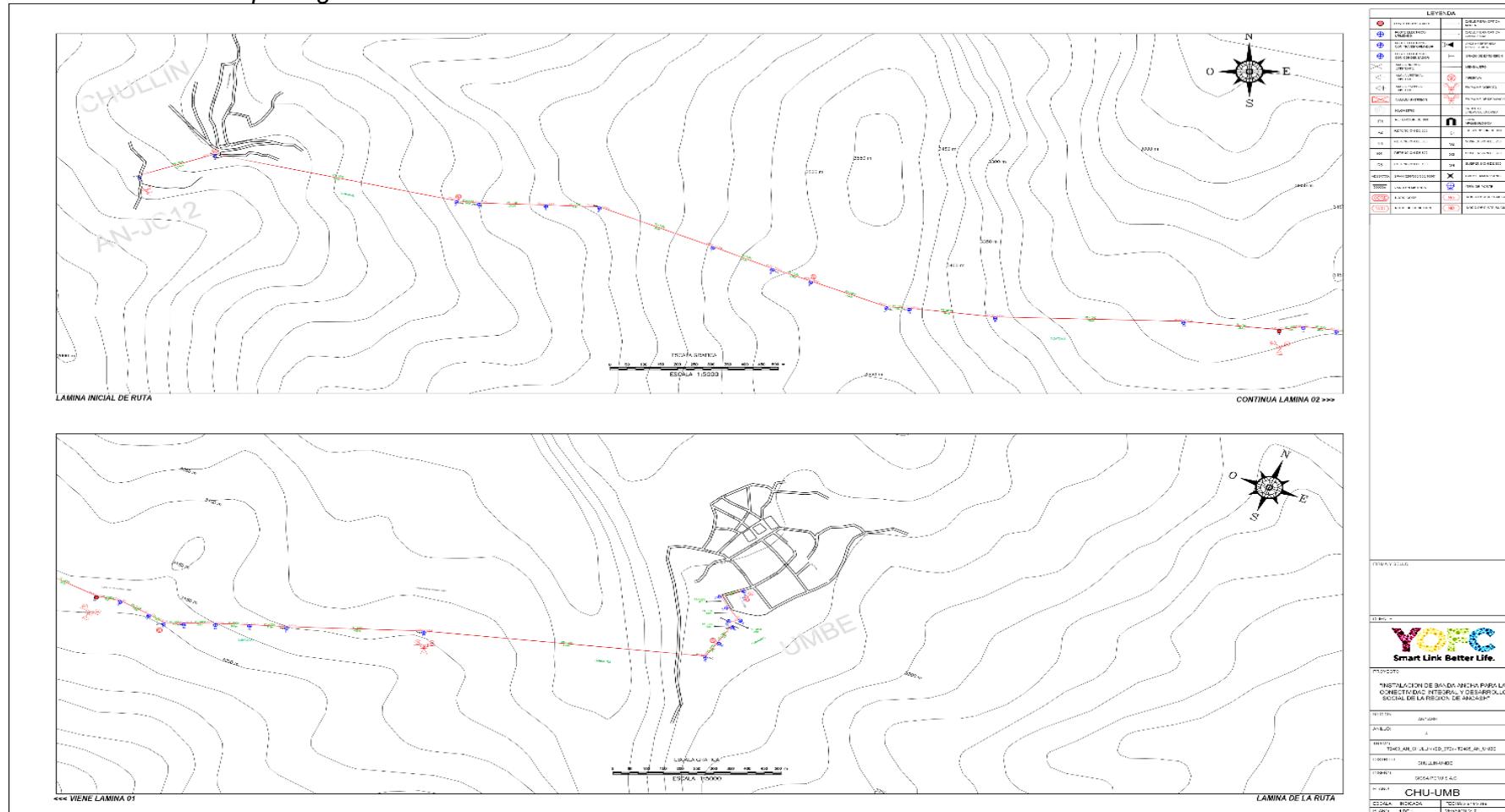
Título	Descripción
Código INEI	Código de localidad definidos por INEI
Anillo	Número del anillo al que pertenece el tramo
Enlace	Nombre del tramo de red (Física), normalmente Nodo-Nodo, pero podría ser también Derivación- Nodo
Departamento	Nombre del departamento (Región) del proyecto
Provincia	Nombre de la provincia donde está ubicado el punto
Distrito	Nombre de la provincia donde está ubicado el punto
Localidad	Nombre de la localidad donde está ubicado el punto
Referencia de ubicación	Debe ir una referencia de ubicación o el nombre o código de la vía

3.2.3.1 Plano de ruta seleccionada

Con dicha información ya se elabora el plano de ruta, mostrado en la figura 64.

Figura 64

Plano de ruta de la fibra que llega al distrito de Sicsibamba.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (plano unilineal de ruta para alimentar distrito de Sicsibamba, p.1).

3.2.4 Selección del cable de FO

Los análisis técnicos indican que la sílice de alta pureza y la sílice dopada con cerio constituirán el cable de fibra óptica utilizado para la implementación de la Red de Transporte de la Región Áncash. El revestimiento de la fibra óptica está protegido principalmente por un polímero de acrilato de curado UV que satisface todas las Especificaciones Técnicas y, más específicamente, las normas establecidas en la Recomendación UIT-T G.652.D para fibra monomodo.

La dispersión del modo de polarización (PMDQ) de la fibra óptica será cero, menor o igual a 0,1 enteros. A 1310 nm, la atenuación total de la fibra instalada será inferior o igual a 0,35 dB por kilómetro, y a 1550 nm, será inferior o igual a 0,20 dB por km. Según la norma ITU-T G.652.D (versión 11/2016), la prueba de esfuerzo demuestra que la fibra óptica supera el requisito mínimo de 0,69 GPa.

El proyecto regional de Áncash utilizará cable óptico con las propiedades especificadas. Yongtze Optical Fiber and Cable Joint Stock Limited Company, el productor de la fibra óptica, sigue la recomendación G652D de la UIT.

3.2.4.1 Especificaciones técnicas del cable de FO

En cuanto a la descripción del cable que se instalará en la red de transporte de fibra óptica en el Proyecto Regional Ancash, el cable tiene una capacidad de 48 fibras y será del tipo ADSS autoportante totalmente dieléctrico, con doble cubierta, con los hilos de fibra dispuestos en tubos sueltos, que se retuerzen holgadamente alrededor de un núcleo central no metálico (FRP) de alta resistencia mecánica. El núcleo del cable se envuelve con cinta de polietileno (PE) que bloquea el agua como cubierta interior, con hebras de Kevlar (aramida) aplicadas sobre ella para mejorar la resistencia a la tracción y la alta resistencia al impacto, y se rellena con un compuesto impermeabilizante, así se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 19*Atributos de la fibra óptica*

Parámetro	Especificaciones
MFD (1310nm)	$9.1 \pm 0.4 \mu\text{m}$
MFD (1550ru11)	$10.4 \pm 0.5 \mu\text{m}$
Diámetro del revestimiento	$125\text{mm} \pm 1.0 \text{ mm}$
Diámetro de la fibra	$245 \pm 7 \mu\text{m}$ \ Recubrimiento UV blanco y coloreado a $:250 \pm 5 \mu\text{m}$
Error de concentricidad núcleo/revestimiento	$\leq 0.6 \mu\text{m}$
Error concentricidad revestimiento/revestimiento	$\leq 12.0 \mu\text{m}$
No circularidad de la cubierta	$\leq 1.00\%$
λ de corte	$\leq 1260\text{nm}$
Coeficiente de atenuación	1310 nm: 0.35dB/máx. después del cableado; 1550 nm: 0.20dB/km máx. después del cableado
Rendimiento de pérdida por flexión de la fibra óptica @1310 nm & 1 550 nm	$\leq 0.05\text{dB}$ (100 vueltas alrededor de un mandril de 50nm de diámetro)
Dispersión máxima del modo de polarización fibra individual	$\leq 0.2\text{ps}/\text{km}$
Dispersión modo polarización enlace Valor	$\leq 0.1\text{ps}/\text{km}$
Zero - λ de dispersión	$1312 \pm 12\text{um}$
Zero - pendiente de dispersión	$\leq 0.091\text{ps}/\text{nm}^2\text{.km}$

Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC, documento de características de Fibra p.2.

El cable ADSS tiene que ser de tipo Dry Core, y los tubos que contienen las hebras de fibra tienen que tener un relleno de gel. Los ingredientes que componen el gel no deben ser peligrosos para la salud humana ni venenosos.

En cuanto al aspecto físico, contará con alta resistencia a la tracción y flexibilidad con dimensiones compactadas a fin de proveer excelente propiedad de transmisión óptica. Los cables serán fabricados y probados conforme a los estándares internacionales, mostrados en la tabla 20.

Tabla 20

Características de la fibra óptica

ITU G.652: describe las particularidades de un cable de fibra óptica monomodo.

IEC-60794-1-2: aborda la especificación general y los procedimientos fundamentales de prueba para cables ópticos.

IEC-60794-4-20: se centra en los cables ópticos aéreos colocados junto a líneas eléctricas, especialmente la especificación para cables ópticos ADSS (todos dieléctricos auto-soportados) dentro de esta categoría.

Nota: fuente empresa YOFC, documento de características de Fibra p.2.

3.2.5 Gestión de permisos para el tendido de FO

Se adjuntan los puntos principales a cumplirse durante la gestión de permisos.

- El contratista deberá realizar la gestión y obtención de autorizaciones municipales, culturales, de uso de derecho de vía, entre otras que correspondan.
- Una vez se obtenga la autorización/aprobación/conformidad por parte de la entidad pública a quien se le solicita.
- Las autorizaciones gestionadas a favor deberán ser obtenidas cumpliendo todos y cada uno de los procedimientos normativos aplicables, incluyendo sus requisitos y los plazos señalados por la normativa vigente, así como los pagos de las tasas correspondientes a cada tipo de trámite a realizar. Esta gestión estará acorde a los requisitos y los plazos señalados por la normatividad vigente de cada entidad pública o privada.

3.2.5.1 Gestión de los permisos municipales

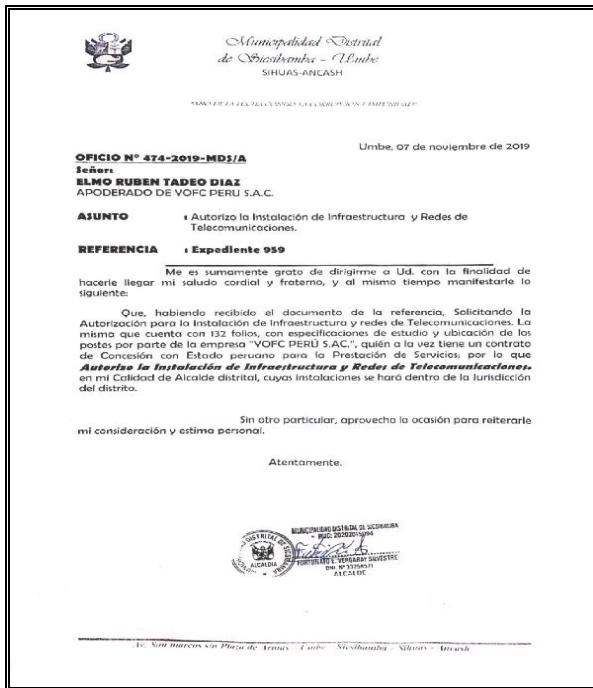
Gestión de permisos ante las municipalidades locales y provinciales, basados en la ley 29904 y 29022 (autorización automática), el permiso se muestra en la figura 65.

- El contratista asumirá todos los pagos de tasas y/o acotaciones, de acuerdo con el TUPA vigente de cada Municipalidad. Cabe señalar que de acuerdo con la regulación de pagos por trámites administrativos, la entidad Municipal no debe solicitar una tasa superior a la UIT vigente.

- El contratista deberá elaborar el expediente correspondiente (así como sus componentes, recabando por cuenta propia las autorizaciones y certificaciones de terceros que sean aplicables) y su presentación ante la entidad local, seguimiento.
- y obtener la autorización correspondiente. El contratista deberá obtenerla en el plazo de 15 días hábiles desde que se presenta el expediente.
- Los componentes de cada expediente son los establecidos en la normatividad vigente (Ley 29904 y su reglamento), así como en cumplimiento del TUPA de cada municipalidad u otra disposición legal vigente.

Figura 65

Permiso municipal para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba.



Nota: fuente permiso municipal emitido por la municipalidad de Sicsibamba.

3.2.5.2 Gestión de permisos para el empleo de postes eléctricos

Autorización de uso de infraestructura eléctrica, en amparo de la ley 29904.

En cuanto a la cooperación en infraestructura y recursos técnicos, es responsabilidad del Gobierno Regional respaldar todas las iniciativas que requieran su intervención y colaboración para proporcionar las facilidades necesarias. Esto implica

conceder las aprobaciones y autorizaciones pertinentes para el uso del derecho de vía, conforme a las normativas y procedimientos establecidos, tal como se ilustra en la figura 66.

- El contratista deberá hacer el seguimiento para la obtención de Autorización y conformidad con la Electrificadora por el uso de la nueva ruta (reubicación). (incluye Estudio de Cargas Electromecánicas).
- El contratista deberá participar si la electrificadora lo requiere en el curso de Charla de Inducción a la seguridad.
- El contratista deberá realizar todo pago que soliciten las concesionarias con la finalidad de ejecutar las supervisiones en campo asignado al especialista de la línea eléctrica.
- El contratista deberá elaborar y gestionar la aprobación del respectivo expediente para el trámite de permiso de uso de infraestructura eléctrica.

