



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRÉS

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS
PARA LA FORMULACIÓN DE UN PROYECTO DE
TELECOMUNICACIONES RURALES: REDES ÓPTICAS Y VSAT**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADA POR

MERY ISABEL CRUZ GUERRERO

LIMA – PERÚ

2010

DEDICATORIA:

A mis padres, por su apoyo, confianza y comprensión en todo momento, sin ellos no podría haber superado mis objetivos.

A mis hermanos, quienes son para mí ejemplos de superación personal.

Y a mis seres queridos que dejaron de existir pero me dejaron muchas enseñanzas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, quien hizo posible mi existencia y con sus sabias enseñanzas puedo avanzar cada día sin temor a lo que pase, pues siempre está a mi lado dándome fuerzas para vencer todo aquello que se presente.

Al Dr. Guillermo Kemper Vásquez, por asesorar este trabajo, así como brindar los aportes necesarios para el correcto planteamiento del mismo.

Al FITEL, en donde comencé mi incursión en el mundo de las telecomunicaciones rurales, y aprendí todo aquello que demuestro en la presente tesis.

Finalmente, a todas aquellas personas, familiares y amigos que me brindaron su apoyo, tiempo e información para el logro de mis objetivos.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1	Proyectos de Telecomunicaciones en Zonas Rurales	7
1.2	Estudio de Factibilidad	8
1.3	Organismos que Promueven el Desarrollo de Servicios de Telecomunicaciones en Zonas Rurales	9
1.4	Tecnologías y Medios de Comunicación usados en Zonas Rurales	14
1.5	Conceptos Económicos	29

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1	Procedimiento Empleado en la Elaboración del Proyecto	36
2.1.1	Criterios de Diseño de un Sistema de Comunicaciones Rurales	39
2.1.2	Herramientas de simulación	42

2.1.3	Aspecto Tecnológico	44
2.1.4	Aspecto Económico	45
2.1.5	Aspecto Normativo	47
2.2	Desarrollo del Proyecto	48
2.2.1	Diseño de la Infraestructura de Red a Implementar	48
2.2.2	Análisis Económico de Soluciones Propuestas para un Sistema de Comunicaciones Rurales	110
2.2.3	Consideraciones Regulatorias para el Análisis de Soluciones propuestas	140
CAPÍTULO III. PRUEBAS Y RESULTADOS		
3.1	Análisis de las Tecnologías Propuestas	163
3.2	Descripción de la Solución Tecnológica: Fibra Óptica – Radio Enlaces Terrestre	164
3.2.1	Diseño de la Infraestructura de la red	169
3.2.2	Costos del Proyecto	209
3.3	Descripción de la Solución Tecnológica: Red VSAT	217
3.3.1	Topología de la Red	219
3.3.2	Costos del Proyecto-Alternativa 2	233
3.4	Resultados del Estudio y Análisis Comparativo de las Soluciones Propuestas en el Proyecto	240
3.4.1	Selección de la Alternativa mas Apropiada para la Implementación del Proyecto de Telecomunicación Rural	242
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y APLICACIONES		
4.1	Discusión	245
4.2	Aplicaciones	248

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Conclusiones	249
5.2 Recomendaciones	252
GLOSARIO	254
FUENTES DE INFORMACIÓN	257
ANEXOS	259

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1: Interconexión de una Central de Conmutación Local.	15
Figura N° 1.2: Interconexión de una Tecnología Wireles.	17
Figura N° 1.3: Arquitectura de la Tecnología Satelital.	18
Figura N° 1.4: Esquema de Red Óptica.	20
Figura N° 1.5: Esquema de Red PLC.	22
Figura N° 1.6: Esquema de Red VHF	23
Figura N° 1.7: Esquema de Red CDMA 450	24
Figura N° 1.8: Esquema de un Sistema de Bucle Local Inalámbrico	25
Figura N° 1.9: Esquema de una Red VSAT Estrella	27
Figura N° 1.10: Esquema de una Red basada en VoIP.	29
Figura N° 2.1: Esquema del Procedimiento Empleado en la Elaboración del Proyecto	38
Figura N° 2.2: Evaluación de Enlace y Perfil Geográfico de Zona de Trabajo	42
Figura N° 2.3: Ventana de Trabajo en ArcView.	43
Figura N° 2.4: Esquema del Diseño de Infraestructura de la Red a Implementar.	49
Figura N° 2.5: Distribución de una Red Óptica	51
Figura N° 2.6: Esquema de Diseño de una Red de Fibra Óptica.	52

Figura N° 2.7: Instalación Aérea de Fibra Óptica	55
Figura N° 2.8: Cable de Fibra Óptica Tipo ADSS	61
Figura N° 2.9: Tipos de Caja de Empalme	64
Figura N° 2.10: Suspensión de Cable de Fibra Óptica	65
Figura N° 2.11: Tipos de Amortiguadores de Viento	66
Figura N° 2.12: Supresor de Efecto Corona	67
Figura N° 2.13: Esquema de Diseño de una Red PLC.	68
Figura N° 2.14: Panorama Estandarizado del PLC	70
Figura N° 2.15: Equipos de la Red PLC.	72
Figura N° 2.16: Acople Inductivo.	73
Figura N° 2.17: Esquema de Mediciones de Interferencia.	75
Figura N° 2.18: Diseño de la Red WiFi	76
Figura N° 2.19: Tipos de Estaciones en una Red WIFI.	77
Figura N° 2.20: Estación Repetidora	78
Figura N° 2.21: Estación Cliente	85
Figura N° 2.22: Conexión de una Antena con Cable Coaxial Acabado en Conector RP-TNC Macho	87
Figura N° 2.23: Conexiones en un ATA	88
Figura N° 2.24: Estación de Interconexión	89
Figura N° 2.25: Esquema de Diseño de la Red VSAT.	91
Figura N° 2.26: Arquitectura de una Estación VSAT	94
Figura N° 2.27: Arquitectura de una Estación HUB	96
Figura N°2.28: Apuntamiento de la Antena	99
Figura N° 2.29: Esquema de Sistema de Energía Eléctrica	102
Figura N° 2.30: Sistema Fotovoltaico	104
Figura N° 2.31: Equipos UPS	105
Figura N° 2.32: Pozo Puesta a Tierra	106
Figura N° 2.33: Protector de Línea Instalado en Barra Máster	107
Figura N° 2.34: Ejemplo de Arquitectura de Gestión de Red	108
Figura N° 2.35: Equipo Relacionado al NOC	109

Figura N° 2.36: Esquema de Análisis Económico de Soluciones Propuestas para un Sistema de Comunicaciones Rurales	112
Figura N° 2.37: Esquema de Consideraciones Regulatorias para el Análisis de Soluciones Propuestas.	141
Figura N° 3.1: Tendida de Fibra Óptica	165
Figura N° 3.2: Topología de Red del Proyecto de la Alternativa 1.	168
Figura N° 3.3: Topología Física del <i>Backbone</i> de Fibra Óptica del Proyecto	171
Figura N° 3.4: Fibra Óptica ADSS	187
Figura N° 3.5: <i>Acces Point</i>	201
Figura N° 3.6: Antena Sectorial	201
Figura N° 3.7: <i>Splitter</i>	202
Figura N° 3.8: Antena Panel	202
Figura N° 3.9: <i>Pigtails</i>	203
Figura N° 3.10: Cable coaxial	203
Figura N° 3.11: Enrutador Inalámbrico	204
Figura N° 3.12: ATA	204
Figura N° 3.13: Implementación de un Sistema de Energía	205
Figura N° 3.14: Implementación de un Sistema de Protección Eléctrica	207
Figura N° 3.15: Ubicación de Estaciones VSAT	218
Figura N° 3.16: Topología de la Red del Proyecto	220
Figura N° 3.17: Avance del Proyecto Cobertura Universal Sur al 31 de Agosto de 2009.	243
Figura N° 3.19: Avance del Proyecto Cobertura Universal Sur al 22 de Febrero de 2010.	244

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº2. 1: Parámetros de las Rutas de Cables de Fibra Óptica	55
Tabla Nº 2.2: Especificaciones de Transmisor y Receptor Óptico	58
Tabla Nº 2.3: Cálculo de la Cantidad de Fibras Ópticas	60
Tabla Nº 2.4: Requerimientos en una Unidad de Distribución	62
Tabla Nº 2.5: Características Técnicas Necesarias en el Equipamiento de una Antena	82
Tabla Nº 2.6: Margen de Desvanecimiento en Función de la Distancia	83
Tabla Nº 2.7: Análisis Comparativo entre la Elección de la Banda C y la Banda Ku	92
Tabla Nº 2.8: Proyección de la Población de Referencia	126
Tabla Nº 2.9: Cálculo de la Demanda de los Servicios de Telefonía Pública	128
Tabla Nº 2.10: Cálculo de la Demanda de los Servicios de Telefonía Residencial	129
Tabla Nº 2.11: Cálculo de la Demanda del Servicio de Internet	130
Tabla Nº 2.12: Densidad del Servicio de Telefonía Pública	132
Tabla Nº 2.13: Líneas Instaladas y en Servicio de Telefonía Fija por Empresas a Nivel Nacional	134

Tabla N° 2.14: Suscriptores a Internet Según Modalidad de Acceso	136
Tabla N° 2.15: Comparativa entre Sistemas y Bandas de Frecuencias Exceptuadas de Licencia.	153
Tabla N° 2.16: Tarifas Máximas entre el Servicio Rural y el Fijo	162
Tabla N° 3.1: Tramos de Empresas Eléctricas donde se Implementará Fibra Óptica.	166
Tabla N° 3.2: Nodos de Interconexión con Otras Redes de Fibra Óptica	169
Tabla N° 3.3: Nodos de Interconexión a Central Telefónica de Interconexión Regional	170
Tabla N° 3.4: Nodos Primarios	170
Tabla N° 3.5: Nodos de Acceso	170
Tabla N° 3.6: Estándares y Códigos de Referencia.	172
Tabla N° 3.7: Enlace NP Cabracancha – NP Yanabamba	174
Tabla N° 3.8: Enlace NP Yanabamba – NP Jantacca	174
Tabla N° 17: Enlace NP Jantacca – NP Pampachiri	174
Tabla N° 3.10: Enlace NP Pampachiri – NP Huacaña	175
Tabla N° 3.11: Enlace NP Huacaña – NP San Juan de Utec	175
Tabla N° 3.12: Enlace NP San Juan de Utec – NP Vista Alegre	175
Tabla N° 3.13: Enlace NP Vista Alegre-Nodo de Conexión a Otra Red de Fibra Óptica – Ica	175
Tabla N° 3.14: Nodo Acceso Pacus – Huancavelica	176
Tabla N° 3.15: Nodo Acceso Oxapata – Huancavelica	176
Tabla N° 3.16: Nodo Acceso Ccarapata – Huancavelica	176
Tabla N° 3.17: Nodo Acceso Ucupa – Ayacucho	177
Tabla N° 3.18: Nodo Acceso Santa Bárbara – Ayacucho	177
Tabla N° 3.19: Nodo Acceso La Merced – Huancavelica	177
Tabla N° 3.20: Nodo Acceso Tintay – Ayacucho	178
Tabla N° 3.21: Nodo Acceso Cochapata – Ayacucho	178
Tabla N° 3.22: Condiciones Climatológicas	178
Tabla N° 3.23: Cálculos de Atenuación de los Enlaces de Fibra Óptica	

para la Red de transporte	180
Tabla N° 3.24: Cálculos de Atenuación de los Enlaces de Fibra Óptica para la Red de acceso.	181
Tabla N° 3.25: Cantidad de Fibras Ópticas para la Red de Transporte	185
Tabla N° 3.26: Cantidad de Fibras Ópticas para la Red de Acceso	185
Tabla N° 3.29: Cálculos de la Longitud de Cables de Fibra Óptica para la Red de transporte	189
Tabla N° 3.30: Cálculos de la Longitud de Cables de Fibra Óptica para la Red de acceso	189
Tabla N° 3.31: Características de una Unidad de Distribución de Fibra Óptica.	191
Tabla N° 3.32: Cálculos de la Cantidad de Empalmes de Cables de Fibra Óptica para la Red de transporte	192
Tabla N° 3.33: Cálculos de la Cantidad de Empalmes de Cables de Fibra Óptica para la Red de Acceso	193
Tabla N° 3.34: Cálculos de la Cantidad de Elementos de Retención y de Suspensión de Fibra Óptica para Red de Transporte	195
Tabla N° 3.35: Cálculos de la Cantidad de Elementos de Retención y de Suspensión de Fibra Óptica para la Red de Acceso	196
Tabla N° 3.36: Cálculo de la Cantidad de Amortiguadores de Viento para la Red de Transporte	197
Tabla N° 3.37: Cálculo de la Cantidad de Amortiguadores de Viento para la Red de Acceso	197
Tabla N° 3.38: Cálculo de la Cantidad de Supresores de Efecto Corona para la Red de Transporte	198
Tabla N° 3.39: Total de Estaciones Radioeléctricas	200
Tabla N° 3.40: Capacidad Requerida para Internet	208
Tabla N° 3.41: Servicio de telefonía inicial, al 5to año y 10mo año	209
Tabla N° 3.42: Servicio de Telefonía	209
Tabla N° 3.43: Inversión del Proyecto	212

Tabla N° 3.44: Costos de Inversión Total del Proyecto	212
Tabla N° 3.45: Costo de Inversión en Infraestructura	213
Tabla N° 3.46: Costo de Inversión en Desarrollo de Capacidades, Evaluación y Supervisión	214
Tabla N° 3.47: Costos Operativos y de Mantenimiento	215
Tabla N° 3.48: Gastos de Ventas y Administrativo	215
Tabla N° 3.49: Parámetros Empleados para el Cálculo del Segmento Satelital	231
Tabla N° 3.50: Capacidad Requerida para Telefonía, Internet y Servicios de Información	231
Tabla N° 3.51: Capacidad Requerida para Conexión desde el HUB a Internet	232
Tabla N° 3.52: Capacidad Requerida para el Servicio de Internet	232
Tabla N° 3.53: Capacidad Requerida para el Servicio de Telefonía	233
Tabla N° 3.54: Inversión del Proyecto – Alternativa 2	235
Tabla N° 3.55: Costos de Inversión Total del Proyecto – Alternativa 2	235
Tabla N° 3.56: Costo de Inversión en Infraestructura– Alternativa 2	236
Tabla N° 3.57: Costo de Inversión en Desarrollo de Capacidades, Evaluación y Supervisión	237
Tabla N° 3.58: Costos Operativos y de Mantenimiento– Alternativa 2	238
Tabla N° 3.59: Gastos de Ventas y Administrativo– Alternativa 2	238

RESUMEN

Este proyecto de tesis investiga y propone las bases metodológicas que permiten la implementación de un proyecto de telecomunicaciones en áreas rurales del país.

Se plantean dos alternativas tecnológicas a implementarse, con este propósito el proyecto recorre sistemáticamente los aspectos implicados: técnicos, económicos y legales, siendo datos relevantes para la toma de la mejor decisión.

Las propuestas han sido laboradas, a modo de ensayo, en los departamentos de Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, en las zonas más pobres y aisladas de la sierra andina, carentes de servicios básicos de telecomunicaciones, necesarios para su desarrollo social y cultural.

Los resultados obtenidos de tal análisis, servirán para la intervención del estado, dando continuidad a iniciativas anteriores de instalación de redes de telecomunicaciones innovadoras de bajo costo en zonas rurales del Perú.

Finalmente se presenta un análisis detallado, valorando los resultados obtenidos, unas propuestas de actuación para las próximas intervenciones y unas conclusiones sobre la asimilación de dichas propuestas tecnológicas, con ánimo de ser extensivas al resto de áreas rurales del Perú. Entre otras cosas, se concluye que es necesario desarrollar ciertas capacidades básicas, orientadas a mejorar la estructura y el funcionamiento del sistema de telecomunicaciones, y los conocimientos técnicos avanzados para ser aplicadas en dichas zonas rurales.

ABSTRACT

This thesis project investigates and proposes methodological bases that allow the implementation of a telecommunications project in rural areas of the country.

There are two alternative technologies to be implemented; by the way the project runs through issues systematically involved: technical, economic and legal, with data relevant to making the best decision.

The proposals have been worked, on a test basis in the departments of Ayacucho, Apurimac and Huancavelica, in the poorest and most isolated areas of the Andean highlands, lacking basic telecommunications services necessary to their social and cultural development.

The results of such analysis will be used for state intervention, a continuation of previous initiatives installation of telecommunications networks in innovative low-cost rural areas of Peru.

Finally, presents a detailed analysis, evaluating the results, proposals for future action statements and conclusions about the assimilation of such technological proposals, aiming to be extended to other rural areas of Peru. Among other things, concluded that it is necessary to develop certain basic skills, aimed at improving the structure and operation of telecommunications systems and advanced technical knowledge to be applied in these rural areas.

INTRODUCCIÓN

Las zonas rurales de los países en vías de desarrollo son el contexto vital de más de la mitad de la población mundial; sin embargo, es generalizada su casi total carencia de infraestructuras de servicios de telecomunicaciones. La pretensión de brindar a estas zonas de conectividad mediante la implementación de redes de voz y datos ha sido en los últimos años una preocupación mayor en las instituciones internacionales multilaterales de desarrollo, ya que en algunos casos se puede considerar el acceso a las telecomunicaciones como un servicio básico para el hombre, y en otros como una herramienta de gran importancia para el desarrollo y la promoción humana.

En el Perú, existen aproximadamente seis millones y medio de habitantes¹ que residen en zonas rurales, las que suelen ser las áreas más vulnerables del país, pues poseen una accidentada geografía de difícil acceso y niveles de vida extremadamente precarios; todo lo mencionado resulta poco atractivo para las empresas operadoras de telecomunicaciones, por lo que en muchas oportunidades se hace necesaria la intervención de organizaciones que buscan promover la expansión de las telecomunicaciones al interior del país.

Con el avance de la tecnología y la creciente demanda por más y mejores servicios han surgido diseños de soluciones tecnológicas que permiten llegar a estas zonas alejadas, y brindar servicios a los pobladores para satisfacer sus necesidades de comunicación. No obstante, a pesar de los avances observados en el desarrollo rural en el Perú, estos son aún insuficientes, en gran medida debido a la difícil realidad geográfica del territorio.

La implementación de servicios de telecomunicaciones en zonas rurales busca proveer soluciones a los problemas de comunicación y desarrollo de dichas zonas. Analizando la problemática de

¹ Datos según Censo Nacional 2007: XI de Población y VI de Vivienda.[18]

los pobladores y la dificultad de la geografía, se debería buscar la mejor alternativa tecnológica y económica para la solución a estos problemas.

Para poder implementar y brindar servicios de comunicación en zonas rurales del país, se tendrá que encontrar soluciones tecnológicas realmente apropiadas, factibles y sostenibles, y que puedan contrarrestar en gran parte, lo siguiente: la dificultad geográfica y la falta de vías de acceso, la inseguridad, la desigual distribución espacial de la población, la carencia de infraestructuras de telecomunicación, la mala calidad de la infraestructura de electrificación, la falta de alimentación eléctrica autónoma, la existencia de personal técnico no calificado para el mantenimiento y operación de estas tecnologías, los altos costos que implican las diferentes etapas de este tipo de proyectos y la incipiente capacidad contributiva de las poblaciones rurales.

Estos problemas hacen extraordinariamente complicada la toma de decisiones y limitan inevitablemente la amplitud que cabe esperar en la aplicación de las consideraciones generales sobre elección de tecnologías. Adicionalmente, se debe prever un nivel esperado de soporte futuro, las zonas rurales crecerán en demanda con el pasar de los años y la tecnología a implementarse deberá estar preparada para estos cambios.

El objetivo principal del proyecto es presentar un análisis de diseños de soluciones tecnológicas, que puedan ser desarrollados en los proyectos de inversión de telecomunicaciones para zonas rurales, de modo que se brinden servicios esenciales de comunicación e información con calidad. Mientras que los objetivos específicos, son contribuir a la superación de la pobreza mediante el mejoramiento del acceso de determinada población a los servicios de telecomunicaciones e internet, y compartir e incrementar la bibliografía existente sobre tecnologías apropiadas para zonas rurales, que además servirá como punto de partida para futuras actualizaciones conforme aumente la información disponible y mejoren las implementaciones estratégicas de los servicios.

Existen ciertos factores que limitan las comunicaciones rurales, como la dificultad geográfica, la falta de accesos y seguridad, la desigual distribución espacial de la población, el grado de educación de los pobladores, el poder adquisitivo de los pobladores, etc. Las características mencionadas ocasionan que la demanda por servicios de telecomunicación sea reducida y las inversiones necesarias muy altas, lo que frena el desarrollo de las telecomunicaciones en el Perú.

Los servicios de telecomunicaciones facilitan el acceso a la información y posibilitan la comunicación, es por eso que el acceso

a estos servicios es considerado un derecho humano y por lo tanto es deber del Estado garantizarlo, con ello se busca lograr que los pobladores de las zonas rurales puedan superar su dificultad para acceder a información útil para el desarrollo de actividades productivas. Para lograr ello, se necesita determinar las especificaciones de cualquier solución tecnológica que se pretenda aplicar de manera sostenible en entornos rurales del país.

La presente tesis muestra un análisis detallado del uso correcto de las tecnologías de redes en un proyecto de telecomunicaciones orientadas a las zonas rurales, para ello se ha analizado parte de la investigación realizada en el proyecto “COBERTURA UNIVERSAL SUR”, el cual se encuentra en etapa de formulación en el FITEL, tal como se muestra en el Anexo 1.

El desarrollo del proyecto se describe en el Capítulo III, se exponen conceptos y criterios que se debe tener en cuenta para poder implementar un sistema de comunicaciones rurales, el mismo que debe adecuar eficientemente el equipamiento (hardware y software) con el que se cuenta y considerar el costo de su implementación; por ende, se presenta un análisis económico del proyecto, en donde se cita a los elementos conformantes del CAPEX y OPEX, así como a las herramientas financieras

VAN y TIR, adicionalmente se muestran los análisis de demanda y oferta necesarios para cualquier tipo de tecnología a emplear en la zona rural elegida.

Finalmente, después de analizar la solución técnica, económica y normativa del proyecto, se opta por desarrollar las soluciones técnicas que más se adecuen a la zona.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Proyectos de Telecomunicaciones en Zonas Rurales

Los proyectos de telecomunicaciones en zonas rurales buscan dar soluciones a los problemas de comunicación y desarrollo, analizando la problemática de los pobladores y la dificultad de la geografía, buscando la mejor alternativa para la solución a estos problemas.

Con el acceso a la información y a las comunicaciones, se condiciona el crecimiento económico de una localidad, así como una fuente de bienestar para sus pobladores; sin acceso a la información, la pobreza de estas zonas no puede ser combatida postergando así su desarrollo.

1.2 Estudio de Factibilidad

Sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión, es decir, establecer si procede su estudio, desarrollo o implementación.

Los objetivos de este estudio de factibilidad son específicamente dos: auxiliar a una organización para el logro de sus objetivos y cubrir las metas con los recursos actuales, este último se llevó a cabo en las siguientes áreas.

a) Factibilidad Técnica

- Mejora del sistema actual.
- Disponibilidad de tecnología que satisfaga las necesidades.

b) Factibilidad Económica

- Tiempo del analista.
- Costo de estudio.
- Costo del tiempo del personal.
- Costo del tiempo.
- Costo del desarrollo / adquisición.

c) Factibilidad Operativa.

- Operación garantizada.
- Uso garantizado.

1.3 Organismos que Promueven el Desarrollo de Servicios de Telecomunicaciones en Zonas Rurales

Las empresas operadoras que brindan servicios de telecomunicaciones vienen experimentando en las últimas décadas gran desarrollo tecnológico y expansión a nivel mundial. En el Perú, la apertura del mercado de las telecomunicaciones en 1994 ha permitido a la fecha, el crecimiento de la cobertura de las telecomunicaciones en todo el país y a su vez un aumento en la demanda por los servicios de telecomunicaciones.

A continuación se menciona el aporte de las instituciones que promueven el desarrollo de las telecomunicaciones en las zonas rurales del país, estas son: El Fondo de Inversión en Telecomunicaciones, el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones

a) Fondo de Inversión en Telecomunicaciones - FITEL, organismo del Estado Peruano a través del cual se viene impulsando la expansión de las comunicaciones hacia las zonas mas alejadas del Perú, fomenta proyectos en el ámbito rural con el objetivo de minimizar la brecha digital y contribuir al mejoramiento del nivel de vida del poblador de las zonas rurales.

b) Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, define el área rural como el territorio integrado por centros poblados rurales siendo estos aquellos con menos de 100 viviendas contiguas o más de 100 viviendas dispersas o diseminadas. Además, se toman en cuenta las siguientes características:

- Por lo general menos de 3,000 habitantes (baja densidad poblacional).
- Servicios básicos e infraestructura inexistente o precaria, y deficiencia de energía.
- Geografía adversa para la instalación del servicio de telecomunicaciones.
- Población con bajo poder adquisitivo ubicada en áreas alejadas de los centros urbanos, cuya actividad primordial es la agricultura, ganadería, pesca o minería.

Los mecanismos competitivos de mercado no proveen los incentivos suficientes para que las empresas operadoras privadas atiendan demandas

de los usuarios en las zonas rurales; sin embargo, actualmente gracias al fomento que el Estado Peruano hace para la inversión privada en telecomunicaciones, en algunas de estas zonas rurales ya existen redes de voz y datos.

c) Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC [16], es otro organismo encargado de la promoción y desarrollo de las comunicaciones en el Perú, el cual tiene como uno de sus principales objetivos promover el desarrollo sostenible de los servicios de comunicaciones y el acceso universal a los mismos; y, dentro de sus múltiples funciones se encuentran las siguientes:

- Formula los planes nacionales de desarrollo y expansión de las telecomunicaciones.
- Fiscaliza y supervisa el cumplimiento del marco normativo.
- Otorga y reconoce derechos a las empresas de telecomunicaciones mediante autorizaciones, permisos, licencias y concesiones.
- Como lo menciona en su objetivo, este organismo propicia también que las empresas de telecomunicaciones se desarrollen y expandan brindando acceso universal a todo el territorio peruano, poniendo énfasis en las zonas rurales y de preferente interés social.

d) Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT, a través de sus comisiones de estudio realiza investigaciones sobre las comunicaciones en las diferentes partes del mundo y analiza con especial interés el caso de las zonas rurales. Como ejemplo cabe mencionar que la segunda Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT), celebrada en La Valetta, Malta, en marzo de 1998, señaló la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías con miras a atender las necesidades de los países en desarrollo y la meta propuesta era crear un nuevo marco para el desarrollo de las comunicaciones rurales mediante la búsqueda de nuevas tecnologías que tomen en cuenta el entorno social, las condiciones de vida y las necesidades de las naciones en vías de desarrollo.

Otra muestra del interés que pone este organismo internacional en las comunicaciones rurales es que en el año 2000, en el marco del Foro América, organizado por la UIT en Río de Janeiro-Brasil, se celebró una mesa redonda sobre comunicaciones rurales, establecida con el apoyo de un grupo de expertos y algunos miembros de la comisión de estudios de la UIT.

Los debates que se dieron en esta mesa redonda, aportaron una información valiosa sobre la rentabilidad de las telecomunicaciones rurales y remotas en los países de América Latina.

e) Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones - INICTEL [15], entidad estatal creada hace aproximadamente 33 años, promueve el desarrollo de las telecomunicaciones con especial interés en zonas rurales. Tiene a su cargo el desarrollo de programas de estudio y proyectos de interés social para la promoción y desarrollo de las telecomunicaciones en las zonas rurales, dentro de sus actuales proyectos se encuentran:

- Incuba Rural. Apoyo comunitario a través de asesorías para la creación de empresas en las zonas rurales, mejorando la producción agricultura y comercialización de productos de las comunidades rurales.
- Establecimientos Rurales de Tecnologías de la Información y de la Comunicación - ERTIC. El proyecto nació después de la primera y segunda fase del proyecto “Red de Bibliotecas Rurales de Huancavelica”, de 1999 y 2002 respectivamente, desarrolladas por la Biblioteca Nacional del Perú; ahora se plantea una consolidación tecnológica permitiendo a las comunidades de Huancavelica acceso a Internet y a tecnologías de la información.
- Tele-centros rural. Centros de acceso a Internet y telefonía en algunos distritos de los departamentos de Puno, Huancavelica y Cuzco
- Tele-salud. Se dan algunas aplicaciones para extender los servicios de salud a zonas rurales.

1.4 Tecnologías y Medios de Comunicación Usados en Zonas Rurales

En la actualidad se encuentra en muchas zonas rurales la presencia de medios de comunicación de voz y datos que usan principalmente tecnología satelital, *wireless* y microondas.

a) Tecnología Par de Cobre

Cuando se habla del par de cobre en telecomunicaciones se hace referencia al enlace físico, también denominado bucle de abonado, que une los Puntos de Terminación de Red (PTR) con el resto de la red de un operador de telecomunicaciones. Dicha conexión con la red se realiza típicamente en una central de conmutación local, que da acceso a su vez a una red de interconexión, tal como se observa en la Fig. 1.1.

El nombre se debe a que dicho enlace es un cable compuesto por dos hilos de cobre trenzados y aislados entre sí, y que se desplegaron inicialmente para prestar servicios de telefonía fija sobre la Red Telefónica Conmutada (RTC) o Red Telefónica Básica (RTB) debido a su bajo coste y a la apropiada respuesta en bajas frecuencias (la voz telefónica se transmite entre 300Hz y 3,4KHz).

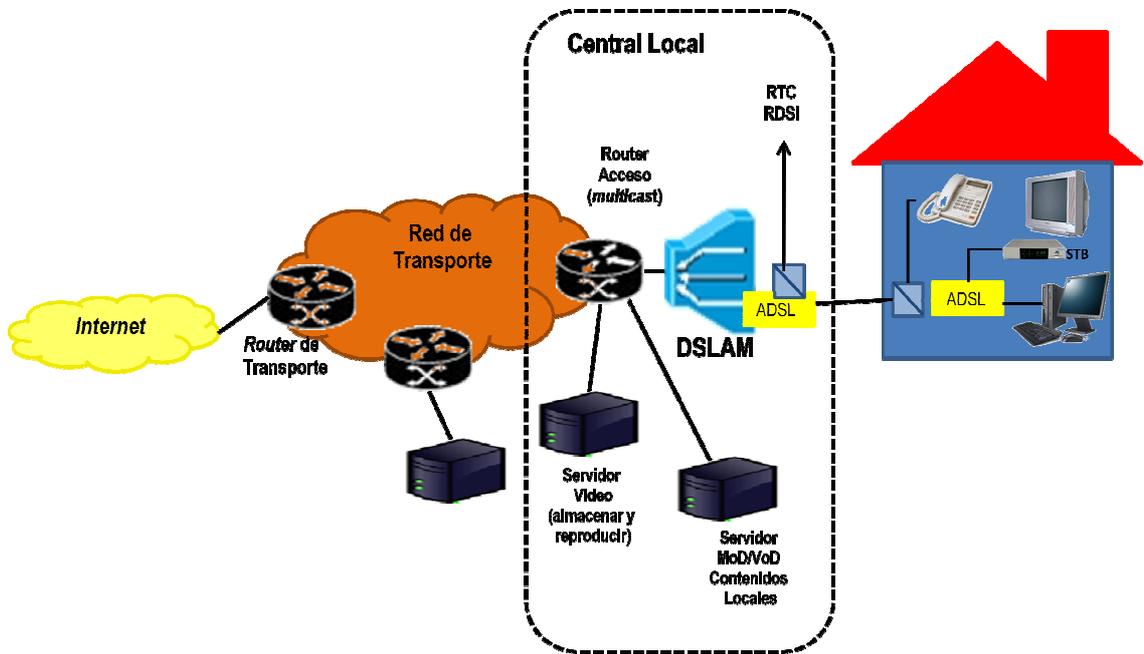


Figura Nº 1.1: Interconexión de una Central de Conmutación Local.

Sobre un par de cobre conectado a una RTB también se puede obtener acceso a redes de datos mediante el empleo de módems, dispositivos capaces de transmitir y recibir datos sobre la banda vocal. Sin embargo, el par de cobre está siendo ahora utilizado para prestar servicios de banda ancha y televisión IP mediante la aplicación de tecnologías de acceso xDSL, que aprovechan la adecuada respuesta del par de cobre hasta frecuencias por encima de 1MHz.

Se encuentra en las zonas urbanas, centro poblados de regular tamaño y a lo largo de toda la costa peruana, el tendido de cables es costoso y difícil de

implementar en zonas cuya geografía es muy accidentada; sin embargo, una vez realizado el tendido de cables la instalación de los puntos finales de comunicación es sumamente sencilla y rápida. Por lo difícil de la geografía peruana el tendido de cables de par de cobre no se ha extendido como lo ha hecho en la costa peruana y en la totalidad de las zonas urbanas.

b) Tecnología Wireless

Referido a las telecomunicaciones, se aplica el término *wireless* al tipo de comunicación en la que no se utiliza un medio de propagación físico, sino que se utiliza modulación de ondas electromagnéticas y radiaciones.

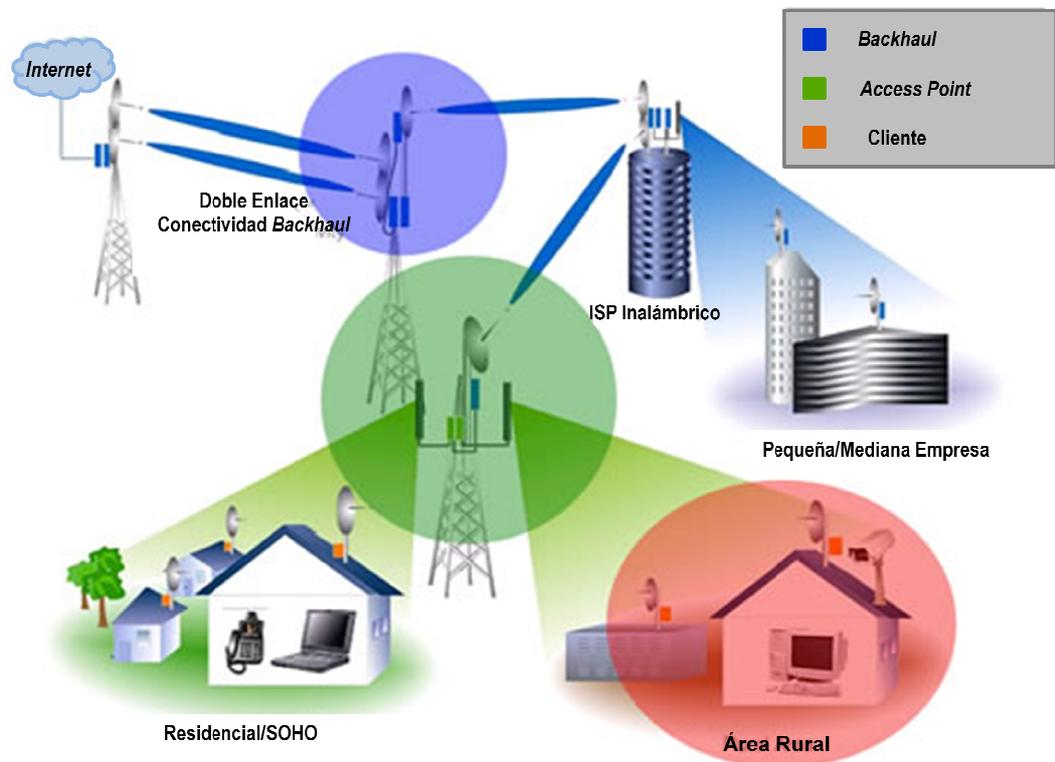


Figura Nº 1.2: Interconexión de una Tecnología Wireless.

Estas se propagan por el espacio sin un medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión.