Figura 66

Permiso eléctrico para el uso de postería eléctrica para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba.



Nota: fuente permiso Eléctrico emitido por Hidrandina.

3.2.5.3 Gestión de permiso ante Proviñas Nacional

Administrar la autorización de uso del derecho de vía es jurisdicción del MTC.

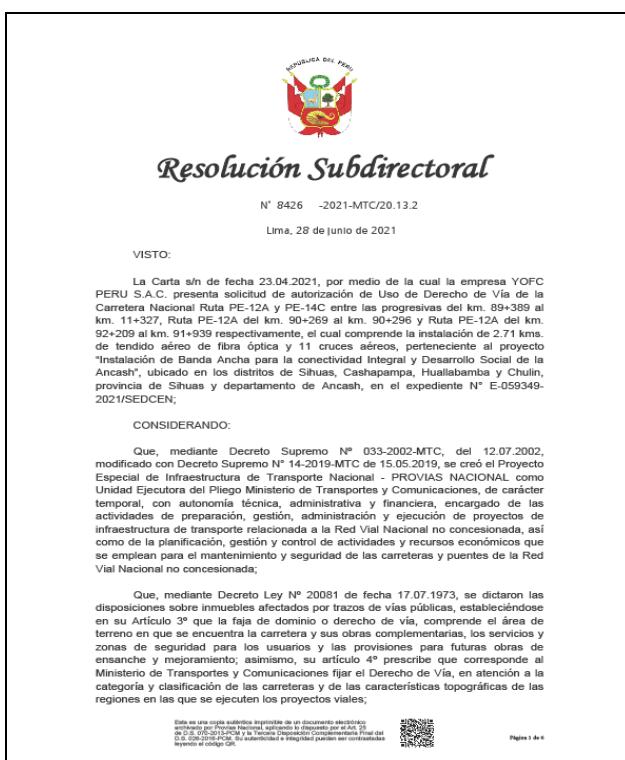
El contratista deberá incluir la elaboración del expediente (así como sus componentes, recabando por cuenta propia las autorizaciones y certificaciones de terceros que sean aplicables) y su presentación ante la entidad correspondiente, seguimiento y obtención de la respectiva autorización definitiva.

Esto incluye la aprobación de la inspección técnica, así como la emisión de la Resolución de autorización de uso de derecho de vía.

Los componentes de cada expediente son los establecidos en la normatividad vigente (Requisitos competencia del MTC); así como lo dispuesto en la Ley 29904 y su Reglamento, entre otras disposiciones legales vigentes, la resolución se adjunta en la figura 67.

Figura 67

Permiso Provisio Nacional para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba.



Nota: fuente resolución sub directoral Nro. 8426 emitido por Proviñas Nacional.

3.2.5.4 Gestión de permisos ante el Ministerio de Cultura

Gestión de permisos ante el Ministerio de Cultura, para el certificado de inexistencia de restos arqueológicos (CIRA) y plan de monitoreo arqueológico (PMA); el cual en estricto solo aplica cuando se realizara una excavación, como, por ejemplo: instalación de postes, canalizaciones, etc. En consecuencia, se da la recomendación de las modalidades de gestionar los permisos arqueológicos para el proyecto.

CIRA + PMA. Esta modalidad será aplicada cuando la zona o terreno de excavación sea un lugar donde no hay preexistencia de infraestructura, es decir hay mayor probabilidad de encontrar restos arqueológicos; como, por ejemplo, en zonas montañosas, trochas carrozables, senderos de paso, vías secundarias sin asfaltar, la resolución se adjunta en la figura 68.

Figura 68

Permiso CIRA para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba.



Nota: fuente permiso arqueológico emitido por Ministerio de Cultura.

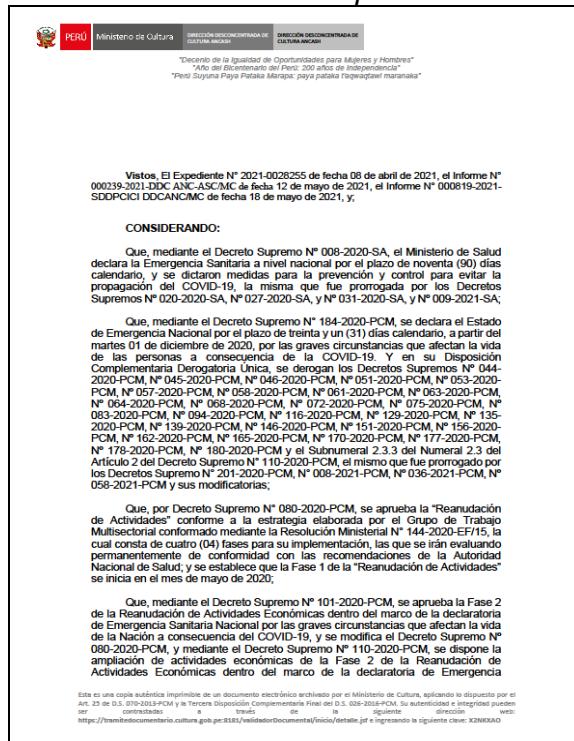
PMA de preexistencia. Esta modalidad será aplicada cuando en la zona de excavación se encuentre colindante con alguna infraestructura preexistente, como, por

ejemplo: Carreteras asfaltadas, zonas urbanas, servidumbre de líneas eléctricas, vías de tren, etc.

- El contratista deberá realizar todo pago que soliciten las concesionarias con la finalidad de ejecutar las supervisiones en campo asignado al especialista de la línea eléctrica.
- Asimismo, deberá realizar la presentación, seguimiento y obtención del Informe Final, el cual debe ser recibido en un plazo de 30 días hábiles desden la presentación del expediente.
- Los componentes de cada expediente son los establecidos en la normatividad vigente, esto es, el Reglamento Nacional de Intervenciones Arqueológicas, entre otras disposiciones vigentes, como se muestra en la imagen 69.

Figura 69

Permiso PMA para la instalación de fibra óptica en el distrito de Sicsibamba.



Nota: fuente permiso arqueológico emitido por Ministerio de Cultura.

3.2.5.5 Gestión de permisos ante la propiedad privada

Establecer los lineamientos que debe cumplir la empresa para hacer uso de terrenos privados (personas jurídicas o naturales) con la finalidad de instalación de postes u otra infraestructura destinada al despliegue de la red de fibra.

3.2.6 Especificaciones técnicas del equipamiento para el tendido de FO

Se detallan las especificaciones técnicas del equipamiento requerido para la instalación de la fibra óptica.

3.2.6.1 Caja de empalme

GPJ09-5608 es un cierre de sellado mecánico diseñado para empalmes de cables con bajo número de fibras.

La aplicación de fibra única es 48F y también está disponible la aplicación de cinta. Está diseñado para uso con diferentes construcciones de cable en cualquier entorno (conducto, aéreo, enterrado y boca de hombre) y para numerosas aplicaciones de empalme como empalme directo, ramal y de tramo medio.

Las bandejas de empalme 12F están disponibles para diferentes cables. Los accesorios adecuados están diseñados para uso con sellado mecánico. Puede proporcionar la provisión para arreglar un divisor (1: 2 o 1: 4 o 1:8) y hasta 8 fibras empalmadas.

La caja de conexiones tiene una alta resistencia al impacto en los extremos de la tapa y la base; y es reforzado con nervaduras en la "tapa de la caja", como se muestra:

Tabla 21

Características de la caja de empalme.

Item	GPJ09-5608
Environment	Outdoor
Splice Capacity	Provision to fix one splitter (1:2 or 1:4 or 1:8) and up to 8 spliced fibres

Splice Trays	6 pieces, rotate >60°, folding and removable; and cover of translucent material
Cable entry ports	6
Ports Diameter	4 branch ports for Φ8~ 18mm cable. 1 pert for Φ10~18mm uncut cable.
Protection Level	IP68
Dimension (mm) /Weight	Φ190×395 mm / 2~2.5kg
Storage System	The length of 6 remaining optical fiber buffer: ≥160 cm, radius of curvature <90°

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

3.2.6.2 Poste de concreto

Los postes de hormigón reforzados por centrifugación se fabrican a partir de diversos ingredientes, como cemento, áridos gruesos y finos, agua y aditivos.

La figura 70 muestra que la resistencia a la flexión de los postes la proporciona una armadura de acero.

Se diseñarán dos tipos de postes de 12 metros de altura: uno de hormigón armado y otro de poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Ahora repasaremos algunos detalles sobre los postes de hormigón:

- Producto a base de componentes inorgánicos, los postes de hormigón armado centrifugado tienen una consistencia compacta y una gran resistencia a la flexión cuando se combinan en cantidades suficientes.
- El tono típico es gris cemento, y se requiere una superficie impecable y sin grietas.

Figura 70

Datasheet del poste de concreto empleado

The image shows a technical document titled "TABLA DE DATOS TÉCNICOS PARA POSTES DE CONCRETO ARMADO" (Technical Data Table for Reinforced Concrete Poles) dated 12.09.2009/2/165/345. The document is issued by ESCARSA S.A.C. and includes the following information:

ITEM	CARACTERÍSTICAS	UNID.	VALOR GARANTIZADO
1	POSTES DE CONCRETO ARMADO		
2	Pais de Procedencia	PERU	
3	Fabricante	POSTES ESCARSA S.A.C	
4	Proceso de fabricación	NTP 339.027.2002	
5	Largo del poste	m	12
6	Resistencia mínima a la compresión del concreto a los 28 días.	Kg/cm ²	350
7	Carga de tracción	daN	300
8	Coeficiente de seguridad (CS)		2
9	Diámetro en la punta	mm	165
10	Diámetro en la base	mm	345
11	Volumen de concreto por poste	m ³	0.6300
12	Peso total de cada poste	Kg	1200
13	Tipo de Cemento	Portland Tipo I	
14	Unión de varillas longitudinales y transversales	Medir en el diámetro de cierre	Soldadas (en los trazos)
15	Recubrimiento poste/bloque exterior hasta 2.40 metro en la base de empotramiento.		C-EMABITUR-EN
16	Con sello de concreto		SI
17	Detalle de huecos		Ver planos adjunto
18	Roulado		Bajo rolillo, según planos adjuntos
19	Aislado		superficie limpia, sin rincón de resinas y arena (Según el numeral 5.1 de la Norma NTP 339.027)
20	Recubrimiento mínimo sobre la armadura	mm	25
21	Certificado de garantía de vicio de fábrica	Años	20

At the bottom of the document, there are two signatures and the website address: www.escarsa.com.

Nota: fuente Elaborado por la empresa Escarsa, documento de características de poste.

3.2.6.3 Herraje de suspensión

Es el término utilizado para describir un tipo de fijación de cable que no corta físicamente el cable y tiene componentes horizontales que son iguales o casi iguales en sus salidas cuando las cargas mecánicas son típicas. Para utilizar el herraje de suspensión son necesarios los siguientes elementos, como se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 22

Criterios para el uso de la ferretería de suspensión

Criterios para el uso de suspensión

Se usará máximo hasta vanos de 600 metros

El vano total entre los puntos de retención no exceda el span del cable de fibra óptica

Para puntos donde se tenga ángulos menores de 15° de desviación horizontal y/o menos de 5° de desviación vertical.

La relación entre los vanos adyacentes NO exceda el 60/40

No tener más de tres (03) puntos de suspensión intermedios entre puntos de retención

Ahora se mostrará los herrajes de suspensión utilizados en el tendido para la red de transporte de fibra óptica, la figura 71 muestra este ejemplo.

Figura 71

Muestra de herraje de suspensión.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

3.2.6.4 Abrazaderas y collarines

Es un elemento de sujeción, que se utiliza como acople entre el punto de apoyo (poste) y el herraje. De acuerdo a la distancia del vano, se utilizarán los collarines a partir de 100 metros.

Se muestran en la figura 72, los diversos tipos de abrazaderas. Dependiendo del tipo de salida, se tienen dos (02) tipos: Soporte de suspensión (SS): de una (01) salida, Soporte de retención (SR): de dos (02) salidas.

Figura 72

Muestra de tipos de abrazaderas de retención y suspensión.



Soporte de suspensión

Soporte de retención

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Bases del anexo de especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

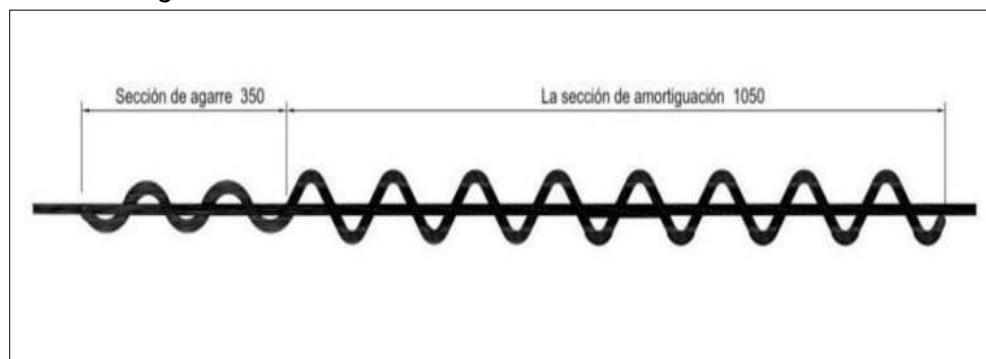
Las medidas de las abrazaderas son por pulgadas, dependiente del diámetro de la estructura de apoyo (poste).

3.2.6.5 Amortiguadores / anti vibradores

La función de esta pieza es mantener las vibraciones del viento por debajo de ciertos niveles considerados aceptables según el diseño del cable. No sólo eso, sino que puede soportar galopadas sin comprometer su eficacia ni dañar el cable. Como se muestra en la imagen inferior, se instala al principio y al final del vano, cerca del punto de apoyo.

Figura 73

Muestra de amortiguador.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

La figura 74, presenta el número de amortiguadores, siempre en conjuntos de dos, en relación con la distancia del vano, tal como se ilustra en la figura que sigue.

Figura 74

Criterio para cantidad de amortiguadores en zonas no críticas.

Longitud Vano (m)	Número total de Amortiguadores recomendados por vano
	EDS hasta 25% del UTS en terrenos Críticos y No Críticos
<100	0 por vano
101 – 250	2 (1 en cada extremo)
251 – 400	4 (2 en cada extremo)
401 – 800	6 (3 en cada extremo)
801 - 1000	8 (4 en cada extremo)
1001 – 1500	10 (5 en cada extremo)
1501 - 1800	12 (6 en cada extremo)

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

3.3 Dimensionamiento del nodo de distribución y acceso en Sicsibamba

Los nodos de distribución y acceso de Sicsibamba, se muestra en la figura 75, estará ubicado en el distrito de Sicsibamba, en la localidad de Umbe.

- Área del terreno requerida en los Nodos de Distribución: 50 metros cuadrados.
- Área del terreno necesaria en los Nodos de Conexión: 30 metros cuadrados.

Figura 75

Vista de las dimensiones del nodo de distribución de Sicsibamba.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas de la Red de Transporte Anexo N° 8-A.

3.3.1 Diseño de la infraestructura civil del nodo de distribución y acceso

Se requiere un vallado perimetral de hormigón alrededor de estos nodos, y hemos previsto adquirir 60 m² de terreno (6 m x 10 m) con una superficie construida de 30 m². En el diseño se han incluido los gastos de notaría, las instalaciones eléctricas, de alumbrado y sanitarias, así como una estantería acondicionada para el almacenamiento de equipos. Debido a su población relativamente pequeña, la aldea de esta zona de Sicsibamba utilizará el nodo de distribución como punto de acceso.

Pero esto no es todo lo que hay que tener en cuenta.

- Se debe utilizar material noble para vallar todo el perímetro, teniendo en cuenta la superficie mínima necesaria de cada nodo.
- Se requiere una altura de tres metros (o más) para la valla perimetral, medida desde el suelo fuera del nodo.
- A los próximos pilares, cimientos y vigas se les debe aplicar un sistema de protección que ofrezca una resistencia excepcional a la humedad, las precipitaciones, el moho y el salitre.

3.3.1.1 Sala de equipos

- La hermeticidad térmica, o la ausencia de penetración de aire y polvo, es una característica esencial de cualquier sala de equipos bien diseñada.
- Todo en el edificio, desde las paredes hasta el techo, será de la más alta calidad. El Nodo de Distribución tiene un tamaño mínimo utilizable de 14 m².
- 3.20 metros es la altura interior mínima requerida (y debe ser uniforme en todo el espacio) desde el piso terminado hasta el techo.
- Un espacio de al menos 20 centímetros separará el patio del suelo de la sala de equipos. El tejado de la sala de equipos se construirá utilizando viguetas de hormigón y ladrillos nivelados uniformemente para alcanzar una pendiente final del tejado del 8%. A continuación, se cubrirá con un contrapiso o relleno de mortero de cemento. Las escaleras de acceso al tejado hechas de hierro galvanizado o las escaleras fijadas a las paredes pueden facilitar el mantenimiento.
- A falta el toque final sin alquitrinar las columnas que se asientan sobre los cimientos y las vigas. Las paredes, vigas y cimientos de la sala de equipos deben recubrirse con una solución de pintura impermeabilizante muy resistente a la lluvia, la humedad, el salitre y los hongos. Es esencial que todas las superficies, ya sean interiores o exteriores, estén protegidas contra daños. - La sala de equipos debe tener una puerta impermeable certificada, rellena de material aislante y construida

con dos chapas de acero (galvanizado o inoxidable) recubiertas de pintura epoxi.

En el exterior se ve la puerta. También se incluyen piezas de acero inoxidable y extras autorizados, como un brazo hidráulico, una barra antipánico y una cerradura de manilla.

- Se requieren zócalos sanitarios y pisos de vinilo antiestáticos conductivos en la sala de equipos. Se requiere vinilo con un grosor de dos milímetros que cumpla con la norma de verificación ANSI/ESD S4.1-2016 y tenga una clasificación de resistencia al fuego B1.
- El cableado de corriente alterna de la sala se ubicará en bandejas de cables separadas de su cableado de datos o corriente continua, independientemente de si la sala utiliza un piso elevado o bandejas de cables aéreas. Según el uso de CNE - regulación 060-002(a) Puesta a tierra de componentes no energizados, se debe instalar el conductor de puesta a tierra en el trayecto de cualquier bandeja de cables que se utilice.

3.3.1.2 Sala de fuerza

- Los equipos de la sala deben funcionar de acuerdo con los requisitos del fabricante con respecto a la ventilación, la entrada de aire, el polvo presente y otros factores operativos. Aquí se encuentra la cámara que alberga el grupo electrógeno.
- Se puede elegir el honorable material de albañilería para las paredes y la puerta de la sala, o se puede optar por malla galvanizada recubierta de pintura epoxi. En cualquier caso, tendrá que revestirlas con un sistema de pintura que ofrezca una protección superior contra una amplia gama de condiciones climáticas, como la humedad, el salitre, los hongos, etc. El tono de pintura que se utilice depende de Fitel. El generador eléctrico no puede reubicarse ni cambiarse a menos que puedan abrirse las puertas de los sistemas correspondientes.

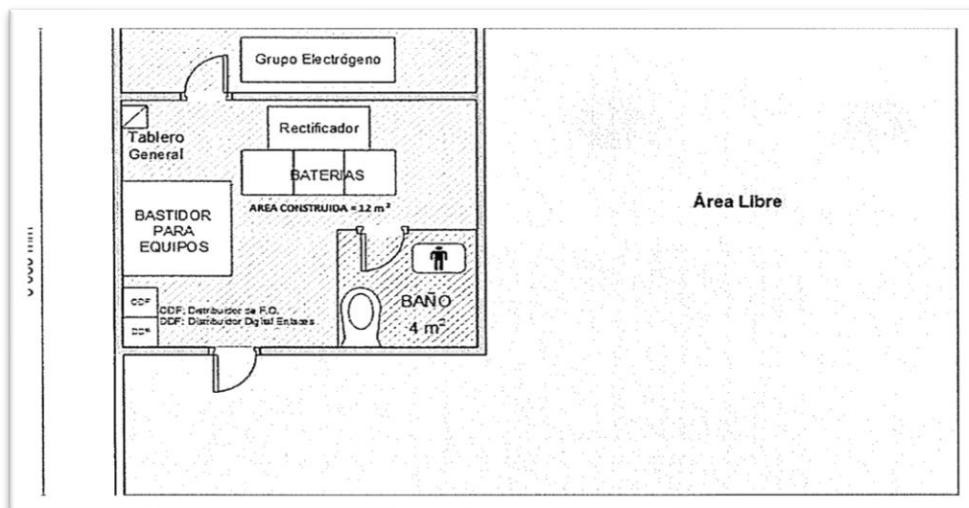
- El mínimo de superficie útil dentro de cualquier tipo de Nodo es de 10 metros cuadrados.
- Tiene que haber un mínimo de 10 cm de grava rota cubriendo el suelo de la sala de máquinas. Para evitar derrames de gasolina, necesitarás un canal de hormigón colocado en el suelo y una rejilla metálica galvanizada.
- La cubierta debe tener una pendiente mínima del 8%, y estar fabricada con un material con una resistencia mínima de 2,5 kg/m².
- Para permitir las emisiones gaseosas del grupo electrógeno, la sala de máquinas debe disponer de una chimenea de escape con una sección transversal mínima de 0,18 m². También es necesario instalar un pararrayos que cumpla con el Código Eléctrico Nacional, si procede.
- El grupo electrógeno debe apoyarse sobre una plataforma de hormigón en la sala de máquinas de 20 cm de altura. La superficie de esta plataforma debe estar recubierta de hormigón pulido.

3.3.1.3 Área libre

- Como se ve en la figura 76, en la parte inferior del espacio libre de los nodos debe haber una capa de escollera de no menos de diez (10) cm de altura.

Figura 76

Vista del Plano de dimensiones del nodo de distribución de Sicsibamba

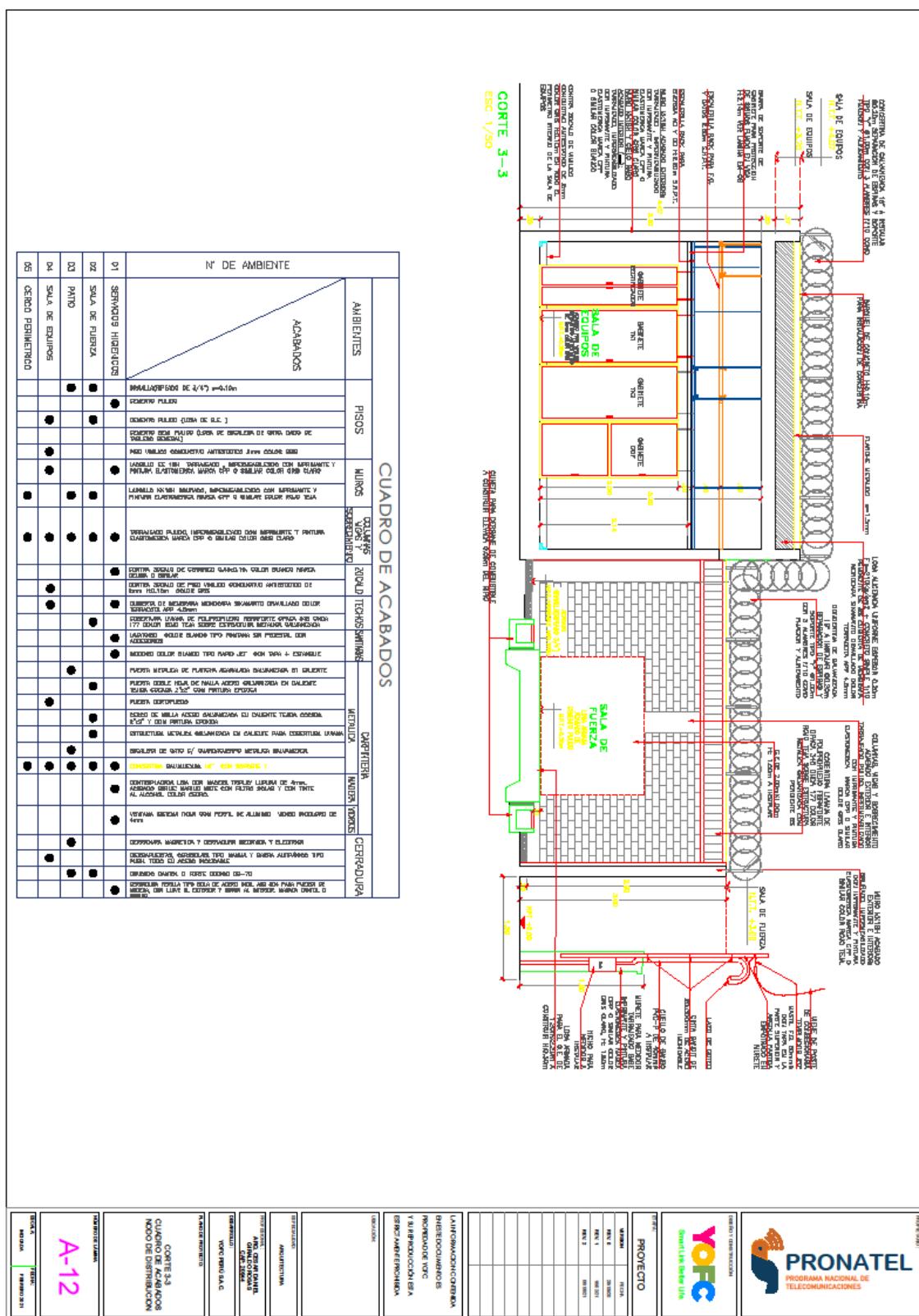


Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

Se muestra el plano de corte longitudinal del nodo de distribución en la figura 77.

Figura 77

Plano de la vista horizontal del nodo de distribución.