Esta tecnología es encontrada sobretodo en la Sierra peruana, es económica y fácil de instalar, pero necesita antenas repetidoras y líneas de vista con los puntos de retransmisión, tal como se muestra en la Fig. 1.2.

c) Tecnología satelital

Muy usada como se ha mencionado en estas zonas, principalmente depende del área de cobertura del satélite y de la potencia con que la señal del satélite llega a la zona en donde se instalará el equipo de comunicaciones.

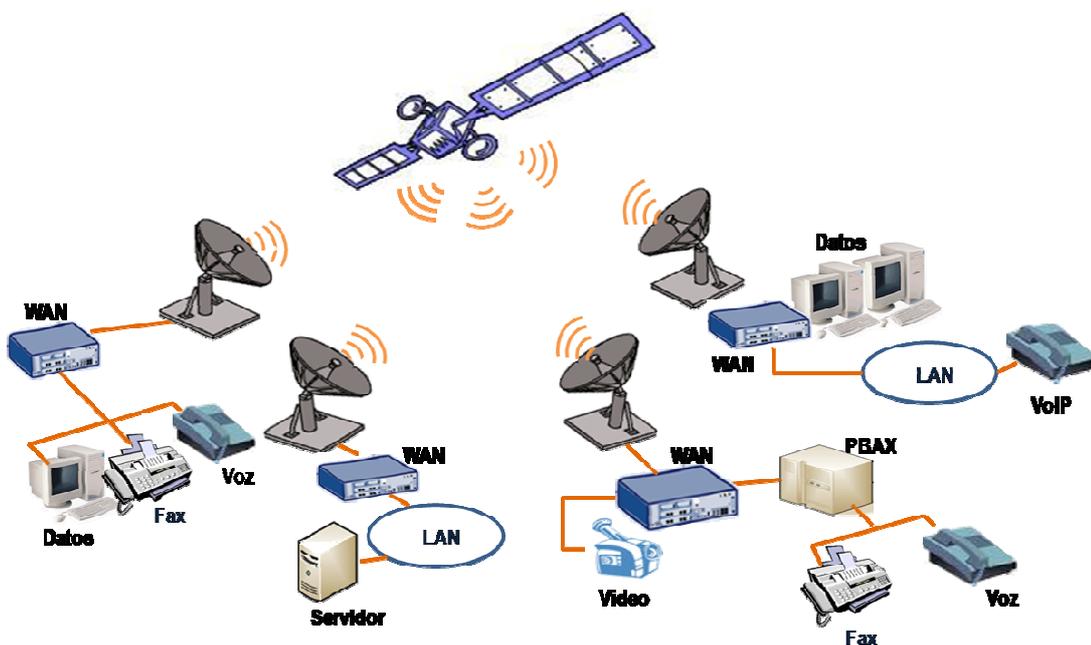


Figura Nº 1.3: Arquitectura de la Tecnología Satelital.

No es dependiente de la geografía, se pueden instalar varios equipos en simultáneo (ver Fig. 1.3), tiene como desventaja que puede ser susceptible a interferencias por climas muy lluviosos o nublados, lo que causa pérdidas de señal en la atmósfera.

d) Tecnología de Fibra Óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el núcleo de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total en aplicación de la Ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

Las fibras son ampliamente utilizadas en telecomunicaciones, ya que permiten enviar gran cantidad de datos a gran velocidad, mayor que las comunicaciones de radio y cable. También se utilizan para redes locales. Son el medio de transmisión inmune a las interferencias por excelencia.

En el Perú, se está desarrollando una política agresiva de atención a las necesidades de comunicación en el ámbito rural y lugares declarados de preferente interés social. Para lo cual se desarrollan proyectos que implementan soluciones satelitales, terrestres o mixtas, en las que el uso de la fibra óptica presenta un especial interés por sus beneficios adicionales, como mayor ancho de banda al usuario final, y por favorecer el desarrollo de redes de transporte de alta capacidad.

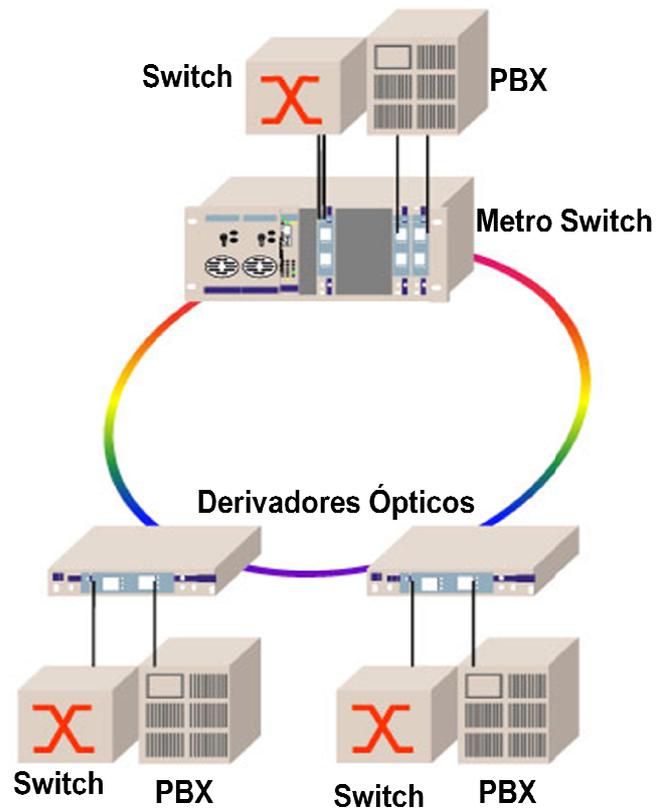


Figura Nº 1.4: Esquema de Red óptica

Las redes de fibra óptica soportadas por infraestructura eléctrica constituyen una alternativa para el desarrollo de redes y servicios de comunicaciones en países con baja penetración y escasa presencia de redes de transporte de alta capacidad a nivel nacional.

En la Fig.1.4 se muestra una red Metro Ethernet utilizando como medio de transmisión a la fibra óptica soportando una amplia gama de servicios y aplicaciones.

e) Redes PLC (Power Line Communication)

Otra de las tecnologías que se utiliza es la tecnología PLC, tal como se muestra en la Fig. 1.5, se caracteriza por permitir el uso de la infraestructura de distribución eléctrica para el envío y recepción de señales de telecomunicaciones.

Actualmente, esta tecnología permite desarrollar altas velocidades de transmisión y comunicaciones de banda ancha sobre las redes eléctricas y los sistemas de distribución de bajo y medio voltaje. Esta tecnología así como tiene aspectos positivos (como que no requiere de cableado adicional siendo de rápida instalación), también posee aspectos negativos, como la emisión de señales en la banda de HF a través de las líneas eléctricas abiertas. Las estaciones receptoras de HF del servicio de radioaficionado, radiodifusión y otros servicios de radiocomunicaciones que se encuentren en la cercanía de un terminal PLC pueden verse interferidos por sus emisiones.

Esta tecnología emergente podría tener un buen futuro comercial si se logra reducir el nivel de interferencias así como otras barreras inherentes al diseño de las redes eléctricas.

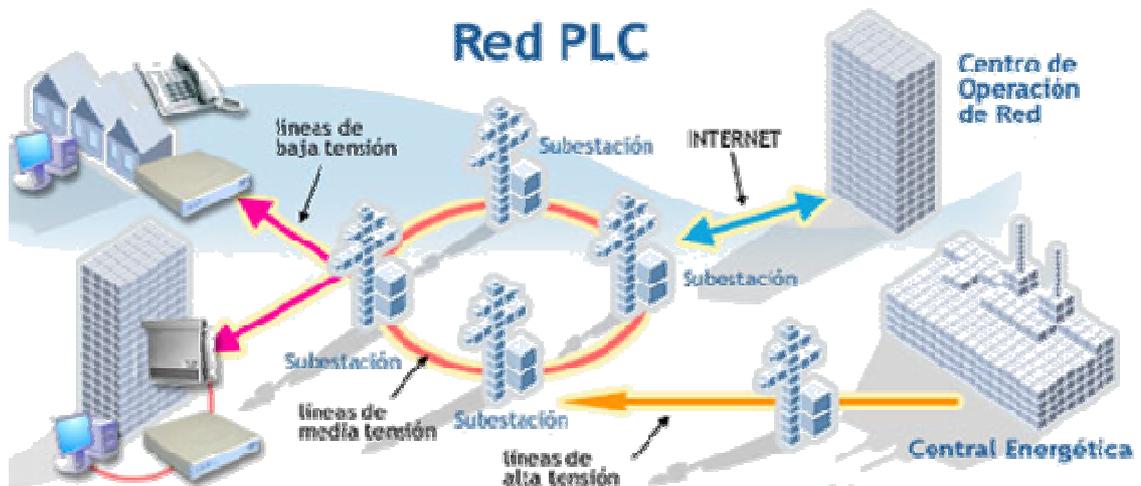


Figura Nº1.5: Esquema de Red PLC.

Según informe de la UIT [5] entre algunas de las nuevas tecnologías para aplicaciones de telecomunicaciones en zonas rurales están:

f) Radio Frecuencia (Radiocomunicaciones por Paquetes en Banda Estrecha)

Una red de comunicaciones por paquetes, utiliza como configuración básica de repetidor un transceptor, un controlador de nodo terminal, una antena y una fuente de alimentación de energía. El transceptor radioeléctrico utilizado en las radiocomunicaciones por paquetes es el mismo que el empleado en las comunicaciones vocales; sin embargo, en lugar de un MODEM de calidad telefónica en las radiocomunicaciones por paquetes se utiliza un controlador de nodo terminal para adaptar las señales entre el ordenador personal y el transceptor y cumplir la función de empaquetado y desempaquetado de datos.

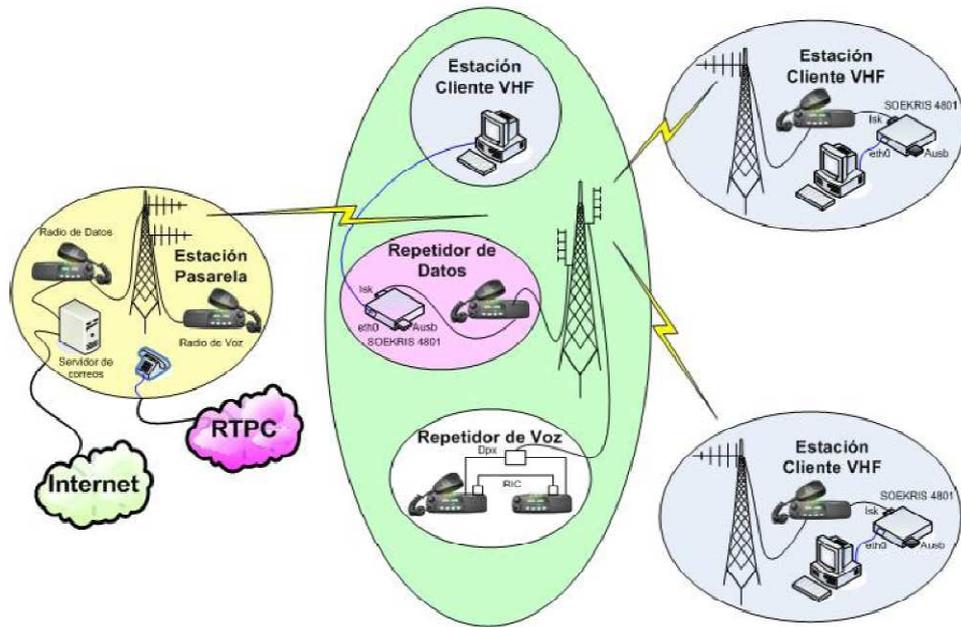


Figura Nº 1.6: Esquema de Red VHF

Se encuentran limitaciones de ancho de banda debido a las bajas frecuencias empleadas y los canales atribuidos a las mismas.

g) GSM 400 / CDMA 450

El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) ha establecido una norma regional para la aplicación del sistema Global para comunicaciones Móviles (GSM) en la banda de 400 MHz. En lugar de las bandas 900 MHz y 1800 MHz, permite que cada estación base (BTS) cubra una zona mas amplia, y esto se adapta mejor a la baja densidad de las poblaciones rurales dispersas en una extensa zona.

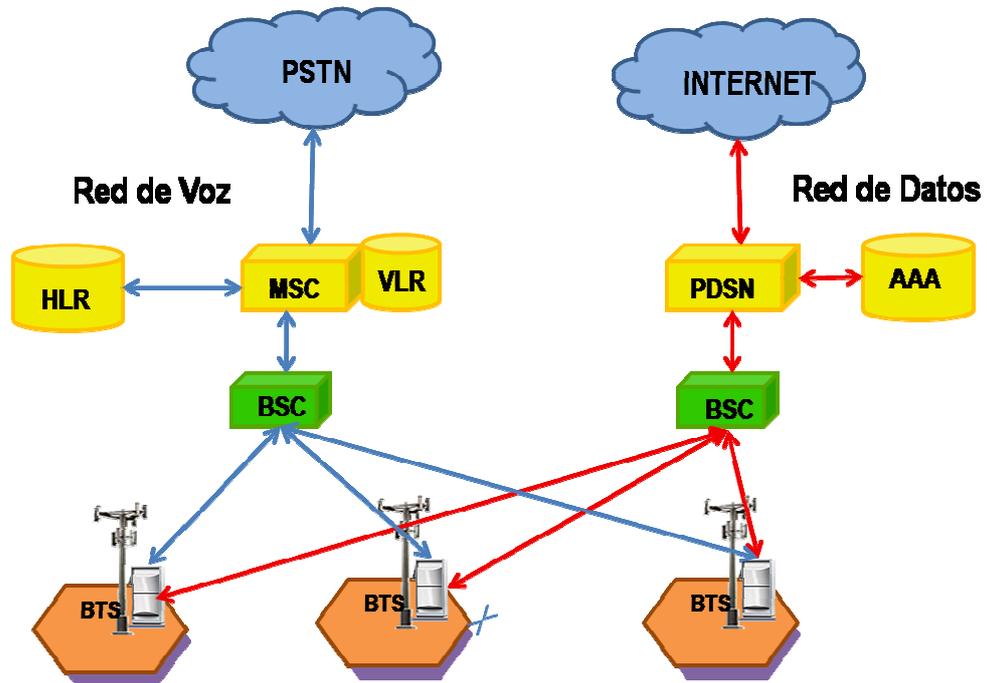


Figura N° 1.7: Esquema de Red CDMA 450

El CDMA en 450 MHz (ver esquema en Fig. 1.7), tiene una gran ventaja en cuanto a propagación de la señal con la utilización de una sola estación base. Se calcula que una estación CDMA 2000 en los 450 MHz sin ningún obstáculo podría cubrir hasta 80Kms, además esta solución es ideal para zonas rurales pues a diferencia de las zonas urbanas, en estas zonas el espectro esta libre.

h) Sistemas Combinados Punto a Multipunto/Bucle Local Inalámbrico

El uso de sistemas de radiocomunicaciones punto a punto o punto a multipunto (ver Fig.1.8) con colas en el bucle local inalámbrico, es un

fenómeno bastante reciente, que se ha introducido en las zonas rurales en los últimos 3 o 4 años. La sustitución de los cables de cobre por sistemas inalámbricos en el bucle local contribuye a reducir los costos de mantenimiento asociados a las instalaciones físicas (tendido de cables) en las zonas rurales.

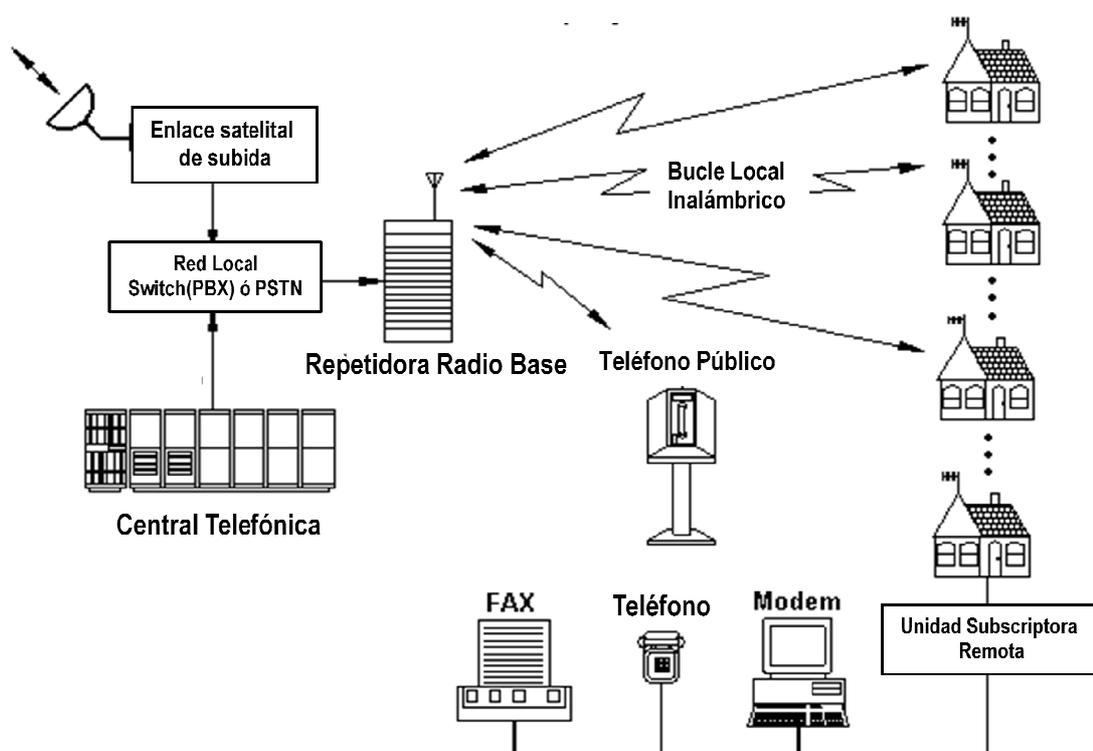


Figura Nº 1.8: Esquema de un Sistema de Bucle Local Inalámbrico

Las características de estos sistemas de bucle local inalámbrico son:

- Solución de acceso inalámbrico de extremo a extremo.

- Extensa zona de servicio, de hasta 540 Km. En una cadena de repetidores.
- Capacidad de sistema flexible, que puede expandirse hasta 1400 abonados por estación base.
- Costos de mantenimiento e instalación reducidos.
- Disponibilidad de células solares para repetidoras (80 W) y estaciones de célula (40 W).

i) Terminales de muy Pequeña Abertura (VSAT)

Los VSAT cumplen una función cada vez más importante en la prestación de servicios de telefonía, educación a distancia y comunicación de datos en las zonas distantes. Los VSAT son pequeñas estaciones terrenas de comunicación por satélite, que normalmente miden menos de 5 metros de diámetro (Ver Fig.1.9). Estas pueden instalarse directamente en los locales del usuario y no necesitan una atención particular. Debido a la disminución de los precios del equipo y la gran zona de cobertura que ofrecen los satélites de comunicaciones, se están instalando VSAT en zonas en que resulta poco económico o difícil instalar infraestructuras de telecomunicaciones terrenales (tendido de cables).

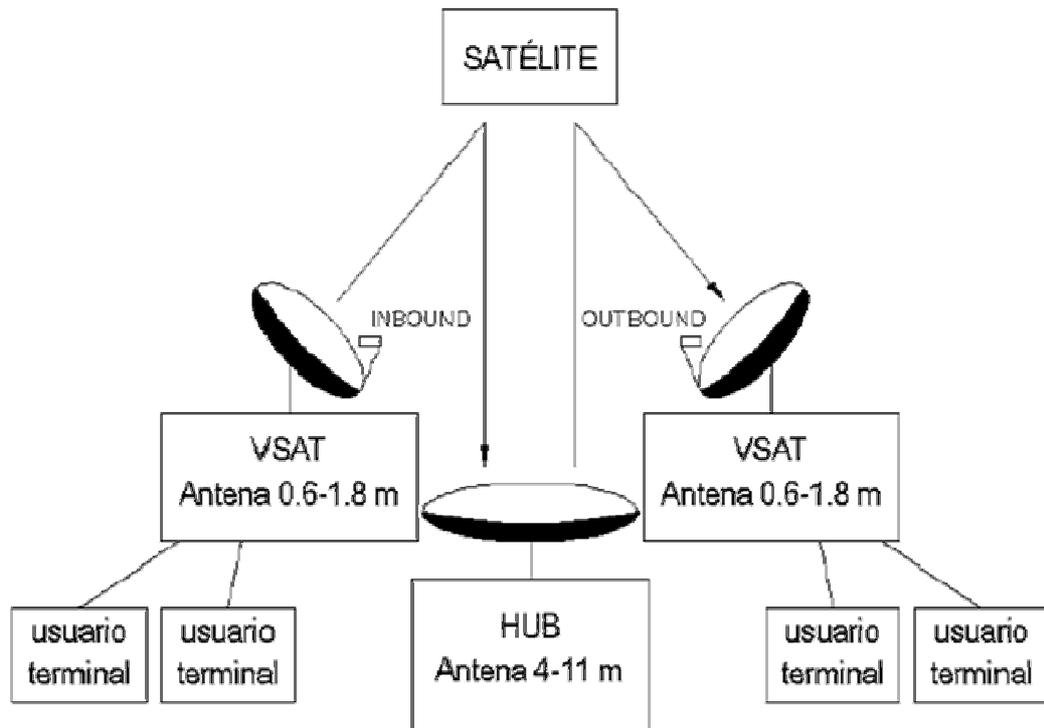


Figura Nº 1.9: Esquema de una Red VSAT Estrella

Muchas zonas rurales carecen de un enlace en infraestructura por tierra para el acceso por marcación al punto de presencia a Internet más cercano. En estas zonas el acceso a Internet mediante una conexión por satélite en dos sentidos puede ser una opción viable; sin embargo, al igual que todas las aplicaciones por satélite los costos fijos del segmento espacial pueden representar un gasto considerable; por consiguiente, es importante establecer un modelo cuidando los costos de la solución total durante el periodo de vida útil en relación con las opciones de conectividad terrenal.

j) Encaminadores o Ruteadores Inalámbricos y VoIP [3]

Mientras que las redes telefónicas tradicionales se basan en una central para encaminar una llamada a lo largo de un conjunto de trayectos, desde su origen a su destino, las redes conmutadas por paquetes, tales como Internet, desglosan los datos que han de transmitirse y los envían a su destino en forma de paquetes por diversas rutas (Ver Fig.1.10).

En Internet un encaminador es un dispositivo o en algunos casos, un programa informático, que determina el próximo punto de la red al cual deberá transmitirse un paquete en su trayecto hacia su destino final. El encaminador está conectado por lo menos a dos redes y decide la ruta por la que enviará cada paquete de información sobre la base de un conocimiento del estado actual de las redes al que está conectado.

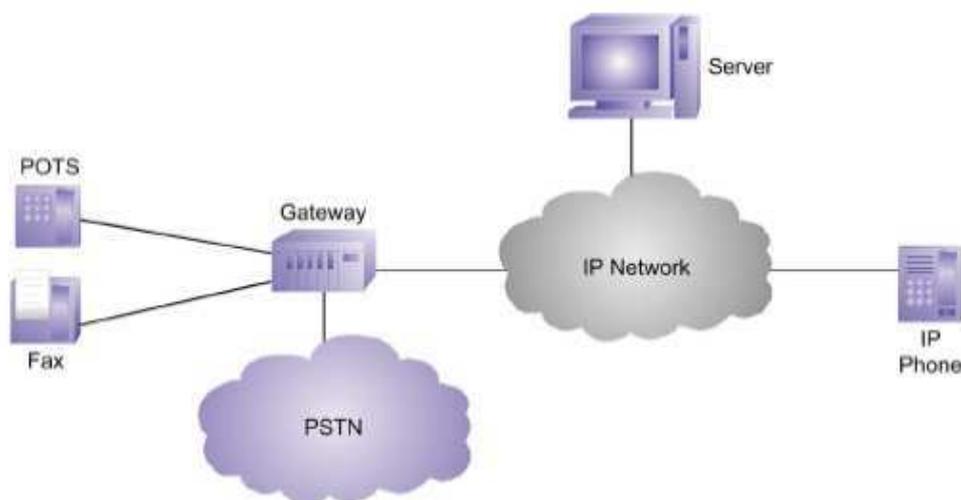


Figura Nº 1.10: Esquema de una Red basada en VoIP.

Desde el punto de vista tecnológico, es posible utilizando los productos disponibles, establecer una red de acceso a las zonas rurales y distantes mediante la tecnología del encaminamiento en lugar de emplear centrales locales por conmutación de circuitos.

Cuando se combina con la tecnología inalámbrica en el bucle local, esta red puede ofrecer una solución asequible a las zonas rurales.

1.5 Conceptos Económicos

a) CAPEX

Capital EXpenditures (o gastos de capital), son erogaciones o inversiones de capital que crean beneficios. Una erogación de capital se realiza cuando un negocio gasta dinero tanto para comprar un activo fijo como para añadir valor a un activo existente con una vida útil que se extiende más allá del año imponible. Los CAPEX son utilizados por una compañía para adquirir o mejorar los activos fijos tales como equipamientos, propiedades o edificios industriales.[1]

A fines impositivos, los CAPEX son costes que no pueden ser deducidos en el año en el cual son efectuados y deben ser capitalizados. La regla general es que si la propiedad adquirida tiene una vida útil más larga que el año

imponible, el coste debe ser capitalizado. Los costes relacionados con los CAPEX son amortizados o depreciados a lo largo de la vida útil del activo en cuestión. La contraparte de los CAPEX son los OPEX o "gastos de operación" (también llamados gastos corrientes).

b) OPEX

Los gastos de operación son las erogaciones que sostiene la organización implantada en la empresa y que permite llevar a cabo las diversas actividades y operaciones diarias. Se consideran gastos de operación los de venta, los de administración y los financieros, ya que sin ellos no sería posible alcanzar los propósitos de la empresa.

De acuerdo con lo anterior, se llama gastos de operación al total de la suma de los gastos de venta, gastos de administración y gastos financieros.[1]

$$\begin{aligned} \text{Gastos de Operación} &= \text{Gastos de ventas} + \text{Gastos de Administración} \quad (1.1) \\ &+ \text{Gastos Financieros} \end{aligned}$$

c) Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto es un método de evaluación de proyectos de inversión que consiste en determinar el valor presente de los flujos de fondos del negocio, usando la tasa de descuentos acorde al rendimiento esperado, la cuál debe ser mayor a la tasa WACC.

Para calcular el valor actual neto, la inversión requerida debe considerarse con signo negativo desde el periodo cero, de manera que un resultado positivo significará rendimientos superiores a la tasa de descuento utilizada; por el contrario, un resultado negativo indicará que el rendimiento estará por debajo de la tasa de descuento demostrando así que el proyecto no es viable.

En el proceso de los flujos de cajas, las cantidades que signifiquen inversión deberían mostrarse con signo negativo, en tanto que la generación de fondos deben tener signo positivo; esto se debe a que una inversión es una salida de flujos y la generación son entradas.[1]

$$VAN = S_0 + \sum \frac{S_t}{(1+i)^n} \quad (1.2)$$

donde;

VAN = Valor actual neto

S_0 = Inversión Inicial

S_t = Flujo de efectivo neto del periodo

N = Número de periodos de vida del proyecto

i = tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA)

d) Tasa Interna de Retorno (TIR)

De acuerdo con Raúl Coss, la tasa interna de rendimiento, se define como “la tasa de interés que reduce a cero el valor presente, el valor futuro, o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos.” En pocas palabras es la tasa en la que los flujos de entrada y de salida de un proyecto traídos a valor presente se igualan; esto significa que la tasa de rendimiento que se debe tomar para el proyecto debe ser mayor a la TIR para poder tener un rendimiento. Si la TIR es mayor a los costos de inversión es bueno, de lo contrario no se debe llevar a cabo.[1]

e) Subsidio

También denominado subvención, es una ayuda económica que da el gobierno a alguna industria o sector, para la realización de un proyecto o actividad económica en beneficio de la población.

En telecomunicaciones, el gobierno a través del FITEL subsidia a las empresas del rubro para la implementación de proyectos en zonas rurales del país.

f) Flujo de Caja

El flujo de caja es la herramienta clave para analizar una propuesta de negocio. Para poder ser leído por los demás se debe conocer los supuestos

o datos sobre los que se basa cada flujo de caja, siendo su principal objetivo demostrar que el negocio es viable o que da suficientes utilidades. El flujo de caja económico es aquel que toma todas las informaciones relevantes sobre los ingresos operativos proyectados y los egresos necesarios, ya sean inversiones o gastos operativos, y señala en qué momento se requerirá el financiamiento, desde cuando se alcanzaría el punto de equilibrio y estima el nivel de ganancias que se lograría desde entonces.

f.1) Los Ingresos Operativos

Usualmente los ingresos de un negocio corresponden a las ventas del producto, las que vienen definidas básicamente por la cantidad vendida y el precio para cada periodo analizado. Ello puede ser muy simple en el caso que se trate de un solo producto, un precio único y no haga falta diferenciar entre clientes. La multiplicación del precio por la cantidad vendida daría las ventas y sólo habría que proyectar para cada año los volúmenes de ventas y evaluar si el precio tenderá a subir o bajar en cada período.

Cuando se parte de una población a la que se ha decidido atender, es importante estimar cierto número de clientes o participación efectiva de mercado, definir la cantidad que compraría y la frecuencia con que lo

haría en el año, aplicándole el precio y llegar a la proyección de ingresos operativos. [1]

f.2) Los Egresos de Caja

Son egresos de caja todos los pagos que se deben realizar tanto al momento de realizar la inversión inicial como durante la operación de la empresa o proyecto. Por lo general la inversión inicial se realiza en el año previo al inicio de operaciones, pero también pueden haber negocios de muy rápida implementación y otros, en que toma varios años llegar a la etapa en que se obtienen los primeros ingresos o que demoran más en alcanzar su punto de equilibrio.

Los rubros típicos de egresos para una nueva empresa van desde los estudios previos, compra de equipos, conseguir un local y adecuarlo, gastos legales de constitución, contratación y entrenamiento de personal, etc. a la operación misma del negocio, con la compra de materia prima o insumos, pagos por servicios, combustible y mantenimiento de equipos, personal, uniformes y alimentación, promoción y ventas, gastos administrativos y generales, seguros, etc.

Cada movimiento de caja se debe anotar en el período que realmente le corresponde, siendo que por lo general se deben realizar los gastos

antes de lograr generar los ingresos. En ambos casos, se refiere al movimiento del dinero (cuando se paga o se cobra) y no necesariamente al momento en que se usa la materia prima o se realiza la venta.

En el flujo de caja económico de un proyecto es normal que al comienzo se den valores negativos, los que seguidamente deben ser más que compensados por los valores positivos acumulados. Lo que se tiene que tener en cuenta es que los valores al comienzo del flujo tendrán un mayor peso que los posteriores, por lo que éstos últimos tendrán que superar a los primeros por más que el período de intereses transcurrido entre unos y otros.

Ese principio financiero se recoge en el cálculo de la tasa interna de retorno económica y el valor actual neto a partir de los saldos de caja en cada año. Estos indicadores dan una medida del atractivo financiero que tiene el proyecto para cualquier fuente de financiamiento. En el perfil del proyecto se debe proponer una fórmula de financiamiento, lo que equivale a cubrir esos valores negativos al inicio del proyecto o cada vez que se registren, de manera que se pueda posibilitar su realización. [1]

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología empleada para la formulación y evaluación del proyecto, que conlleva a una diversidad de aspectos y resolver, total o parcialmente en algunos casos, las dificultades que cada entorno específico presenta. Siendo un tema bastante complejo, se plantea aquí un análisis que identifica aspectos interrelacionados y complementarios entre sí, como forma de comprender esta realidad.

2.1 Procedimiento Empleado en la Elaboración del Proyecto

En el siguiente esquema (Fig. 2.1) se muestra como se enlaza el conjunto de temas y acciones necesarios en la elaboración del proyecto como la caracterización de los emplazamientos rurales y tecnologías

disponibles; con la investigación y el trabajo de campo realizado con pobladores y autoridades en el territorio seleccionado. Todo ello va encaminado a un análisis completo de las condiciones existentes y propuestas de actuación válidas que permitan introducir con éxito servicios de telecomunicación en el medio rural.

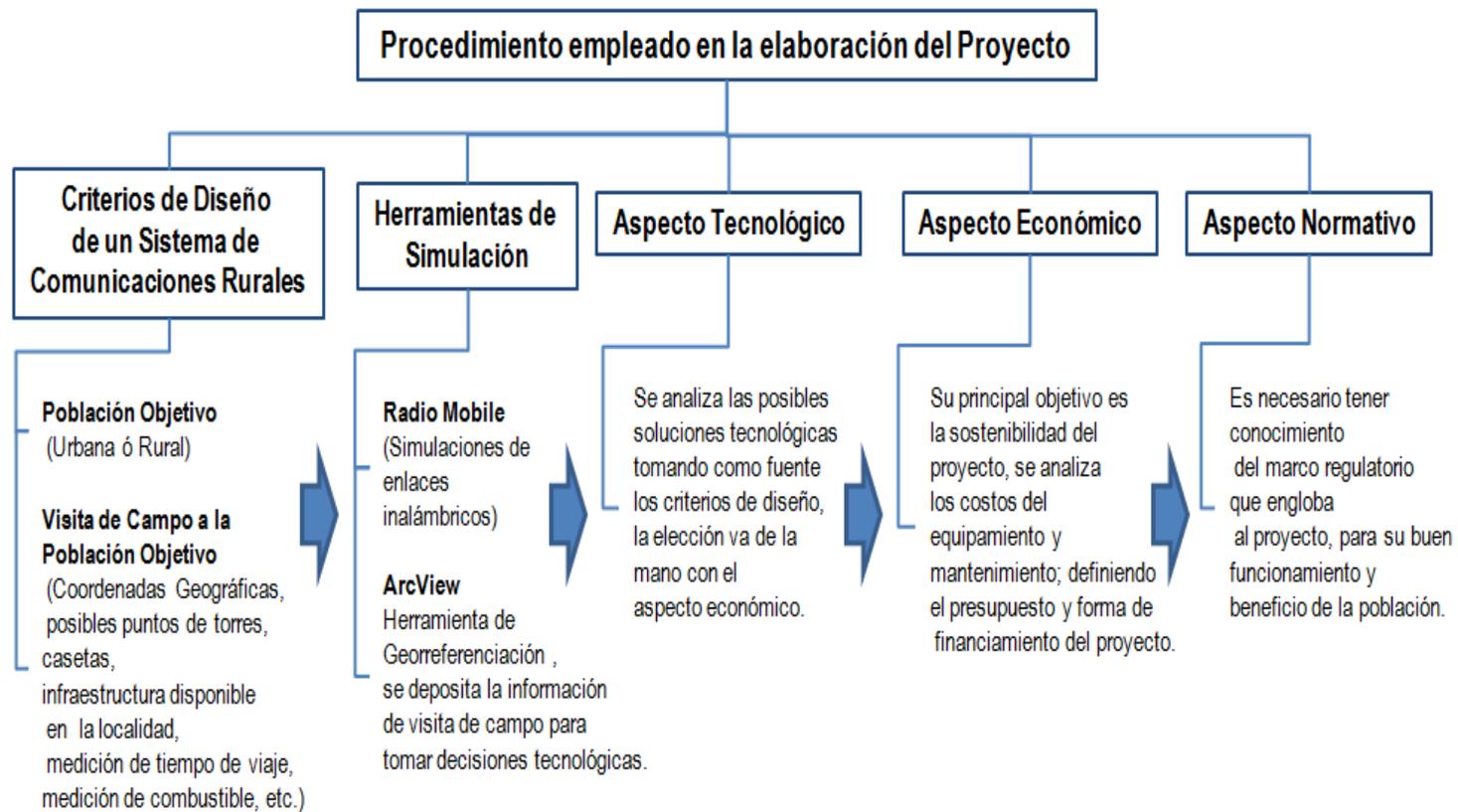


Figura Nº 2.1: Esquema del Procedimiento Empleado en la Elaboración del Proyecto
 Fuente: Elaborado por el autor

2.1.1 Criterios de Diseño de un Sistema de Comunicaciones Rurales

La etapa de diseño es una parte imprescindible cuando se quiere implementar una red de telecomunicaciones, realizar un buen diseño para que la red instalada funcione según lo esperado se torna muchas veces crítico, por lo que es necesario, planificar el proyecto con criterios específicos orientado a zonas rurales del país. Dentro de los criterios que se debe tener en cuenta para realizar un buen diseño son:

a) Población Objetiva

Se debe conocer si la población a la cual se quiere brindar comunicación se encuentra clasificada en el INEI como zona rural², así mismo se debe constatar que no se encuentre dentro de un futuro proyecto del FITEL³. Si cumple los requisitos iniciales, se procederá a analizar las estrategias de despliegue de infraestructura de transporte y/o acceso, las que se van a diferenciar, según tres tipos de población objetivo:

² Define el área rural como el territorio integrado por centros poblados rurales siendo estos aquellos con menos de 100 viviendas contiguas o más de 100 viviendas dispersas o diseminadas.