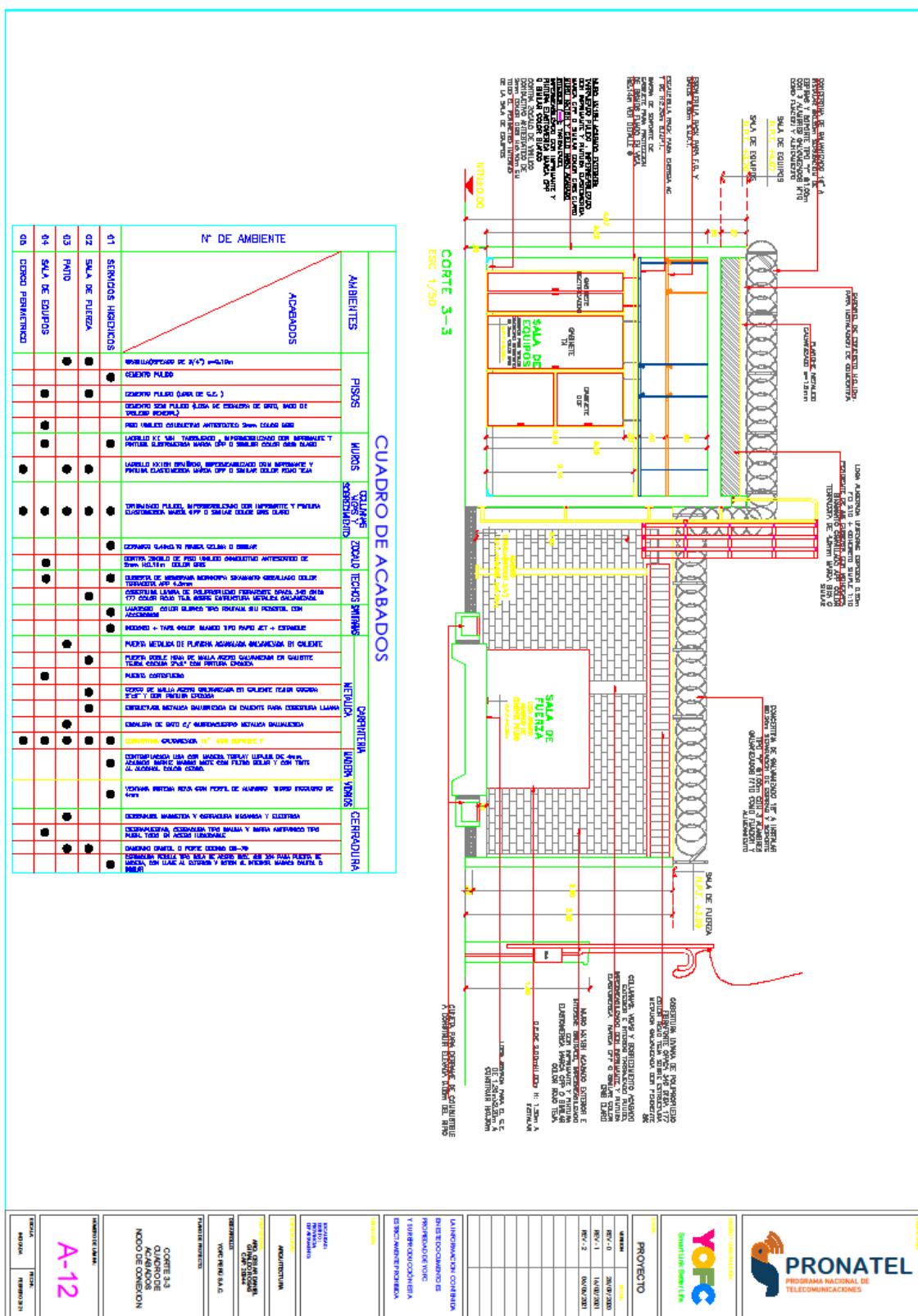


Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

Se muestra el plano de corte longitudinal del nodo de acceso en la figura 78.

Figura 78

Plano de la vista horizontal del nodo de acceso.



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-A.

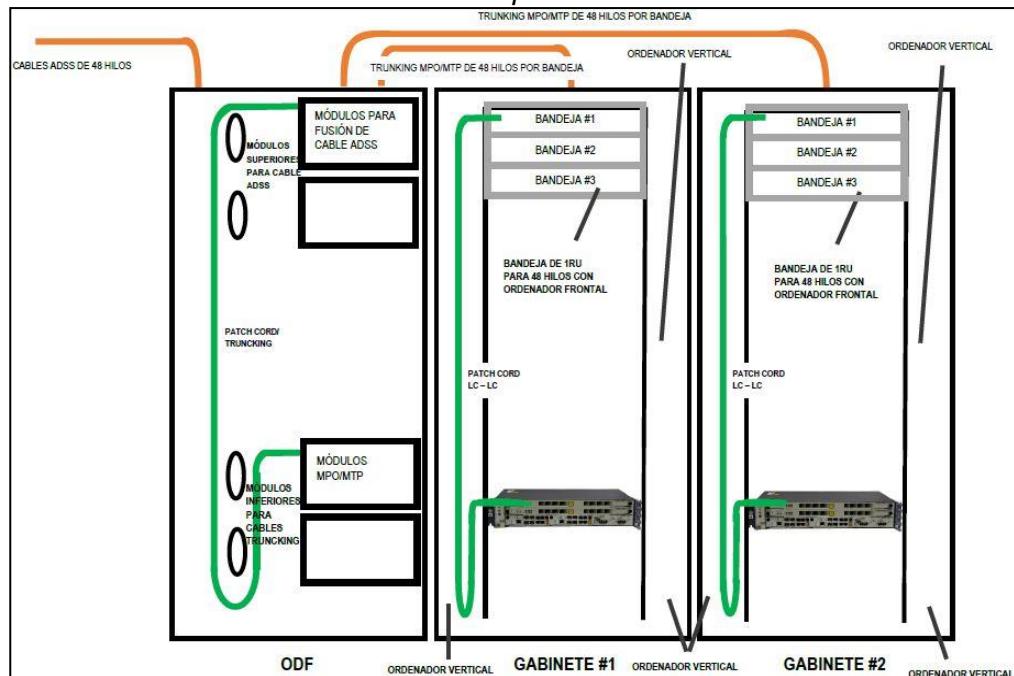
3.3.2 Especificaciones técnicas del equipamiento del Data Center de los nodos

Los nodos utilizarán un armario de gestión de cableado el cual se encargará de dividir las plantas internas y externas (ODF1 y DDF2).

Para que cada nodo esté preparado para futuros desarrollos, el armario de gestión de cables estará vinculado a dos armarios de equipos de comunicaciones, y cada uno de estos armarios tendrá las conexiones completamente implementadas. Según la Figura 79, existe un límite de un armario de equipos de comunicaciones por nodo de conexión.

Figura 79

Diseño referencial de ordenadores de fibra óptica



Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas de la Red de Transporte Anexo N° 8-B.

En cada nodo de la planta interna debe construirse un sistema de conexión cruzada (cross-connect patching system). Dentro del mismo armario, este sistema enlaza la fibra óptica de datos (ODF) con el módulo espejo (DDF). Así, cada armario de equipos de comunicación debe incluir una bandeja de fibra óptica de tipo MPO/MTP, que conecta el armario ODF con el armario CE. Puede utilizarse para realizar conexiones.

Dado que la arquitectura será la misma para todos los tipos de nodos, es posible construir las conexiones de forma coherente consultando la tabla de referencia. Debe haber al menos seis bandejas ODF interiores, y cada una de esas bandejas debe poder fusionar hasta 48 hilos.

Bandeja ODF. Debe cumplir estos criterios.

- La parte frontal debe tener instalados puertos tipo SC o LC, encargados de la conexión.
- Cada bandeja de fibra óptica de 1 RU debe poder alojar como mínimo un cable de 48 hilos.
- Cada bandeja lista para usar (ODF) debe incluir protectores de empalme transparentes y al menos dos cassetes de empalme, cada uno con espacio para veinticuatro empalmes.
- Los raíles deben permitir el deslizamiento de la bandeja y proporcionar una inclinación mínima de treinta grados (30°).
- Cumplir la norma EIA-310-E, ser apilable a partir de 1 RU y disponer de un ordenador frontal para la inserción de cables de conexión son características necesarias.

Bandeja DDF. Debe cumplir con los siguientes criterios:

- Los rieles deben permitir que la bandeja se mueva y debe ser capaz de inclinarse al menos 30° para permitir conexiones frontales.
- El sistema estará compuesto por doce módulos con conexiones LC o SC de modo único montadas en la parte frontal y conectores MPO/MTP montados en la parte posterior.
- Cada unidad de rack (RU) requiere una bandeja con un panel frontal para la entrada de cables de conexión y puede manejar 1 cable de 48 hilos.
- Cumplir el estándar EIA-310-E y poder montarse en rack en 1 RU son requisitos necesarios.

- Debe ser retardante al fuego según los estándares UL 94-V0 y cumplir con los estándares EIA/TIA 568.

Cable multifibra. Debe cumplir con los siguientes criterios:

- Usando cables para varias fibras, el módulo para cada Bandeja ODF estará vinculado con su contraparte correspondiente con la Bandeja DDF.
- El cable de modo único OS2 cumplirá el estándar IEC-60332-3, e incluirá una cubierta LSZH y una chaqueta de tres milímetros de diámetro para cada uno de sus hilos.
- Como mínimo, la fibra del cable debe pasar la prueba ITU G652.D.

Patch cords de fibra. Deben cumplir con los siguientes criterios:

- Las bandejas de fibra óptica se conectarán al equipo de comunicación utilizado.
- El uso en interiores, deben ser de color amarillo según TIA-568-C.
- La fibra debe estar certificada al menos según ITU G652.D y ser de modo único OS2.
- Se recomienda utilizar cables de dos (2) hilos con conectores uniboot reversibles en polaridad.
- Se requiere una longitud mínima de tres (03) metros para los cables de conexión.

Gabinetes de equipos de comunicaciones. Estas cualidades son esenciales para ellos:

- Cada nodo de distribución necesita 2 armarios de suelo de 42 RU para las comunicaciones, mientras que cada nodo de conexión y agregación sólo necesita 1 armario de 42 RU.
- Las dimensiones mínimas de los armarios se determinarán teniendo en cuenta el tamaño de los equipos y la gestión de cables prevista.

Servidores para la gestión de redes de fibra y datos. La administración de las redes de fibra y datos necesita un mínimo de cuatro servidores. Los servidores deben ser de primera categoría. Encontrará las especificaciones mínimas de los servidores en la Tabla 23.

Tabla 23

Características técnicas de servidor.

N.º ITEM	Capacidad Mínima
RAM	128GB
Características del procesador	Cuatro procesadores físicos funcionando a 2,1 GHz. un mínimo de 16 núcleos por CPU
Interface de transferencia de datos	Conectado en serie SCSI 2 (SAS)
RAM restante	30 MB L3
Distribución	Un servidor montable como escalable
Operación	Caliente - cambio
Energía	Alimentación: CA 100 - 240 V 50 / 60 Hz Fuente de poder redundante
almacenamiento	20 TB
Interfaz para la transferencia	Conectado en serie SCSI 2 (SAS)
Conexión a red	dos puertos Ethernet 10G
Conectividad	4puertos USB
Ventilación	Cada procesador debe tener su propio cooler de ventilación. Ventilación instalados en el case.
Monitor	Tecnología Led, de 21 pulgadas Fuente de alimentación: 50/60 Hz, 100-240 V CA - Fuente de alimentación de reserva
Periféricos y accesorios	monitor LED de 21 pulgadas, teclado y ratón. - Habilite las conexiones mediante KVM.
Garantía	Tres años es el periodo mínimo de garantía. Es responsabilidad del fabricante del equipo certificar la garantía.
Sistema Operativo	Licencia para-Microsoft Windows Server 2016 R2 -English

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-B.

Para garantizar un funcionamiento óptimo y una mejor distribución del espacio dentro del armario de equipos, puede optar por instalar equipos KVM con pantalla retráctil. En este caso, también le ofreceremos todos los accesorios y periféricos esenciales para conectar los cuatro servidores.

3.3.3 Especificaciones técnicas de la red de distribución

La conexión del nodo de acceso al equipo local del cliente (CPE) se va a realizar de acuerdo con unos requisitos técnicos mínimos particulares, que se detallan a continuación:

3.3.3.1 Especificaciones técnicas de equipos nodos de acceso

Nodo distrital: Tener conexiones con la red de transporte y tal vez incluso un punto de presencia (POP) convierte a un nodo en un nodo de distrito.

Nodo intermedio: Los nodos que pueden retransmitir señales desde un nodo de distrito, ya sea directa o indirectamente, a un nodo terminal se conocen como nodos intermedios. Podría haber un punto de presencia en este nodo.

Nodo terminal: Un tipo de nodo es el nodo terminal, que actúa como punto de presencia.

Habrá suficientes nodos de distrito para las personas que viven en el área circundante, así como equipos de comunicaciones con capacidades de enrutamiento colocados en cada nodo intermedio (con un punto de presencia) y nodo terminal. Habrá suficientes nodos de distrito en el proyecto para dar cabida a los residentes que viven en el área circundante. Consulta la Tabla 24 a continuación para conocer los requisitos técnicos mínimos.

Tabla 24
Especificación técnica mínima.