Además, se toman en cuenta las siguientes características:

- Por lo general menos de 3,000 habitantes (baja densidad poblacional).
- Servicios básicos e infraestructuras inexistentes o precarias, y deficiencia de energía.
- Geografía adversa para la instalación del servicio de telecomunicaciones.
- Población con bajo poder adquisitivo ubicada en áreas alejadas de los centros urbanos, cuya actividad primordial es la agricultura, ganadería, pesca o minería.

³ Consultar en: www.fitel.org.pe [14]

1. Aquellos agrupados en la periferia de áreas urbanas, de bajos ingresos con una concentración alta de población. Muy cercanas a las redes.
2. Poblaciones más lejanas de las redes metropolitanas, pero con la posibilidad de alcanzarlas.
3. Comunidades muy alejadas o aisladas de las redes.

Para el análisis, se centrará básicamente en aquellas que se encuentran dentro de los puntos 2. y 3. , pues en el primer caso se encuentran poblaciones que disponen de oferta mas no disponen de capacidad de pago a diferencia de las otras que carecen de ambos aspectos.

b) Visita de Campo a la Población Objetiva

Lo segundo que se realizará es una visita de campo a la población seleccionada en el punto anterior, en donde se deben tomar en cuenta los siguientes datos técnicos:

- Coordenadas geográficas precisas de la mayor cantidad de posibles nodos a conectar, especialmente los más difíciles (más lejanos, más inaccesibles o menos visitados).
- Posibles puntos de instalación de infraestructura interior y exterior (torres, casetas).

- Infraestructura disponible (si la localidad cuenta con energía, torres, seguridad, etc).
- Medida de resistividad de terrenos.
- Medición de tiempos de duración de viaje según medio de transporte.
- Medición de consumo de combustible.
- Disponibilidad de naves para transporte de pasajeros y para transporte de carga.

Para realizar la visita de campo se debe emplear las siguientes herramientas de medición: GPS, brújula, binoculares, multímetro y telurómetro.

La visita también debe incluir aspectos sociales, las cuales serán fundamentales para conocer que tanto se tiene que sensibilizar a la población con respecto a los servicios a brindarse:

- Conocer a los usuarios de los sistemas a instalar y evaluar sus competencias (encuestas).
- Conocer a las autoridades y medir su nivel de compromiso, en la ejecución y sobretodo, en la etapa de operación y mantenimiento.
- Conocer proveedores de servicios y de materiales de construcción. Verificar que materiales pueden adquirirse en cada nodo (por ejemplo: agua y arena).

- Verificar los medios de transporte disponibles y los costos de ellos

2.1.2 Herramientas de Simulación

a) Radio Mobile

Para realizar las simulaciones, se recomienda el programa Radio Mobile. Éste es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

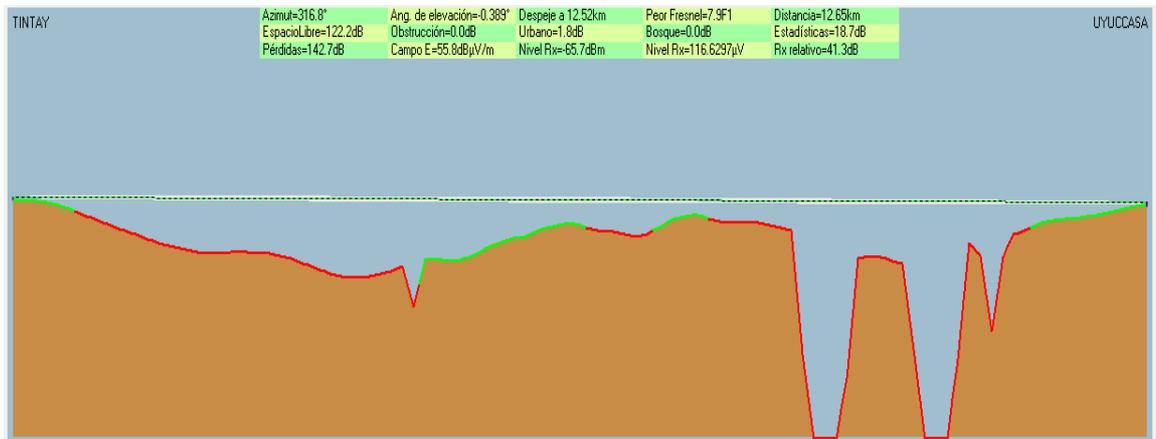


Figura N° 2.2: Evaluación de Enlace y Perfil Geográfico de Zona de Trabajo.

Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice, y además tiene múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los

enlaces y las redes de telecomunicaciones. Como se muestra en la Fig.2.2, Radio Mobile se utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo.

b) ArcView

ArcView es una herramienta SIG con la que se puede visualizar, analizar, crear y gestionar información geográfica.

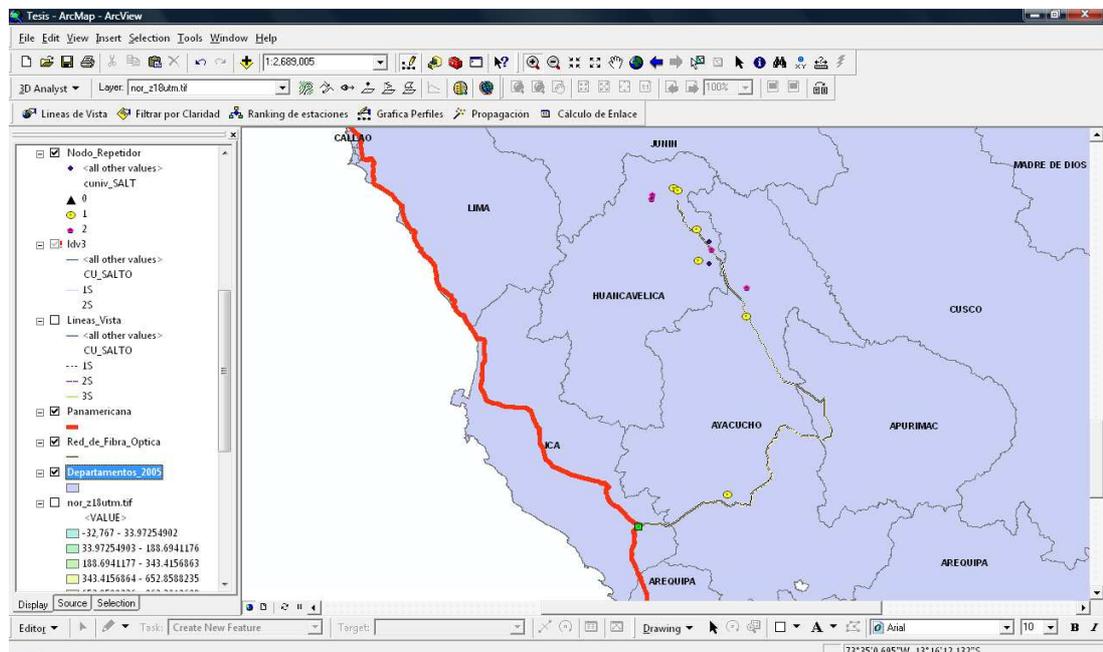


Figura Nº 2.3: Ventana de Trabajo en ArcView.

La mayoría de la información posee una componente que puede relacionarse con un lugar geográfico: direcciones, nodos, posiciones de GPS, secciones censales, ciudades, regiones, países u otro tipo de localizaciones, que es

fundamental para conocer la zona del proyecto, tiempo de demora de viaje, accesibilidad, transporte, etc.

Como se muestra en la Fig. 2.3, ArcView permite visualizar, explorar y analizar estos datos, revelando patrones, relaciones y tendencias que no se aprecian bien en bases de datos, hojas de cálculo o conjuntos estadísticos.

2.1.3 Aspecto Tecnológico

En la mayoría de las redes de transmisión de datos, el nivel de complejidad técnica es relativamente elevado, por lo que es necesario atender a un tema importante. En las zonas rurales casi no existen recursos humanos preparados para asimilar adecuadamente los conocimientos necesarios para realizar una efectiva transferencia tecnológica. Dependiendo del caso, esto puede convertirse en un problema de gran importancia pues luego de desplegadas las redes, concluidos los proyectos o ejecutados los convenios, los beneficiarios deberán asumir la responsabilidad de su continuidad, para lo cual requieren de un conocimiento técnico mínimo el cual debe ser adquirido durante la ejecución del proyecto.

Es especialmente importante para la sostenibilidad de las redes que la tecnología empleada disponga de soporte en el mercado local, tanto en el tema de repuestos como en el de servicios, lo cual reduce el espectro de posibles soluciones tecnológicas y dificulta los procesos

de mantenimiento, expansión o réplica de la experiencia. Un aspecto adicional a tener en consideración, en algunos casos, es la posible fragilidad de las soluciones frente al medio en el que se instala.

Dependiendo de la coherencia de la formulación, de las características del grupo beneficiario y de la robustez de la solución, éste puede ser un factor determinante para la viabilidad en el tiempo del proyecto o iniciativa ejecutada, definitivamente no es el mismo tratamiento el requerido para instalaciones en zonas montañosas de gran altura que en entornos de selva tropical húmeda. En estos casos, el entorno puede incluir al factor humano, pues está comprobado que un elevado porcentaje de fallas en sistemas de telecomunicaciones se originan justamente en la actividad de los usuarios.

2.1.4 Aspecto Económico

La principal preocupación de la mayor parte de proyectos es la sostenibilidad económica de los servicios o resultados obtenidos. Sin embargo, existen ciertas limitaciones que obran contra la consecución de este objetivo, la principal de las cuales es, obviamente, la escasez de recursos que puedan ser asignados permanentemente al mantenimiento de las redes o soluciones implementadas, lo que depende directamente de la identidad de los beneficiarios.

En el caso de instituciones públicas se hace necesario un proceso formal para considerar en su presupuesto los gastos previstos para la red (recursos humanos, actividades, repuestos), sin embargo, es muy probable que solo una parte del monto global pueda ser realmente asumido por las mismas. Este es un importante tema a considerar durante las formulaciones de proyectos.

Cuando el beneficiario es una comunidad o alguna organización social, es particularmente crítico efectuar una previsión pues los fondos propios disponibles, en general, son escasos o inexistentes.

Una posibilidad poco frecuente es que una organización de ayuda reciba y administre directamente la plataforma o red instalada. Este es el caso en el que más posibilidades se tienen para asegurar un respaldo económico, lo que pasa, previamente, por una negociación con esa entidad con el fin de lograr los acuerdos que sean necesarios.

Una segunda e importante característica de los proyectos de implementación de redes (que deviene en una debilidad si no son adecuadamente formulados) es su carácter transitorio, limitado en el tiempo, es decir, con un plazo de ejecución que puede ser extenso, pero finito. Así, las iniciativas privadas y de cooperación, son las encargadas de buscar los mejores métodos para prever, durante el periodo de ejecución de los proyectos, no solo que los sistemas instalados funcionen adecuadamente, sino establecer las

relaciones necesarias y los mecanismos pertinentes que permitan la sostenibilidad de las actividades del proyecto para que sean llevadas a cabo por sus protagonistas, lo cual incluye velar por la seguridad económica del proyecto, es decir que se hayan previsto los fondos para una actividad de plazo indeterminado, incluyendo sus mecanismos de uso.

Finalmente, el costo del equipamiento utilizado y el de su mantenimiento, es un factor que debe ser tomado en cuenta al momento de formular el proyecto y definir el presupuesto para evaluar su viabilidad real a futuro.

2.1.5 Aspecto Normativo

Es posible mencionar que en algunos contextos, es necesario considerar un aspecto adicional que es el referido al marco regulatorio y legal en que es inscrito el proyecto o iniciativa a realizar pues la normativa aplicable puede ser un factor que potencie o limite no solo las características tecnológicas de la solución sino también la forma en que la misma puede ser aplicada a la realidad que se pretende transformar.

En base a lo citado, se recomienda que para la elaboración de proyectos de telecomunicaciones rurales, se consulte la normativa vigente en el país, relacionado a los requisitos para implementar una tecnología, frecuencias aceptables dentro del plan de frecuencias, importación

de equipamiento y la normativa rural vigente propuesto por el FITEL, las cuales para su respectiva implementación se hará necesario contar con permisos que se deben solicitar al Ministerio de Transporte y Comunicaciones, de modo evitar tener que truncar o tener que desviar la perspectiva del proyecto.

2.2 Desarrollo del Proyecto

A continuación se presentan los pasos necesarios para diseñar la infraestructura de red a implementar, el análisis económico de las soluciones propuestas para un sistema de comunicaciones rurales y las consideraciones regulatorias para el análisis de las soluciones propuestas.

2.2.1 Diseño de la Infraestructura de Red a Implementar

El empleo de infraestructura apropiada es fundamental para el éxito de cualquier proyecto de desarrollo comunitario, la información obtenida en el punto 2.1.1, son pieza clave en el diseño total de la red, pues de su veracidad depende crear una buena infraestructura y simular su respectivo funcionamiento. Para un mejor entendimiento y diseño de la red, se va a dividir toda su infraestructura en pequeños sistemas (subsistemas) de acuerdo a la función que realicen, tal como se muestra en el siguiente esquema:

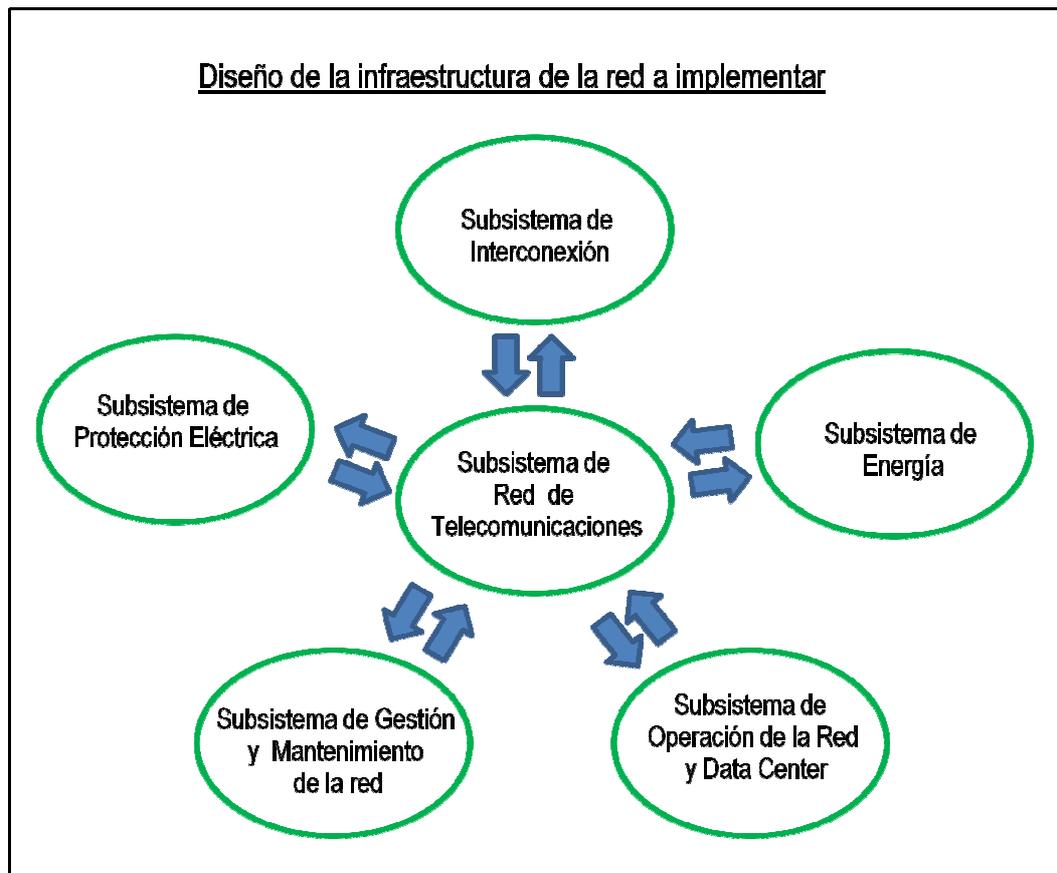


Figura N° 2.4: Esquema del Diseño de Infraestructura de la Red a Implementar.

En base al esquema presentado, se desarrollará a continuación los subsistemas involucrados en el diseño de una red de telecomunicaciones.

a) Subsistema de Interconexión

Este subsistema estará conformado por los puntos de Interconexión que se encuentran situados en las ciudades donde existen servicios de comunicaciones, preferentemente de banda ancha, para efectos de viabilizar

la extensión de los servicios a las localidades rurales vecinas. Se conectarán entre sí y hacia otras redes a través de las redes de datos (internet) y de la Red Pública Telefónica Conmutada (RPTC) de los operadores establecidos en las ciudades en las que se cuenta con el servicio.

La interconexión con la RTPC del operador establecido se realiza mediante líneas telefónicas o mediante uno o varios E1's. A su vez la señalización puede ser de abonado o SS7. Asimismo, habrá que determinar cuántas salidas hacia Internet se instalarán, en que estaciones irán las mismas y que tecnología se utilizará para ello.

b) Subsistema de Red de Telecomunicaciones

Para el diseño de este subsistema consiste en determinar el tipo de tecnología a utilizar, para lo cual es necesario considerar una gama muy amplia de factores (conformidad con las especificaciones técnicas correspondientes y los costes de adquisición de equipos). Por lo tanto, habrá que determinar cuál es la mejor tecnología (la más apropiada) para la transmisión de la información en las redes troncales y de distribución. Dentro de la elección de tecnologías para la Red Troncal tenemos:

b.1) Redes Ópticas

Normalmente, las redes troncales son redes ópticas con una topología a dos niveles, lo que permite la cobertura económica de una gran área.

En el 1er nivel de la red troncal, esta interconecta a los Nodos Primarios con otras redes de fibra óptica y/o Centrales Telefónicas de Interconexión Regional.

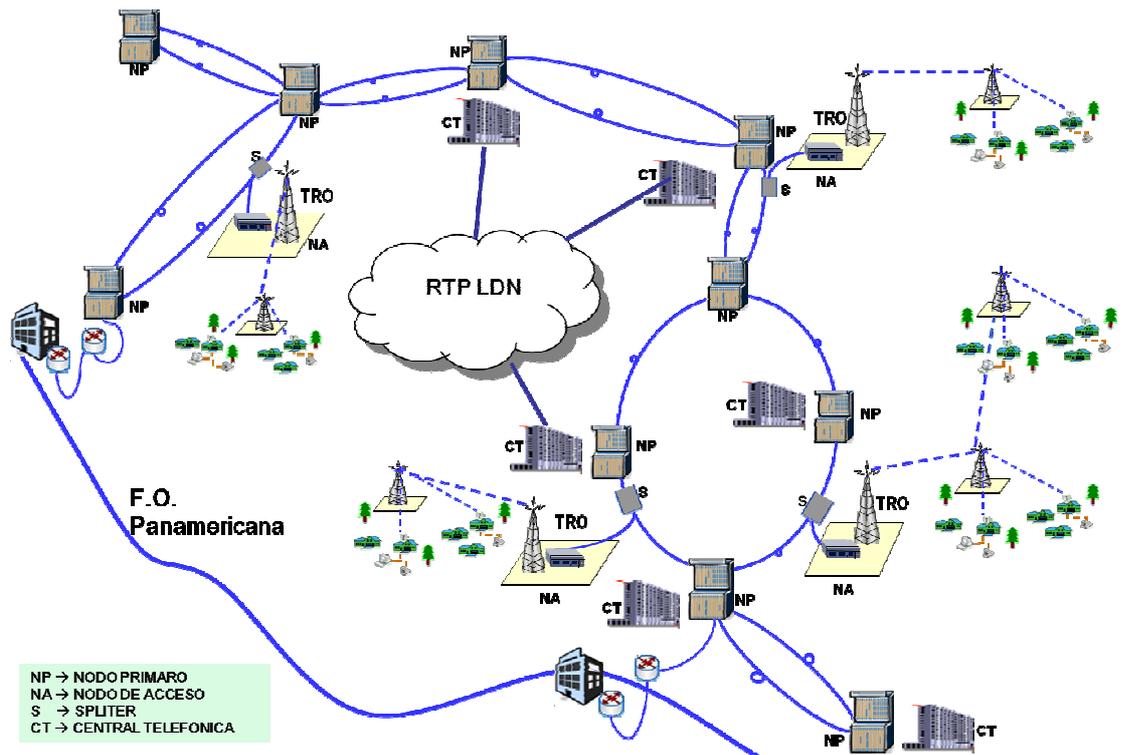


Figura Nº 2.5: Distribución de una Red Óptica
Fuente: Elaborado por el autor.

Estos nodos primarios, a su vez, amplifican y distribuyen la señal hasta las Terminaciones de Red Óptica (TRO/ONT), donde se encuentran los nodos de acceso y se realiza la conversión a la señal eléctrica que alimenta los cables coaxiales (ver Fig. 2.5). Las TRO cubren áreas típicamente de 500 usuarios, aunque en sistemas con gran penetración

de fibra el número se puede reducir a 100 e incluso a unas pocas decenas. En cuanto al diseño de la red de fibra óptica, se tomarán en cuenta los siguientes criterios básicos:

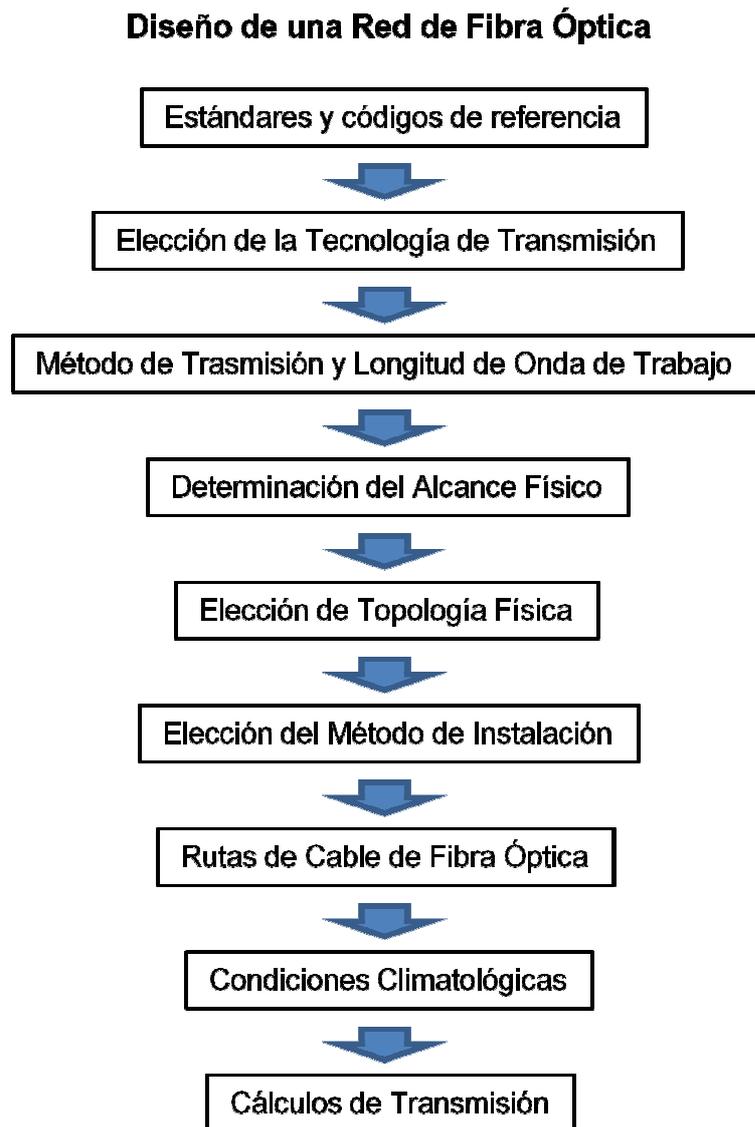


Figura N° 2.6: Esquema de Diseño de una Red de Fibra Óptica.
Fuente: Elaborado por el autor

- **Estándares y Códigos de referencia**, para el diseño de una red de fibra óptica, su dimensionamiento y determinación de componentes, se debe tomar en consideración ciertos requerimientos, recomendaciones y especificaciones técnicas aplicables y establecidas en estándares y códigos.

- **Elección de la Tecnología de Transmisión**, según la capacidad y velocidad de transmisión necesaria.

- **Método de Transmisión y Longitud de Onda de Trabajo**, la transmisión puede ser bidireccional, usando dos hilos uno para transmitir y otro para recibir; o unidireccional en donde se utilizará un hilo de fibra óptica, haciendo uso de la técnica de multiplexación de longitud de onda (WDM: *Wavelength Division Multiplexing*). Así mismo, con respecto a la longitud de onda de trabajo, los sistemas ópticos troncales pueden trabajar en la segunda (1330 nm) o tercera (1550 nm) ventana óptica, estas ventanas son zonas del espectro lumínico donde se produce una menor atenuación.

Los sistemas en tercera ventana tienen la ventaja de tener alcances mayores debido a que la atenuación de la fibra a estas longitudes de onda es mínima. Además, este alcance se puede ampliar con amplificación puramente óptica; motivo por el cual los nodos primarios se implementan

con amplificadores ópticos de gran linealidad (EDFA: *Erbium Doped Fiber Amplifiers*). De esta manera, se consigue permanecer en el dominio óptico desde la cabecera hasta las terminaciones de red (TRO).

- **Determinación del Alcance Físico**, según las especificaciones técnicas de la fibra óptica y de los equipos de transmisión, se podrá determinar el máximo alcance físico que se podrá alcanzar entre los nodos primarios.
- **Elección de Topología Física**, según las necesidades como facilidad de implementación y funcionamiento, redundancia y/o que sean económicas.
- **Elección del Método de Instalación**, para zonas rurales, la implementación de la red de fibra óptica es mayormente una instalación aérea de los cables de fibra óptica (ver Fig. 2.7), haciendo uso compartido de la infraestructura de torres y postes de las líneas de energía existentes entre los nodos a interconectar. Así mismo, en los tramos donde no existiera facilidades para la instalación aérea de los cables de fibra óptica, se debe considerar la instalación de postes de concreto de 9 u 11 metros de altura (según se requiera), con vanos promedios de 100 metros.
- **Rutas de cables de Fibra Óptica**, para un mejor diseño de la red, se deberá dividir la red en tramos siguiendo una ruta definida, necesaria para

los cálculos de los futuros ítems en la implementación de la infraestructura de la red, por ello dichas rutas, deberá contemplar los siguientes parámetros, mostrados en la Tabla 2.1.



Figura Nº 2.7: Instalación Aérea de Fibra Óptica

Tabla Nº 2.1: Parámetros de las Rutas de Cables de Fibra Óptica

Nº Tramo	Propietario de línea	Nombre de línea	Voltaje de línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
----------	----------------------	-----------------	------------------	---------------------	---------------------	----------------------	-------------------

Fuente: Elaborado por el autor

- **Condiciones climatológicas**, con el fin de determinar las características mecánicas del cable de fibra óptica a utilizarse, se debe tomar en cuenta los requerimientos de carga de viento y hielo (zona de carga y área de

nivel) de acuerdo con la región objeto del estudio y conforme a las reglas establecidas en el Código Nacional de Electricidad- Suministro 2001.

- **Cálculo de Atenuación de los Enlaces de Fibra Óptica**, con el fin de garantizar el desempeño del sistema de fibra óptica, los equipos terminales de línea óptica deberán permitir una atenuación óptica mayor a la atenuación que insertan los componentes pasivos del enlace más un margen de seguridad que cubra probables degradaciones en el desempeño de los transmisores y receptores ópticos así como de la fibra óptica.

Para el cálculo de Atenuación Óptica, se consideran los siguientes componentes pasivos:

- Atenuación de la Fibra Óptica, se deberá determinar su coeficiente de atenuación (α) de acuerdo a la longitud de onda que operará, según las recomendaciones de la UIT-T.

$$A_{FO} = \alpha \times L \text{ (dB)} \quad (2.1)$$

donde;

A_{FO} : Atenuación de la fibra óptica

L : Longitud de la fibra óptica

- Conectores y Adaptadores Ópticos, se considera dos (02) conjuntos de conectores y adaptadores, uno por cada extremo del enlace. La atenuación promedio máxima especificada para cada conjunto es de 0.75dB.

$$A_C = 2 \times 0.75\text{dB} = 1.5\text{dB} \quad (2.2)$$

donde;

A_C : Atenuación de conectores y adaptadores ópticos.

- Empalmes de Fibra Óptica, para cada enlace se consideran los empalmes intermedios de fibra óptica, empalmes de derivación y dos (02) empalmes con pigtail en las Unidades de Distribución (uno por cada extremo). La atenuación promedio máxima por empalme es de 0.1dB.

$$A_E = \#_E \times 0.1(\text{dB}) \quad (2.3)$$

donde;

A_E : Atenuación de empalmes

$\#_E$: Número de empalmes

- Derivadores Ópticos, para los derivadores ópticos (1x2) se considera una atenuación de inserción de acuerdo con la relación de división de potencia óptica.

- Además, se considerará un margen de seguridad de 2dB.

Para el cálculo del rango de atenuación óptica permisible del sistema, se tomará en cuenta las especificaciones del transmisor y receptor óptico de la Tabla 2.2, conforme a las recomendaciones G.957 de la UIT-T.

Tabla Nº 2.2: Especificaciones de Transmisor y Receptor Óptico

a. Potencia Inyectada Máxima (Transmisor Óptico)
b. Potencia Inyectada Mínima (Transmisor Óptico)
c. Sensitividad Mínima (Receptor Óptico)
d. Sobrecarga Mínima
e. Máxima Penalización
f. Atenuación Máxima Permisible del Sistema (b-c-e)
g. Atenuación Mínima Permisible del Sistema (a-d)

Fuente: Elaborado por el autor

El desempeño de los enlaces de fibra óptica se estima a través del cálculo del margen de atenuación del sistema con respecto a la atenuación óptica de los componentes pasivos del enlace. Esto permitirá verificar que habrá una potencia adecuada en los receptores ópticos o si será necesario utilizar amplificadores o atenuadores ópticos.

$$M_D = A_{MP} - A_{CP} \text{ (dB)} \quad (2.4)$$

donde;

M_D : Margen de desempeño

A_{MP} : Altura máxima permisible del sistema

A_{CP} : Atenuación de componentes pasivos

Del resultado se observará si presentan un margen de desempeño negativo, por lo cual requerirán de amplificadores ópticos, de otro lado, si presentan un margen de desempeño positivo y la atenuación óptica del enlace es inferior a la atenuación mínima permisible del sistema, se considerará un atenuador óptico.

Con respecto al cálculo de los requerimientos de dispersión cromática, conforme a la recomendación G957 de la UIT-T, la máxima dispersión cromática (DL en ps/nm) permitida para un enlace de fibra óptica, está dada por la siguiente expresión;

$$DL = \frac{1821}{B \times r} \left(\frac{\text{ps}}{\text{nm}} \right) \quad (2.5)$$

donde;

D: Coeficiente de dispersión cromática (en ps/nm.Km) de la fibra óptica,

L: Longitud (en Km) del enlace,

B: Tasa de bits (en Gbps) y,

r: Ancho espectral a -20 dB (en nm) de la fuente de luz del transmisor óptico.

- **Determinación del Tipo y Dimensionamiento de Componentes**

Para determinar el tipo fibra óptica a utilizar, se deberá tomar en cuenta, la distancia máxima entre los nodos a interconectarse, el sistema de transmisión a utilizarse y los cálculos de transmisión descritos, conforme a lo establecido en las recomendaciones de la UIT-T.

En el cálculo de la cantidad de fibras ópticas para los enlaces de comunicaciones, se consideran los requerimientos de comunicaciones actuales y futuros, además de la reserva necesaria para el mantenimiento de la red, como se muestra a continuación:

Tabla Nº 2.3: Cálculo de la Cantidad de Fibras ópticas

Aplicaciones iniciales (Telefonía y Datos):	# Fibras.
Aplicaciones futuras(CATV):	# Fibras
Conexión a red de acceso	# Fibras.
Reserva para Mantenimiento:	# Fibras
Ampliaciones de red	# Fibras
Vanguardia tecnológica	# Fibras

Fuente: Elaborado por el autor

De acuerdo con las rutas definidas para los cables de fibra óptica y elección del método de instalación (aérea sobre las torres y postes existentes de las líneas de alta tensión), se determinará el tipo de cable de Fibra Óptica a determinarse, entre las que se puede mencionar las de tipo ADSS y OPGW.

Para el cálculo de las longitudes de cables de fibra óptica requeridos para cada uno de los enlaces, se toma en cuenta la distancia de la ruta, distancia estimada para el acceso a los locales y reservas para cambios de pendiente y catenaria, empalmes, terminaciones y mantenimiento.



Figura Nº 2.8: Cable de Fibra Óptica tipo ADSS
Fuente: www.drakacomteq.es

Se considera una reserva para cambios de pendiente y catenaria, equivalente al 2% de la distancia de la ruta, una reserva de 25 metros por cada extremo de cable a empalmar y 25 metros en las terminaciones del cable con el fin de facilitar futuras reubicaciones de las Unidades de Distribución de fibras ópticas. Además, se considerará una reserva para mantenimiento de 50 metros cada 1000 metros de instalación aérea.

Se considerará que en cada uno de los nodos de interconexión el cable de fibra óptica será terminado en Unidades de Distribución, las mismas que

se instalarán en Gabinetes de Comunicaciones Estándar de 19". Las terminaciones de los cables de fibra óptica se realizarán a través de empalmes por fusión con pigtails monomodo SC de 1.5 metros de longitud.

Las interconexiones desde las Unidades de Distribución a los equipos terminales de línea óptica se realizarán a través patch cord monomodo duplex SC-LC de 3 metros de longitud. Por lo tanto, para la terminación del cable de fibra óptica y su interconexión con los equipos de comunicaciones ópticas, en cada nodo se considerarán los siguientes componentes:

- Una (01) Unidad de Distribución de Fibra Óptica para instalación en Rack.

Tabla N° 2.4: Requerimientos en una Unidad de Distribución

Capacidad máxima:	36 adaptadores.
Capacidad mínima instalada:	18 adaptadores SC monomodo.
Capacidad mínima para empalmes:	18 empalmes por fusión

Fuente: Elaborado por el autor

- 18 pigtails monomodo SC, de 1.5 metros de longitud.
- 02 patch cord monomodo duplex SC-LC de 3 metros de longitud.
- 18 tubos de protección termocontraíble para los empalmes por fusión.

- 01 Gabinete de Comunicaciones de 45 RU, 19 pulg.

Para el cálculo de la cantidad de empalmes de cables de fibra óptica, se toma en cuenta que la topografía en áreas rurales es irregular y con un número considerable de curvas, cambios de dirección, cambios de nivel y pendientes en las rutas del cable de fibra óptica y con el fin que el cable de fibra óptica durante el tendido no sea sometido a fuerzas de tracción superiores al valor máximo especificado por el fabricante del cable, se considera una longitud de tendido promedio de 3Km. Por lo tanto, el número de empalmes por cada enlace, resultará en:

$$\#_E = \#_{\text{TRAMOS}} - 1 = \frac{\text{Distancia ruta}}{3} - 1 \quad (2.6)$$

donde;

$\#_E$: Número de empalmes

Los empalmes de fibras ópticas se realizarán por el método de fusión. Las cajas de empalme tendrán una capacidad mínima para dieciocho (18) empalmes por fusión. Para cada empalme de cable de fibra óptica se consideran los siguientes componentes:

- Una (01) caja de empalme.

- Dos (02) bandejas de empalmes, cada una con una capacidad para doce empalmes por fusión.
- 18 tubos de protección termocontraible para los empalmes por fusión
- Un (01) conjunto para almacenamiento de cable de fibra óptica de reserva.
- Cinco (05) Grampas de bajada para fijación en torre.
- Un (01) Protector de caja de empalme.



Figura N° 2.9: Tipos de Caja de Empalme

Según el tipo de cable se considerará el uso de los conjuntos de retención en cada una de las torres donde haya un cambio de dirección o de pendiente mayor de 15° y otro conjunto de retención en las torres de inicio y final de tramo. En las torres que se encuentra en línea recta o donde el

cambio de dirección o de pendiente sea menor de 15° , se utilizará otra cantidad de conjunto de suspensión por cada torre.

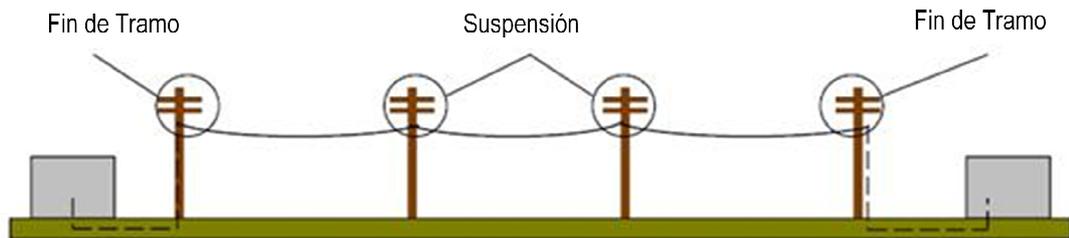


Figura Nº 2.10: Suspensión de Cable de Fibra Óptica

Se toma en cuenta la topografía irregular y el número considerable de curvas, cambios de dirección, cambios de nivel y pendientes en las rutas de las líneas de alta tensión, para el cálculo de los elementos de retención y de suspensión se tomará como criterio que el 80% de las estructuras requerirán de retención y el 20% requerirán de suspensión. Para el cálculo del número de estructuras se considerara el vano promedio estimado para cada enlace.

Con el fin de atenuar las vibraciones del cable de fibra óptica por efectos del viento se considerará el uso de amortiguadores de viento de aplicación helicoidal a la cubierta del cable de fibra óptica. Se tomará en cuenta el uso de cuatro (04) amortiguadores de viento por cada estructura (torre o poste) en vanos promedios mayor de 400 metros y dos (02)

amortiguadores de viento por cada estructura (torre o poste) en vanos promedios hasta de 100 metros.



Figura N° 2.11: Tipos de Amortiguadores de Viento

Los supresores del efecto corona están destinados para reducir el arco eléctrico en las partes metálicas de los elementos de retención y de suspensión, que son causados por los elevados campos eléctricos en líneas de alta tensión (mayor de 60 KV) y pueden dañar la cubierta de los cables de fibra óptica. Se tomará en cuenta el uso de dos (02) supresores por cada estructura (torre o poste).

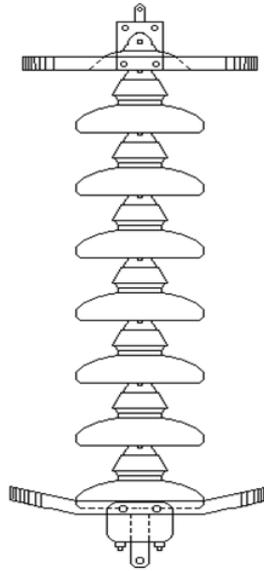


Figura N° 2.12: Supresor de Efecto Corona

b.2) Redes PLC (Power Line Communications)

Otra de las tecnologías que se utilizan como redes de transporte es la tecnología PLC, la cual se caracteriza por permitir el uso de la infraestructura de distribución eléctrica para el envío y recepción de señales de telecomunicaciones.

Para el diseño de la red de fibra óptica, se tomarán en cuenta los siguientes criterios básicos:

Diseño de una Red PLC

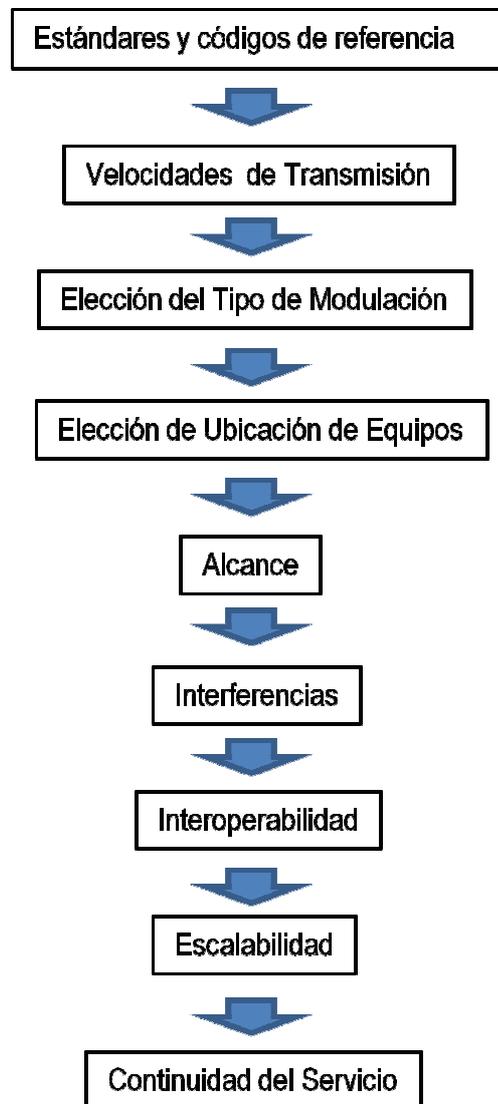


Figura N° 2.13: Esquema de Diseño de una Red PLC
Fuente: Elaborado por el autor

- **Estándares y Códigos de Referencia**, actualmente no existe un estándar definido a nivel internacional para las redes con tecnología PLC, pero es de alta importancia que los equipos operen según las recomendaciones internacionales ya vigentes. Es por ellos que varias organizaciones a nivel

mundial han demostrado interés en la tecnología PLC (ver Fig. 2.14), por lo que desde hace varios años se han creado grupos de trabajo que han implementado algunas normas para regular esta tecnología. Entre los organismos encargados de desarrollar una normalización de PLC se encuentra el PLC Forum que presenta sus iniciativas a los foros europeos CENELEC y ETSI, y los estándares de la IEEE los cuales regulan la tecnología BPL⁴.

Las normas especifican aspectos como: protocolos de la red, impedancia de equipos, niveles de potencia y rangos de frecuencia a los que deben operar los transmisores con la finalidad de evitar interferencias con otras tecnologías.

- **Velocidades de transmisión**, la capacidad de transmisión del PLC varía en función del fabricante, de la tecnología empleada y del estado de las líneas eléctricas, pero suele establecerse en los 45 Mbps (27 Mbps en el sentido red de datos – usuario “*Downstream*”, y 18 Mbps en el sentido usuario-red de datos “*Upstream*”). La velocidad que actualmente puede alcanzar la tecnología PLC con los equipos de usuario oscila en un rango

⁴BPL - *Broadband over Power Line* equivalente a la tecnología PLC.

de 2 Mbps y 10 Mbps, cuyo ancho de banda es suficiente para dar Internet, telefonía IP, transmitir voz, o servicios multimedia.

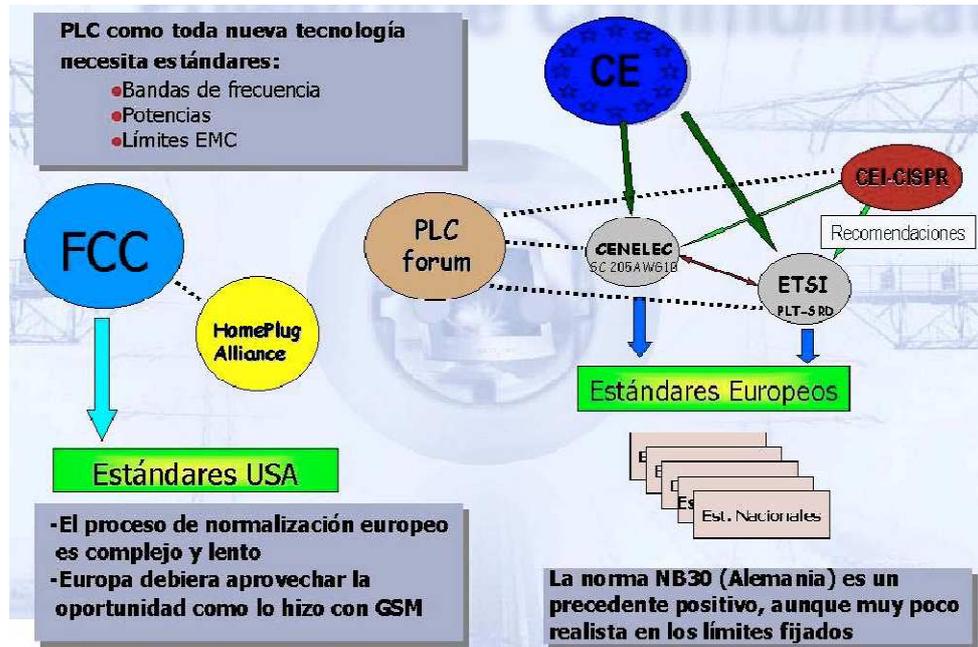


Figura Nº 2.14: Panorama Estandarizado del PLC

- **Elección del tipo de modulación empleadas en PLC**, para optimizar la transmisión de datos sobre la red eléctrica y conseguir máximas capacidades con el mínimo consumo de ancho de banda, se han planteado varias técnicas de modulación para PLC, las cuales deben ser robustas y utilizar una correcta asignación de frecuencias para evitar la interferencia externa.

- **Elección de ubicación de equipos**, se requiere una adecuada ubicación de los equipos de comunicación para permitir una mayor cobertura en forma práctica, rápida y rentable.

Es necesario el uso de un backbone de fibra óptica para la recepción de la señal de datos de un ISP externo hacia el punto de distribución de las redes eléctricas. El backbone de Fibra Óptica se conectará al puerto de un Switch Óptico ubicado en el Centro de Control de la Red, como se muestra en la Fig. 2.15.

Se ubicarán equipos para el control, monitoreo y mantenimiento remoto de la Red PLC, las Cámaras de Transformación y el enlace de *Backbone*. Esta dependencia interactuará con los departamentos necesarios para determinar funcionalidad técnica, objetivos financieros, producción de recursos entre otros.

La Unidad de acoplamiento (UDA), se ubicará en cada Cámara de Transformación, será el encargado de inyectar y adaptar la señal de datos a las líneas eléctricas y viceversa. En el diseño se emplearían acoples inductivos y unidades repetidoras.

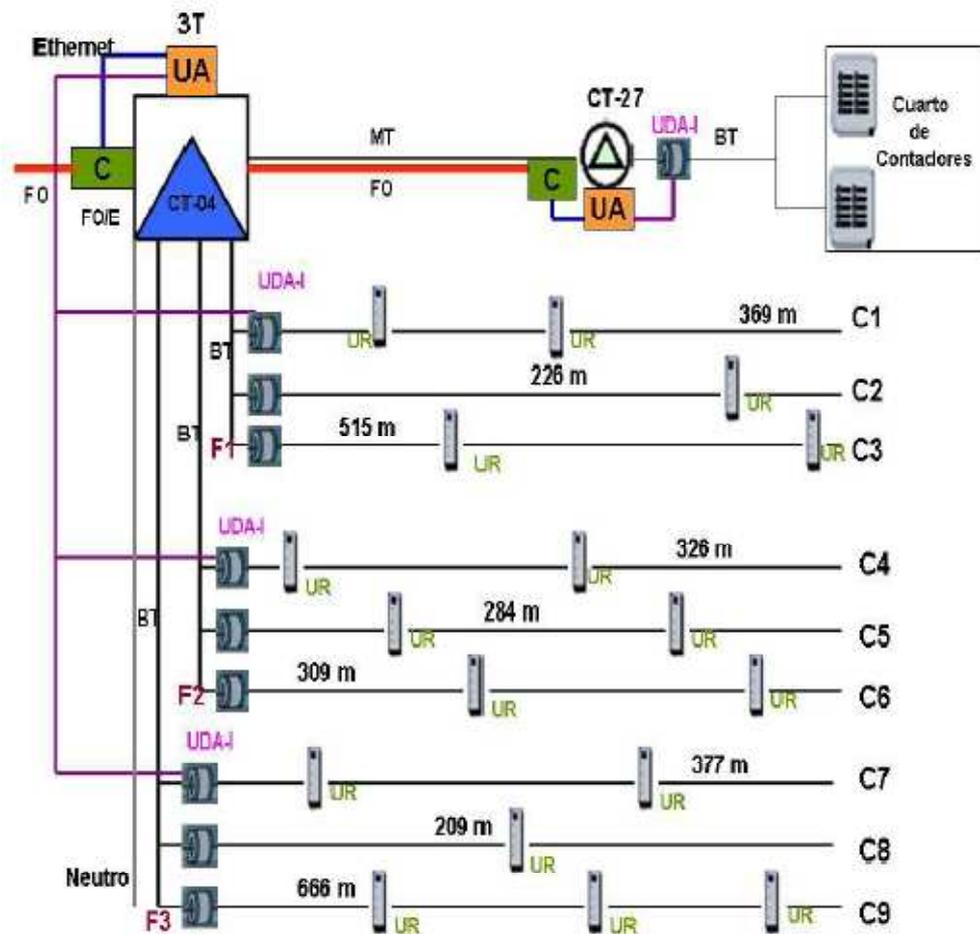


Figura N° 2.15: Equipos de la Red PLC.

Se utilizará el acoplamiento inductivo en la red, desde la UDA hasta los repetidores. Este tipo de acople presenta ligeras pérdidas, por lo que no requiere conexión física con la red eléctrica, lo que lo hace más seguro de instalar que el acople capacitivo.



Figura Nº 2.16: Acople Inductivo.

La Unidad Repetidora (UR), recobrará la señal PLC proveniente de la UDA, regenerándola para hacerla llegar a lugares donde la señal se ha deteriorado por la distancia. La señal viene desde una UDA a una frecuencia de 1.6 Mhz a 18 Mhz, el repetidor toma esta señal, y eleva la señal a la frecuencia de 18 Mhz a 30 Mhz. Las UR se instalarán en lugares intermedios entre las Cámaras de Transformación.

- **Alcance**, la señal debe tener alta recepción, determinando cual es la máxima distancia propuesta por los fabricantes de los equipos.
- **Seguridad**, considerar la seguridad en la red como primordial ya que al ser un medio compartido está expuesta a intromisiones, que afectan la confidencialidad de los datos de los clientes e incrementar las tentativas de fraudes por acceso indebido a servicios no autorizados. Los equipos involucrados en la transmisión de datos se conectan a líneas de energía

eléctrica que manejan voltajes considerables, esto requiere que la manipulación de los mismos se realice por personal calificado, además se deben cumplir con las normas de seguridad eléctrica generales y las específicas de los equipos.

- **Interferencias**, las redes PLC pueden producir radiaciones secundarias no deseadas o ser interferidos por aparatos cercanos (ver Fig.2.17). Se debe de establecer límites para evitar que se produzcan interferencias con otros sistemas de comunicaciones.

- **Interoperabilidad**, la interoperabilidad entre los equipos se obtiene de manera natural cuando se trata con elementos del mismo fabricante. Sin embargo, en la actualidad la mayoría de los productos ofrecidos por los fabricantes no son compatibles.

- **Escalabilidad**, es la facilidad de un sistema para expandir o disminuir su capacidad. Para el despliegue de una red PLC el principal problema consiste en elegir la ubicación del equipo de cabecera donde se efectúa la conversión de la red de transporte de telecomunicaciones convencional a la tecnología PLC, el costo del punto de conversión debe ser repartido entre el mayor número de usuarios posible.

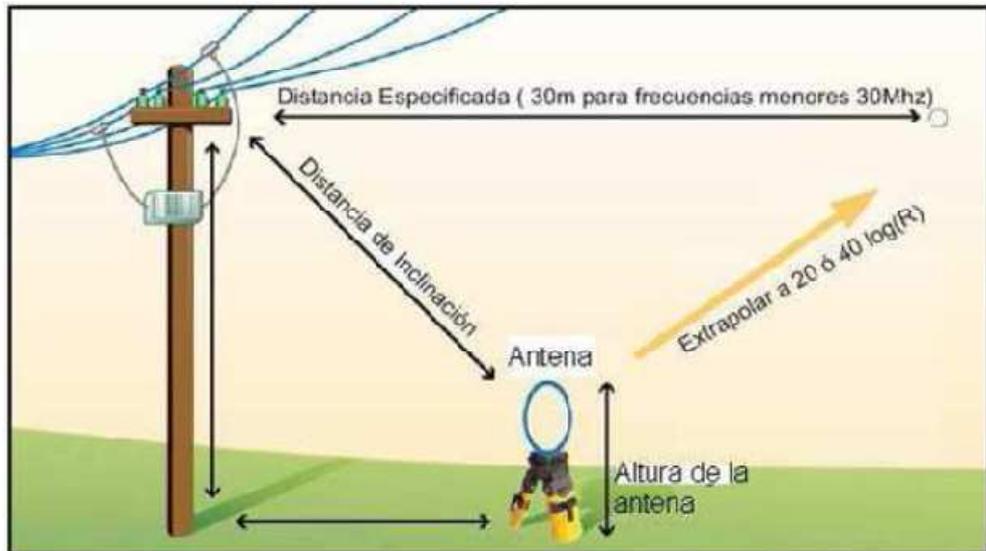


Figura Nº 2.17: Esquema de Mediciones de Interferencia.

- **Continuidad del Servicio**, la transmisión en el sistema PLC está soportada por la red eléctrica, las averías que puedan ocurrir en la misma darían lugar a interrupciones del servicio, es recomendable disponer de vías alternativas para dar continuidad al servicio, en caso de interrupciones de los tramos principales de la red de distribución.

Dentro de la elección de tecnologías para las redes de distribución, tenemos:

b.3) Redes Wifi

Tradicionalmente la topología de red IEEE802.11 más usada ha sido en modo infraestructura. En ella todas las estaciones que forman parte de la red se comunican entre sí a través de un punto de acceso. De esta forma, las

estaciones que se encuentran a demasiada distancia una de la otra pueden comunicarse a través de él. El punto de acceso puede además proporcionar acceso a redes exteriores.

Como se muestra en el siguiente esquema, para el diseño de la red WiFi, se debe tener en cuenta tres tipos de estaciones, que coexisten entre sí;



Figura Nº 2.18: Diseño de la Red WiFi
Fuente: Elaborado por el autor

- **Repetidor**, es un equipo que interconecta estaciones clientes (ver Fig. 2.19), y están ubicados en cerros o en posiciones elevadas para así poder repetir la señal hacia estaciones finales u otros repetidores con los que han de tener línea de vista. Un repetidor está enlazado con un grupo de estaciones a la vez que se interconecta con otros repetidores formando la red troncal. Estos enlaces pueden ser de varios kilómetros llegando a haberse establecido algunos de más de 40 kilómetros (lo cual dependerá de la zona geográfica así como del costo del equipo repetidor). Es por ello que se tiene que realizar una buena elección de los equipos, según las

necesidades así como de uso y mantenimiento adecuado, ya que estos enlaces no son sencillos.

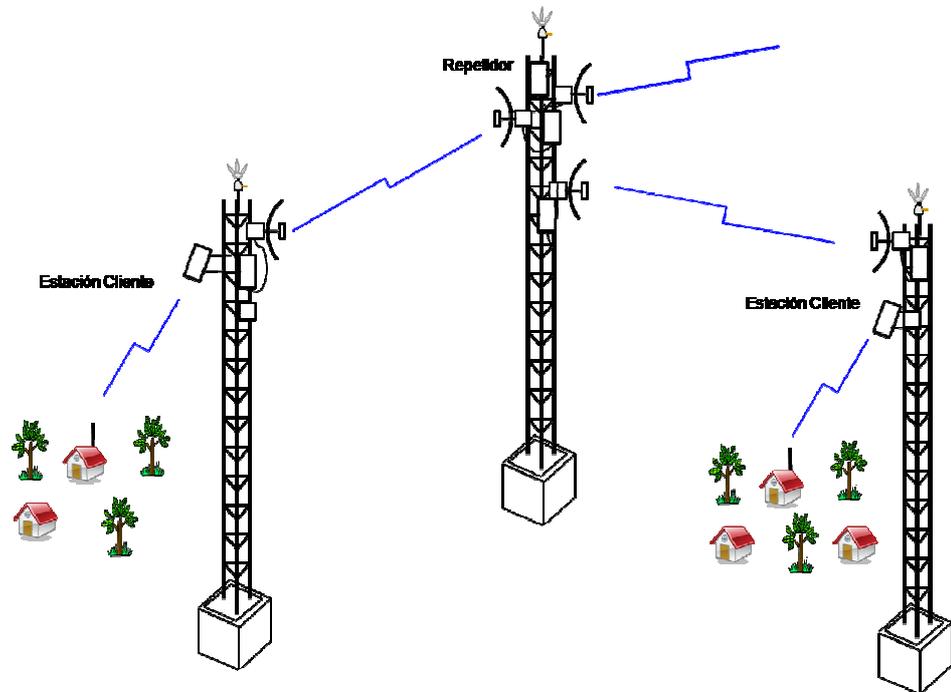


Figura Nº 2.19: Tipos de Estaciones en una Red WIFI
Fuente: Elaborado por el autor

Como se muestra en la Fig. 2.20, consta de los siguientes equipos:

Enrutador Inalámbrico, su función principal es recibir información proveniente de otro enrutador por una de sus interfaces (inalámbrica o Ethernet) y transmitirla por otra interfaz hacia otro repetidor u otra estación final. Esta operación la puede realizar entre cualquiera de sus interfaces ya que todas son de transmisión y recepción.



Figura Nº 2.20: Estación Repetidora
Fuente: <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe>

Para la elección del equipo se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Bajo consumo, el dimensionado de los paneles solares es proporcional al consumo energético de los diferentes componentes que conforman el enrutador.

En este sentido es importante que el hardware usado tenga un consumo reducido.

- Bajo costo, no se pueden adquirir equipos de un alto costo que no sean sostenibles en el medio y largo plazo por las comunidades objetivo de estas redes.
- Reducido tamaño, de esta forma se asegura que el diseño final del enrutador sea lo más compacto posible.
- Robusto ante condiciones meteorológicas adversas, es necesario que el enrutador tenga cierta robustez en cuanto a condiciones extremas de temperatura y humedad.
- Tipo de procesador, debe contar con un procesador lo suficientemente potente para poder realizar las diferentes tareas que se le exijan.
- Memoria RAM, irá en sintonía con el sistema elegido, en un principio se puede exigir un mínimo de 32MB.
- Sistema de almacenamiento, debe contar con un sistema de almacenamiento que permita guardar en él un S.O comúnmente se utiliza GNU/Linux. Se recomienda una memoria de tipo

CompactFlash ya que permiten dotar de un almacenamiento relativamente grande (por ejemplo 512MB) a precios asequibles.

- Número mínimo y tipos de interfaces inalámbricas, debido a que el enrutador actúa como repetidor para diversos escenarios se recomienda que al menos cuente con 3 interfaces inalámbricas.
- Interfaces, es necesario considerar otro tipo de interfaces. Entre otras las dos más importantes son: una interfaz serie a través de la cual poder acceder al enrutador para labores de configuración y mantenimiento, y al menos una interfaz Ethernet para conectar otros dispositivos de red (por ejemplo un teléfono IP). También se recomienda la existencia de una interfaz USB que permita extensiones o conexiones futuras.
- Rangos y tipos de alimentación. Por razones de flexibilidad se recomienda que el enrutador cuente con un rango variable de alimentación. Valores alrededor de 12V resultan ser muy útiles, ya que de esta forma se pueden alimentar de forma directa con el sistema de energía solar. También será más que recomendable que la placa seleccionada tenga la opción de poder ser alimentada a través de PoE (*Power over Ethernet*).

- Disponibilidad de *watchdog*, se recomienda la existencia de un *watchdog* hardware que permita reiniciar la placa cuando ésta se bloquee.
- Tarjetas inalámbricas, la elección de tarjetas WiFi se basa en parámetros tales como la potencia de transmisión, sensibilidad de recepción, temperatura y humedad soportadas en operación, así como chipset incorporado.

Pigtails, son cables coaxiales con conectores adecuados para las tarjetas de red inalámbricas. Estos se tratan, típicamente, de conectores UFL y MMCX. En el otro extremo los pigtails tienen conectores N hembra o macho. Dado que los conectores UFL y MMCX son sumamente pequeños, los pigtails están fabricados con cables coaxiales muy delgados de mucha atenuación motivo por el cual deben ser lo más cortos posible (típicamente de 30 cm).

Antenas, son dispositivos pasivos que convierten la señal de radio frecuencia enviada por los cables coaxiales en ondas electromagnéticas que se propagan en el espacio y viceversa.

Dada la diversidad de situaciones en las que se instalan las antenas, tales como: Punto a Punto, Punto Multipunto, con distancia entre

los puntos variable, entre centenas de metros y decenas de kilómetros, y con distintas características ambientales de los lugares donde se han instalado, se utilizan multitud de modelos de antenas en función de estos requerimientos. La elección de la antena depende de la ganancia necesaria de la misma para poder realizar el enlace y de la frecuencia en la que se va a realizar, además del ángulo de cobertura. Es importante resaltar que los precios de las antenas aumentan con su ganancia, por lo que un ajuste fino, en lo que a ganancia se refiere, puede suponer grandes reducciones en el costo.

Así mismo se debe cumplir con las exigencias de disponibilidad del servicio 99.9885%, para la evaluación de la infraestructura de RF necesaria se considerará un equipamiento de antena con las siguientes características técnicas:

Tabla N° 2.5: Características Técnicas Necesarias en el Equipamiento de una Antena

Potencia de transmisión:	+20 dBm
Sensibilidad a 11Mbps:	-79 dBm
Sensibilidad a 5Mbps:	-82 dBm
Sensibilidad a 1Mbps:	-88 dBm

Fuente: Elaborado por el autor

Se estima que el equipamiento para cada enlace permita garantizar un margen de desvanecimiento en función de la distancia, de acuerdo con la Tabla 2.6:

Tabla N° 2.6: Margen de Desvanecimiento en Función de la Distancia

	5Km	10Km	20Km	30Km
Margen	0.5dB	8 Db	17 dB	22.3 dB

Fuente: Elaborado por el autor

Por otro lado, se ha considerado se disponga de línea de vista, cuyas pérdidas de propagación en el espacio libre de acuerdo con la formula de FRISS es:

$$LP=92.45 +20\text{Log}_{10}f+20\text{Log}_{10}d \text{ (dB)} \quad (2.7)$$

donde;

LP= Pérdida en decibeles

f = Frecuencia en Ghz

d= Distancia en kilómetros

Para el cálculo del radioenlace, a estas pérdidas se debe adicionar las pérdidas por terreno y por clima. Por lo tanto, un enlace se dará por bueno, si presenta un nivel de señal en recepción de entre 20 y 25 dB por encima de la sensibilidad del receptor. Además, los enlaces deberán tener, visión directa con un despeje mayor al 60% del radio de la primera zona de Fresnel.

Asimismo, se evitará que los enlaces WiFi atraviesen vegetación, aunque en el momento de la instalación se obtenga en recepción un nivel de señal suficiente. En caso de que tenga constancia de que lo están haciendo, se tiene que comprobar que en el punto más crítico que la claridad mínima del enlace será de 20 m, que corresponde con altura estimada de los árboles. La claridad es la distancia entre el terreno y el haz radioeléctrico.

En general, la altura máxima de una torre está en función de la relación costo/beneficio. Mientras mayor sea su altura mucho mayores serán tanto su costo, como la dificultad en su instalación. Sin embargo, si el beneficio de colocar una torre muy alta (por ejemplo, reduce significativamente los tamaños de otras torres), entonces dicha instalación se justificaría. Se evitará el posicionamiento de repetidores en lugares aislados siempre que haya otras alternativas.

Amplificadores, los amplificadores son dispositivos que como su propio nombre indica amplifican una señal de entrada o de salida. Pese a la necesidad de usarlo en exteriores, se prefiere este equipo de interior con la idea de colocarlo dentro de una caja de intemperie. Esto resulta más económico y confiable. Sin embargo, el uso de estos dispositivos se debe evitar ya que son caros, tienen alto consumo energético e introducen ruido e interferencias en el sistema.

En las especificaciones técnicas del amplificador se observa dos características importantes: La potencia de entrada del amplificador proveniente del equipo de radio no puede ser mayor a 100mW (20dBm) y la potencia de salida del amplificador será constante de 1W (30dBm), que es suficiente y necesaria para cumplir con el propósito de su adquisición.

Además si cuenta con conectores N macho, eliminará el uso de conectores auxiliares, pudiéndose conectar directamente al cable coaxial.

- **Estación Cliente**, se encuentra en los puntos de servicio a usuarios. Suele tener conectado una computadora y un teléfono IP, permitiendo beneficiarse y hacer uso de todos los servicios que la red pone a su servicio.

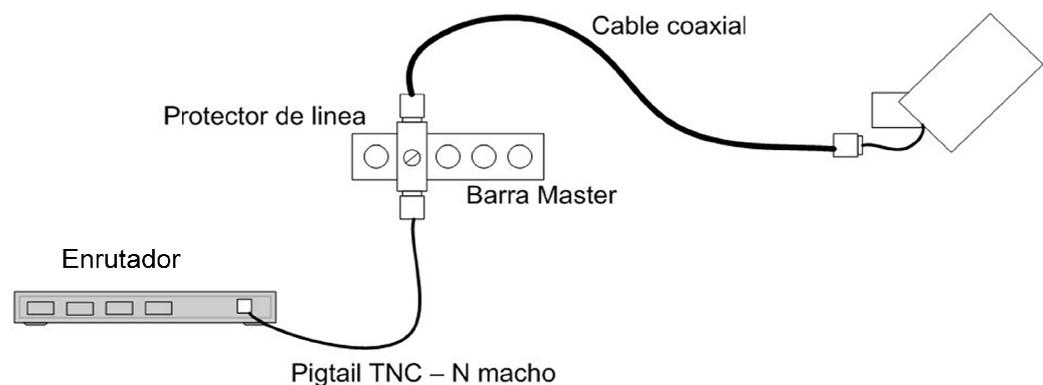


Figura Nº 2.21: Estación Cliente
Fuente: <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe>

Entre los equipos necesarios para la implementación de la estación cliente, tenemos:

Enrutador Inalámbrico, así como en un repetidor, es necesario el uso del enrutador inalámbrico dado que es el encargado de conectarse con la red troncal y por ese medio a Internet. Además sirve para crear, mediante sus interfaces cableadas, las redes LAN de cada estación final. Este dispositivo se encuentra ampliamente disponible en el mercado a bajos costos, pues a diferencia de un repetidor es fabricado para enlaces cortos ya que posee una potencia de transmisión en el orden de los 18 dBm, aunque el alcance de éstos podrá aumentarse utilizando antenas exteriores.

Además, su firmware puede cambiarse por otros que permita ampliar sus posibilidades de configuración. El enrutador deberá disponer de 4 puertos LAN donde se colocarán la computadora y el teléfono IP, dejando los otros dos libres para expansiones futuras y una interfaz inalámbrica que conecta con la placa del repetidor más cercano a la estación final.

Antenas, el enrutador inalámbrico deberá poder conectarse a un enlace con el repetidor más cercano, mediante el uso de antenas incorporadas por una antena directiva. Como se observa en la Fig. 2.21, esta antena se ubicará en el exterior del establecimiento donde se encuentre la estación

final y se conectará al enrutador a través de un cable coaxial, un protector de línea y un pigtail. La antena que se utiliza para realizar este enlace depende de la distancia existente al repetidor, su precio económico, y su gran ángulo tanto de elevación como de ancho de haz. Si se quisiera realizar enlaces de mayor distancia sería necesario utilizar antenas de mayor ganancia.

Cables y Conectores, el enrutador deberá tener un conector RP-TNC macho (conector TNC con polaridad inversa), por lo cual el pigtail ha de tener un conector TNC hembra y en su otro extremo un conector N macho que se conecta al protector de línea. Este protector de línea tiene conectores N hembra en ambos extremos.



Figura Nº 2.22: Conexión de una Antena con Cable Coaxial acabado en Conector RP-TNC Macho

En el otro conector N hembra del protector de línea se conecta un cable coaxial con conectores N macho en ambos extremos, que se conecta a la

antena, que ha de tener una porción de cable con un conector N hembra, tal como se muestra en la Fig.2.22.

Equipos VoIP, a nivel de usuario el sistema de telefonía consta de un terminal telefónico analógico y de un ATA, que transforma las señales analógicas del terminal en señales digitales entendibles para el protocolo de VoIP usado. Estos dos equipos se pueden sustituir directamente por un teléfono IP, pero eso podría causar problemas de dificultad de uso para el usuario final, a la vez que problemas para su rápida sustitución en caso de avería o rotura.

ATA, el elemento hardware principal para la comunicación de voz es el ATA, que es una interfaz que se encarga de conectar un teléfono analógico a una red de VoIP.



Figura N° 2.23: Conexiones en un ATA
Fuente: <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe>

Teléfono Analógico, además del ATA, hace falta un teléfono para transmitir las señales analógicas. En algunas estaciones la conexión entre el teléfono y el ATA no es directa debido a la ubicación de los equipos. En estos casos se utilizan tramos de cables telefónico para exteriores.

Estación de Interconexión, es una estación dotada de conectividad final a Internet y/o a la RTPC, permitiendo al resto de estaciones de la red inalámbrica acceder a través de ella a esas redes externas. Puede existir una o varias de estas estaciones en una red inalámbrica, pero lo más frecuente sea que no se disponga más que de una. El uso de más de una implica el uso de encaminamiento dinámico.