Puertos / Módulos	Los requisitos mínimos incluyen dos puertos 1000 Base-TX y un puerto SFP. Se requiere al menos un puerto USB (Tipo B) para uso externo. Longevidad: 500,000 horas Velocidad máxima de transferencia de datos: 12 Mbps, o 9 Gbps con un sistema de rendimiento (backplane)
Servicios	Red privada virtual de capa 2 (VPLS) en IPv4 e IPv6, VPN de capa 3 y VPN de capa 4
Protocolos de Ruteo	Funciones como: • Soporte IPv6 • Resolución de nombres IPv6 • ICMP IPv6 • Soporte de multidifusión para IPv4 e IPv6 • OSPF • BGP • Soporte de VRF • Transporte IP/MPLS/Ethernet (en nodos de distrito) • IPv6
Administración	Web, Telnet, SNMP v1, v2, v3. puerto serial (CONSOLA) Asistente de auto instalación Protocolo OAM
Gestión	RADIUS y/o TACACS

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-B.

3.3.3.2 Consideraciones para el equipo local del cliente (CPE)

Las cualidades técnicas enumeradas en el cuadro 25 serán consideradas para programas de educación profesional continua (CPE) dirigidos a instituciones sujetas al pago de impuestos y otras instituciones públicas.

Tabla 25
Especificación técnica mínima del CPE para instituciones públicas.

Puertos / módulos	Debe contener como mínimo 2 puertos. :100 BASE T Debe incluir un conector RJ45, Serial o USB para acceder a un puerto auxiliar de consola
Energía	Para reducir el consumo por inactividad, se requiere un sistema de manejo de energía eficiente. (IEEE802.3az, Ethernet verde o similares)
Arquitectura	512 MB de RAM, como mínimo. 512 MB de memoria flash, como mínimo.
Protocolos de ruteo	OSPF BGP Soporte de VRF Soporte para IPv4 y IPv6, resolución de nombres IPv6, ICMP IPv6 y DHCP IPv6.
Administración	Administración a través de Internet, Telnet, SNMP v1, v2 y v3, así como administración por medio del puerto serial (CONSOLA) y instalación de asistente de auto
Seguridad	• Cualidades de seguridad Inspección de aplicaciones, firewall de inspección estatal, transparencia de NAT, acelerador de hardware para IPsec DES, AES 128 e IPsec, proxy de autenticación para Telnet, FTP, HTTPS y HTTP. • Soporte para VPN en malla y/o centralizado que mantengan QoS en una red privada.
Gestión	Soporte de RADIUS y/o TACACS

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas Anexo N° 8-B.

Se considerarán las características técnicas indicadas en la siguiente tabla para los CPE destinados a contratantes que no pertenezcan a instituciones públicas.

Tabla 26

Especificación técnica mínima del CPE para contratantes distintos a instituciones públicas.

Puertos / Módulos	Contar con al menos 4 puertos 10/100 Mbps. Incluir un conector RJ45, Serial o USB para acceder a un puerto auxiliar de consola.
Protocolos de Ruteo	Soporte para IPv4 y IPv6, resolución de nombres DNS, ICMP y DHCP IPv6.
Administración	Control de acceso, tanto local como remoto
Seguridad	Firewall DoS y SPI, Filtro de direcciones IP/MAC/Domain, Encriptado de direcciones IP y MAC

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas de la Red de Transporte Anexo N° 8-B.

De la misma manera para el trabajo, las entidades beneficiadas son las siguientes:

Tabla 27

Instituciones beneficiadas.

Nº	Datos INEI					Entidades públicas beneficiarias			Coordenadas site			
	CodI NEI2 015	Región	Provinc ia	Distri to	Localidad	Locales escolares	Establecimientos de salud	Dependencias policiales	Fuente	Longitud	Lati tud	Altura (msn m)
1	2191 0000 9	Áncash	Sihuas	SICSI BAM BA	SICSI B AMBA	2	1	0	Estudio de campo	- 77.5 791	- 8.62 26	2939
2	2191 0001 4	Áncash	Sihuas	SICSI BAM BA	CANIA SBAM BA	2	0	1	Estudio de campo	- 77.5 502	- 8.63 13	3117

Nota: fuente <https://www.investinperu.pe/es/app/procesos-concluidos>. Contrato de financiamiento región Áncash Pronatel.

3.4 Implementación de la solución

Se muestra los trabajos de construcción de la red especificados en los siguientes procesos:

3.4.1 Tendido de la fibra óptica

Necesitamos suspender el carrete de una grúa, colocarlo en un remolque o camión porta-carretes, utilizar gatos para cables o un arreglo en forma de ocho (según sea necesario para los requisitos técnicos del proceso de tendido), o ubicarlo en el siguiente

poste desde donde comenzará el tendido para que la bobina pueda girar libremente y el cable siempre salga por la parte superior. Luego podemos realizar el tendido de la fibra.

Con el fin de minimizar los impactos de rayos y los cruces de campo eléctrico causados por líneas eléctricas, se utilizarán cables de fibra óptica del tipo ADSS para instalaciones aéreas. Estos cables no incluyen ningún componente metálico.

A la luz de las limitaciones topográficas, evaluaremos los siguientes enfoques para tender el cable de fibra óptica:

- Tracción o jalado del cable a mano.
- Tracción mecánica con tensión controlada.

Para instalar el cable de fibra óptica dentro de los rangos de tolerancia mínimos para el parámetro de tensión especificado por el fabricante en la ficha técnica, la instalación se llevará a cabo de acuerdo con las condiciones técnicas del fabricante. Estas condiciones incluyen el radio de curvatura mínimo, las cargas de tracción, la torsión, la compresión o el aplastamiento del cable, así como sus márgenes y parámetros de longitud de vano estandarizados para cada cable. Los detalles específicos de cada cable se determinarán según las condiciones del terreno.

Los cables con longitudes relativamente modestas deben ser jalados a mano. El término "manual distribuido" describe este método, que requiere que cada trabajador jale el cable contra el peso del mismo en lugar de depender de la tensión total del tendido, que se distribuye por separado por vanos entre los postes. Así es como se realizó el tendido en el área de Sicsibamba donde estábamos.

Figura 80

Instalación de vanos cortos.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Se utiliza postes de las concesionarias eléctricas de Baja Tensión (BT) y de Media Tensión (MT), y postes nuevos proyectados de concreto armado centrifugados (CAC) y políester reforzado con fibra de vidrio (PRFV) de 12 mts de longitud (Red Vial).

Figura 81

Tipos de postes.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Figura 82

Fotografías del tendido de la red de transporte en Sicsibamba.









Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

3.4.2 Construcción del nodo de acceso y distribución

La figura 83 muestra las imágenes de los trabajos realizados en la construcción de los nodos de acceso y distribución para los nodos de Sicsibamba.

Figura 83

Fotografías de la construcción de los nodos en Sicsibamba.





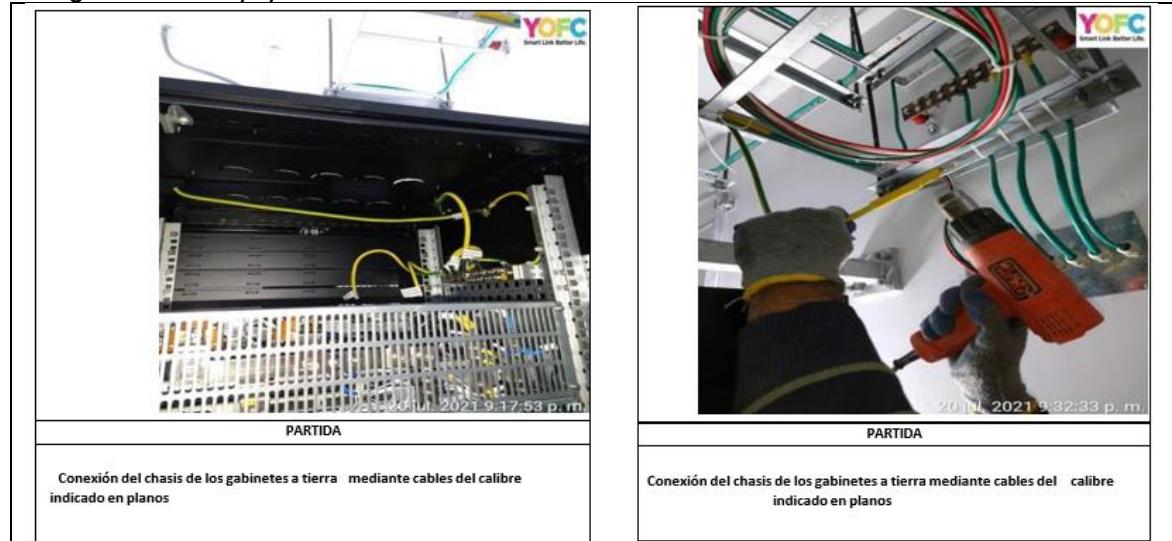
Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

3.4.3 Instalación de los equipos de comunicaciones

Se presenta el reporte fotográfico de la instalación del equipamiento donde se instalarán los equipos de comunicaciones, servidores, procesadores, router, switch, sistemas de ventilación, etc.

Figura 84

Fotografías del equipamiento de los nodos en Sicsibamba.



 <p>20 jul. 2021 9:28:44 p. m.</p> <p>PARTIDA</p> <p>Instalación de barra a tierra para gabinetes de energía de equipos (no aplica en gabinete ODF)</p>	 <p>20 jul. 2021 9:30:30 p. m.</p> <p>PARTIDA</p> <p>Instalación de barra a tierra para gabinetes de energía de equipos (no aplica en gabinete ODF)</p>
 <p>PARTIDA</p> <p>C1 Instalación de módulos ODF DDF</p>	 <p>PARTIDA</p> <p>C1 Instalación de módulos ODF DDF</p>
 <p>20 jul. 2021 9:16:11 p. m.</p> <p>PARTIDA</p> <p>En conformidad con las instrucciones del fabricante. Verificar que el gabinete este firmemente sujeto al piso</p>	 <p>20 jul. 2021 9:16:51 p. m.</p> <p>PARTIDA</p> <p>En conformidad con las instrucciones del fabricante. Verificar que el gabinete este firmemente sujeto al piso</p>



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

3.4.4 Pruebas de campo

Se adjunta hasta el momento las pruebas realizadas al tendido de la red de transporte en el distrito de Sicsibamba.

A. Verificación de carretes de fibra. Después del tendido, se deben realizar pruebas MAAT para garantizar la viabilidad en la red de transporte. El Proyecto Regional Áncash incluye esto como un elemento de su etapa de Instalación de la Red de Transporte.

Para asegurar que el cable en el carrete esté en buenas condiciones, se deben realizar varias comprobaciones. Se recomienda utilizar el extremo interno de la bobina para las mediciones. Es posible evaluar la reutilización del dispositivo de tracción observando su extremo externo. Al finalizar las pruebas, se debe colocar el manguito termocontraíble u otro dispositivo de protección del cable.

Se requiere un reflectómetro dependiente de la longitud de onda (OTDR) que pueda trabajar en las bandas de 1310 y 1550 nm para tomar las lecturas.

- Las pruebas realizadas para los carretes de FO. Serán en ambas ventanas.
- Para valores de medición post conexión que excedan los 0.10 dB de pérdida, se recomienda verificar la Normativa ITUL 12.

Figura 85

Las Pruebas MAAT tomado a uno de los carreteros de fibra óptica utilizados en el distrito de Sicsibamba.