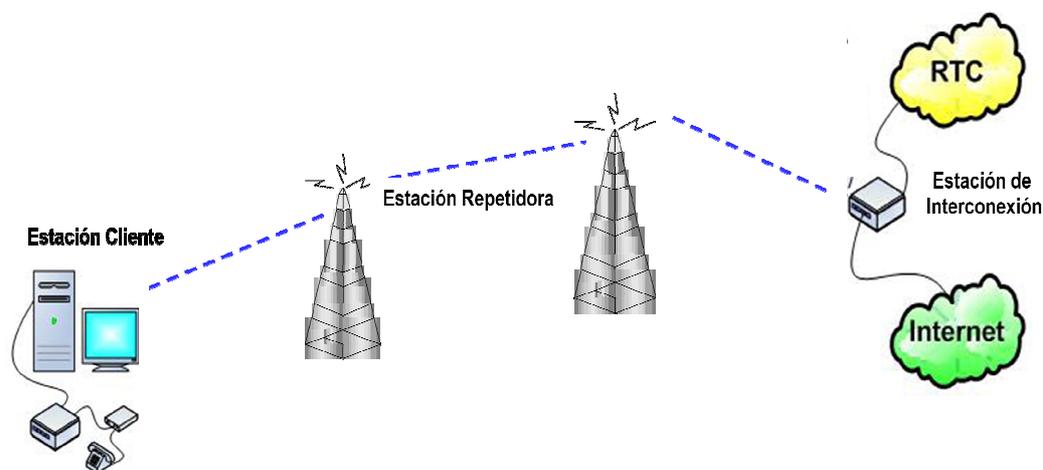


Figura Nº 2.24: Estación de Interconexión
Fuente: <http://gtr.telecom.pucp.edu.pe>

Estas estaciones frecuentemente tendrán que desempeñar funciones como NAT o cortafuegos (*firewall*). Así mismo, como los servidores instalados en los enrutadores de los repetidores no manejan

eficientemente archivos de sonido, los servicios de *voicemail* y conferencia los administra el servidor instalado en la estación final. Además, en ésta se encuentran las herramientas software y hardware encargados de la comunicación con la RTPC.

Con respecto al equipamiento, esta estación se compone de los mismos equipos con los que cuenta una estación cliente con las excepciones de no requerir de un ATA y que el enrutador inalámbrico disponga de un puerto WAN donde se conecte la salida a Internet de la red. Así mismo, se hace necesario del uso de tarjetas que cuenten con un puerto FXO (necesaria para conectar la línea telefónica contratada), necesario para la conexión directa a la red telefónica.

b.4) Redes Satelitales VSAT (*Very Small Aperture Terminal*)

Son redes de comunicaciones que permiten conexiones vía satélite con terminales de pequeña apertura (<1,8m), siendo completamente independientes de la infraestructura terrestre, lo cual es importante para su uso en zonas rurales de difícil accesibilidad.

Para el diseño de la red, se tomará en cuenta los siguientes criterios básicos.

Diseño de la Red VSAT

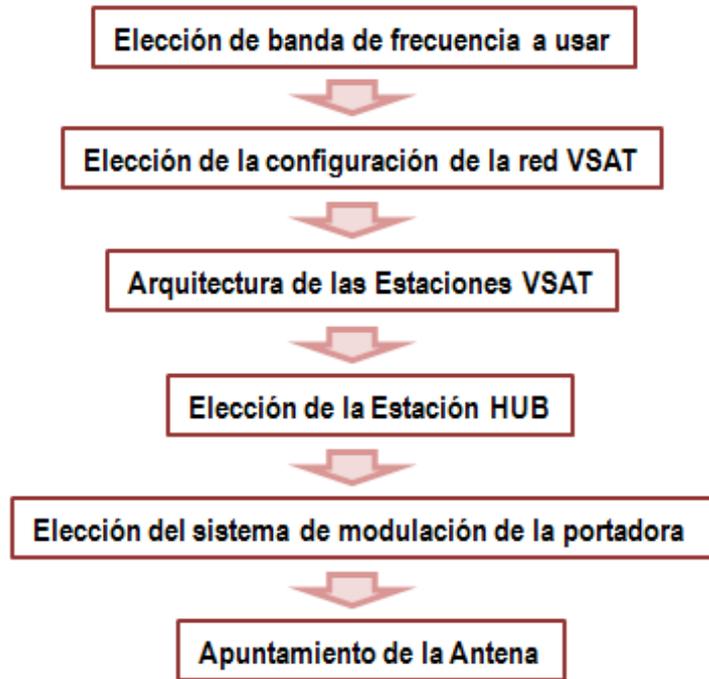


Figura N° 2.25: Esquema de Diseño de la Red VSAT
Fuente: Elaborado por el autor

- **Elección de la Banda de Frecuencia a Usar**, la elección dependerá de:

La disponibilidad de un satélite que cubra la zona donde ha de instalarse la red y que disponga de la banda deseada, el plan de frecuencia ha sido establecido por la ITU, y establece que se usen las bandas de frecuencia C⁵ o Banda Ku⁶ para aplicaciones civiles. En cuanto a su cobertura, existen limitaciones, pues no todas las zonas de la tierra tienen acceso a

⁵ Banda C: 3.7-4.2 GHz , 4.4-4.7 GHz, 5.725-6.425GHz

⁶ Banda Ku1:10.7-11.7GHz, Banda Ku2:11.75-12.5GHz,BandaKu3:12.5-12.75GHz

dichas bandas. Así mismo, el satélite que da el servicio puede usar haces con cobertura global, zonal o tipo spot.

Problemas de interferencias, al usar antenas de pequeño diámetro el ancho de haz es grande y el peligro de recibir interferencia desde otros satélites (y también de interferir en ellos) es también grande. Para la banda C y partes de la banda Ku, existe el peligro añadido de los sistemas terrestres de microondas. Para contrarrestarlo se debe de hacer uso de satélites más potentes, es decir, potencias de emisión de al menos 55 a 60 dBW. En la Tabla 2.7, se muestra un análisis comparativo entre la elección de la banda C y la banda Ku.

Tabla Nº 2.7: Análisis Comparativo entre la Elección de la Banda C y la Banda Ku

	Ventajas	Desventajas
Banda C	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad mundial. • Tecnología mas costosa que la de la banda Ku, por el tamaño de antena. • Robustez contra atenuación por lluvia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Antenas grandes (1 a 2.4 metros). • Susceptible de recibir y causar interferencias desde satélites adyacentes y sistemas terrestres que compartan la misma banda (Se necesitaría en algunos casos recurrir a técnicas de espectro ensanchado y CDMA).
Banda Ku	<ul style="list-style-type: none"> • Usos mas eficientes de las capacidades del satélite ya que, al no estar tan influenciado por las interferencias, se puede usar técnicas de acceso mas eficientes como FDMA o TDMA frente a CDMA que hace uso menos eficaz del ancho de banda. • Antenas mas pequeñas (0.6 a 1.8 m). 	<ul style="list-style-type: none"> • Hay regiones donde no está disponible. • Mas sensible a las atenuaciones por lluvia. • Tecnología mas barata hoy en día.

Fuente: Elaborado por el autor

- **Elección de la Configuración de la Red VSAT**, se deberá conocer si se necesita contar con una central capaz de enrutar adecuadamente las portadoras o no, dependiendo de ello, se elegirá entre la configuración en estrella (se hace uso de un Hub) o en malla, respectivamente.

- **Arquitectura de las Estaciones VSAT**, como se muestra en la Fig.2.26, una estación VSAT está compuesta de dos conjuntos de equipos separados: la unidad externa (ODU *OutDoor Unit*) y la unidad interna (IDU *InDoor Unit*). La ODU es el interfaz de la VSAT al satélite, mientras que la IDU es el interfaz a los terminales del cliente o a la red de área local (LAN).[4]

- **La Unidad Externa (ODU)**, para una apropiada especificación, como un interfaz al satélite, se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:
 - Las bandas de frecuencia de transmisión y recepción.
 - La resolución o tamaño de paso del transmisor y receptor para ajustar la frecuencia de la portadora transmitida o para sintonizar la frecuencia de la portadora recibida.
 - La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) que determina el desempeño del enlace de radiofrecuencia de la estación hacia el satélite. La PIRE depende del valor de la ganancia de la antena, de

su tamaño, frecuencia de transmisión, y potencia de salida del amplificador de transmisión.

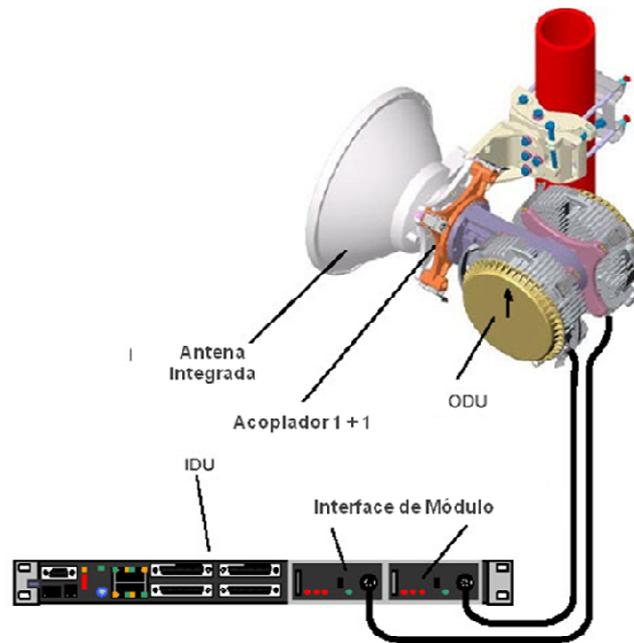


Figura Nº 2.26: Arquitectura de una Estación VSAT

- La relación G/T [dB/K] que determina el desempeño del uplink; dependerá del valor de la ganancia de la antena, de su tamaño, frecuencia de recepción, y de la temperatura de ruido del receptor.
- La variación de la ganancia de los lóbulos de la antena al ponerla fuera del eje que la direcciona hacia el satélite, con la cual se controla la PIRE y G/T bajo estas condiciones, determinando así, los niveles de interferencia producidos y recibidos.

También serán considerados parámetros como el rango de temperatura de funcionamiento, lluvia, humedad, etc.

- **La unidad interna (IDU)**, para una especificación apropiada, como una interfaz a los terminales de usuario o a una red de área local (LAN), se deben considerar los siguientes parámetros:

- Número de puertos.
- Tipo de puertos: interfaz mecánica, eléctrica, funcional y de procedimiento.
- Velocidad del puerto: ésta es la velocidad máxima a la que pueden intercambiarse los datos entre el terminal del usuario y la IDU en un puerto dado. La velocidad de transmisión real puede ser más baja.

- **Elección de la Estación Hub**, la mayor diferencia entre una estación VSAT y una hub es que los interfaces de la IDU de esta última se conectan a una computadora central o, a una red pública conmutada o privada. Aparte del tamaño y el número de subsistemas, la diferencia funcional entre un hub y una VSAT es mínima. La estación hub está

provista de un sistema de administración de red denominado NMS⁷ (Network Management System). [4]

Para su elección se tendrá en cuenta las arquitecturas que hacen uso de HUB, según las siguientes opciones:



Figura Nº 2.27: Arquitectura de una Estación HUB

- **Hub dedicado**, permite una red VSAT con miles de estaciones conectadas a él. Puede estar ubicado en sede central de la empresa cliente de VSAT, con el host de control directamente conectado a él.

⁷ El NMS es un mini computador o una estación de trabajo equipada con un software especializado, usado para realizar funciones operacionales y administrativas. Este mini computador está conectado a cada VSAT en la red por medio de circuitos virtuales permanentes. Constantemente se intercambian mensajes de administración entre el NMS y las VSAT, y contienen con el tráfico normal para acceder a los recursos de la red.

Ofrece al cliente completo control de la red. La elección está condicionada por la necesidad de una red de grandes dimensiones o con un gran ritmo de expansión para amortizar los costos.

- **Hub compartido**, diversas redes independientes pueden compartir un HUB común a todas ellas. De esta forma, los servicios que provee el HUB están arrendados al proveedor de servicio (operador de la red VSAT). Este tipo de redes son asequibles para redes de pequeño tamaño (50 VSAT's o menos). Sin embargo, el hecho de compartir HUB tiene una serie de desventajas, como:

- Necesidad de conexión desde el HUB al host, normalmente el host del cliente está físicamente alejado del HUB, así es necesario tener una línea adicional para conectarlos, bien mediante una línea alquilada, bien a través de la red de conmutación terrestre. Esto añade un coste extra a la operación de la red.
- Posible limitación en una futura expansión, es evidente que el ancho de banda está acotado debido al número de redes independientes que hacen uso del HUB, así una posible ampliación que requiera mayor capacidad ha de ser renegociada con todas las partes.

- **Hub de pequeña capacidad**, el uso de un mini-HUB con una antena de 2 ó 3 m. tiene un coste típico de unos 700,000.00 Dólares. Esta configuración es de reciente aparición como resultado de una mejora en la potencia de emisión de los satélites y de los equipos receptores de gran sensibilidad. Es una solución atractiva, ya que presenta las ventajas de un HUB dedicado a un costo bajo. Soporta del orden de 300 a 400 VSAT's.

- **Elección del sistema de modulación de la portadora**, se usará un esquema de modulación coherente tal como el BPSK (*BiPhase Shift Keying*) o el QPSK (*Quadrature Phase Shift Keying*). Para un adecuado desempeño, la velocidad de transmisión de la portadora debe ser superior a los 2,4 Kbps, de otra forma el ruido de fase se vuelve un problema. Para velocidades de transmisión más bajas, se debe evitar usar una modulación de fase y en cambio se usa una modulación de frecuencia FSK (*Frequency Shift Keying*).

- **Apuntamiento de la antena**, la precisión en el apuntamiento de la antena nos dará la mayor calidad de la señal, que viene desde el HUB o la estación terrena maestra. Para la instalación de una VSAT, son dos ángulos que se deben tener en cuenta en el proceso de apuntamiento:

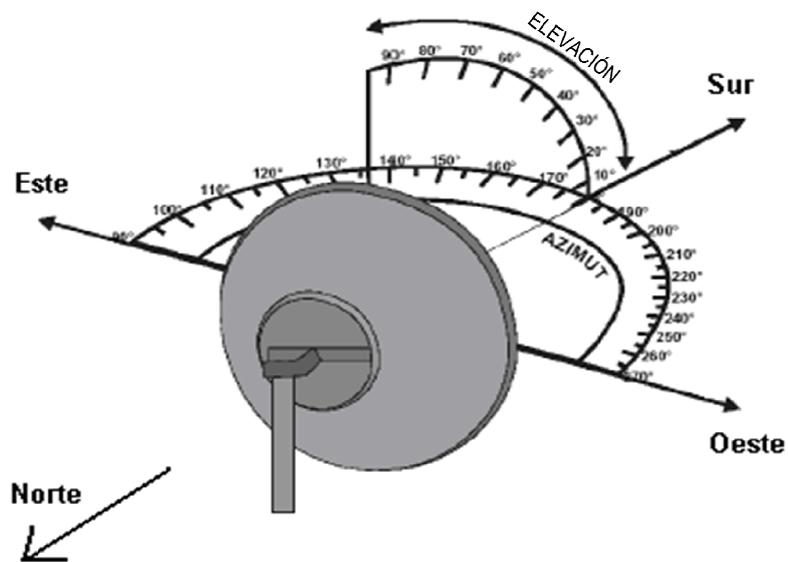


Figura Nº2.28: Apuntamiento de la Antena

Ángulo de elevación, es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la Tierra. Como cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la Tierra, sufre absorción y, también, puede contaminarse severamente por el ruido.

De esta forma, si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda que está dentro de la atmósfera de la Tierra es demasiado larga, la onda puede deteriorarse hasta el grado que

proporcione una transmisión inadecuada. Generalmente, 5° es considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable.

El ángulo de elevación (E) está dado por:

$$E = \tan^{-1} \left\{ \frac{[\cos(\phi_s - \phi_l) \times \cos \phi_t] - 0.151269}{[\sin(\phi_s - \phi_l)]} \right\} \quad (2.8)$$

donde:

ϕ_t = latitud estación tierra

ϕ_l = longitud estación tierra

ϕ_s = longitud satélite

Angulo de Azimut, se entiende como la orientación real respecto al punto en donde se encuentra el observador. Se mide en grados absolutos tomando como referencia el NORTE a 0 grados, siguiendo el sentido de la agujas del reloj hasta llegar al ESTE a 90 grados, el SUR a 180 grados, el OESTE a 270 grados y de nuevo el NORTE a 360 grados.

Dados los datos de latitud y longitud de la estación terrena y la longitud del satélite, se pueden calcular los ángulos de azimut y elevación de la estación terrena para apuntar hacia el satélite. Para puntos en el hemisferio sur:

Estación terrena al oeste del satélite $A_z = 360^\circ - \alpha$

Estación terrena al este del satélite $A_z = \alpha$

En donde:

α = ángulo de azimut

$$\alpha = \tan^{-1} \left[\frac{\tan(\phi_s - \phi_l)}{\sin \phi_t} \right] \quad (2.9)$$

donde:

ϕ_t = latitud estación tierra

ϕ_l = longitud estación tierra

ϕ_s = longitud satélite

Para muchos instaladores estas expresiones ya son muy conocidas. La mayoría tiene sus ecuaciones en una tabla Excel o simplemente recurren a las páginas Web de los operadores satelitales y pueden obtener ahí las herramientas de cálculo.

c) Subsistema de Energía

En las zonas rurales se encuentran identificadas diferentes realidades que condicionan el diseño de los sistemas de abastecimiento eléctrico.

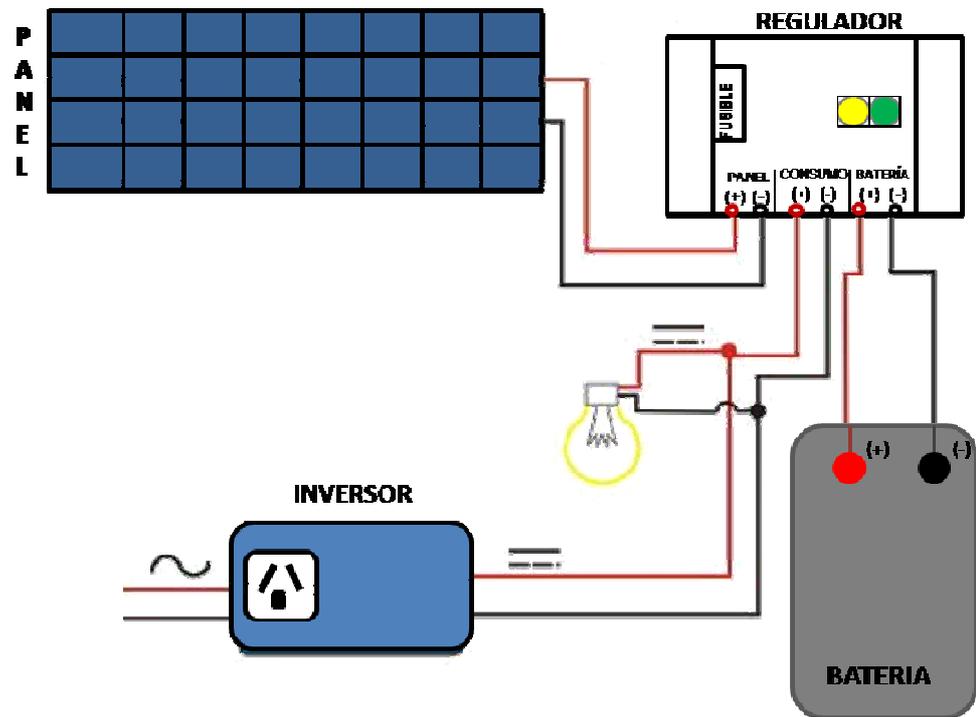


Figura Nº 2.29: Esquema de Sistema de Energía Eléctrica

La mayoría de comunidades no cuenta con sistema alguno de abastecimiento eléctrico y el resto utiliza motores cuyo funcionamiento está sujeto a un suministro de combustible externo y muy variable. Además, estos motores suelen estar normalmente fuera de control (variaciones de voltaje sumamente extremas). Por estas razones, la principal recomendación es que todo nuevo dispositivo sea provisto de su propio sistema de energía eléctrica.

c.1) Sistema Fotovoltaico

Como se muestra en la Fig. 2.30, comprende los siguientes elementos:

- Regulador: Su misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas en las baterías.
- Banco de baterías: Las baterías son la fuente de la energía que consumen el enrutador inalámbrico, la computadora, las luminarias, la impresora y cualquier otro dispositivo eléctrico o electrónico instalado.
- Paneles solares: Captan la energía del sol y la traducen en corriente eléctrica que envían a las baterías (para su recarga) por intermedio del controlador. Comúnmente se instalan 2 ó 3 paneles por estación.
- Tablero de Energía (Caja de Distribución): En este elemento se realiza la distribución del cableado y conexiones para las diferentes cargas (equipos) conectadas e incluye un interruptor termomagnético como protección contra descargas eléctricas.

En esta caja de distribución también se instala el regulador (facilitando las conexiones) y los equipos que son usados por el subsistema de telecomunicaciones (ATA y su fuente de energía y el enrutador). Además se instala un conversor que transforma la alimentación eléctrica de 12 V que llega de los paneles a una señal de 5 V necesaria para alimentar al ATA.

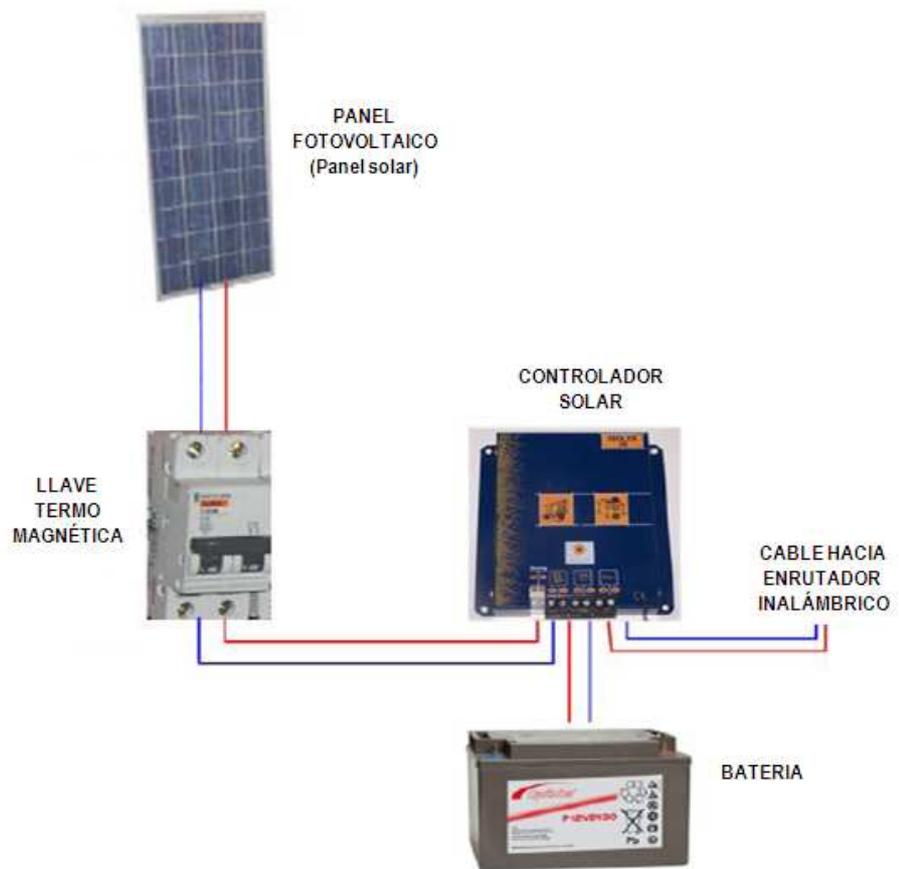


Figura N° 2.30: Sistema Fotovoltaico

Adicionalmente a los equipos mencionados, en la caja de distribución se instala una bornera que permite conectar los cables que alimentarán a los diversos dispositivos.

Durante el día, la corriente generada por los paneles solares llega hasta el regulador y éste la distribuye a los distintos dispositivos, lo que restante lo envía a la batería para almacenarla. Durante la noche, el regulador obtiene corriente de la batería para abastecer a los equipos

que estén encendidos.

- Inversor: Este equipo se conecta al regulador y su función principal es proveer el tipo adecuado de voltaje y corriente al monitor, pues funciona con corriente alterna y las baterías brindan corriente continua. Por tanto, como su nombre lo indica, el inversor transforma el voltaje continuo (12 V que entrega el banco de baterías) en un voltaje alterno.

c.2) UPS

Uninterruptible Power Supply: suministro de energía ininterrumpible, es un dispositivo utilizado en zonas donde existe energía eléctrica y está continuamente siendo cargada (enchufada a 220V), cuenta con baterías que puede proporcionar energía eléctrica tras un apagón a todos los dispositivos que tenga conectados. Otra de las funciones es la de mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a los aparatos, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red.



Figura Nº 2.31: Equipos UPS

d) Subsistema de Protección Eléctrica[2]

Este subsistema tiene el objetivo de brindar protección a las personas y los equipos, evitando que descargas indeseadas lleguen hasta los mismos. Los sistemas de protección eléctrica constan de los siguientes elementos:

- Pozo de Puesta a Tierra: Las estaciones cliente se encuentran ubicadas en zonas de baja o media resistividad, por lo que se han instalado pozos PAT con una longitud de 10 m y una profundidad de 50 cm (ver Fig. 2.32).

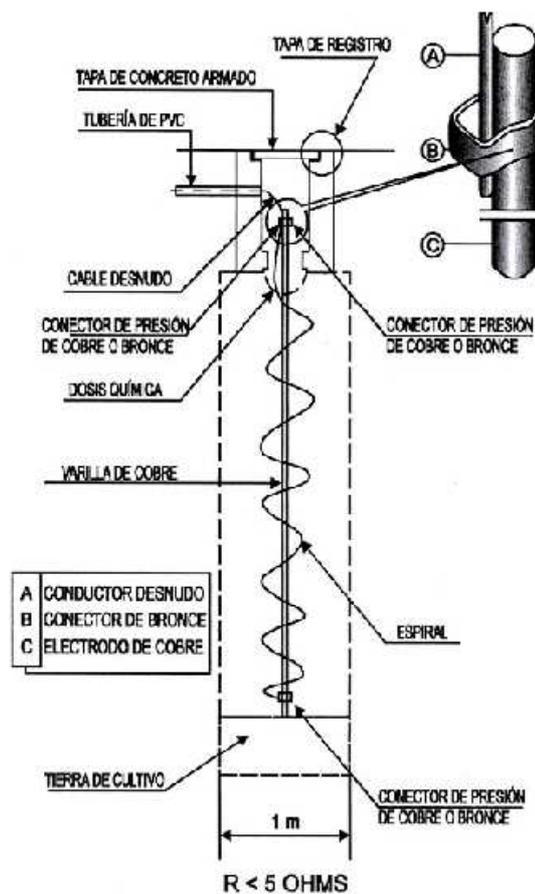


Figura N° 2.32: Pozo Puesta a Tierra

- Barra Máster: Es una platina de cobre que sirve para conectar los diferentes cables de cobre usados para la puesta a tierra de los equipos y también para conectarlos a los pozos PAT. Se instala en el interior pero aislada de la estructura del establecimiento.
- Protectores de Línea: Son elementos especialmente diseñados para prevenir que descargas eléctricas puedan llegar al equipo radio y dañarlo. Se colocan en la barra Máster y se conectan a dos cables coaxiales: uno llega al equipo radio y el otro a la antena.



Figura N° 2.33: Protector de Línea Instalado en Barra Máster

e) Subsistema de Gestión y Mantenimiento de la Red

Para garantizar el correcto funcionamiento de las redes desplegadas durante la mayor cantidad de tiempo posible, es necesario solucionar las posibles complicaciones que surjan con los equipos instalados con la mayor celeridad.

Estas complicaciones, que pueden provocar que la red caiga durante un tiempo indeterminado, son, en muchos casos, inevitables. Sin embargo, el

uso de determinadas herramientas puede ayudar a la correcta identificación de un fallo en el momento justo en que se produce, permitiendo de esta forma una rápida intervención para solucionar el problema detectado. Estas aplicaciones se denominan herramientas de gestión de red. Además, un correcto cuidado físico de los equipos que conformen la red es imprescindible para prevenir que estos se deterioren con el tiempo y así reducir la ocurrencia de los fallos. Por lo tanto, la gestión y el mantenimiento de la red se desarrolla en un doble ámbito: software y hardware.



Figura N° 2.34: Ejemplo de Arquitectura de Gestión de Red

f) Subsistema de Operación de la Red (NOC) y Data Center

Referido a las funciones necesarias para proveer servicios de valor añadido a la infraestructura desplegada. El equipamiento relacionado con el NOC está constituido fundamentalmente por servidores especializados, bases de datos y software especializado. El NOC puede situarse en cualquier lugar de la red pero se conecta mediante enlace de datos con el equipamiento de cabecera. También es posible usar VPN's (redes privadas virtuales) sobre Internet para lograr esta conexión en forma segura.

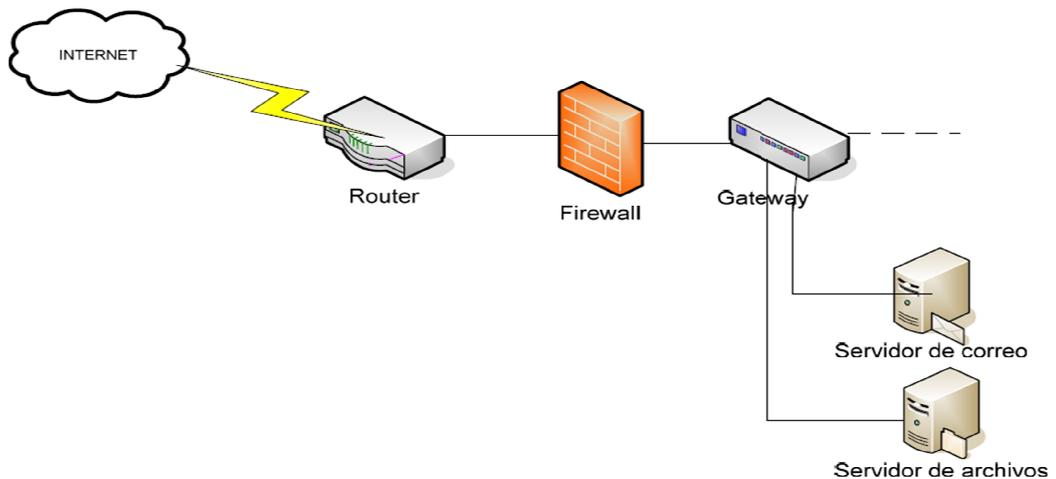


Figura N°2.35: Equipo Relacionado al NOC

- Servidor SIP, a fin de procesar las llamadas telefónicas que se originan o van destinadas hacia los abonados rurales de la empresa adjudicataria. El conjunto de servidor SIP y los enrutadores de cada cabecera o de los repetidores constituyen la red de telefonía IP (protocolo de encaminamiento de paquetes de datos). Asociado al servidor SIP se desarrolla la funcionalidad de tarificación que va a permitir generar la factura a cada abonado y liquidar con el operador establecido que proporciona la interconexión.
- Plataforma de Prepago, permite comprobar el saldo de los abonados prepago a fin de permitirles el uso de los servicios tanto de telefonía como de Internet.

- Servidor de Aplicaciones, provee acceso remoto a diversas aplicaciones como correo electrónico, listas de distribución, noticias, foros, disco virtual, antivirus, encuestas en línea, registros de personas e instituciones (directorios, páginas blancas y amarillas) y en general acceso a bases de datos.
- Portal y Servidor de Contenidos, este servidor permite el acceso a los contenidos relativos a los recursos y atractivos de cada localidad del proyecto y se constituye en la puerta de ingreso al servidor de aplicaciones.

2.2.2 Análisis Económico de Soluciones Propuestas para un Sistema de Comunicaciones Rurales

La principal preocupación de la mayor parte de proyectos es la sostenibilidad económica de los servicios o resultados obtenidos.

Sin embargo, existen ciertas limitaciones que obran contra la consecución de este objetivo, la principal de las cuales es, obviamente, la escasez de recursos que puedan ser asignados permanentemente al mantenimiento de las redes o soluciones implementadas, lo que depende directamente de la identidad de los beneficiarios.

En el siguiente esquema se muestra el análisis económico que se debe realizar para la implementación de un proyecto de telecomunicaciones rurales.



Figura N°2.36: Esquema de Análisis Económico de Soluciones Propuestas para un Sistema de Comunicaciones Rurales.
 Fuente: Elaborado por el autor

a) Análisis del Aspecto Social y Organizativo

Según se ha mencionado, las características del grupo o institución beneficiaria en los aspectos social y organizativo son variables importantes a tener en cuenta en cualquier análisis de viabilidad.

En particular, en proyectos de instalación de redes de telecomunicaciones dos son los temas a tener en consideración: El primero remite al perfil de los beneficiarios como grupo social y como individuos con determinado conocimiento o afinidad con los nuevos servicios que se implementan. El segundo se refiere al tipo de organización a la que se beneficia, su estructura interna y como la misma puede responder al reto de adaptarse para usar los nuevos servicios o asimilar la “nueva forma” de hacer sus actividades.

Cuando el socio o el beneficiario local es una institución pública, las principales dificultades a vencer son la propia inercia organizativa y las numerosas formalidades a cumplir hasta la asimilación efectiva y “oficial” de la plataforma, desarrollo o red implementada.

Por otro lado, puede ser muy complicado encontrar recursos humanos potencialmente capaces no solo de asimilar los conocimientos necesarios para el mantenimiento, sino también de asumir esas actividades pues en el general de los casos, no es viable la contratación de personal nuevo para esta dedicación. Otro tema crucial lo representa el alto índice de rotación del

personal que labora en las dependencias insertas en las comunidades pues los nuevos encargados no tienen los conocimientos necesarios para interactuar con los sistemas implementados reduciéndose su uso o provocándose fallas por omisión o desconocimiento.

En estos casos, además, se plantea una situación diferente según el tipo de institución beneficiaria (dependencias del gobierno central, gobiernos locales, etc.) pues cada una tiene diferentes procesos y métodos para interactuar con la comunidad o hacer uso de sus recursos.

En general, la baja incidencia en la adaptación de procesos es una constante que suele repetirse y que se resume en una alta resistencia al cambio, tanto institucional como a nivel personal. Si el beneficiario lo constituye una comunidad o parte de la misma, hay aspectos importantes a tener en cuenta como por ejemplo sus características culturales y como las mismas influirán en la participación de los miembros en el uso de los sistemas o servicios implementados.

Es similar el caso de las organizaciones sociales de base comunitaria, las cuales no suelen tener propensión para articularse adecuadamente con otras organizaciones similares que se encuentren dentro del ámbito del proyecto.

Un último punto a considerar es que poco a poco se va reconociendo la necesidad de contar con estudios sociales o antropológicos que brinden una clara idea de la realidad social en la que se va a intervenir, no siendo aislados los casos en que los proyectos encuentran su mayor debilidad en el desconocimiento de esa realidad que pretenden modificar.

b) Alternativas y Estrategias en la Sostenibilidad de una Red de Telecomunicaciones

Como se ha visto, la sostenibilidad de redes de telecomunicaciones en entornos rurales depende de varios factores y es un tema complejo que debe ser evaluado en forma previa a la implementación de las redes. Es, justamente, con este fin que se identifica la alternativa genérica para afrontar la sostenibilidad: La subvención permanente, semi-permanente o periódica de los recursos necesarios para asegurar la correcta operación de la red instalada, para lo cual se requiere que la organización que implementa la iniciativa o proyecto disponga de los recursos (básicamente económicos) necesarios para este fin o que los obtenga en forma regular de la misma o diversas fuentes.

Dentro del esquema, el apoyo del gobierno (local, regional o central), de una institución pública o de una organización privada con presupuesto permanente representa, casi, el único camino a seguir.

b.1) Implementación de un Periodo de Acompañamiento y Soporte Tecnológico

Una de las estrategias a proponer para asegurar la sostenibilidad de las redes de telecomunicaciones implementadas es diseñar, promover y formalizar, de ser viable, un periodo de acompañamiento y asistencia tecnológica posterior a la culminación de los trabajos de instalación, pero considerado como una actividad propia del proyecto o iniciativa a implementar, la que debería ser efectuada por personal especializado.