PRONATEL PROGRAMA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES		"Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social"							YOFC Smart Link Better Life.									
								YOFC-OSP-F-001-REG										
PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN DE ENLACE FO: MEDICIONES DE ATENUACIÓN ANTES DEL TENDIDO - MAAT																		
Desarrollo de Actividades																		
Región	ANCASH	Lugar Medición:	ALMACEN HUARAZ				Fecha:	12-Set-21										
Cable de Fibra Óptica																		
Tipo de Cable:	ADSS-PE-1000M-48B1.3-A1_DL5MX08018						Drum N°	DL5MX08018										
Factor Helicoidal F HELIX	1.80%	Indice Refractivo IOR	1310 nm 1650 nm	1.466700 1.467100	Coeficiente Rayleigh RB 8	1310 nm 1550 nm	-71.2 -81.7	Coeficiente Atenuación	1310 nm 1650 nm	0.35 dB/Km 0.20 dB/Km								
Equipo de Medición																		
Módulo OTDR:	FTB-735C-SM1-EA						Serie Módulo:	1166617										
Distanza	8 Km	Pulso	275ns		Tiempo	30s												
Datos Adicionales																		
Bobina Lanzamiento (m):	1008	Longitud Ondas (λ)	1310 nm 1550 nm	X	Nombre Archivo 1310	ADSS-PE-1000M-48B1.3-A1_DL5MX08018	Nombre Archivo 1550	ADSS-PE-1000M-48B1.3-A1_DL5MX08018										
Desarrollo del Protocolo																		
ABSCISAS				LONGITUD (m)														
INICIO	0	FIN	4000	FIBRA	4000		ÓPTICA	4000.000										
FIBRA	Longitud Ondas (λ)	Coeficiente Atenuación (dB/Km)	Longitud Óptica (Km)	Atenución Total (dB)	FIBRA	Longitud Ondas (λ)	Coeficiente Atenuación (dB/Km)	Longitud Óptica (Km)	Atenución Total (dB)									
1	1310 1650	1.321 0.732	3.999 4.001	0.330 0.183	25	1310 1650	1.321 0.723	4.000 4.001	0.330 0.181									
2	1310 1650	1.324 0.732	3.999 4.000	0.331 0.183	26	1310 1650	1.321 0.729	4.000 4.002	0.330 0.182									
3	1310 1650	1.324 0.732	4.000 4.001	0.331 0.183	27	1310 1650	0.728 1.324	4.001 4.000	0.182 0.331									
4	1310 1650	1.325 0.729	4.001 4.001	0.331 0.182	28	1310 1650	0.729 1.324	4.002 4.000	0.182 0.331									
5	1310 1650	1.323 0.731	4.003 4.000	0.331 0.183	29	1310 1650	1.348 0.738	3.999 4.001	0.337 0.184									
6	1310 1650	1.327 0.730	4.003 4.001	0.332 0.182	30	1310 1650	1.346 0.738	3.999 4.001	0.337 0.185									
7	1310 1650	1.315 0.728	4.001 4.000	0.329 0.182	31	1310 1650	1.347 0.739	3.999 4.001	0.337 0.185									
8	1310 1650	1.315 0.726	3.999 4.000	0.329 0.182	32	1310 1650	1.327 0.726	4.002 4.002	0.331 0.181									
9	1310 1650	1.321 0.731	4.001 4.001	0.330 0.183	33	1310 1650	1.348 0.735	4.001 4.001	0.337 0.184									
10	1310 1650	1.322 0.732	4.001 4.001	0.331 0.183	34	1310 1650	1.319 0.722	4.002 4.003	0.330 0.180									
11	1310 1650	1.326 0.728	4.001 4.002	0.331 0.182	35	1310 1650	1.318 0.720	4.003 4.002	0.329 0.180									
12	1310 1650	1.315 0.732	3.999 4.000	0.329 0.183	36	1310 1650	1.322 0.720	4.003 4.001	0.330 0.180									
13	1310 1650	1.319 0.728	4.003 4.003	0.330 0.182	37	1310 1650	1.330 0.739	4.004 4.003	0.332 0.185									
14	1310 1650	1.320 0.727	4.003 4.003	0.330 0.182	38	1310 1650	1.328 0.734	4.003 4.003	0.332 0.183									
15	1310 1650	1.324 0.727	4.001 4.001	0.331 0.182	39	1310 1650	1.338 0.740	4.000 4.003	0.335 0.185									
16	1310 1650	1.323 0.726	4.001 4.001	0.331 0.182	40	1310 1650	1.333 0.741	4.004 4.003	0.333 0.185									
17	1310 1650	1.320 0.725	4.003 4.003	0.330 0.181	41	1310 1650	1.321 0.737	4.001 4.003	0.330 0.184									
18	1310 1650	1.323 0.728	4.001 4.001	0.331 0.182	42	1310 1650	1.332 0.743	4.000 4.003	0.333 0.186									
19	1310 1650	1.322 0.730	4.001 4.001	0.330 0.182	43	1310 1650	1.323 0.737	4.003 4.003	0.331 0.184									
20	1310 1650	1.320 0.735	4.001 4.002	0.330 0.184	44	1310 1650	1.333 0.738	4.000 4.003	0.333 0.184									
21	1310 1650	1.311 0.746	3.999 4.001	0.328 0.186	45	1310 1650	1.323 0.734	4.002 4.003	0.331 0.183									
22	1310 1650	1.319 0.735	4.001 4.002	0.330 0.184	46	1310 1650	1.329 0.743	4.004 4.003	0.332 0.186									
23	1310 1650	1.323 0.732	4.000 4.001	0.331 0.183	47	1310 1650	1.324 0.734	4.005 4.003	0.331 0.183									
24	1310 1650	1.321 0.728	4.000 4.001	0.330 0.182	48	1310 1650	1.330 0.739	4.004 4.003	0.332 0.185									
OBSERVACIONES:																		
*Las pruebas se realizan en 2 ventanas ($\lambda = 1310\text{nm}$ y $\lambda = 1550\text{ nm}$)																		

Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Figura 86

Fotos de las mediciones MAAT y empalmes a la bobina



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

B. Medición de la pérdida total del enlace. Esta métrica incorpora la pérdida total de fibra (ODF) entre cada empalme terminal a lo largo de la ruta. La medición debe realizarse en ambas direcciones a 1310 nm y 1550 nm. La siguiente tabla registra los valores de estas métricas.

Para simplificarlo, la pérdida de atenuación del enlace es igual a la tolerancia de atenuación del cable de fibra más la tolerancia de pérdida por inserción del conector más la tolerancia de pérdida de inserción en el empalme.

En conjunto, estos números no deben sumar más de lo que devuelve la siguiente ecuación.

$$T = (F_o \cdot L) + (N_e \cdot P_e) + (N_c \cdot P_c)$$

Dónde:

T = es la atenuación total de los enlaces dividida por el presupuesto de pérdidas.

F_o = atenuación de la fibra óptica por kilómetro establecida por el fabricante.

L = Longitud (Km).

N_e = Número de empalmes en el enlace.

P_e = Pérdida por empalme (0.1 dB)

N_c = conectores de la conexión; un enlace tiene dos conectores macho.

Figura 87

Las Pruebas MATE realizado en el trayecto de fibra óptica utilizados en el distrito de Sicsibamba.

PRONATEL		"Instalacion/ Creación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región ANCASH "				YOFC							
YOFC-OSP-F-004-REG													
PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN DE ENLACE FO: 1310 nm/1550 nm MEDICIONES DE ATENUACIÓN TOTAL DEL ENLACE - MATE													
Datos del Enlace													
FECHA: 21/11/2021													
Código Nodo	L0075_5471	Enlace / Tramo:	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBRE										
Especificaciones Técnicas del Cable de Fibra Óptica													
Factor Helicoidal FHEIX	1.80%	Índice Refracción IOR	1310 nm 1660nm	1.466700 1.467100	Coeficiente Rayleigh RBS	1310 nm 1660 nm	-79.20 -81.70						
Descripción del enlace													
Longitud Física del Cable de Fibra Óptica: (Km)	6.475 Km	Número Empalmes Total Enlace:	2		Número Conectores (Nº Conectores)	0							
Equipos de Medición													
LADO A	LADO B		Longitud Onda	1310 nm 1550 nm			X						
Nodo	T2480_AN_CHULLIN (ED_072)		T2485_AN_UMBRE	1310 nm	0.35 dB/Km	X							
Módulo OTDR:	FTB-735C-SM1-EA		1550 nm	0.20 dB/Km	1310 nm 1550 nm								
Serie OTDR:	1166617		1166617	Presupuesto de enlace	1310 nm 1550 nm	2.466 dB 1.495 dB	2.466 dB 1.495 dB						
Parámetros Adquisición													
Distancia (Km)	10 km	Ancho del Pulso	275.00	n s	X	Tiempo (s)	90 s						
μ s													
Datos Adicionales													
Bobina Lanzamiento A (Km):	1	Bobina Lanzamiento B (Km):	1	Nombre Archivo 1310 T2480_AN_CHULLIN (ED_072)	Nombre Archivo 1660 T2485_AN_UMBRE	T2480_AN_CHULLIN (ED_072) - T2485_AN_UMBRE							
FIBRA	Longitud Onda (λ)	Medida A => B (dB)	Medida B => A (dB)	Promedio (dB)	FIBRA	Longitud Onda (λ)	Medida A => B (dB)	Medida B => A (dB)	Promedio (dB)				
1	1310	2.330	2.255	2.293	25	1310	2.325	2.262	2.294				
	1550	1.371	1.287	1.329		1550	1.416	1.329	1.373				
2	1310	2.240	2.245	2.243	26	1310	2.380	1.557	1.969				
	1550	1.303	1.276	1.290		1550	1.448	2.528	1.988				
3	1310	2.361	2.186	2.274	27	1310	2.282	2.148	2.215				
	1550	1.390	1.245	1.318		1550	1.374	1.159	1.267				
4	1310	2.303	1.372	1.838	28	1310	2.405	2.144	2.275				
	1550	1.356	2.343	1.850		1550	1.462	1.192	1.327				
5	1310	2.349	2.087	2.218	29	1310	2.232	2.328	2.280				
	1550	1.441	1.187	1.314		1550	1.328	1.445	1.387				
6	1310	2.311	2.275	2.293	30	1310	2.322	2.352	2.337				
	1550	1.320	1.291	1.306		1550	1.322	1.350	1.336				
7	1310	2.535	2.406	2.471	31	1310	2.319	2.148	2.234				
	1550	1.522	1.504	1.513		1550	1.364	1.181	1.263				
8	1310	2.315	1.330	1.823	32	1310	2.479	2.229	2.354				
	1550	1.338	2.351	1.845		1550	1.526	1.248	1.386				
9	1310	2.256	2.277	2.267	33	1310	2.402	2.184	2.293				
	1550	1.331	1.369	1.350		1550	1.462	1.195	1.329				
10	1310	2.273	2.188	2.231	34	1310	2.375	2.168	2.272				
	1550	1.363	1.369	1.366		1310	2.426	1.207	1.317				
11	1310	1.382	2.113	1.748	35	1310	2.258	2.242	2.250				
	1550	2.357	1.177	1.767		1550	1.332	1.317	1.325				
12	1310	2.278	2.268	2.273	36	1310	2.423	2.301	2.362				
	1550	1.340	1.295	1.318		1550	1.496	1.319	1.408				
13	1310	2.671	2.397	2.534	37	1310	2.477	2.380	2.419				
	1550	1.839	1.548	1.694		1550	1.535	1.388	1.462				
14	1310	2.294	2.221	2.258	38	1310	2.243	2.184	2.214				
	1550	1.413	1.279	1.346		1310	1.322	1.195	1.259				
15	1310	2.683	2.583	2.633	39	1310	2.398	2.334	2.366				
	1550	1.691	1.589	1.630		1550	1.421	1.288	1.354				
16	1310	2.320	2.261	2.291	40	1310	2.246	2.595	2.421				
	1550	1.457	1.353	1.405		1310	2.288	1.533	1.411				
17	1310	2.420	2.153	2.287	41	1310	2.345	2.195	2.270				
	1550	1.574	1.248	1.411		1310	1.398	1.248	1.323				
18	1310	2.487	2.548	2.518	42	1310	2.453	2.356	2.405				
	1550	1.563	1.565	1.564		1310	1.450	1.319	1.385				
19	1310	2.297	2.143	2.220	43	1310	2.408	2.042	2.225				
	1550	1.400	1.198	1.299		1310	1.477	1.082	1.280				
20	1310	2.295	2.197	2.246		1310	2.301	2.254	2.278				
	1550	1.367	1.300	1.334		1310	1.344	1.249	1.296				
21	1310	2.331	2.352	2.342		1310	2.308	2.179	2.244				
	1550	1.727	1.689	1.708		1310	1.379	1.183	1.281				
22	1310	2.398	2.512	2.455		1310	2.242	1.511	1.877				
	1550	1.365	1.470	1.418		1310	1.342	2.508	1.925				
23	1310	2.284	2.123	2.204		1310	2.195	2.404	2.300				
	1550	1.479	1.333	1.406		1310	1.196	1.399	1.298				
24	1310	2.448	2.383	2.406		1310	1.546	1.427	1.487				
	1550	1.571	1.507	1.539		1310	2.578	2.528	2.553				

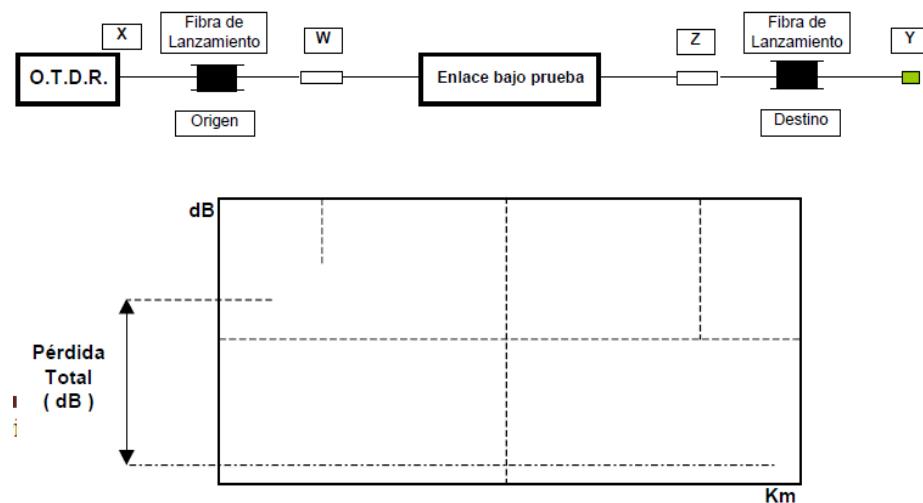
Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

C. Medición de atenuación direccional de la fibra óptica. El método para medir la atenuación de todas las fibras ópticas debe ser en un solo sentido utilizando las ondas de 1310 y 1550 nm. El procedimiento es el siguiente:

- La atenuación de dos conexiones, A y B, está incluida en esta medición, la cual corresponde al presupuesto de pérdida del enlace.
- La pérdida OD equivale al presupuesto total de pérdida.
- Si colocas los cursores 1 y 2 antes de la conexión A y después del conector B, respectivamente, obtendrás el valor de la pérdida en una dirección.
- Debes ajustar el ancho de pulso y el número de promedios según la longitud de la conexión.
- Para minimizar el ruido, utiliza un número adecuado de promedios.

Figura 88

Diagrama de Pruebas MABE



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Figura 89

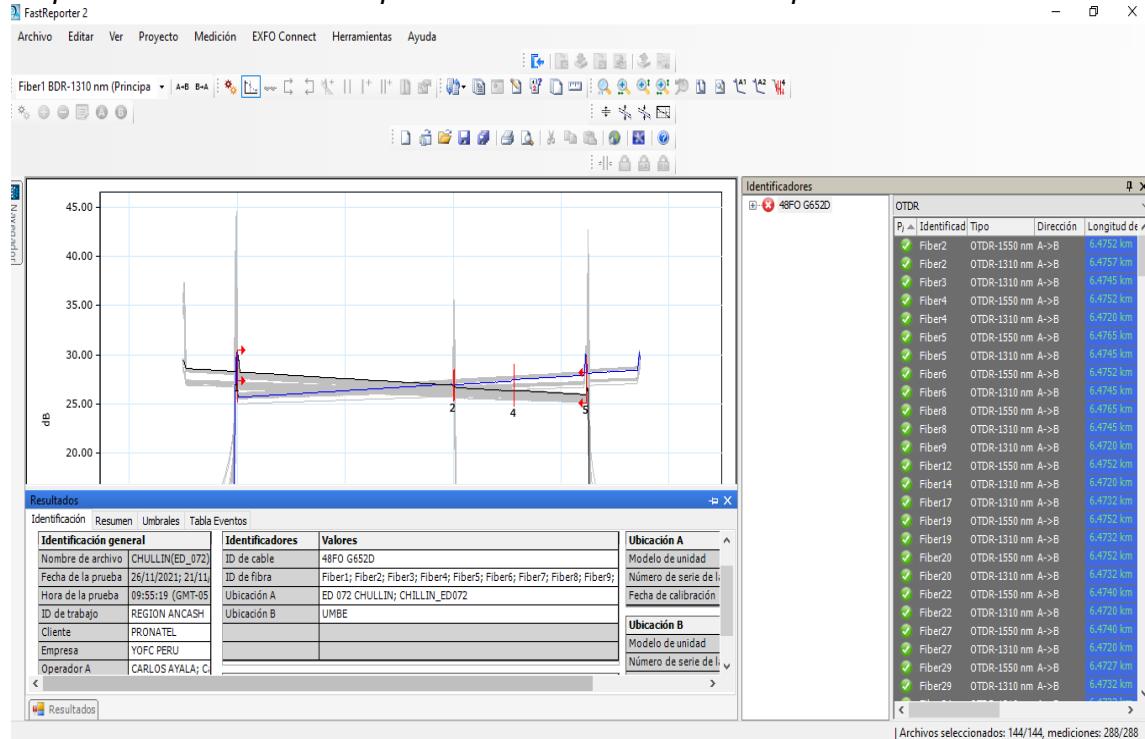
Las pruebas MABE realizado en el trayecto de fibra óptica utilizados en el distrito de Sicsibamba.

Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

En estos procesos de validación de las pruebas reflectométricas de los hilos, se ha utilizado el software FastReport, con el que podemos medir las características del envío de la señal, atenuaciones, distancias, etc.

Figura 90

Las pruebas software FastReport con hilos de la red de transporte.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Se muestra que el mismo software nos arroja por cada hilo los parámetros que cumplen la disposición solicitada por Pronatel.

- Máxima atenuación por kilómetro en 0.35 db/Km, para 1310 nm.
- Máxima atenuación por kilómetro en 0.20 db/Km, para 1550 nm.
- Atenuación máxima d empalme: 0.1 dB.
- Perdida de inserción (dB): ≤ 0.3 dB (Típico), ≤0.5 dB (Max).

Figura 91

Lista de pruebas software FastReport con hilos de la red de transporte.

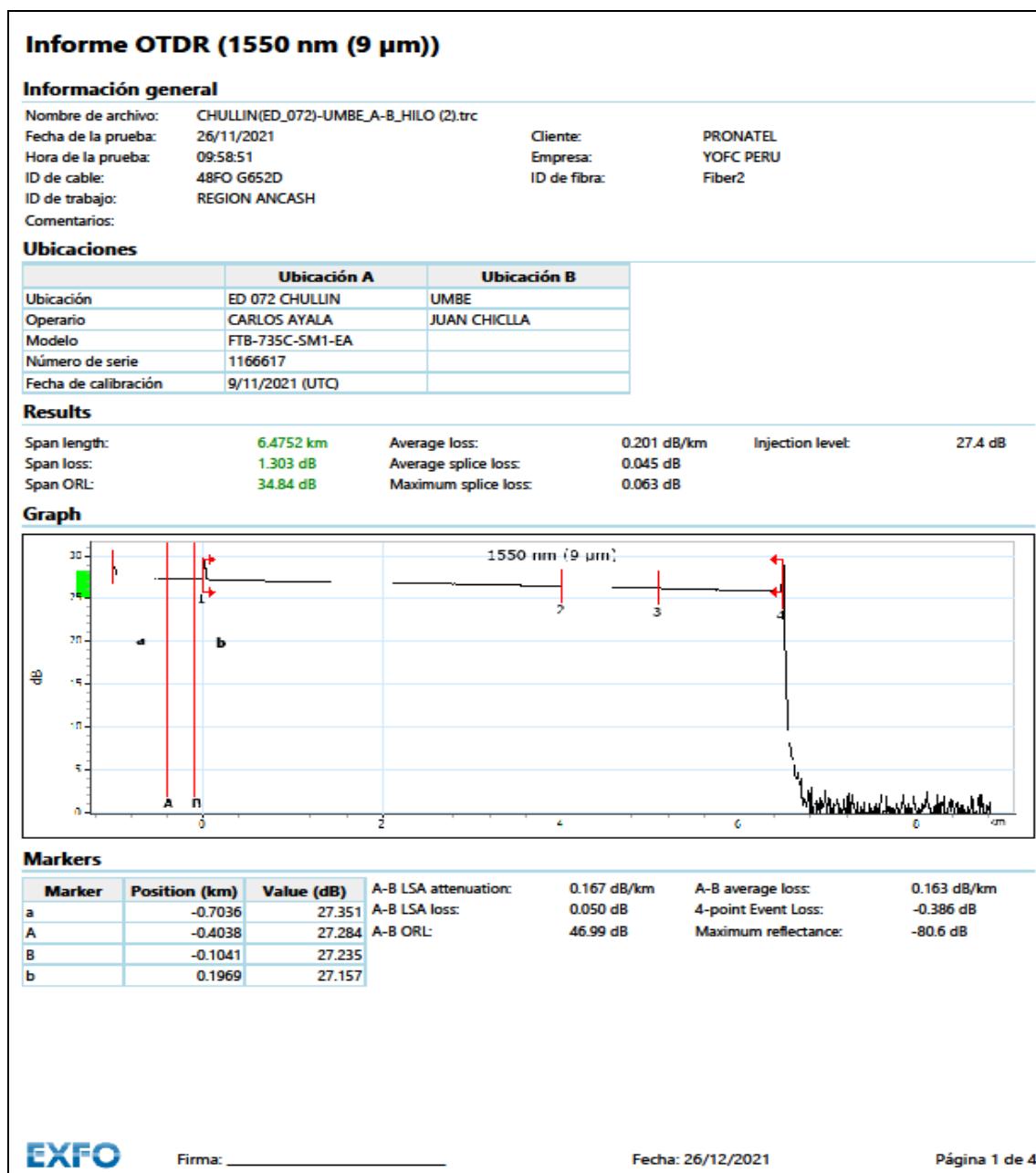
Identificadores	P/F	λ	Dir.	Evento (96/192)		Sección (96/192)		Evento 1 (192/192)		Sección (192/192)		Evento 2 (191/192)			
				Nivel de emisión		Reflectivo		4.0119 km		4.0119 km					
				-1.0080 km		0.0000 km		4.0119 km		4.0119 km					
				Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Pérdida (dB)	Aten. (dB/km)	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	Pérdida (dB)	Aten. (dB/km)	Tipo	Pérdida (dB)	Refl. (dB)	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B										Reflectivo			
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.3	0.187	0.185	0.169	-59.3	0.720	0.180	Reflectivo	---	-58.6	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.7	0.323	0.322	0.260	-52.0	1.322	0.330	Reflectivo	---	-49.4	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.3	0.187	0.186	0.186	-59.2	0.720	0.180	Reflectivo	---	-58.5	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.7	0.324	0.322	0.066	-50.7	1.330	0.332	Reflectivo	---	-51.3	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.188	0.187	0.032	-58.4	0.739	0.185	Reflectivo	---	-56.3	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.324	0.322	0.056	-50.7	1.328	0.332	Reflectivo	---	-51.4	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.189	0.188	0.021	-58.3	0.734	0.183	Reflectivo	---	-55.4	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.325	0.322	0.178	-51.5	1.338	0.335	Reflectivo	---	-39.8	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.188	0.187	0.114	-58.7	0.740	0.185	Reflectivo	---	-50.0	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.7	0.324	0.322	0.212	-51.4	1.333	0.333	Reflectivo	---	-40.3	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.189	0.188	0.129	-58.6	0.741	0.185	Reflectivo	---	-48.2	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.324	0.321	0.105	-50.3	1.321	0.330	Reflectivo	---	-54.3	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.188	0.187	0.053	-57.9	0.737	0.184	Reflectivo	---	-61.5	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.324	0.321	0.204	-51.0	1.332	0.333	Reflectivo	---	-40.0	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.189	0.187	0.123	-58.3	0.743	0.186	Reflectivo	---	-50.4	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.324	0.322	0.107	-50.0	1.323	0.331	Reflectivo	---	-55.4	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.189	0.187	0.056	-57.7	0.737	0.184	Reflectivo	---	-62.0	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.323	0.321	0.180	-51.5	1.333	0.333	Reflectivo	---	-39.8	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.186	0.185	0.111	-58.6	0.738	0.184	Reflectivo	---	-47.6	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.324	0.321	0.101	-50.2	1.323	0.331	Reflectivo	---	-55.7	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.186	0.185	0.054	-57.8	0.734	0.183	Reflectivo	---	-62.1	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.324	0.322	0.193	-51.1	1.329	0.332	Reflectivo	---	-40.2	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.187	0.185	0.119	-58.4	0.743	0.186	Reflectivo	---	-50.1	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.325	0.323	0.124	-50.8	1.324	0.331	Reflectivo	---	-56.0	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.186	0.185	0.071	-58.3	0.734	0.183	Reflectivo	---	-61.7	
48FO G652D; HILO: ✓	1310	A->B		---	-28.8	0.325	0.324	0.176	-50.9	1.330	0.332	Reflectivo	---	-40.0	
48FO G652D; HILO: ✓	1550	A->B		---	-39.4	0.187	0.186	0.101	-58.2	0.739	0.185	Reflectivo	---	-48.0	

Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

Mostraremos una media en formato PDF de una medida tomada a un hilo de los 48 hilos existentes, para este caso las medidas tienden a arrojar valores similares ya que se miden del mismo lugar y en la mayoría tienen el mismo punto final.

Figura 92

Se muestra la prueba reflectometría del hilo 2 de la red de transporte en Sicsibamba.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de procedimientos e implementación).

D. Respecto a las medidas tomadas a los equipos de las instituciones abonadas, se tomaron las pruebas de conectividad. Se verificó midiendo el tiempo de viaje de la señal entre los nodos que conectan el cable óptico, del mismo modo la cantidad de paquetes perdidos y las velocidades que se obtuvieron de los equipos tanto en la subida y bajada de información en unos equipos de prueba, tener presente que los accesos se encuentran en proceso de despliegue por ende se utiliza equipos de prueba en el nodo, esto se muestra en la tabla 28.

Tabla 28

Mediciones de equipos abonados.

Prueba	Resultado	Umbral (máximo retardo)
Retardo	< 0.015ms	150ms
Prueba	Resultado	Umbral (jitter máximo)
Latencia	< 0.015ms	150ms
Prueba	Resultado	Umbral (tasa máxima de pérdidas)
Perdida de paquete	0	$2 \cdot 10^{-3}$
Medición	Velocidad dt bajada (Kbps)	Velocidad de subida (Kbps)
1	811	199
2	815	203
3	821	196
4	810	197
5	826	202
6	803	200
7	813	198
8	823	199
9	816	196
10	827	185
11	831	198
12	826	199
13	815	198
14	810	203
15	822	205
16	828	206
17	815	202
18	817	199
19	825	201
20	829	204
21	822	212
22	808	207
23	813	207
24	814	212
Promedio de las mediciones	818	201
Desviación estándar de las mediciones	76	5.4

- Para garantizar una calidad de señal buena, todas las instituciones que proporcionan cobertura radioeléctrica deben seguir los valores de RSSI recomendados debe ser de al menos -70 dBm. Todas las instituciones públicas (excluyendo las instituciones abonadas obligatoriamente) deben proporcionar cobertura radioeléctrica de acuerdo con los valores de RSSI recomendados debe ser -80 dBm o más.
- En cada ubicación dentro de la localidad beneficiaria, la cobertura de señal radioeléctrica necesaria debe cumplir con los estándares establecidos por el fabricante del equipo para la última milla con un valor de referencia superior a -80 dBm.