Este acompañamiento refiere no solamente participación en los trabajos de mantenimiento preventivo y/o correctivo, sino también actividades de capacitación y asesoría en la adaptación de la organización beneficiaria a las nuevas posibilidades y servicios ofrecidos por las redes implementadas, es decir, tiene como fin último garantizar una adecuada transferencia tecnológica hacia los beneficiarios. Para el periodo de acompañamiento tecnológico deben definirse, desde la formulación, las actividades necesarias según el modelo a aplicar y un presupuesto global anualizado que defina un estimado de inversión. Algunas de estas posibles actividades son indicadas a continuación:

- Visitas de Mantenimiento Preventivo a las Redes Instaladas, la programación de las visitas se planifica y detalla en coordinación

con el beneficiario. Estas visitas servirían también como entrenamiento de los técnicos en mantenimiento.

- Visitas de Mantenimiento Correctivo, en vista de que puede ser necesario que la organización que implementa la red efectúe visitas o atenciones por mantenimiento correctivo, se requiere prever personal y recursos para este fin. Los procedimientos a seguir para estas atenciones deben ser formalizados y documentados.

- Reforzamientos en la Capacitación a Usuarios, resulta conveniente efectuar charlas de reforzamiento a los usuarios de los sistemas instalados en forma periódica, manteniendo un registro y una metodología coherente durante todo el periodo.

- Asesoría y Atención de Consultas a Distancia, en vista que los usuarios pueden llegar a sentirse “abandonados” luego de concluidos las actividades de implementación de la red, es muy conveniente que se mantenga un vínculo durante y aún después del periodo de acompañamiento. Los medios para la absolución de consultas podrían ser vía telefónica o correo electrónico, dependiendo de las características de la solución implementada.

b.2) Elaboración y Ejecución de un Plan de Capacitación Permanente

La capacitación de los usuarios directos de los sistemas instalados, así como del personal que se dedicaría a las labores de mantenimiento (de ser el caso) es fundamental para el aseguramiento de la sostenibilidad de las redes implementadas.

En este sentido, se debería elaborar y ejecutar un plan de capacitación permanente a usuarios y técnicos de mantenimiento con el objetivo de desarrollar, en el personal local, las capacidades y competencias necesarias para operar y mantener las redes instaladas.

Como parte de este planeamiento se incluirían cursos presenciales específicamente orientados a los usuarios, diferenciados de los que estarían destinados a técnicos de mantenimiento. En forma adicional, en los lugares donde la tecnología implementada lo permita, es conveniente la realización de cursos a distancia y una interacción (posterior a los cursos) remota en base a la ejecución de “tareas” específicas a ser revisadas y evaluadas por los capacitadores.

El plan de capacitación debería tener la característica de permanente en el sentido que se extendería, al menos, durante el plazo de ejecución del proyecto o de implementación de la red, pues está demostrado que es bajo el aprovechamiento en cursos aislados que no

tienen reforzamientos posteriores, mas aún en casos en los que los beneficiarios no tienen conocimiento previo. Además, resultaría conveniente entregar material impreso y/o en medios digitales para que sirva como apoyo en la ejecución de las actividades que realizarán tanto los usuarios como los técnicos de mantenimiento (de ser el caso).

Un punto a tenerse en cuenta, como requisito para la capacitación de personal de mantenimiento es, justamente, una correcta identificación de las personas que podrían encargarse de esta actividad. Teniéndose en cuenta que no siempre existen empleados en la organización o miembros de la comunidad con el perfil y la disposición para recibir esta función, es crucial atender a este tema desde el inicio mismo del proyecto.

Adicionalmente a lo mencionado, en caso se implementen procesos específicos para la gestión del mantenimiento de las redes, resulta indispensable que todos los que interactúan con las redes instaladas sean adecuadamente capacitados en las actividades que les correspondería realizar, según las funciones que desempeñan y su ubicación en la escala jerárquica de la organización.

Finalmente, dependiendo de las características del proyecto o iniciativa, puede ser pertinente la identificación y capacitación de personal local

que asuma la responsabilidad de replicar la formación recibida a nuevos grupos de usuarios, lo que haría, efectivamente, permanente el proceso de aprendizaje del conjunto de personas que forman la organización o colectivo beneficiario.

b.3) Elaboración, Formalización y Puesta en Operación de un Plan para la Gestión del Mantenimiento de las Redes Implementadas

La elaboración e implementación formal de un plan para la gestión del mantenimiento de las redes instaladas se considera un requisito fundamental para asegurar la sostenibilidad de las mismas. La experiencia indica que no basta con disponer del recurso humano capacitado y el financiamiento suficiente, sino que es necesario asimilar dentro de la organización a los procesos y actividades referidas al mantenimiento.

Los integrantes de la organización beneficiaria y los usuarios deben conocer con claridad las condiciones, plazos, recursos y vías de comunicación establecidas para cada actividad de mantenimiento, así como estar convencidos de la necesidad de las mismas. Idealmente, cualquier falta u omisión en este aspecto debe tener importancia similar a la referida a temas administrativos. Con esta perspectiva, las principales actividades a desarrollarse serían:

- Recopilación de información sobre actividades y procedimientos existentes relativos al mantenimiento de equipos o infraestructura (si la hubiere) y sobre el contexto social o institucional.

- Elaboración de un plan de mantenimiento detallado.

- Gestiones para la revisión y aprobación del plan de mantenimiento al interior de la institución beneficiaria.

- Implantación de los procedimientos y actividades aprobados. Sería muy importante si se disponen del tiempo y recursos necesarios para asesorar y monitorizar este proceso al menos al inicio.

- Cabe mencionar que en esta normativa se deben plantear indicadores de calidad y metas objetivamente verificables que deben ser alcanzados para mantener en un adecuado estado a la red o sistema que se planea desplegar. Obviamente, la operatividad de los sistemas es una de las principales características a evaluar, pero no la única, también es posible mensurar la incidencia de averías ocurridas o la rapidez en la atención de las mismas.

- Adicionalmente, es muy importante indicar que la tecnología a emplear determina no solo a los indicadores específicos sino también la forma en que estos serán medidos.

b.4) Promoción y Participación en la Búsqueda de Fuentes de Financiamiento Permanente para el Mantenimiento de las Redes

Es conocido que la piedra angular de todo esfuerzo para lograr la sostenibilidad de proyectos o iniciativas como las analizadas es la existencia de financiamiento para la ejecución de las actividades propuestas en los mismos. De ahí la importancia de promover acuerdos entre los actores locales u otras instituciones para asegurar que estos fondos puedan ser obtenidos y se encuentren disponibles.

En cada caso es necesario considerar las características propias de las zonas en las que se han instalado las redes de comunicaciones pues de acuerdo a las mismas, se deberían idear las soluciones específicas para asegurar el financiamiento permanente del mantenimiento de la red. Desde esta perspectiva, es posible contemplar una serie de actividades:

- Identificación de Posibles Soluciones y Fuentes de Financiamiento, esta actividad se inicia en etapas previas del proyecto y busca su concreción luego de la instalación y puesta en operación de los

sistemas. Mediante un análisis de las realidades existentes en cada zona de intervención, se identifican las posibles soluciones al tema del financiamiento.

- Elaboración de un presupuesto detallado sobre el gasto en mantenimiento, para la evaluación de las posibles alternativas de financiamiento es indispensable disponer de un presupuesto detallado e integral referido a la operación y mantenimiento de las redes instaladas proyectado en el largo plazo.

Con este fin se debe elaborar el respectivo análisis de costos, el cual debe considerar todos los recursos que serán necesarios para mantener un óptimo funcionamiento de la red durante, al menos, el plazo previsto.

- Coordinación con Beneficiarios Directos e Indirectos, los objetivos son, primero, sensibilizar a las autoridades de la organización respecto al tema de mantenimiento de la red y, en segundo lugar, proponer y suscribir (de ser posible) acuerdos o convenios que materialicen el compromiso que llegase a ser expresado. Para esto se deberían efectuar reuniones de coordinación con todos los actores locales beneficiarios del sistema.

En este ámbito será en el que se defina el modelo a tomar para la sostenibilidad económica de la red.

- Coordinación con Otras Instituciones (de ser el caso), de ser viable o requerirse, se debe coordinar con otras instituciones con el fin de obtener respaldo financiero adicional, ya sea mediante proyectos de reforzamiento (muy deseables) o por compromisos a plazo indefinido que permitan complementar o asegurar el financiamiento requerido durante un mediano o largo plazo. Esta necesidad debe evaluarse antes de la finalización del proyecto.

c) Análisis de la Demanda del Proyecto

Se considerará las fases de inversión y de operación en las condiciones siguientes: la fase de inversión se ejecutará durante todo un año. La fase operativa del proyecto se prolongará por una cantidad de 10 años.

c.1) Ámbito Geográfico de la Demanda

Se debe de prever la cantidad de localidades a las cuales beneficiaran, así como la geografía que presentan en la zona. Para el proyecto, en total se prevé satisfacer la demanda de 149 localidades donde habitan aproximadamente 51,516 personas de acuerdo al Censo 2007. La distribución geográfica de las mismas responderá al diseño técnico del proyecto. La atención de la demanda permitirá incrementar la cobertura

de servicios de telecomunicaciones en las localidades rurales del país. La mayoría de estas localidades comparten una cultura y una cosmovisión particular, no obstante, procesan cambios tomando y adaptando elementos de la modernización expresado en cambios técnicos y tecnológicos; demanda y asimilación de infraestructura (entre ellos, telecomunicaciones); salud; educación, etc.

c.2) Criterio Demográfico para la Estimación de la Demanda de las Localidades

A fin de estimar la demanda por servicio (telefonía y acceso a Internet) se ha aplicado la siguiente metodología: un teléfono público por cada localidad que actualmente no cuenta con el servicio, un teléfono de abonado por cada localidad que actualmente no cuenta con el servicio (este servicio aumentará en el lapso de 10 años), acceso a Internet en las localidades con más de 200 habitantes, a razón de dos conexiones por cada localidad.

c.3) Proyección de la Población de Referencia

La proyección de la población de referencia, será calculada sobre la base a la población de referencia identificada en la actualidad. Para la proyección de la población de referencia se toma la población base 2009, y sobre la base de dicha población se proyecta con una tasa de crecimiento del 1.5% anual, tal como se muestra en la Tabla 2.8.

Tabla N° 2.8: Proyección de la Población de Referencia

Periodo	Años	Población
0	2009	51,516
1	2010	52,289
2	2011	53,073
3	2012	53,869
4	2013	54,677
5	2014	55,497
6	2015	56,330
7	2016	57,175
8	2017	58,032
9	2018	58,903
10	2019	59,786

Fuente: Elaborado por el autor

c.4) Los Servicios Demandados en el Proyecto (a nivel de localidades)

Para poder brindar servicios de telecomunicaciones (telefonía fija, pública e internet), la localidad deberá cumplir con los requisitos que se muestran a continuación:

- Demanda de Servicios de Telefonía Pública

Ratio 01: Centros Poblados que poseen energía eléctrica y una población mayor a 50 habitantes⁸.

Uno de los requisitos solicitados a los Centros poblados, para garantizar la sostenibilidad de los proyectos, es que aquellos Centros

⁸ Requisitos establecidos por la Secretaría Técnica del FITEC, según criterios técnicos y de sostenibilidad.

Poblados que dispongan de energía eléctrica, tengan como mínimo 50 habitantes.

Ratio 02: Centros Poblados sin energía eléctrica y mayor a 150 habitantes.

Para la selección de los Centros Poblados beneficiarios de los sistemas, es requisito fundamental que los Centros Poblados que no tengan energía eléctrica, tengan como mínimo 150 habitantes⁹.

Ratio 03: Centros Poblados con energía eléctrica y con una población mayor a 50 habitantes que no disponen de servicio de telefonía pública.

Establecido los Centros Poblados con energía eléctrica y con una población mayor a 50 habitantes, el siguiente paso será identificar los Centros Poblados que no disponen del servicio de telefonía pública¹⁰.

Ratio 04: Centros Poblados sin energía eléctrica y con una población mayor a 150 habitantes que no disponen de servicio de telefonía pública.

⁹ Requisitos establecidos por la Secretaría Técnica del FITEI, según criterios técnicos y de sostenibilidad.

¹⁰ Requisito para la instalación de los sistemas

Establecido los Centros Poblados sin energía eléctrica y con una población mayor a 50 habitantes, el siguiente paso será identificar los Centros Poblados que no disponen del servicio de telefonía pública¹¹.

Ratio 05: Demanda de servicios de telefonía pública.

Tabla N° 2.9: Cálculo de la Demanda de los Servicios de Telefonía Pública

Área Ref.	Ratio N° 01	Ratio N° 02	Ratio N° 03	Ratio N° 04	Ratio N° 05
Total de Centros Poblados	C.P. con energía y Pob. > 50 Hab.	C.P. sin energía y Pob. > 100 Hab.	C.P. con energía y Pob. > 50 Hab. Sin Serv.	C.P. que serán atendidos por otros proyectos FITEL	C.P. que demandan el servicio

Fuente: Elaborado por el autor

En total se estiman 105 localidades con TUP.

- Demanda de Servicios de Telefonía Residencial

Ratio 01: Centros Poblados que cuentan con una población mayor a 200 habitantes¹². Para la selección de los Centros Poblados beneficiarios de los sistemas, es requisito fundamental que los Centros Poblados tengan como mínimo 200 habitantes¹³.

¹¹ Requisito para la instalación de los sistemas

¹² Requisitos establecidos por la Secretaría Técnica del FITEL, según criterios técnicos y de sostenibilidad.

¹³ Requisitos establecidos por la Secretaría Técnica del FITEL, según criterios técnicos y de sostenibilidad.

Ratio 02: Centros Poblados que poseen energía eléctrica¹⁴. Uno de los requisitos solicitados a los Centros Poblados, para garantizar la sostenibilidad de los proyectos, es que los Centros Poblados dispongan de energía eléctrica en su localidad.

Ratio 03: Centros Poblados con energía eléctrica y con una población mayor a 200 habitantes que no disponen de servicio de telefonía residencial. Establecidos los Centros Poblados con una población mayor a 200 habitantes y con energía eléctrica, el siguiente paso será identificar los Centros Poblados que son atendidos por otros proyectos.

Ratio 04: Demanda de servicios de telefonía residencial¹⁵.

Tabla N° 2.10: Cálculo de la Demanda de los Servicios de Telefonía Residencial

Area Ref.	Ratio N° 01	Ratio N° 02	Ratio N° 03	Ratio N° 04
Total de Centros Poblados	Centros Poblados >300	Centros Poblados con E.E., > 300 hab	C.P. que serán atendidos por otros proyectos FITEL	C. P. que demandan el servicio

Fuente: Elaborado por el autor

En total se estiman 31 localidades.

¹⁴ Requisitos establecidos por la Secretaría Técnica del FITEL, según criterios técnicos y de sostenibilidad.

¹⁵ Requisito para la instalación de los sistemas

- Demanda de Servicios de Internet

Ratio 01: Centros Poblados que cuentan con una población mayor a 200 habitantes y que poseen energía eléctrica¹⁶. Para la selección de los Centros Poblados beneficiarios de los sistemas, es requisito fundamental que los Centros Poblados tengan como mínimo 200 habitantes¹⁷ y que cuenten con energía eléctrica.

Ratio 02: Centros Poblados que serán atendidos por otros proyectos de FIDEL.

Ratio 03: Centros poblados que demandan de servicios de telefonía residencial¹⁸.

Tabla N° 2.11: Cálculo de la Demanda del Servicio de Internet

Área Ref.	Ratio N° 01	Ratio N° 02	Ratio N° 03
Total de Centros Poblados	Centros Poblados con >200 y con EE	C.P. que serán atendidos por otros proyectos FIDEL	C. P. que demandan el servicio

Fuente: Elaborado por el autor

En total se estiman 37 localidades.

¹⁶ Requisitos establecidos por la Secretaría Técnica del FIDEL, según criterios técnicos y de sostenibilidad.

¹⁷ Requisitos establecidos por la Secretaría Técnica del FIDEL, según criterios técnicos y de sostenibilidad.

¹⁸ Requisitos para la instalación de los sistemas

d) Análisis de la Oferta del Proyecto

- Oferta de los servicios de telefonía pública

Se debe de realizar un análisis de la situación actual del mercado de la telefonía pública. El número de teléfonos públicos a nivel nacional al cierre del cuarto trimestre es 196,659¹⁹, con lo cual se alcanzó una tele densidad de 7 teléfonos por cada mil habitantes. En cuanto a la distribución del número de teléfonos públicos instalados por empresa, se observa que el 83,66% de ellos corresponde a Telefónica del Perú S.A.A., mientras que la segunda (Telefónica Móviles) posee el 7,27%, seguida de Gilat To Home Perú S.A. con el 3,71% y TELMEX Perú S.A. con el 3,41%, el resto de empresas cuenta con menos del 1% del total de teléfonos públicos, cada una.

La distribución por departamentos de los teléfonos públicos instalados por diferentes operadores, incluyendo las instalaciones hechas por el FITEL, muestra una clara concentración en el departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao, con el 53,95% del total de los teléfonos públicos instalados a nivel nacional. El siguiente departamento que cuenta con el mayor número de teléfonos públicos es La Libertad con

¹⁹ Incluye Teléfonos Públicos Rurales y Urbanos, además se incluye aquellos instalados a través del proyecto FITEL

5,23% del total y en tercer lugar Arequipa que cuenta con 4,41% del total de teléfonos públicos (Ver Tabla 2.12).

Tabla N° 2.12: Densidad del Servicio de Telefonía Pública²⁰ (1994 – Diciembre 2008) /

(Líneas de uso público por cada 1000 habitantes)

EMPRESA	Dic-08
Americatel Perú S.A.	27,477
BellSouth Perú S.A. 1/	0
Gamacom S.A.C.	2,268,713
Gilat To Home Perú S.A.	17,803,691
Rural Telecom S.A.C.	7,917,151
Telefónica Móviles S.A. 1/	51,251,691
Telefónica del Perú S.A.A.	1,103,732,721
Telmex Perú S.A.	45,189,813
Millicom Perú S.A. 2/	362
Total	1,228,191,619
Densidad	Dic-2008
A nivel nacional	7

1/ Incluye datos de Telefónica Móviles, luego de la fusión con la empresa Comunicaciones Móviles.

2/ Líneas por cada 1000 habitantes – (*) Densidad calculada en base a datos oficiales poblacionales proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Fuente: Empresas Operadoras / Secretaría de Comunicaciones – MTC

En la zona de intervención se tienen 105 localidades que no cuentan con telefonía fija de abonado, en consecuencia en esta zona la oferta de dicho servicio es cero.

²⁰ El número de líneas incluye teléfonos urbanos y rurales; así como los teléfonos públicos de los proyectos rurales financiados por FITEL.

- Oferta de los servicios de telefonía fija abonados

Se debe de realizar un análisis de la situación actual del mercado de la telefonía fija de abonados. A diciembre del año 2008 la densidad²¹ en telefonía fija llegó a 11.9 líneas en servicio por cada 100 habitantes, superior en 1% al nivel registrado en diciembre del 2007. Asimismo, a finales del 2008 el número de líneas en servicio de telefonía fija aumentó a 3, 327,975.

Ahora bien, si se analiza la distribución territorial de la provisión del servicio, se observa que en términos del número de líneas en servicio, el departamento de Lima, incluida la Provincia Constitucional del Callao, concentra el 63,23% del total nacional presentando así una tele densidad de 22,9 líneas por cada 100 habitantes. Le siguen en orden los departamentos de Arequipa y La Libertad con densidades telefónicas iguales a 12,8 y 11 respectivamente.

²¹ Para el cálculo de los indicadores de densidad se tomaron las cifras reportadas por el INEI.

Tabla N° 2.13: Líneas Instaladas y en Servicio de Telefonía Fija por Empresas a Nivel Nacional

Empresas	Dic-08	
	Líneas Instaladas	Líneas en Servicio
Telefónica del Perú S.A.A.	2,672,034	2,295,037
Telefónica Móviles S.A. 1/.	475,971	475,971
Telmex Perú S.A.	144,478	74,958
Americatel Perú S.A.	21,990	17,883
Impsat Perú S.A.	5,537	5,537
Perusat S.A.	5,263	5,263
Infoductos y Telecomunicaciones	1,135	1,135
Gilat To Home Perú S.A.	1,180	1,114
Convergía Perú S.A.	374	179
Millicom Perú S.A.	13	13
Total Perú	3,147,596	2,696,516

1/ Datos correspondientes a la empresa fusionada (Telefónica Móviles y Comunicaciones Móviles)

Fuente: Empresas operadoras / Secretaría de Comunicaciones – MTC

Respecto a la estructura de mercado, se observa la participación mayoritaria de un operador, Telefónica del Perú S.A.A., que reúne el 79,8% de líneas en servicio, el porcentaje restante se encuentra distribuido entre 8 operadores, entre los cuales destaca Telefónica Móviles S.A. (antes BellSouth), con el 16.54% del total de líneas; cabe señalar que Telefónica Móviles opera con líneas fijas inalámbricas, le siguen Telmex Perú S.A., Americatel Perú S.A., IMPSAT Perú S.A., Infoductos y Telecomunicaciones del Perú S.A., Gilat To Home Perú S.A., Rural Telecom S.A.C. y NEXTEL del Perú S.A. (antes Millicom Perú S.A.). Por otro lado, a Septiembre de 2008, de acuerdo a la información reportada por las empresas operadoras, se tiene 880 distritos que cuentan con telefonía fija de abonado de un total de 1832 distritos a nivel nacional.

En la zona de intervención se tienen 31 localidades que no cuentan con telefonía fija de abonado, en consecuencia en esta zona la oferta de dicho servicio es cero.

- Oferta de servicios de Internet

Se debe de realizar un análisis de la situación actual del mercado de internet. Como se puede observar en la Tabla 2.14, el mercado de Internet también ha evidenciado un desenvolvimiento favorable en los últimos años, teniendo para fines del 2007, según datos publicados por OSIPTEL [17], 9, 709,873 suscriptores de Internet, siendo este número 89.97% mayor al obtenido en el año 2006.

Analizando directamente el proyecto, dado que para el cálculo de la demanda se consideran como uno de los requisitos fundamentales que las localidades no dispongan de los servicios de telefonía pública, telefonía residencial e Internet, se considerará que la oferta de dichos servicios en las localidades será nula.

Asimismo, dado que para disponer de servicios de telefonía pública, residencial e Internet es necesario realizar inversiones, no se puede optimizar el servicio.

Tabla Nº 2.14: Suscriptores a Internet Según Modalidad de Acceso

Modalidad de Acceso		Año 2007
Dial - Up 1/.	RTB	141,857
	RDSI	1,808
	Servicio móvil 2/.	5,508,518
	TOTAL DIAL-UP	5,652,183
Líneas Dedicadas Inalámbricas	BW <= 64 kbps	117
	64 < BW <= 128 kbps	315
	128 < BW <= 256 kbps	374
	256 < BW <= 512 kbps	775
	512 < BW <= 1024 kbps	814
	1024 < BW <= 2048 kbps	706
	BW > 2048 kbps	220
	TOTAL ALÁMBRICOS	3,321
Líneas Dedicadas Inalámbricas	BW <= 64 kbps	578
	64 < BW <= 128 kbps	785
	128 < BW <= 256 kbps	1,384
	256 < BW <= 512 kbps	3,162
	512 < BW <= 1024 kbps	3,141
	1024 < BW <= 2048 kbps	201
	BW > 2048 kbps	18
	TOTAL INALÁMBRICOS	9,269
Nuevas Tecnologías	ADSL	565,007
	ADSL: 128/64 kbps	172,904
	ADSL: 256/128 kbps	229,002
	ADSL: 512/128 kbps	163,006
	ADSL: 2048/300 kbps	95
	Cablemódem	11,114
	WAP	1,243,513
	Otros <Paquet Data, IS-95B, Ethernet>	2,225,466
	TOTAL NUEVAS TECNOLOGÍAS	4,045,100
TOTAL	9,709,873	

1/ No incluye acceso a través de tecnología WAP ni tecnologías 2.5G

2/ Comprende acceso a través de tecnología WAP hasta el 2001 y tecnologías 2.5G. A partir del año 2002, la tecnología WAP se presenta independientemente.

Fuente: OSIPTEL

En la zona de intervención se tienen 37 localidades que no cuentan con Internet, en consecuencia en esta zona la oferta de dicho servicio es cero

- Balance oferta – demanda

Los servicios que serán potencialmente demandados al proyecto se calculan como la diferencia entre la cantidad demandada y la cantidad ofrecida en la situación sin proyecto. Así, para cada tipo de servicio "k" y periodo "t".

$$\left[\begin{array}{l} \text{Serviciostipo "k"} \\ \text{potencialmente} \\ \text{demandados al proyecto} \end{array} \right]_t = \left[\begin{array}{l} \text{Serviciostipo "k"} \\ \text{demandados} \\ \text{con proyecto} \end{array} \right]_t - \left[\begin{array}{l} \text{Serviciostipo "k" ofrecidos} \\ \text{en la situación actual} \\ \text{optimizada (sin proyecto)} \end{array} \right]_t \quad (2.10)$$

Esta demanda potencial provendrá del cálculo del déficit de servicios ofrecidos, que puede ser estimado como la diferencia entre la cantidad demandada y la cantidad ofrecida en la situación sin proyecto. A lo largo del horizonte de evaluación del proyecto el nivel de cobertura de la demanda, en la situación sin proyecto, es cero.

e) Costos del Proyecto

- Costos de Inversión

La inversión del proyecto estará dividida en la inversión en infraestructura (CAPEX), inversión en desarrollo de capacidades, difusión y sensibilización y una reinversión al quinto año, se considera un horizonte temporal de 10 años.

- Monto de subsidio del proyecto

Dentro del análisis se podrá obtener el subsidio del proyecto (VAN), que equivale a la pérdida económica en que incurre el operador privado si decide por cuenta propia ejecutar el proyecto, siendo este el máximo subsidio a entregar al operador privado para que ejecute el proyecto.

- Costo de Inversión en Infraestructura (CAPEX)

Son todos los costos de los componentes de la infraestructura tecnológica del proyecto.

- Inversión en Desarrollo de Capacidades, Difusión y Sensibilización

Es el monto de inversión en desarrollo de capacidades, difusión y sensibilización del presente proyecto.

- Costos y gastos de Operación y Mantenimiento

Los costos y gastos de operación y mantenimiento en la situación de proyecto, son aquellos en los que incurrirán durante la etapa operativa del proyecto. Dichos costos y gastos se componen de la siguiente manera:

Son costos de venta: costo por tráfico de telefonía de abonados, por instalación de telefonía de abonados, por tráfico de telefonía pública y por enlace de interconexión / alquiler de enlace satelital.

Son gastos administrativos: los gastos fijos, de personal administrativo, los gastos variables y generales, los gastos generales en centros poblados, las tasas y derechos especiales y los seguros.

Gastos de Ventas

- Personal de Ventas
- Comisiones de Venta.

Los costos de mantenimiento, están compuestos por el costo que representa el mantenimiento de la infraestructura y el mantenimiento de los equipos.

f) Viabilidad de un proyecto

La viabilidad de un proyecto está estrechamente unida a cada una de las partes de la formulación, es decir a los objetivos establecidos, los resultados y las actividades determinadas así como especialmente a las hipótesis identificadas como factores que pueden determinar cambios o limitaciones a una intervención en un territorio local.

2.2.3 Consideraciones Regulatorias para el Análisis de Soluciones Propuestas

Finalmente, es posible mencionar que en algunos contextos, es necesario considerar un aspecto adicional que es el referido al marco regulatorio y legal en que es inscrito el proyecto a realizar pues la normativa aplicable puede ser un factor que potencie o limite no solo las características tecnológicas de la solución sino también la forma en que la misma puede ser aplicada a la realidad que se pretende transformar.

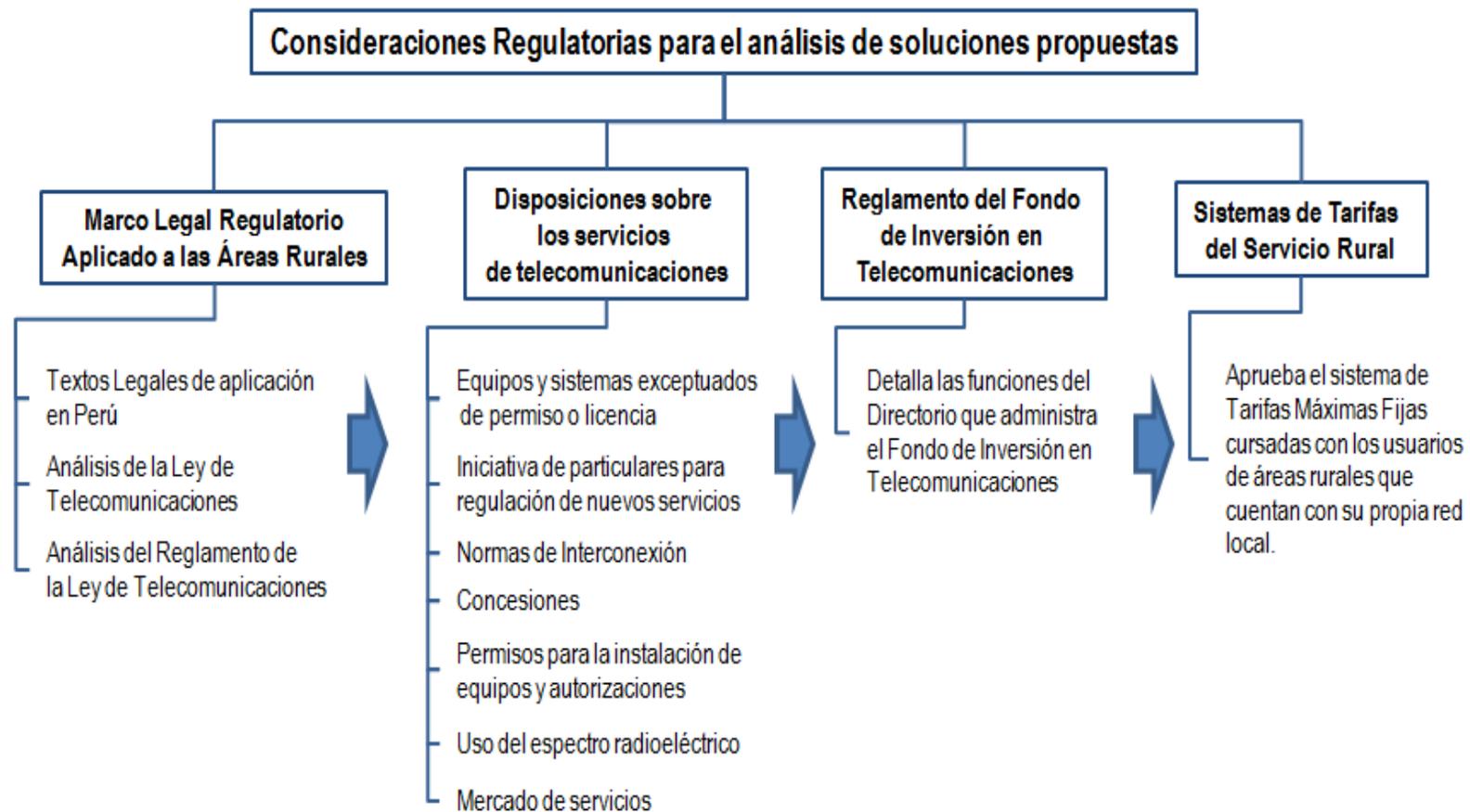


Figura N°2.37: Esquema de Consideraciones Regulatorias para el Análisis de Soluciones Propuestas
Fuente: Elaborado por el autor

a) Marco Legal Regulatorio aplicado a las Áreas Rurales

Para el estudio y análisis del marco legal y regulatorio en Perú, se va a considerar la Ley de Telecomunicaciones, el Reglamento General de dicha Ley, y algunas resoluciones y decretos especialmente de interés por su aplicación en las áreas rurales.

En ellos, se va a señalar principalmente aquellas partes y artículos de especial relevancia, que afectan a la implantación de sistemas y servicios de telecomunicación en áreas rurales o de interés social o a su extensión a zonas aisladas.

- Textos legales de aplicación en Perú

Esta es la relación de leyes, resoluciones y decretos consultados y analizados en el presente estudio, cuyos contenidos resultan de especial interés para el desarrollo de los servicios de telecomunicaciones en áreas rurales:

Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones. [7]

(Decreto Supremo N° 013-93-TCC - de 06 de Mayo de 1993).

Esta es la Ley actualmente en vigor en el sector, que ya ha cumplido 16 años. Se desarrolla por medio del Reglamento General, y luego se complementa con resoluciones del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) y con otros

Decretos Supremos que exponen los lineamientos a seguir en las acciones futuras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, así como también para ser promocionados en las empresas del sector.

Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones

(Decreto Supremo 027-2004-MTC, de 15 de julio 2004).

Se trata de la última ordenación del texto del Reglamento, que fue promulgado por primera vez por medio del Decreto Supremo N° 06-94-TCC, al año siguiente de la Ley de Telecomunicaciones, en concreto el 11 de febrero de 1994.

A su vez, el texto inicial fue sufriendo modificaciones en sus artículos, principalmente entre los años 1998 y 1999, coincidiendo con la apertura libre del mercado de las telecomunicaciones, con el proceso de desmonopolización.

Ley N° 28.900 – de 4 de noviembre de 2006

Otorga al Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL), la calidad de Persona Jurídica de Derecho Público, adscrita al Sector de Transportes y Comunicaciones.

Reglamento del FITEL

(Decreto Supremo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones N° 010-2007, de 1 de abril de 2007).

Es el Reglamento que desarrolla la Ley anterior, la N° 28.900.

Sistema de Tarifas del Servicio Rural

Resolución de OSIPTEL (Consejo Directivo) N° 022-99 de 21 de septiembre de 1999.

Esta resolución sirve para aprobar el Sistema de Tarifas Máximas Fijas que se aplica a las comunicaciones cursadas entre usuarios del servicio telefónico fijo y usuarios del servicio en áreas rurales, que cuentan con su propia red local.

Normas referidas a la Interconexión de Redes de los Servicios de Telecomunicaciones en áreas rurales.

Resolución de OSIPTEL (Consejo Directivo) N° 023-99, de 22 de septiembre de 1999.

Esta Resolución dispone que no sea un requisito imprescindible ni obligatorio el utilizar enlaces troncales de interconexión, y regula dicho procedimiento entre una red de telefonía fija rural y una red local o nacional.

Modificación de las Normas de Interconexión, en lo referente a Interconexión en áreas rurales

Resolución de OSIPTEL (Consejo Directivo) N° 084-20 04, de 13 de noviembre de 2004.

Establece los derechos de un operador rural en los servicios contratados de interconexión a una red local o nacional, y le exime de la necesidad de garantizar una calidad en el servicio igual a la exigida en áreas urbanas.

Resolución para que los operadores del Servicio de Telefonía Fija presenten una Oferta Básica de Interconexión con Operadores Rurales.

Resolución de OSIPTEL (Consejo Directivo) N° 085-20 04, de 13 de Noviembre de 2004

Una interconexión de este tipo requiere de una regulación específica que incluya los diferentes aspectos técnicos, agilice la negociación y garantice una reducción en los costos de ingreso del operador rural.

“Lineamientos de Políticas para Promover un Mayor Acceso a los Servicios de Telecomunicaciones en Áreas Rurales y Lugares de Preferente Interés Social”.[8]

Decreto Supremo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones N° 049-2003, de 17 de agosto de 2003.

El objetivo de este alineamiento de políticas es acelerar la incorporación de las poblaciones de áreas rurales a las oportunidades que ofrecen las TIC, promoviendo su integración a la red pública de telecomunicaciones. Se reconoce el principio de que el acceso a las TIC, en general, facilita la descentralización de gobiernos locales y regionales, y específicamente el desarrollo de las áreas rurales.

Para ello se incluyen políticas de concesiones y proyectos rurales, políticas de uso compartido de infraestructura en telecomunicaciones, de recursos escasos y señalización, sobre obligaciones de pago de tasas y canon, de tarifas e interconexión, de promoción de pequeñas redes de telecomunicaciones y de descentralización.