E. Certificaciones de los equipos utilizados. Se muestra el certificado de la calibración del OTDR utilizado para las mediciones reflectométricas.

Figura 93

Certificado de OTDR.

 TELMARK <small>TELECOMUNICACIONES</small> EXFO <small>TEST EQUIPMENT</small>		Telmark Peru SAC Plaza 27 de Noviembre 450 San Isidro Lima - Peru	1 of 3
CALIBRATION CERTIFICATE			
Customer:	CICSA PERU S.A.C		
Address:	AV. LA UNIVERSIDAD 3055 LA MOLINA - LIMA		
Serial Number:	1166617	Model:	FTB-735C-SM1-EA
Description:	Optical Time Domain Reflectometer		Calibration date: 2021-11-09
Calibration location:	Lima		
Comments:	No AS FOUND measurements were performed.		
As found			
<input type="checkbox"/> New unit (initial calibration) <input type="checkbox"/> Within specifications (i) <input type="checkbox"/> Within specifications* (ii) <input type="checkbox"/> Outside specifications* (iii) <input type="checkbox"/> Outside specifications (iv) <input checked="" type="checkbox"/> Defective operation			
<small>*See results page for details on "As found" status</small>			
Action taken			
<input type="checkbox"/> No adjustment was made <input type="checkbox"/> Adjustments were made <input checked="" type="checkbox"/> Repair was performed			
As left			
<input checked="" type="checkbox"/> Within specifications (i) <input type="checkbox"/> Within specifications* (ii) <input type="checkbox"/> Outside specifications* (iii) <input type="checkbox"/> Outside specifications (iv)			
Calibration conditions			
Fiber connector	FC/APC		
Fiber type	9/125 μm , N.A. = 0.13 (except 850 nm/1300 nm: 62.5/125 μm , N.A. = 0.27),		
Relative humidity	50 % \pm 10 %		
Temperature	23 °C \pm 1 °C		
Standards used to establish traceability			
Description	Serial number	Calibration date	Calibration validity
GP-121392: 2.3 km Singlemode Distance Reference Std	LRF2016.06	2016-10-27	Indefinite
Optical ports are always cleaned before calibration. EXFO certifies that the unit has been calibrated using standards traceable to a national metrology institute(NIST, NPL, NRC, METAS or other), national laboratory in the UK, NRC is the National Research Council in Canada and METAS is the Swiss Federal Office for Metrology. All uncertainties are reported with a level of confidence of 95 %. Calibration is based on the ISO/IEC 17025 standard. The certificate shall not be reproduced, except in full, without the written approval of EXFO.			
 Manuela Ito Tosa Operador de Calibración		 09 NOV. 2021 <small>FORMATO DE SERVICIO DE CERTIFICADO</small>	
		2021-11-09 Date	

Nota: fuente Elaborado por la empresa TELMARK (documento de calibración de equipos).

Se muestra el certificado de la fibra utilizada.

Figura 94

Certificado de fibra óptica.



Nota: fuente Elaborado por la empresa YOFC (documento de certificación de FO).

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

Aquí, este capítulo muestra si se han alcanzado o no los objetivos particulares teniendo en cuenta las métricas e indicadores de éxito que se establecieron en el párrafo 1.3.3.

4.1 Cumplimiento del primer objetivo específico

El primer objetivo específico definido para el presente proyecto es "Dimensionar e implementar la red de transporte de fibra óptica partiendo del nodo de agregación la cual se sitúa en la provincia de Sihuas, en la región Áncash, hasta el distrito de Sicsibamba", el cual tiene tres indicadores de logro.

El primer indicador de logro es Diseño del tendido de Fibra Óptica para implementar la red de transporte. Se elaboró la selección de la ruta en función de las características geográficas del terreno, las condiciones climáticas, el tipo de infraestructura existente en el sector. Luego se elaboraron los planos de ruta de la fibra que llega al distrito de Sicsibamba, la cual se muestra en la figura 64.

El segundo indicador de logro es elaborar las especificaciones técnicas de la Fibra Óptica basado en la norma ITU-T. En base a los estudios de campo realizados el tipo de infraestructura de telecomunicaciones a implementar debe cumplir las especificaciones técnicas mostradas en el numeral 3.2.4.

El tercer indicador es Implementación del tendido de Fibra en el distrito de Sicsibamba, cumpliendo los parámetros de atenuación mínima requerida por tramo implementado. Esto se evidencia en el apartado pruebas de campo en el numeral 3.4.4.

Tabla 29**Parámetros de atenuación.**

Máxima atenuación por kilómetro en 0.35 db/Km, para 1310nm.

Máxima atenuación por kilómetro en 0.20 db/Km, para 1510nm.

Atenuación máxima por empalme: 0.1 dB.

Perdida de inserción (dB): ≤ 0.3 dB (Típico), ≤0.5 dB (Max).

En función de los resultados descritos, concluimos que se ha cumplido al 100% los tres indicadores de logro definidos para el primer objetivo específico.

4.2 Cumplimiento del segundo objetivo específico

El segundo objetivo específico definido para el presente proyecto es " Diseñar e implementar un nodo de distribución ubicado en el distrito de Sicsibamba región Áncash ", el cual tiene dos indicadores de logro.

El primer indicador de logro es el diagrama del diseño del espacio físico y acondicionamiento eléctrico, bajo la norma E.30 y EM 20 del Reglamento Nacional de Edificaciones para diseño sismo resistente y el diagrama del diseño del tendido de Fibra Óptica para implementar la red de acceso. Respecto al diseño de los nodos esto se muestra en los planos del diseño de infraestructura civil mostradas en el numeral 3.3.1, de la misma manera el diagrama de la red se desprende de los puntos tomados en campo mostrados en el punto 3.2.2, la cual hace mención a la selección de la elaboración de la ruta y respecto a esos puntos tomados se elabora el plano mostrado en el punto 3.2.3.

El segundo indicador de logro es Conectividad desde el nodo de distribución al nodo de agregación, con una atenuación menor a lo establecido. Cumpliendo los parámetros de atenuación mínima requerida por tramo implementado, esto se evidencia en el apartado pruebas de campo en el numeral 3.4.4.

En función de los resultados descritos, concluimos que se ha cumplido al 100% los dos indicadores de logro definidos para el primer objetivo específico.

4.3 Cumplimiento del tercer objetivo específico

El objetivo planteado es “Diseñar e implementar la red de acceso de las instituciones públicas ubicadas en el distrito de Sicsibamba”. El cual tiene tres indicadores de logro, estos tres indicadores se miden respecto a la recepción de la señal de los equipos, estos tres parámetros son cumplidos respecto a las muestras tomadas en la tabla 3.16, la cual valida los puntos de recepción planteados en el tercer objetivo específico.

En función de los resultados descritos, concluimos que se ha cumplido al 100% los tres indicadores de logro definidos para el primer objetivo específico

Conclusiones

Después de concluir el proyecto se formularon las siguientes conclusiones:

- El diseño, construcción y operación de la red de fibra óptica se derivaron todos del Contrato de Financiamiento "Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de la Región Áncash".
- El diseño e implementación del nodo de distribución y accesos fue desarrollado cumpliendo la norma E.30 y E.20 del reglamento nacional de edificaciones. Esto teniendo la aprobación de Pronatel, garantizando y certificando el nivel estructural de las edificaciones construidas.
- Tener en cuenta que los accesos al abonado todavía están en proceso de ejecución.
- El proyecto desarrollado beneficiará al distrito y ofrecerá mayores oportunidades de interconexión en telecomunicaciones, como también el desarrollo de mayores oportunidades de crecimiento social.

Recomendaciones

El presente trabajo nos permite brindar las siguientes recomendaciones:

- El gobierno debe ejecutar planes de concientización a las poblaciones rurales, mostrar los beneficios y pruebas realizadas a estos tipos de proyectos debido a que el desconocimiento de la población dificulta el proceso de implementación.
- Usar la banda de 700Mhz. Esta banda tiene menores pérdidas de penetración y propagación.
- Con el tiempo, ampliar las redes de transporte y acceso a nivel de todos los proyectos regionales, ya que aún sigue habiendo sectores rurales que no están siendo parte del proyecto.
- Para obtener mejores niveles de señal de internet en LTE como throughput y latencia, priorizar la implementación de estaciones base muy cerca de los centros poblados.

Referencias bibliográficas

- Bará, L. (2002), *Ondas Electromagnéticas en comunicaciones*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36205/9788498802405.pdf>
- Booth, J. (2019). Fiber Optic Telecommunications Networks: Lit Fiber Services, editorial Independently published.
- https://www.google.com.pe/books/edition/Fiber_Optic_Telecommunications_Netw_orks/itpdxQEACAAJ?hl=es
- Cabezas, A. F. y Pinto García R. A. (2014). *Sistemas de Comunicaciones Ópticas*. Universidad militar de Nueva Granada. https://es.slideshare.net/itorresrafael/com_opticas-v2014-03-28-pdf
- Congora H. A. y Ilizalde O. R. (2018) *Aplicación del diseño de una red Lan para mejorar la disponibilidad de información de la infraestructura de comunicación en la municipalidad distrital Daniel Hernández* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/c293c91a-d16f-40e7-87a7-5cf9c9ac5c70>
- Crawford, S. (2019). *Fiber: The Coming Tech Revolution--And Why America Might Miss It*. Yale University Press. https://www.amazon.com/Fiber-Coming-Revolution_and_America-Might/dp/0300228503
- Cresto, D. (2022). *Telecommunication Networks: Operations, Installation And Commissioning*, editorial Independently published.
- <https://www.amazon.com/Telecommunication-Networks-Operations-Installation-Commissioning/dp/B0B755QSKQ>
- Elion, G. R. y Elion, H. A.A. (2019). “*Fiber Optics in Communications Systems*”. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003065203>

Gómez, P. (2012). *Las ecuaciones de Maxwell*, Creative Commons.

<https://archive.org/details/2012LasEcuacionesDeMaxwell>

Grazzini, H. O. (2021). *Fibras ópticas: Conceptos teóricos y aplicaciones prácticas (Comunicación telecomunicación / Sistemas y teoria)*. Universidad de Córdova.

<https://www.amazon.com/-/es/Hugo-Omar-Grazzini-ebook/dp/B091D6Y33X>

Hayes J. (2022). *The Fiber Optic Association Guide to Fiber Broadband: How Fiber Optics Revolutionized Communications and Made Broadband Possible* (FOA Reference Textbooks on Fiber Optics, editorial Independently published.

<https://www.amazon.com/Fiber-Optic-Association-Guide-Broadband/dp/B0BHMRXVHR>

Hecht, J. (2022). *Instructor's Manual for Understsanding Fiber Optics 5th edition*, editorial Independently published. <https://www.amazon.com/Instructors-Manual-Understsanding-Fiber-Optics/dp/B0B8BPCH21>

Herrera O. R. (2018) *Diseño de una red satelital de banda ancha para las comunidades de los distritos de la provincia de Morropón-Piura* [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Piura].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_3a5b5a8d787649bdbdc6edca9246a7a5

Hui, R. y O'Sullivan, M. (2022). *Fiber-Optic Measurement Techniques*. Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123738653/fiber-optic-measurement-techniques>

Janampa H. J.(2019) *Diseño de una red de fibra óptica para implementar el servicio de banda ancha para Andina Perú cable E.I.R.L. en la ciudad de Cerro de Pasco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1791>

Jiménez Sáez, J. C. (2023). *Física II. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio*. https://moodle.upm.es/ocw/pluginfile.php/329/mod_label/intro/tema-10.-ondas-electromagneticas.pdf

Kakani, S.L. (2019). *Optical Fiber Communications*. CBS Publishers & Distributors Pvt Ltd.

https://www.google.com.pe/books/edition/Optical_Fiber_Communications/6fjzxwEACAAJ?hl=es

Musa, S. M. (2020). *Optics: An Introduction*. Mercury Learning and Information.

<https://www.amazon.com/Optics-Introduction-Sarhan-M-Musa-ebook/dp/B087D7LPSD>

Pearson, E. R. (2016). *Reco Professional Fiber Optic Installation, v. 10: The Essentials For Success*. Createspace Independent Publishing Platform.

<https://www.amazon.com/Professional-Fiber-Optic-Installation-v-10/dp/1541175069>

Red dot publications. (2017). *Fiber optics fundamentals*. Independently published.

<https://www.amazon.com/FIBER-OPTICS-FUNDAMENTALS-RED-PUBLICATIONS/dp/1973493616>

Thiel, K. N. (2022). *Fiber Optics Field: Equipment And Tools For Fiber Communication*.

Independently published. <https://books.apple.com/us/book/fiber-optics-field-equipment-and-tools-for-fiber/id6443180390>

Tucker, B. (2017). *Optical Fibre Technology: Advances and Applications*. Murphy & Moore Publishing.

https://www.google.com.pe/books/edition/Optical_Fibre_Technology_Advances_and_Ap/ny-yzgEACAAJ?hl=es

Waldvogel, A. (2022). *Telecommunication: Planning, Engineering And Network Management*. Independently published. <https://www.amazon.com/-/es/Alyson-Waldvogel/dp/B0B6XN1RDY>

Wangsness L. (1997). Campos electromagnéticos. Limusa.
https://www.google.com.pe/books/edition/Campos_electromagn%C3%A9ticos/EHcunwEACAAJ?hl=es