"Lineamientos para Desarrollar y Consolidar la Competencia y la Expansión de los Servicios de Telecomunicaciones en el Perú"[9]

Estos lineamientos son publicados en el Decreto Supremo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones N° 003-2007, de 2 de febrero de 2007; siendo incorporados como Título I a los “Lineamientos de Apertura del Mercado” (Decreto Supremo del MTC N° 020-98).

El objetivo de estos lineamientos es establecer un marco que promueva el desarrollo de los servicios de telecomunicación, permitiendo consolidar la competencia, reducir la brecha en infraestructura y la expansión de servicios en áreas rurales. Se abre así una tendencia a desregular aquellos servicios que reflejen unas condiciones de competencia efectiva.

Entre las metas se encuentran las de incrementar el acceso a Internet y desarrollar la banda ancha en Perú, impulsar la convergencia de los servicios y completar íntegramente la digitalización de las redes. Para promover el acceso universal, se reconoce el esquema de Asociaciones Público- Privadas para desarrollar servicios públicos.

En las secciones siguientes, se presenta la Ley de Telecomunicaciones, y se comentan los apartados más relevantes de los textos legales enunciados arriba. Los vínculos que facilitan la

localización de los respectivos decretos y resoluciones pueden encontrarse en la bibliografía al final del trabajo.

b) Análisis de la Ley de Telecomunicaciones[10]

El Texto Único Ordenado de la "Ley de Telecomunicaciones" consta de un Título Preliminar, 4 Títulos, 101 Artículos, 3 Disposiciones Adicionales 3 Disposiciones Transitorias y una Disposición Final, integrándose en el Decreto Supremo N° 013-93- TCC promulgado el 6 de Mayo de 1993.

La Ley establece un marco general de actuación para los sistemas y servicios de telecomunicación, y fue aprobada con anterioridad a la libre apertura del mercado.

La Disposición Preliminar declara al desarrollo de las Telecomunicaciones una necesidad pública como instrumento de pacificación y de afianzamiento de la conciencia nacional, para cuyo fin se requiere captar inversiones privadas, tanto nacionales como extranjeras. Además el desarrollo de las Telecomunicaciones y su modernización son declarados de interés nacional dentro del marco de libre competencia. Según el Artículo 2, al Estado le corresponde su fomento, administración y control. También la interconexión de las redes y los servicios públicos de telecomunicaciones es de interés público y social, según el Artículo 7.

- **Principio de Equidad**

La Ley consagra el principio de servicio con equidad que debe velar las telecomunicaciones, incluyendo tanto las personas como los territorios. Según el Artículo 5, su servicio se presta como un derecho que se extiende “a todo el territorio nacional promoviendo la integración de los lugares más apartados de los centros urbanos.”

- **Libre Competencia y Participación de los Usuarios**

El Estado pretende con el Artículo 6 fomentar la libre competencia en la prestación de los servicios de telecomunicaciones, regulando el mercado de forma que se asegure su normal desenvolvimiento, se controlen los efectos de situaciones de monopolio, y se evite prácticas y acuerdos restrictivos derivados de la posición dominante de alguna empresa en el mercado.

El Estado fomenta asimismo la participación de los operadores de telecomunicaciones, en el establecimiento de tarifas y en la prestación y control de estos servicios.

c) Análisis del Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones[11]

Mediante la aprobación de este Texto Único Ordenado se consolidan las modificaciones hechas al dispositivo legal durante los últimos años, con la finalidad de compilar toda la normativa en un solo texto y facilitar su manejo

por los interesados. La prestación de tele-servicios, o servicios finales públicos de telecomunicaciones, es reglamentada por el Ministerio a propuesta del Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL).

Principios del Reglamento

El Reglamento establece los siguientes principios:

- **Libre competencia en el mercado de telecomunicaciones y prohibición de prácticas monopolísticas**

El principio de libre competencia es incorporado, de acuerdo a las recomendaciones de los organismos técnicos internacionales, para abrir el mercado de telecomunicaciones en Perú a nuevos servicios más eficientes y económicos.

- **Principio de neutralidad**

Este principio de neutralidad es de la máxima importancia en zonas rurales, por existir muchos conflictos en la interconexión entre una red local instalada por un pequeño operador y la red telefónica conmutada de un gran operador de servicios portadores.

Normalmente éste último pone muchos obstáculos técnicos, burocráticos e incluso legales para evitar que pequeñas empresas

puedan entrar masivamente en áreas en las que ella aún no ha podido hacerlo, debido a la falta de rentabilidad en el pasado.

En la práctica, los organismos de cooperación técnica que han colaborado en experiencias de instalación de redes rurales denuncian que este principio del Reglamento no se respeta.

- **Prioridad de los servicios públicos**

Esta prioridad puede representar un beneficio social, siempre que los servicios públicos otorgados tengan en cuenta las características sociales y necesidades de la población del área en que opera.

- **Promoción del Acceso universal y servicio con equidad**

Esta declaración de intenciones no ha empezado a materializarse de forma efectiva hasta muy recientemente, en que los lineamientos políticos han puesto su voluntad decidida en impulsar este acceso universal.

- **Plan Nacional de Telecomunicaciones y Plan Estratégico de Desarrollo de Servicios**

Los Planes Nacionales son oportunidades para encauzar y dinamizar todas las actuaciones posibles en la buena dirección. Éstos tendrían

que complementarse con la elaboración de estrategias globales de desarrollo y con Planes regionales de los correspondientes gobiernos e instituciones.

d) Disposiciones sobre los servicios de telecomunicaciones

El Reglamento contiene disposiciones importantes para las áreas rurales acerca de los siguientes puntos:

- **Equipos y sistemas exceptuados de permiso o licencia**

Algunos equipos y sistemas de telecomunicación están exceptuados de contar con concesión del espectro radioeléctrico, autorización, permiso o licencia para la prestación de servicios de telecomunicaciones. Esto representa una gran oportunidad en zonas rurales y aisladas, donde las empresas privadas del sector carecen de interés comercial para entrar, debido al mercado poco dinámico existente o a la población con escasa capacidad de pago.

Asimismo, muchos especialistas señalan, y existen experiencias que lo demuestran, que estos casos son ideales para que pequeños grupos o incluso empresas utilicen medios tecnológicos a pequeña escala para permitir extender infraestructura con servicios añadidos para uso y aprovechamiento de la población, en lugares donde no tienen un acceso gracias a las propias fuerzas del mercado.

Se considera las bandas de frecuencias en que transmiten los sistemas implantados en distintos proyectos en Perú:

Tabla N° 2.15: Comparativa entre sistemas y bandas de frecuencias exceptuadas de licencia.

Sistemas		Bandas de frecuencias (MHz.)
Radio HF		9,160
Radio VHF		140 – 170
WiFi	estándar IEEE 802.11b/g	2.400-2.483,5
	estándar IEEE 802.11a	5.150-5.250 5.725-5.850

Fuente: MTC

Se observa que los sistemas inalámbricos de WiFi son susceptibles de ser empleados como una red privada en espacios abiertos sin necesidad de contar con licencia ni autorización. Los puntos aplicables son el 1 y el 4 del Artículo 28.

El Reglamento recoge así la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicación, de liberar el espectro electromagnético en las bandas 2,4 GHz. y 5,8 GHz., justamente para el aprovechamiento de estos sistemas inalámbricos. Esta medida favorece la implantación de pequeñas redes por parte de operadores locales, al eliminar buena parte de los obstáculos legales y burocráticos, por no tener necesidad de solicitar una licencia de uso ni asignación de espectro radioeléctrico.

- **Iniciativa de particulares para regulación de nuevos servicios**

Es positivo que el Ministerio se muestre abierto a recibir propuestas de normas técnicas y de gestión de nuevos servicios, de manera que cualquier actor interesado las pueda hacer llegar directamente, sin necesidad de ofrecer antes su producto a un gran operador.

- **Clasificación de los servicios de telecomunicaciones**

Esta disposición expone cuándo se considera que los servicios son públicos o privados, portadores o de difusión, y por tanto el tipo de normativa que se aplica en cada caso particular.

- **Normas de interconexión**

Este es un punto fundamental para la implantación de pequeñas redes locales en áreas remotas o poco pobladas. Normalmente estas redes locales son administradas por pequeños operadores, que cuentan con recursos económicos y técnicos limitados.

Al mismo tiempo, una condición esencial para la sostenibilidad de estas redes es la posibilidad de interconectarse con las redes nacionales, de manera que puedan establecer una comunicación con cualquier punto de la geografía, incluso en el extranjero. Por estas razones, el facilitar la interconexión entre redes es una ventaja para

que los pequeños operadores superen algunas dificultades propias de las áreas rurales.

- **Concesiones**

Esta disposición se refiere teóricamente a una defensa de los fines sociales de las comunicaciones, que luego cada Gobierno o Administración podrá valorar según sus propios criterios.

- **Permisos para la Instalación de Equipos y Autorizaciones**

Se exceptúa la solicitud de permisos para instalar y operar estaciones radioeléctricas terminales, pertenecientes a servicios portadores, instaladas en el lado del cliente, tales como las aplicaciones punto a multipunto y las estaciones remotas pertenecientes a los sistemas VSAT.

Las excepciones a la necesidad de solicitar autorización indican que es posible, desde entidades gubernamentales, promover proyectos públicos de gran interés y utilidad social como éste, si se dispone de voluntad política y capacidad institucional y técnica para hacerlo.

- **Uso del Espectro Radioeléctrico**

El Plan Nacional de Asignación de Frecuencias (PNAF) es aprobado por resolución ministerial. El PNAF es el documento técnico

normativo que contiene los cuadros de atribución de frecuencias y la clasificación de usos del espectro radioeléctrico, así como las normas técnicas generales para la utilización del espectro radioeléctrico.

- **Fondo de Inversión en Telecomunicación**

Este procedimiento ha sido modificado por el nuevo Gobierno, otorgando entidad jurídica propia al FITEL y desligándolo de OSIPTEL. En este momento, las actuaciones del FITEL se canalizan directamente a través del propio Ministerio de Comunicaciones.

Se ha observado en los últimos años que este mecanismo ha sido utilizado por medianas empresas, más que por grandes, para formular proyectos de infraestructura de telecomunicaciones en áreas rurales.

- **Mercado de servicios**

Corresponde al Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL) supervisar el mercado de los servicios de telecomunicaciones y adoptar las medidas correctivas, que serán de cumplimiento obligatorio.

e) Reglamento del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL)[12]

El Reglamento detalla, entre otros aspectos, las funciones del Directorio que administra el Fondo y de la Secretaría Técnica nombrada a tal efecto, las sesiones del Directorio, la administración de los recursos, las modalidades y condiciones de financiación, la formulación y evaluación de programas y proyectos, la financiación de los estudios, la adjudicación de los recursos y la supervisión y seguimiento de los contratos.

Como recursos propios del FITEL, además del 1 % del monto total anual de los ingresos brutos facturados por los operadores, se incluye el 20 % del canon por uso del espectro radioeléctrico, recaudado por el Ministerio.

Las áreas rurales que son objeto de atención por parte del Fondo son:

- Las capitales de distrito y centros poblados con menos de 3.000 habitantes
- Centros poblados con una teledensidad menor de 2 líneas de teléfono de abonado por cada 100 habitantes.

- Capitales de provincia o distrito que no cuenten con algún servicio de telecomunicación considerado esencial.

Los recursos del Fondo pueden ser destinados para:

- Infraestructura de transmisión o distribución para facilitar la prestación de servicios públicos esenciales.
- Estudios para formulación y ejecución, en particular dentro del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).
- Las etapas de inversión, mantenimiento, operación o actividades complementarias para el funcionamiento de los servicios públicos de telecomunicación y su uso correcto. Estas etapas pueden abarcar: supervisión, estudios de ingeniería, adquisición de equipos, materiales, obras, instalación, pruebas de aceptación y puesta en servicio, así como programas de sensibilización, difusión y capacitación en el uso de estos servicios.
- Probar modelos de negocio, con el fin de evaluar la aplicación de nuevas tecnologías o de modernas prácticas de gestión. Esta modalidad constituiría proyectos piloto en zonas delimitadas, que

podrían ser replicados en programas de telecomunicación a gran escala en áreas rurales.

En esta relación de posibles destinos de los fondos se aprecia perfectamente la evolución que ha sufrido el concepto de elaboración integral de un proyecto de telecomunicaciones.

Anteriormente, solo se consideraba el aspecto de infraestructura de transmisión y distribución de señales y servicios para comunicaciones. Luego se han introducido los estudios de formulación para la inversión pública, que consiguen darle consistencia común a los esfuerzos provenientes de distintas administraciones. Más adelante, se incluyen aspectos de sensibilización, difusión y capacitación, lo cual supone un gran logro, fruto del esfuerzo prolongado de los organismos de cooperación técnica.

Por último, permite experimentar con nuevas prácticas técnicas y de gestión para encontrar mejores modelos, que puedan extenderse en las áreas rurales.

Todos estos puntos reunidos constituyen la visión completa actual de una difusión tecnológica efectiva, de manera que repercuta en un uso

y aprovechamiento óptimo por parte de la población y en replicar proyectos exitosos con una adaptación al contexto local.

Los proyectos a realizar con recursos del Fondo son evaluados por la Oficina Pública de Inversión (OPI) del Ministerio de Economía. Este es un mecanismo novedoso, puesto en marcha desde la Administración central, para normalizar todas las actuaciones de inversión pública con unos criterios claros únicos.

El Reglamento presenta algunas novedades muy interesantes para el avance de actuaciones cooperativas. Exige una co-financiación de un 20 % como mínimo, por parte de instituciones locales o regionales, para los proyectos a realizar en su territorio, y un respaldo acreditado de sus gobiernos, organizaciones sociales de base u otras entidades representativas de la población beneficiada.

Además, los responsables de la formulación de estos proyectos han de acreditar el haber efectuado investigaciones y estudios de diagnóstico en la zona previamente a su implementación. El estudio debe recoger experiencias anteriores de proyectos similares, con la posibilidad de asociarse con alguna entidad que disponga de capacidad para ello.

Estos requisitos exigidos para financiar un proyecto por el FITEL completan los puntos anteriores para asegurar una difusión tecnológica efectiva y sostenible en las áreas de actuación.

f) **Sistema de Tarifas del Servicio Rural**[13]

Esta resolución sirve para aprobar el Sistema de Tarifas Máximas Fijas que se aplica a las comunicaciones cursadas entre usuarios del servicio telefónico fijo y usuarios del servicio en áreas rurales, que cuentan con su propia red local.

Las tarifas máximas fijas que se aplican a las comunicaciones cursadas entre usuarios del servicio fijo y usuarios del servicio rural, son las que se indican en el siguiente cuadro.

Los concesionarios del servicio rural pueden fijar libremente las tarifas para las comunicaciones respectivas, sin exceder las tarifas máximas fijas establecidas.

El servicio telefónico en áreas rurales emplea un sistema especial de tarificación, debido a los cargos por interconexión entre la red local con enlaces inalámbricos, celulares o por satélite y la conmutada nacional por cable. Esta es una de las desventajas que tienen que superar los pobladores locales y las pequeñas empresas que desean operar con

servicios de telecomunicación, ya sean comerciales o tecnológicas especializadas.

Tabla Nº 2.16: Tarifas Máximas entre el Servicio Rural y el Fijo.

Servicio	Tarifa Máxima Fija (S/.) por minuto
Llamada telefónica local desde Teléfono Público Rural a un Abonado del Servicio Fijo	0,20 (incluye IGV)
Llamada telefónica local desde un Abonado del Servicio Fijo a un Teléfono Público Rural	0,17 (no incluye IGV)
Llamada telefónica de larga distancia nacional desde Teléfono Público Rural a un Abonado del Servicio Fijo	1,00 (incluye IGV)
Llamada telefónica de larga distancia nacional desde Abonado del Servicio Fijo a Teléfono Público Rural	0,85 (no incluye IGV)

Fuente: FITEL

CAPÍTULO III

PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 Análisis de las Tecnologías Propuestas

Según lo expuesto en el capítulo II, dentro de la elección de la tecnología requerida para la implementación de una red troncal, tenemos las siguientes características mas resaltantes:

- **Red Óptica:** Posee gran capacidad y confiabilidad en el transporte de datos, buena calidad de servicio y requiere de una instalación especial.
- **Red PLC:** Infraestructura disponible pero necesita de equipos acondicionadores para evitar las interferencias, no posee interoperabilidad.

De lo expresado, se observa que la red óptica es mas confiable que la red PLC y se elige para su respectivo análisis en el presente capítulo. Dentro de la elección de la tecnología para la red de distribución:

- **Red WiFi:** Eliminación del cableado, y la movilidad dentro de la cobertura, fácil instalación y soporta servicios básicos.
- **Red VSAT:** Lugares de difícil acceso pero susceptible a climas adversos.

De lo expresado, se elige la red Wifi para la red de distribución que se interconectará con la red óptica siendo una de las alternativas tecnológicas a estudiar. Adicionalmente la red VSAT, no necesita de una red troncal para su funcionamiento, por lo tanto se elige como la segunda alternativa en estudio.

3.2 Descripción de la Solución Tecnológica:

Fibra Óptica – Radio Enlaces Terrestre

La presente solución tecnológica ha contemplado la necesidad de disponer de una red de Fibra Óptica sobre las redes de alta tensión perteneciente a empresas eléctricas que cubren los

tramos de los departamentos de Ayacucho, Apurímac y Huancavelica (ver Fig.3.1):

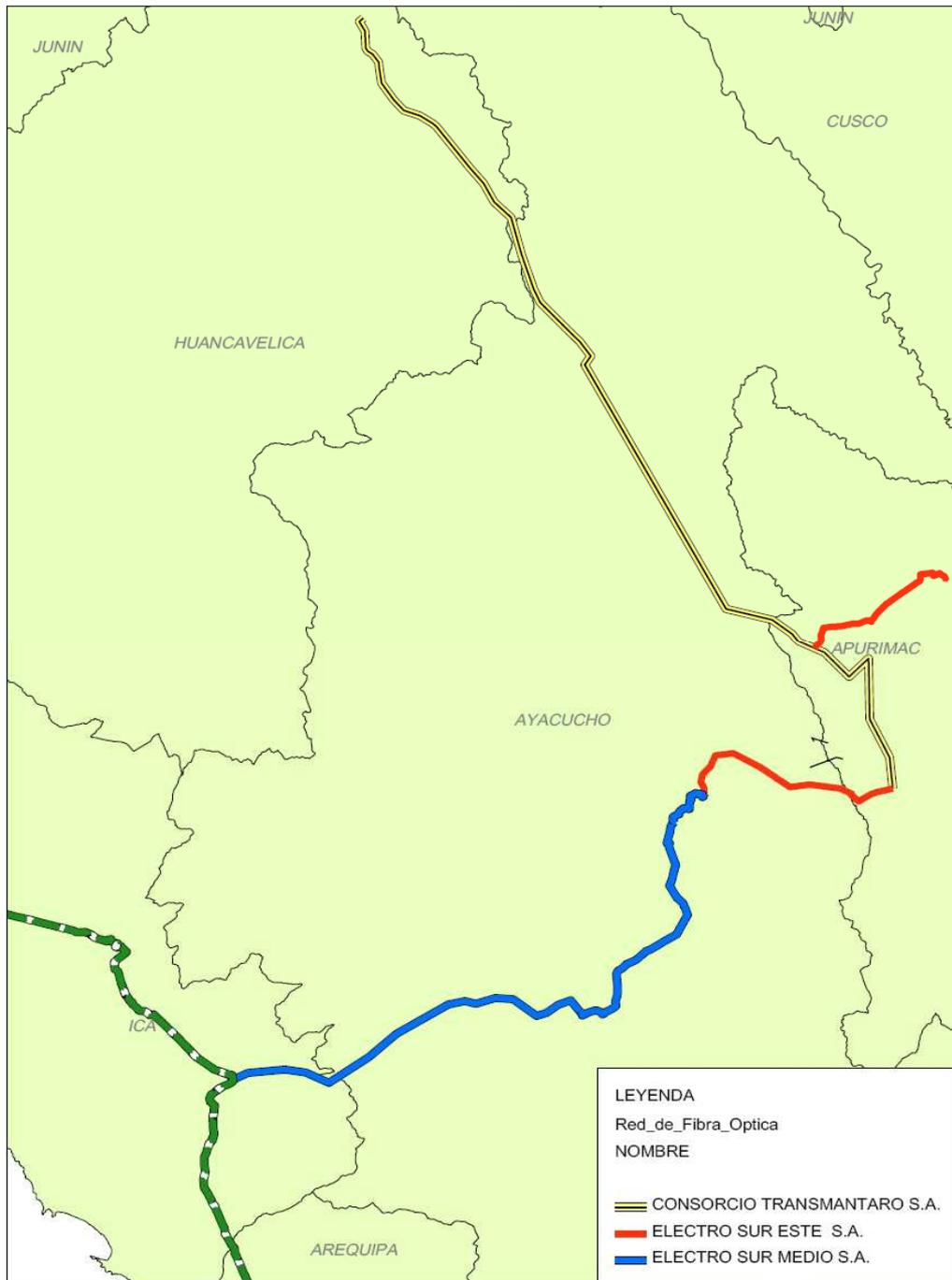


Figura Nº 3.1: Tendida de Fibra Óptica
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 3.1: Tramos de Empresas Eléctricas donde se Implementará fibra óptica.

Electro Sur Medio S.A.A.:	L.T. 60 Kv Nasca – Puquio
Electro Sur Este S.A.:	L.T. Abancay - Andahuaylas
Consortio Transmantaro S.A.:	S.E. Mantaro - S.E. Cotaruse

Fuente: Elaborado por el autor

A lo largo de toda la red de Fibra Óptica, se encuentran considerados 7 nodos primarios de Fibra Óptica ,espaciados convenientemente entre ellos a una distancia no superior de 100Km con la finalidad de posibilitar la transmisión de alta capacidad y no encarecer el costo de los equipo de iluminación.

Así también se cuenta con puntos de acceso a la Fibra (08); los cuales han sido escogidos teniendo como premisa estar ubicados en centros poblados con energía eléctrica y que no se encuentren a una distancia mayor de 1Km respecto de la fibra. Los puntos de acceso permitirán brindar conectividad a los centros poblados del primer salto y a partir de estos, se tendrá radioenlaces inalámbricos terrestres en topología árbol, que operarán en la banda no licenciada de 2,4GHz, 5,7GHz y proveerán comunicaciones a nodos secundarios y a estaciones terminales.

Los enlaces de radio de la red terrestre servirán de soporte para la provisión de servicios de comunicaciones de banda ancha,

que permitirán brindar servicios de voz, datos y video a bajo costo ²² a nivel local, además de posibilitar la integración de las localidades consideradas en el proyecto al resto del país y el mundo mediante acceso a Internet y mediante la interconexión con la red de servicios telefónica.

Así mismo, la red de esta alternativa dispondrá de un servidor local de contenidos y dos servidores de video streaming, que contribuirán a mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona. Para esta alternativa se ha tenido como consideración importante garantizar una adecuada continuidad del servicio, fijándose para el análisis una disponibilidad de enlace de radio de 99.9885% ²³ lo que da una probable indisponibilidad (pérdida de comunicaciones) anual de 1 hora por efecto de desvanecimiento por propagación, considerando el ámbito como terreno promedio y zona húmeda.

²² El costo bajo para las comunicaciones locales se estima, se daría debido a la utilización de bandas no licenciadas, empleando la tecnología 802.11 con versiones a, b, g, n, u otras tecnologías en dichas bandas, de este modo el costo de ancho de banda no se incrementa significativamente al hacer uso de banda ancha o servicios multimedia como no ocurre con los sistemas satelitales.

²³ La disponibilidad de los enlaces esta en función del margen de desvanecimiento de estos, los que a su vez están relacionados con la PIRE de las estaciones y la sensibilidad de los equipos de radio. Para el caso de los enlaces punto a punto en zonas rurales no existe límites en la PIRE y con las tecnologías actuales se tienen buenas sensibilidades de recepción con lo cual es posible conseguir la disponibilidad indicada.

Con dichas redes de fibra óptica no solo se podría proveer en la zona indicada, servicios básicos de comunicaciones tales como telefonía fija de abonado, telefonía pública y acceso a Internet sino también servicios de banda ancha a nivel local. Mediante la red proyectada es posible brindar a los usuarios acceso a sistemas de información local de alta capacidad, y muchos otros servicios multimedia que pueden ser soportados por el gran ancho de banda que posee la fibra óptica.

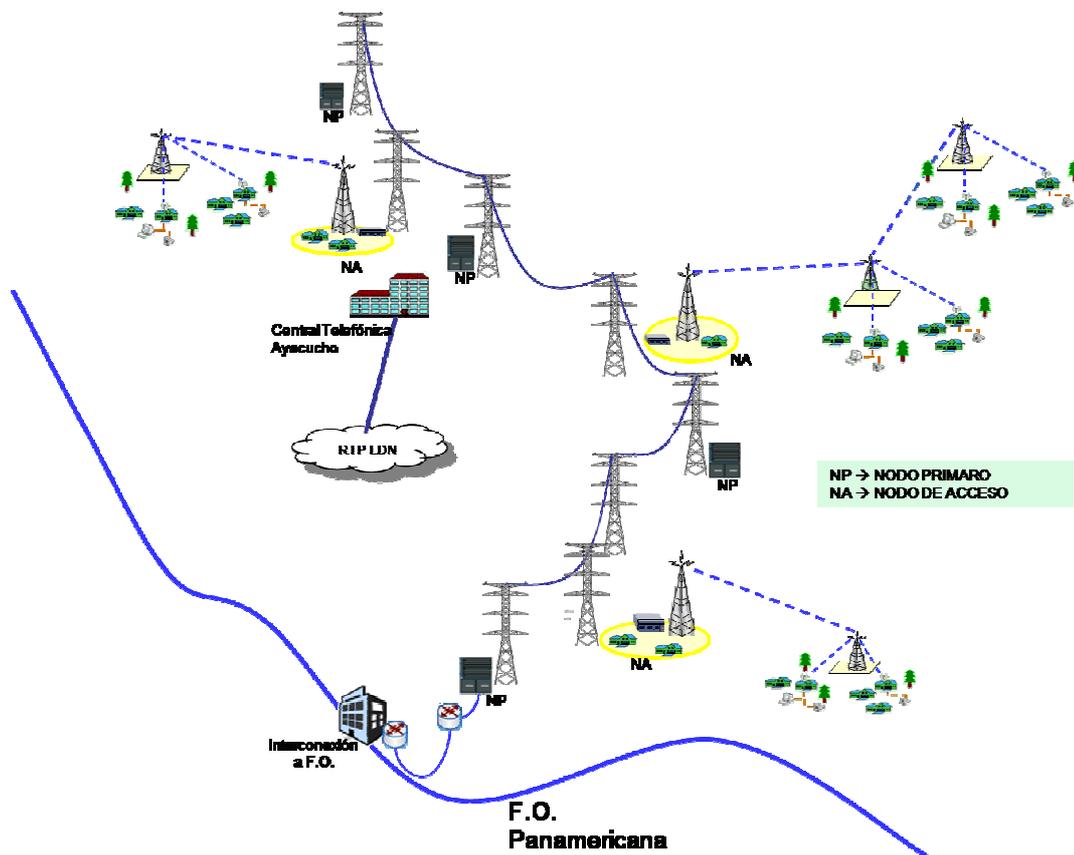


Figura Nº 3.2: Topología de Red del Proyecto de la Alternativa 1.
Fuente: Elaborado por el autor

3.2.1 Diseño de la Infraestructura de la red

3.1.2.1 Red de Fibra Óptica

El backbone de fibra óptica considera un recorrido de aproximadamente 545 Kilómetros divididos en cuatro tramos comprendidas dentro de las empresas de redes de alta tensión. Se implementarán mediante el tendido de red eléctrica sobre las torres de alta tensión. Se instalará un cable de fibra óptica del tipo ADSS (All Dielectric self-Supported) de 18 hilos, con derivaciones en los nodos primarios de la red no mayores a 1Km de distancia. La red de fibra óptica planteada estará constituida por dos secciones:

- Red de transporte.
- Red de acceso.

En la zona del proyecto, objeto de este estudio, se consideran los siguientes nodos de interconexión:

Tabla Nº 3.2: Nodos de Interconexión con otras redes de Fibra Óptica

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
Ica	Nazca	Vista Alegre	Vista Alegre

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.3: Nodos de Interconexión a Central Telefónica de Interconexión Regional

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
Ayacucho	Huamanga	Ayacucho	Ayacucho

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.4: Nodos Primarios

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
Apurímac	Andahuaylas	Chiara	Jantanca
Apurímac	Andahuaylas	Pampachiri	Pampachiri
Ayacucho	Huamanga	Tambillo	Yanabamba
Ayacucho	Lucanas	San Juan	San Juan De Utec
Ayacucho	Sucre	Huacaña	Huacaña
Huancavelica	Tayacaja	Colcabamba	Cabrancha
Ica	Nazca	Vista Alegre	Vista Alegre

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.5: Nodos de Acceso

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
Ayacucho	Huamanga	Pacaycasa	Ucupa
Ayacucho	Huamanga	Tambillo	Santa Barbara
Ayacucho	Lucanas	Lucanas	Cochapata
Ayacucho	Sucre	Morcolla	Tintay
Huancavelica	Churcampa	Churcampa	Ccarapata
Huancavelica	Churcampa	La Merced	La Merced
Huancavelica	Churcampa	Paucarbamba	Oxapata
Huancavelica	Tayacaja	Colcabamba	Pacus

Fuente: Elaborado por el autor

Como se muestra en la Fig.3.3, los nodos primarios se enlazarán entre sí conformando una topología física tipo anillo.



Figura Nº 3.3: Topología Física del *Backbone* de Fibra Óptica del Proyecto
Fuente: Elaborado por el autor

Los enlaces podrán estar constituidos por cables de fibras ópticas monomodo de dispersión cromática desplazada (G653, UIT-T) o por cables de fibra óptica monomodo de dispersión desplazada no nula (G655, UIT-T). El cable de fibra óptica será de una estructura de tubos holgados (*Loose Tube*), cilíndrico, autosoportado y totalmente dieléctrico (Tipo ADSS: *All Dielectric Self Supporting*), con cubierta resistente a potenciales eléctricos hasta de 12KV para sistemas compartidos con de energía hasta de 60KV. Y con cubierta resistente a potenciales eléctricos hasta de 24KV para sistemas compartidos con líneas de energía superiores a 60KV.

Asimismo los cables de fibra óptica, se instalarán en forma aérea, soportado sobre las torres y postes de las líneas de energía existentes, y serán terminados en los respectivos nodos de interconexión, en unidades de distribución a instalarse en un Gabinete o Rack de comunicaciones estándar de 19". Estas terminaciones se realizarán a través de empalmes por fusión con pigtaills Monomodo SC de 1.5 metro de longitud. Las interconexiones desde las Unidades de Distribución a los equipos terminales de línea óptica (dispositivos

de transmisión y de recepción óptica), se realizarán a través de patch cord duplex monomodo SC- LC de 3 metros de longitud.

a) Estándares y Códigos de referencia

Para el diseño de la red de fibra óptica, su dimensionamiento y determinación de componentes, se han tomado en consideración los requerimientos, recomendaciones y especificaciones técnicas aplicables y establecidas en los siguientes estándares y códigos:

Tabla N° 3.6: Estándares y códigos de referencia.

ANSI/TIA/EIA-758:	Cableado de Planta Externa de Telecomunicaciones de Propiedad del Usuario.
G652, UIT-T:	Características de un Cable de Fibra Óptica Monomodo
G653, UIT-T.	Característica de un Cable y Fibra Óptica Monomodo de dispersión desplazada.
G655, UIT-T.	Característica de un Cable y Fibra Óptica Monomodo de dispersión desplazada no nula.
IEC 60794:	Especificaciones Cables de Fibra Óptica.
G957, UIT-T:	Interfaces Ópticas para equipos y sistemas relacionados con la Jerarquía Digital Síncrona.
MEF4, Metro Ethernet Forum.	Arquitectura de la Red Metro Ethernet.
Código Nacional de Electricidad-Suministro 2001.	Ministerio de Energía y Minas del Perú.

Fuente: Elaborado por el autor

b) Tecnología de Transmisión

Se considera una red Metro Ethernet; para la red de transporte con velocidades nominales de línea hasta de 2.4Gbps; para la red de acceso con velocidades de Línea Nominales de 1.2Gbps y 2.4Gbps en sentido descendente y de 155Mbps, 622Mbps, 1.2Gbps y 2.4Gbps en sentido ascendente.

c) Método de Transmisión y Longitud de Onda de Trabajo

La transmisión será bidireccional. Para la red de transporte se utilizarán 2 hilos de fibra óptica por cada sistema, operando en una longitud de onda de 1550nm. Para la red de acceso se utilizará un hilo de fibra óptica, haciendo uso de la técnica de multiplexación de longitud de onda (WDM: *Wavelength Division Multiplexing*). El intervalo de longitudes de onda de trabajo en sentido descendente será de 1480 a 1500nm. y en el sentido ascendente será de 1260 a 1360nm.

d) Alcance Físico

Para la red de transporte el máximo alcance (sin amplificación) entre Nodos Primarios será de 145Km. Para la red de acceso la distancia física máxima será de 60Km.

e) Topología Física

La Topología Física de la red de transporte corresponderá a una topología en anillo. Los enlaces se realizarán de tal manera de formar un anillo entre los nodos primarios a interconectar. En el caso del nodo primario Vista Alegre en Ica, se enlazara a los nodos existentes en cada una de las localidades, de propiedad de uno de los operadores del lugar, para continuar con el anillo a lo largo de la Costa del Perú.

Asimismo, el nodo primario “Yanabamba” en Ayacucho, se enlazará por medios inalámbricos a las respectiva Central Telefónicas de interconexión regional del lugar. Los nodos de acceso se enlazarán a sus respectivos nodos primarios a través de empalmes de derivación entre el cable de fibra óptica de transporte y los cables de fibra óptica que terminarán en los nodos de acceso.

f) Rutas de Cables de Fibra Óptica

Las rutas definidas para los enlaces de fibra óptica, son las que se indican a continuación:

Tabla N° 3.7: Enlace NP Cabracancho – NP Yanabamba

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	108.04Km
Total							108.04Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.8: Enlace NP Yanabamba – NP Jantacca

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	102.56Km
Total							102.56Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 17: Enlace NP Jantacca – NP Pampachiri

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	46.36
3	ESE		33KV				9.33
Total							55.69Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.10: Enlace NP Pampachiri – NP Huacaña

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	ESE		33KV				52.45
Total							52.45Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.11: Enlace NP Huacaña – NP San Juan de Utec

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	No Existen Líneas de Energía						15.13
2	ESM		33KV				68.9
3	ESM		60KV				6
Total							90.03Km

Fuente: Elaborado por el autor

Con el fin de facilitar la instalación aérea del cable de fibra óptica en el Tramo 1, donde no existe infraestructura de líneas de energía, se plantea la instalación de 150 postes de concreto de 11 metros de altura, considerando un vano promedio de 100 metros.

Tabla N° 3.12: Enlace NP San Juan de Utec – NP Vista Alegre

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	ESM		60KV				92.5
Total							92.5Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.13: Enlace NP Vista Alegre-Nodo de Conexión a Otra Red de Fibra Óptica – Ica

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1							3Km
Total							3Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.14: Nodo Acceso Pacus – Huancavelica

Nº Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	5.16
2	No Existen Líneas de Energía (7 Postes proyectados)						0.710
Total							5.87Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.15: Nodo Acceso Oxapata – Huancavelica

Nº Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	34.23K m
2	No Existen Líneas de Energía (7 postes proyectados)						0.720
Total							34.92Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.16: Nodo Acceso Ccarapata – Huancavelica

Nº Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	48.03Km
2	No Existen Líneas de Energía (4 postes proyectados)						0.359
Total							48.39Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.17: Nodo Acceso Ucupa – Ayacucho

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	14.97Km
2	No Existen Líneas de Energía (7 postes proyectados)						0.710
Total							15.68Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.18: Nodo Acceso Santa Bárbara – Ayacucho

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	0.060Km
2	No Existen Líneas de Energía (8 postes proyectados)						0.750
Total							0.810Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.19: Nodo Acceso La Merced – Huancavelica

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	CTM		220KV			503	50.25Km
2	No Existen Líneas de Energía (3 postes proyectados)						0.290
Total							50.54Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.20: Nodo Acceso Tintay – Ayacucho

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	No Existen Líneas de Energía						1.6
2	ESE		33KV				11.66
3	No Existen Líneas de Energía (9 postes proyectados)						0.860
Total							14.12Km

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.21: Nodo Acceso Cochapata – Ayacucho

N° Tramo	Propietario de la línea	Nombre de la línea	Voltaje de la línea	Distancia Vano Máx.	Distancia Vano Min.	Distancia Vano Prom.	Longitud de Tramo
1	ESM		60KV				2.35
2	No Existen Líneas de Energía (7 postes proyectados)						0.660
Total							3.01Km

Fuente: Elaborado por el autor

g) Condiciones Climatológicas

De acuerdo con la región objeto del estudio y conforme a las reglas establecidas en el Código Nacional de Electricidad- Suministro 2001, se indican en la Tabla 3.22:

Tabla N° 3.22: Condiciones Climatológicas

Condición	Velocidad Horizontal del Viento (Temperatura)	Grosor Radial del hielo (Temperatura)
Solo viento	90 Km/h (10°C) 104 Km/h (5°C)	- -
Solo hielo	-	6 mm (0° C)
Viento y hielo	52 Km/h (0° C)	3 mm (0° C)

Fuente: Elaborado por el autor

g) Cálculos de Transmisión

- Cálculo de Atenuación de los Enlaces de Fibra Óptica

Para la red de transporte, estos cálculos se realizarán tomando en cuenta las especificaciones para la interfaz óptica de los equipos y sistemas que soportan la Jerarquía Digital Sincrónica (SDH) STM-16, conforme a las recomendaciones G957 de la UIT-T, y las especificaciones para el cable de fibra óptica monomodo conforme a las recomendaciones de la serie G de la UIT-T.

Para la red de acceso, se tomarán en cuenta las especificaciones para la interfaz óptica de los equipos y sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits, conforme a las recomendaciones G984 de la UIT-T, y las especificaciones para el cable de fibra óptica monomodo conforme a las recomendaciones de la serie G de la UIT-T. Segú. Los cálculos (ecuación 2.1, 2.2, 2.3) se muestran en las tablas 3.23 y 3.24:

Tabla N° 3.23: Cálculos de Atenuación de los Enlaces de Fibra Óptica para la Red de transporte

	Nodo Primario Cabracancha -Nodo Primario Yanabamba	Nodo Primario Yanabamba -Nodo Primario Jantacca
L: Longitud (Km)	117.6	111.46
Atenuación de Fibra Óptica = $\alpha L = 0.35 L$ (dB)	41.16	39.01
Atenuación de Conectores = $2 \times 0.75 \text{dB} = 1.5$ (dB)	1.5	1.5
Atenuación de Empalme = $N^\circ \text{Empalmex}0.1$ (dB)	3.5	3.3
Margen de Seguridad del Sistema (dB)	2	2
Atenuación Total (dB)	48.16	45.81
	Nodo Primario Huancaña -Nodo Primario Pampachiri	Nodo Primario Huacaña -Nodo Primario San Juan de Utec
L: Longitud (Km)	56.74	98.03
Atenuación de Fibra Óptica = $\alpha L = 0.35 L$ (dB)	19.86	34.31
Atenuación de Conectores = $2 \times 0.75 \text{dB} = 1.5$ (dB)	1.5	1.5
Atenuación de Empalme = $N^\circ \text{Empalmex}0.1$ (dB)	1.6	2.9
Margen de Seguridad del Sistema (dB)	2	2
Atenuación Total (dB)	24.96	40.71
	Nodo Primario San Juan de Utec -Nodo Primario Vista Alegre	Nodo Primario Jantacca -Nodo Primario Pampachiri
L: Longitud (Km)	100.72	60.33
Atenuación de Fibra Óptica = $\alpha L = 0.35 L$ (dB)	35.25	21.11
Atenuación de Conectores = $2 \times 0.75 \text{dB} = 1.5$ (dB)	1.5	1.5
Atenuación de Empalme = $N^\circ \text{Empalmex}0.1$ (dB)	3	1.7
Margen de Seguridad del Sistema (dB)	2	2
Atenuación Total (dB)	41.75	26.31

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.24: Cálculos de Atenuación de los Enlaces de Fibra Óptica para la Red de acceso.

NODO PRIMARIO CABRACANCHA – HUANCAVELICA	Nodo de Acceso Pacus		Nodo de Acceso Oxapata		Nodo de Acceso Ccarapata	
	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$
L: Longitud (Km)	6.38		37.95		52.58	
Atenuación de Fibra Óptica = αL (dB) $\alpha = 0.4\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.31\mu\text{m}$) $\alpha = 0.35\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.55\mu\text{m}$)	2.55	2.23	15.18	13.28	21.03	18.4
Atenuación de Conectores = $2 \times 0.75\text{dB} = 1.5$ (dB)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Atenuación de Empalme = $N^\circ \text{Empalmex} \times 0.1$ (dB)	0.2	0.2	1.2	1.2	1.6	1.6
Margen de Seguridad del Sistema (dB)	2	2	2	2	2	2
Atenuación de Derivador Óptico (dB)	18.4	18.4	8.9	8.9	6.9	6.9
Atenuación Total (dB)	24.65	24.33	28.78	26.88	33.03	30.4

Fuente: Elaborado por el autor

NODO PRIMARIO YANABAMBA – AYACUCHO	Nodo de Acceso Ucupa		Nodo de Acceso Santa Bárbara		Nodo de Acceso La Merced	
	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$
L: Longitud (Km)	17.02		0.92		54.93	
Atenuación de Fibra Óptica = αL (dB) $\alpha = 0.4\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.31\mu\text{m}$) $\alpha = 0.35\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.55\mu\text{m}$)	6.8	5.96	0.37	0.32	21.97	19.23
Atenuación de Conectores = $2 \times 0.75\text{dB} = 1.5$ (dB)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Atenuación de Empalme = $N^\circ \text{Empalmex} \times 0.1$ (dB)	0.5	0.5	0.1	0.1	1.7	1.7
Margen de Seguridad del Sistema (dB)	2	2	2	2	2	2
Atenuación de Derivador Óptico (dB)	8	8	0	0	1.3	1.3
Atenuación Total (dB)	18.8	17.96	3.97	3.92	28.47	25.73

Fuente: Elaborado por el autor

NODO PRIMARIO HUACAÑA – AYACUCHO	Nodo de Acceso Tintay	
	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$
L: Longitud (Km)	15.31	
Atenuación de Fibra Óptica = αL (dB) $\alpha = 0.4\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.31\mu\text{m}$) $\alpha = 0.35\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.55\mu\text{m}$)	6.12	5.36
Atenuación de Conectores = $2 \times 0.75\text{dB} = 1.5$ (dB)	1.5	1.5
Atenuación de Empalme = $N^\circ \text{Empalmex} \times 0.1$ (dB)	0.5	0.5
Margen de Seguridad del Sistema (dB)	2	2
Atenuación de Derivador Óptico (dB)	3.7	3.7
Atenuación Total (dB)	13.82	13.06
NODO PRIMARIO SAN JUAN DE UTEC – AYACUCHO	Nodo de Acceso Cochabata	
	$\lambda = 1.31\mu\text{m}$	$\lambda = 1.55\mu\text{m}$
L: Longitud (Km)	3.27	
Atenuación de Fibra Óptica = αL (dB) $\alpha = 0.4\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.31\mu\text{m}$) $\alpha = 0.35\text{dB/Km}$ ($\lambda = 1.55\mu\text{m}$)	1.31	1.14
Atenuación de Conectores = $2 \times 0.75\text{dB} = 1.5$ (dB)	1.5	1.5
Atenuación de Empalme = $N^\circ \text{Empalmex} \times 0.1$ (dB)	0.1	0.1
Margen de Seguridad del Sistema (dB)	2	2
Atenuación de Derivador Óptico (dB)	3.7	3.7
Atenuación Total (dB)	8.61	8.44

- **Cálculo de los Requerimientos de Dispersión Cromática**

La máxima dispersión cromática resulta en 728.4 ps/nm (ver ecuación 2.5), se toma en cuenta que en ambas recomendaciones, G957 y G984 de la UIT-T, se consideran fuentes de luz tipo LASER, con un ancho espectral a -20 dB máximo de 1 nm, para aplicaciones de larga distancia y a una tasa de transmisión de 2.5 Gbps.

h) Determinación del Tipo y Dimensionamiento de Componentes.

- **Tipo De Fibra Óptica**

Se toma en cuenta que para la red de transporte, la distancia máxima entre los nodos a interconectarse es de aproximadamente 144Km, que el sistema de transmisión a utilizarse corresponde a una aplicación de alta velocidad (2.48Gbps) y según los cálculos de transmisión descritos, la fibra óptica recomendada es del tipo monomodo de dispersión cromática desplazada, conforme a la recomendación G653 de la UIT-T.

La fibra óptica monomodo de dispersión cromática desplazada se caracteriza por tener su longitud de onda de dispersión nula cerca de 1550nm y presenta un coeficiente de dispersión cromática máximo de 3.5 ps/nm.Km en la región de longitudes de onda entre 1525 y 1575nm.

Por lo tanto, este tipo de fibra óptica esta optimizada para utilizarse en la región de longitud de onda de 1550nm (tercera ventana), y que puede

utilizarse también en longitudes de onda de la región de 1310nm (segunda ventana) sujeto a la restricción de dispersión cromática correspondiente.

Opcionalmente, se puede utilizar la fibra óptica monomodo de dispersión cromática desplazada no nula, conforme a la recomendación G655 de la UIT-T.

La fibra óptica monomodo de dispersión cromática desplazada no nula se caracteriza por tener un coeficiente de dispersión cromática de valor absoluto mayor que cero en la región de longitudes de onda entre 1530 y 1565nm y en esta región presenta un coeficiente de dispersión cromática mínimo de 1 ps/nm.Km y máximo de 10 ps/nm.Km, La característica de dispersión de este tipo de fibra óptica reduce la aparición de los efectos no lineales que son perjudiciales para los sistemas que utilizan Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa (DWDM).

Para la red de acceso, se toma en cuenta que los cables de fibra óptica se empalmaran a los cables de fibra óptica de la red de transporte, se recomienda utilizar el mismo tipo de fibra óptica que el indicado para la red de transporte.

- **Cálculo de la Cantidad de Fibras Ópticas**

Para la red de transporte, se toma en cuenta que las comunicaciones serán bidireccionales y a través de dos (02) fibras ópticas para cada sistema de transmisión o aplicación a implementarse, resultando en lo siguiente:

Tabla Nº 3.25: Cantidad de Fibras Ópticas para la red de transporte

Aplicaciones iniciales (Telefonía y Datos):	02 Fibras.
Aplicaciones futuras(CATV):	02 Fibras
Conexión a red de acceso	04 Fibras.
Reserva para Mantenimiento:	04 Fibras
Ampliaciones de red	04 Fibras
Vanguardia tecnológica	02 Fibras
TOTAL:	18 Fibras

Fuente: Elaborado por el autor

Por lo tanto, se recomienda que el cable para la red de transporte contenga como mínimo dieciocho (18) fibras ópticas.

Para la red de acceso, se toma en cuenta que las comunicaciones serán bidireccionales y a través de una (01) fibra óptica para cada sistema de transmisión o aplicación a implementarse, resultando en lo siguiente:

Tabla Nº 3.26: Cantidad de Fibras Ópticas para la Red de Acceso

Aplicaciones iniciales (Telefonía y Datos):	01 Fibras.
Aplicaciones futuras(CATV):	02 Fibras
Reserva para Mantenimiento:	02 Fibras
Ampliaciones de red	01 Fibras
TOTAL:	06 Fibras

Fuente: Elaborado por el autor

Por lo tanto, se recomienda que el cable para la red de acceso contenga como mínimo seis (06) fibras ópticas.

- **Tipo de Cable de Fibra Óptica**

Tomando en cuenta los requerimientos de facilidad de instalación y de mantenimiento así como de confiabilidad en instalaciones aéreas compartidas con Líneas de Transmisión Eléctrica de Alta Tensión, se propone utilizar un cable de fibra óptica con una estructura cilíndrica, autoportada y totalmente dieléctrica (Tipo ADSS: All Dielectric Self Supporting).

El cable de fibra óptica será de una estructura de tubos holgados, relleno con un compuesto de impermeabilización y con una cubierta resistente a potenciales eléctricos hasta de 12 KV en sistemas compartidos con líneas de energía hasta de 60KV y resistente a potenciales eléctricos has de 24KV en sistemas compartidos con líneas de energía superior a 60KV.

Como se muestra en la Fig. 14, este tipo de estructura de cable soporta mayores fuerzas de tracción y sus características de transmisión son más estables con las variaciones de la temperatura ambiental.



Figura Nº 3.4: Fibra Óptica ADSS
 Fuente: www.drakacomteq.es

El cable ADSS se caracteriza por su alta resistencia mecánica, permitiendo su instalación aérea en vanos (distancia entre postes o torres) hasta de 1000 metros y se puede fijar directamente en los postes o torres, sin necesidad de un cable mensajero de soporte. Su construcción liviana y flexible, simplifica y hace más rápida su instalación.

Asimismo, este tipo de cable es inmune a las interferencias electromagnéticas y por lo tanto no requiere de dispositivos de protección eléctrica ni conexión a sistemas de puesta a tierra. Además, su independencia del sistema de transmisión eléctrica, hace que el mantenimiento del cable ADSS sea más sencillo y que la confiabilidad de las comunicaciones sea mayor. Cualquier interrupción en el sistema de energía, cortocircuitos, o descargas atmosféricas, no afectarán al Sistema de Comunicaciones.

- **Cálculo de la Longitud de Cables de Fibra Óptica**

Según el punto (4) del capítulo ii (cálculo de la longitud de cables de Fibra Óptica), la longitud para cada enlace se detalla en la tabla 3.29 y 3.30.

Tabla N° 3.29: Cálculos de la Longitud de Cables de Fibra Óptica para la Red de transporte

ENLACE	Distancia de la ruta (Km)	Accesos (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento (Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones (Km)	Longitud Total de Cable F.O. (Km)	Longitud del Enlace (Km)
NP Cabracancha -NP Yanabamba	108.04	0.200	2.16	5.4	1.75	0.050	117.6	117.6
TOTAL							117.6	117.6
ENLACE	Distancia de la ruta (Km)	Accesos (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento (Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones (Km)	Longitud Total de Cable F.O. (Km)	Longitud del Enlace (Km)
NPYanabamba -NP Jantacca	102.56	0.200	2.05	5.13	1.65	0.050	111.46	111.46
NP Huancaña –NP Pampachiri	52.05	0.200	1.04	2.6	0.8	0.050	56.74	56.74
TOTAL							168.2	168.2
ENLACE	Distancia de la ruta (Km)	Accesos (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento (Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones (Km)	Longitud Total de Cable F.O. (Km)	Longitud del Enlace (Km)
NP Huacaña –NP San Juan de Utec	90.03	0.200	1.8	4.5	1.45	0.050	98.03	98.03
TOTAL							98.03	98.03
ENLACE	Distancia de la ruta (Km)	Accesos (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento (Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones (Km)	Longitud Total de Cable F.O. (Km)	Longitud del Enlace (Km)
NP San Juan de Utec –NP Vista Alegre	92.5	0.200	1.85	4.62	1.5	0.050	100.72	100.72
TOTAL							100.72	100.72
ENLACE	Distancia de la ruta (Km)	Accesos (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento (Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones (Km)	Longitud Total de Cable F.O. (Km)	Longitud del Enlace (Km)
NP Jantacca - NP Pampachiri	55.36	0.200	1.1	2.77	0.85	0.050	60.33	60.33
TOTAL							60.33	60.33

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.30: Cálculos de la Longitud de Cables de Fibra Óptica para la Red de acceso

NODO PRIMARIO CABRACANCHA – HUANCVELICA									
ENLACE	Distancia Ruta de Transporte (Km)	Distancia Ruta Derivación (Km)	Distancia Total Ruta (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento(Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones(Km)	Long. Cable Derivación (Km)	Long. del Enlace (Km)
Nodo de Acceso Pacus	5.16	0.710	5.87	0.12	0.29	0.050	0.050	0.77	6.38
Nodo de Acceso Oxapata	34.23	0.720	34.95	0.70	1.75	0.50	0.050	0.78	37.95
Nodo de Acceso Ccarapata	48.03	0.359	48.39	0.97	2.42	0.75	0.050	0.42	52.58
TOTAL								1.97	96.91
NODO PRIMARIO YANABAMBA – AYACUCHO									
ENLACE	Distancia Ruta de Transporte (Km)	Distancia Ruta Derivación (Km)	Distancia Total Ruta (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento(Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones(Km)	Long. Cable Derivación (Km)	Long. del Enlace (Km)
Nodo de Acceso Ucupa	14.97	0.710	15.68	0.31	0.78	0.20	0.05	0.77	17.02
Nodo de Acceso Santa Bárbara	0.060	0.750	0.810	0.02	0.04	0	0.05	0.81	0.92
Nodo de Acceso La Merced	50.25	0.290	50.54	1.01	2.53	0.8	0.05	0.35	54.93
TOTAL								1.93	72.87
NODO PRIMARIO HUACAÑA – AYACUCHO									
ENLACE	Distancia Ruta de Transporte (Km)	Distancia Ruta Derivación (Km)	Distancia Total Ruta (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento (Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones (Km)	Long. Cable Derivación (Km)	Long. del Enlace (Km)
Nodo de Acceso Tintay	13.26	0.860	14.12	0.28	0.71	0.15	0.05	0.93	15.31
TOTAL								0.93	26.18
NODO PRIMARIO SAN JUAN DE UTEC – AYACUCHO									
ENLACE	Distancia Ruta de Transporte (Km)	Distancia Ruta Derivación (Km)	Distancia Total Ruta (Km)	Cambio de Pendiente y Catenaria (Km)	Reserva Mantenimiento (Km)	Reserva Empalmes (Km)	Reserva Terminaciones (Km)	Long. Cable Derivación (Km)	Long. del Enlace (Km)
Nodo de Acceso Cochapata	2.35	0.660	3.01	0.06	0.15	0	0.05	0.72	3.27
TOTAL								0.72	3.27

Fuente: Elaborado por el autor

i) Dimensionamiento de Elementos de Interconexión Óptica

Para la terminación del cable de fibra óptica y su interconexión con los equipos de comunicaciones ópticas, en cada nodo se considerarán los siguientes componentes:

- Una (01) Unidad de Distribución de Fibra Óptica para instalación en Rack.

Tabla N° 3.31: Características de una unidad de distribución de fibra óptica.

Capacidad máxima:	36 adaptadores.
Capacidad mínima instalada:	18 adaptadores SC monomodo.
Capacidad mínima para empalmes:	18 empalmes por fusión

Fuente: Elaborado por el autor

- 18 pigtaills monomodo SC, de 1.5 metros de longitud.
 - 02 patch cord monomodo duplex SC-LC de 3 metros de longitud.
 - 18 tubos de protección termocontraible para los empalmes por fusión.
 - 01 Gabinete de Comunicaciones de 45 RU, 19 pulg.
- **Cálculo de la Cantidad de Empalmes de Cables de Fibra Óptica**

Según la ecuación 2.6 del capítulo II, el total de empalmes distribuidos resulta como se muestra en las tablas 3.32 y 3.33:

Tabla N° 3.32: Cálculos de la Cantidad de Empalmes de Cables de Fibra Óptica para la Red de transporte

ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS
NP Cabracancha - NP Yanabamba	108.04	35
TOTAL		35
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS
NP Yanabamba - NP Jantacca	102.56	33
NP Huancaña - NP Pampachiri	52.05	16
TOTAL		49
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS
NP Huacaña - NP San Juan de Utec	90.03	29
TOTAL		29
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS
NP San Juan de Utec -NP Vista Alegre	92.5	30
TOTAL		30
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS
NP Jantacca – NP Pampachiri	55.36	17
TOTAL		50

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.33: Cálculos de la Cantidad de Empalmes de Cables de Fibra Óptica para la Red de Acceso

NODO PRIMARIO CABRACANCHA – HUANCVELICA				
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS	N° EMPALMES DE DERIVACIÓN	N° TOTAL DE EMPALMES
Nodo de Acceso Pacus	5.87	01	01	02
Nodo de Acceso Oxapata	34.95	11	01	12
Nodo de Acceso Ccarapata	48.39	15	01	16
TOTAL				30
NODO PRIMARIO YANABAMBA – AYACUCHO				
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS	N° EMPALMES DE DERIVACIÓN	N° TOTAL DE EMPALMES
Nodo de Acceso Ucupa	15.68	04	01	05
Nodo de Acceso Santa Bárbara	0.810	0	01	01
Nodo de Acceso La Merced	50.54	16	01	17
TOTAL				23
NODO PRIMARIO HUACAÑA – AYACUCHO				
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS	N° EMPALMES DE DERIVACIÓN	N° TOTAL DE EMPALMES
Nodo de Acceso Tintay	14.12	04	01	05
TOTAL				05
NODO PRIMARIO SAN JUAN DE UTEC - AYACUCHO				
ENLACE	DISTANCIA RUTA (Km)	N° EMPALMES INTERMEDIOS	N° EMPALMES DE DERIVACIÓN	N° TOTAL DE EMPALMES
Nodo de Acceso Cochapata	3.01	0	01	01
TOTAL				01

Fuente: Elaborado por el autor

- **Cálculo de la Cantidad de Elementos de Retención y de Suspensión de Cables de FO**

Según la ecuación 2.7 del capítulo II, la cantidad de elementos de retención y de suspensión para cada enlace, resulta como se muestra en las Tablas 3.34 y 3.35.

- **Cálculo de la Cantidad de Amortiguadores de Viento**

Según la ecuación 2.8 del capítulo II, la cantidad de amortiguadores de viento requeridos para cada enlace, resulta como se muestra en las Tablas 3.36 y 3.37.

- **Cálculo de la Cantidad de Supresores de Efecto Corona**

Según la ecuación 2.8 del capítulo II, la cantidad de supresores requeridos para cada enlace resulta como se muestra en la Tabla 3.38.

Tabla Nº 3.34: Cálculos de la Cantidad de Elementos de Retención y de Suspensión de Fibra Óptica para la Red de Transporte

ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario Cabracancha -Nodo Primario Yanabamba	108.04	503	216	173	43	346	43
TOTAL						346	43
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario Yanabamba -Nodo Primario Jantacca	102.56	503	205	164	41	328	41
Nodo Primario Huancaña -Nodo Primario Pampachiri	52.45	350	151	121	30	242	30
TOTAL						570	71
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario Huacaña -Nodo Primario San Juan de Utec	90.03	350	258	206	52	412	52
TOTAL						412	52
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario San Juan de Utec -Nodo Primario Vista Alegre	92.5	350	265	212	53	424	53
TOTAL						424	53
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario Jantacca -Nodo Primario Pampachiri	55.36	503	111	89	22	178	22
TOTAL						178	22

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.35: Cálculos de la Cantidad de Elementos de Retención y de Suspensión de Fibra Óptica para la Red de Acceso

NODO PRIMARIO CABRACANCHA – HUANCVELICA							
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA DE DERIVACION (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario Cabracancha-Nodo de Acceso Pacus	0.710	100	8	6	2	12	2
Nodo Primario Cabracancha-Nodo de Acceso Oxapata	0.720	100	8	6	2	12	2
Nodo Primario Cabracancha-Nodo de Acceso Ccarapata	0.359.	100	5	4	1	8	1
TOTAL						32	5
NODO PRIMARIO YANABAMBA – AYACUCHO							
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario Yanabamba-Nodo de Acceso Ucupa	0.710	100	8	6	2	12	2
Nodo Primario Yanabamba-Nodo de Acceso Santa Bárbara	0.750	100	9	7	2	14	2
Nodo Primario Yanabamba-Nodo de Acceso La Merced	0.290	100	4	3	1	6	1
TOTAL						32	5
NODO PRIMARIO HUACAÑA – AYACUCHO							
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario Huacaña-Nodo de Acceso Tintay	0.860	100	10	8	2	16	2
TOTAL						16	2
NODO PRIMARIO SAN JUAN DE UTEC – AYACUCHO							
ENLACE	DISTANCIA DE LA RUTA (Km)	VANO PROMEDIO (mt)	Nº DE ESTRUCTURAS			CANTIDAD DE ELEMENTOS RETENCIÓN	CANTIDAD DE ELEMENTOS SUSPENSIÓN
			TOTAL	RETENCIÓN	SUSPENSIÓN		
Nodo Primario San Juan de Utec-Nodo de Acceso Cochapata	0.660	100	8	6	2	12	2
TOTAL						12	2

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.36: Cálculo de la Cantidad de Amortiguadores de Viento para la Red de Transporte

ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE AMORTIGUADORES DE VIENTO
Nodo Primario Cabracancha -Nodo Primario Yanabamba	216	864
Nodo Primario Yanabamba -Nodo Primario Jantacca	205	820
Nodo Primario Huacaña -Nodo Primario Pampachiri	151	604
Nodo Primario Huacaña -Nodo Primario San Juan de Utec	258	1032
Nodo Primario San Juan de Utec -Nodo Primario Vista Alegre	265	1060
Nodo Primario Jantacca -Nodo Primario Pampachiri	111	444

Tabla Nº 3.37: Cálculo de la cantidad de amortiguadores de viento para la Red de Acceso

NODO PRIMARIO CABRACANCHA – HUANCAVELICA		
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE AMORTIGUADORES DE VIENTO
Nodo Primario Cabracancha-Nodo de Acceso Pacus	8	16
Nodo Primario Cabracancha-Nodo de Acceso Oxapata	8	16
Nodo Primario Cabracancha-Nodo de Acceso Ccarapata	5	10
TOTAL	21	42
NODO PRIMARIO YANABAMBA – AYACUCHO		
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE AMORTIGUADORES DE VIENTO
Nodo Primario Yanabamba-Nodo de Acceso Ucupa	8	16
Nodo Primario Yanabamba-Nodo de Acceso Santa Bárbara	9	18
Nodo Primario Yanabamba-Nodo de Acceso La Merced	4	8
TOTAL	21	42
NODO PRIMARIO HUACAÑA – AYACUCHO		
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE AMORTIGUADORES DE VIENTO
Nodo Primario Huacaña-Nodo de Acceso Tintay	10	20
TOTAL	10	20
NODO PRIMARIO SAN JUAN DE UTEC – AYACUCHO		
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE AMORTIGUADORES DE VIENTO
Nodo Primario San Juan de Utec-Nodo de Acceso Cochapata	8	16
TOTAL	8	16

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.38: Cálculo de la Cantidad de Supresores de Efecto Corona para la Red de transporte

ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE SUPRESORES DE EFECTO CORONA
Nodo Primario Cabracancho -Nodo Primario Yanabamba	216	432
TOTAL	216	432
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE SUPRESORES DE EFECTO CORONA
Nodo Primario Yanabamba -Nodo Primario Jantacca	205	410
Nodo Primario Huancaña -Nodo Primario Pampachiri	151	302
TOTAL	356	712
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE SUPRESORES DE EFECTO CORONA
Nodo Primario Huacaña -Nodo Primario San Juan de Utec	258	516
TOTAL	258	516
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE SUPRESORES DE EFECTO CORONA
Nodo Primario San Juan de Utec -Nodo Primario Vista Alegre	265	530
TOTAL	265	530
ENLACE	Nº DE ESTRUCTURAS	CANTIDAD DE SUPRESORES DE EFECTO CORONA
Nodo Primario Jantacca -Nodo Primario Pampachiri	111	222
TOTAL	111	222

Fuente: Elaborado por el autor

3.1.2.2 Red de Acceso Inalámbrico

La red de acceso inalámbrico estará conformado por estaciones radioeléctricas operando en la banda de 2.4 GHz²⁴ no licenciada, con una topología tipo árbol (estrella con derivaciones) a partir de ocho nodos de acceso siendo las estaciones principales y se enlazarán con una estructura punto multipunto con estaciones secundarias y estaciones terminales. En cada estación se empleará equipamiento de acuerdo a la cantidad de puntos (centros poblado) de enlace y la distancia de estos puntos a la estación, así mismo la altura de torre considerada en cada estación tomará en cuenta la línea de vista requerida para garantizar una adecuada claridad en el trayecto de comunicación con las estaciones en comunicación. El total de estaciones radioeléctricas de acuerdo a la función que cumplen dentro de la topología de red se indica en la Tabla 3.39²⁵:

a) Subsistema de interconexión

La estación pasarela está situada en la frontera de la red WiFi con el exterior.

Se encarga principalmente de proporcionar los siguientes servicios:

²⁴ “Marco Normativo General para la promoción del desarrollo de los servicios públicos de telecomunicaciones de áreas rurales y lugares de preferente interés social” y modifican diversos dispositivos legales “Artículo 22°.- Identificación de bandas (...)”.

²⁵ En el anexo 1 se muestra con mas detalle la función que cumple cada centro poblado dentro de la topología de red.

Tabla Nº 3.39: Total de Estaciones Radioeléctricas

Sitios	
Nodos de Acceso de F.O.	8
Estaciones de 1er Salto	31
Estaciones de 2do Salto	68
Estaciones de 3er Salto	39
Estaciones de 4to Salto	3
Repetidor	12
Total	161

Fuente: Elaborado por el autor

- Conectividad a Internet a través de una línea DSL a 600 Kbps.
- Conectividad a la red telefónica exterior a través de una línea convencional analógica.
- Servidor de correo para proporcionar cuentas de correo a los usuarios de la red.
- Servidor de VoIP asterisk principal para proporcionar las funcionalidades adicionales de voicemail y conferencia.
- Servidor de Gestión de Red basado en la aplicación software Zabbix.

El primer servicio nombrado anteriormente es realizado a través de un Router DSL mientras que los cuatro restantes son gestionados a través de un servidor.

b) Subsistema de telecomunicaciones

Entre los quipos a utilizar en el Repetidor tenemos:

- Access point 2.4 Ghz red



Figura N° 3.5: Acces Point

- Radios ter wi-fi 2.4 Ghz
- Amplificador 2.4 Ghz
- Antena set 60 ° 2.4 Ghz



Figura N° 3.6: Antena Sectorial

- Antena direct 24db 2.4 Ghz
- *Spliter* 2.4 Ghz



Figura N° 3.7: Spliter

- Radios ter wi-fi 5.7 Ghz
- Radios enlace wi-fi 5.7 Ghz 10 Mbps min
- Amplificador 5.7 Ghz
- Antena directiva 24 dB 5.7Ghz
- Antena sect 60°5.7Ghz
- Antena de panel de 19dBi



Figura N° 3.8: Antena Panel

- Antena sectorial 90 grados 17dBi
- Cables coaxiales
- *Pigtail* MMCX-N macho
- *Pigtail* UFL-N hembra

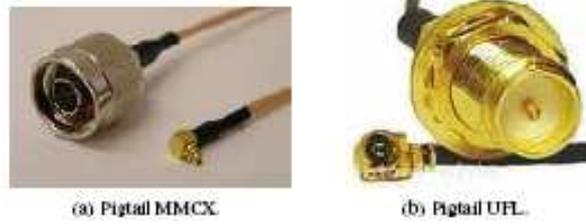


Figura Nº 3.9: Pigtails

- Protectores de línea
- Cable coaxial corto



Figura Nº 3.10: Cable coaxial

- Tarjeta 200mW PCMCIA
- Tarjeta 200mW MiniPCI
- Placa Soekris net 4521 con cable de alimentación 1
- Compact Flash 512MB
- Cable cruzado de red
- Caja metálica con aislamiento térmico

Entre los equipos a utilizar en la estación cliente, tenemos:

- Enrutador inalámbrico, se encuentra dentro de una caja en la que se encuentra, una placa Soekris NET4511 (ver Fig. 3.11) interconectada con componentes necesarios para ofrecer los servicios descritos. Estos elementos se enumeran a continuación:



Figura Nº 3.11: Enrutador Inalámbrico

1. Memoria CF 512 MB.
2. Tarjeta inalámbrica (depende del establecimiento).
3. Pigtail MMCX macho - N macho.
4. ATA con fuente de 5V.

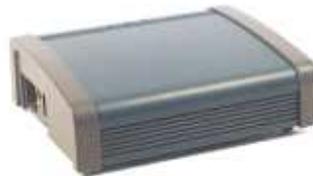


Figura Nº 3.12: ATA

5. Cables Ethernet desde el ATA y la computadora hacia la placa Soekris.
6. Cable de línea entre ATA y el teléfono analógico.

- Las tarjetas inalámbricas elegidas serán chipset Atheros de distintos modelos, entre ellos la SR2 (400mW) la CM9 (80mW) o la SRC (300mW).
- Las antenas instaladas para las estaciones cliente son las mismas descritas en los repetidores. El cable coaxial utilizado para la conexión de equipos es el WBC400, que se caracteriza por ser de bajas pérdidas, aproximadamente de 0,2 dB/m.

c) Subsistema de Energía

Se emplearán tanto UPS (para los lugares que cuentan con energía) como paneles solares para la provisión de energía en los lugares que no se cuenta con líneas de suministro de energía eléctrica convencional.

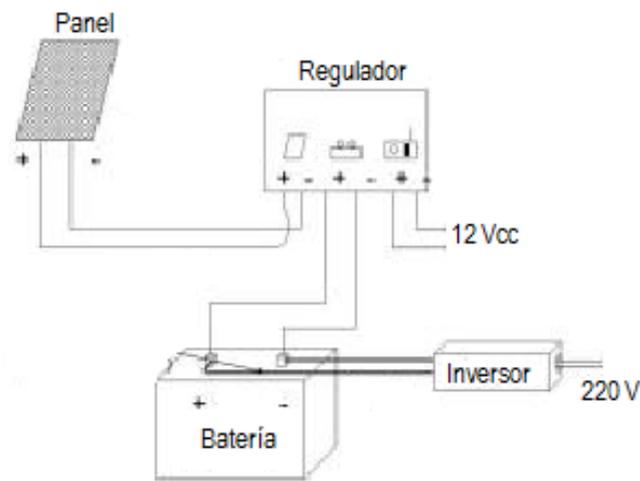


Figura Nº 3.13: Implementación de un Sistema de Energía

Los equipos que conforman este subsistema:

- Paneles solares de 220 Watt
- Controlador 12V 20 Amp
- Baterías 150 AmpH
- Cableado eléctrico con tablero
- Soporte de paneles (6mts, 30cm lado) 4soportes
- UPS 500W 15 minutos de autonomía

d) Subsistema de Protección Eléctrica

En las estaciones se construirán sistemas PAT para evitar que las descargas eléctricas ambientales puedan dañar las antenas y para la protección y el buen funcionamiento de los equipos de comunicación y de cómputo. Estos sistemas PAT se implementarán utilizando un pararrayos tetrapuntal tipo Franklin ubicado en la parte más alta del mástil. Éste proporciona una protección que cubre un volumen cónico con una altura de 9 m² y un ángulo de 45 grados. El pararrayos tetrapuntal se conectará al pozo PAT mediante un cable de cobre desnudo de 50mm² de diámetro (Ver Fig.3.14). Este pozo será de tipo horizontal (10 m de longitud) y construido con una mezcla de tierra de cultivo, sal y Bentonita. En esta mezcla es donde se conecta el fleje de cobre.

Para la protección de los equipos de telecomunicaciones y del equipo de cómputo se construirá otro pozo PAT. Este pozo tiene los mismos componentes que el pozo de pararrayos y es de la misma longitud.

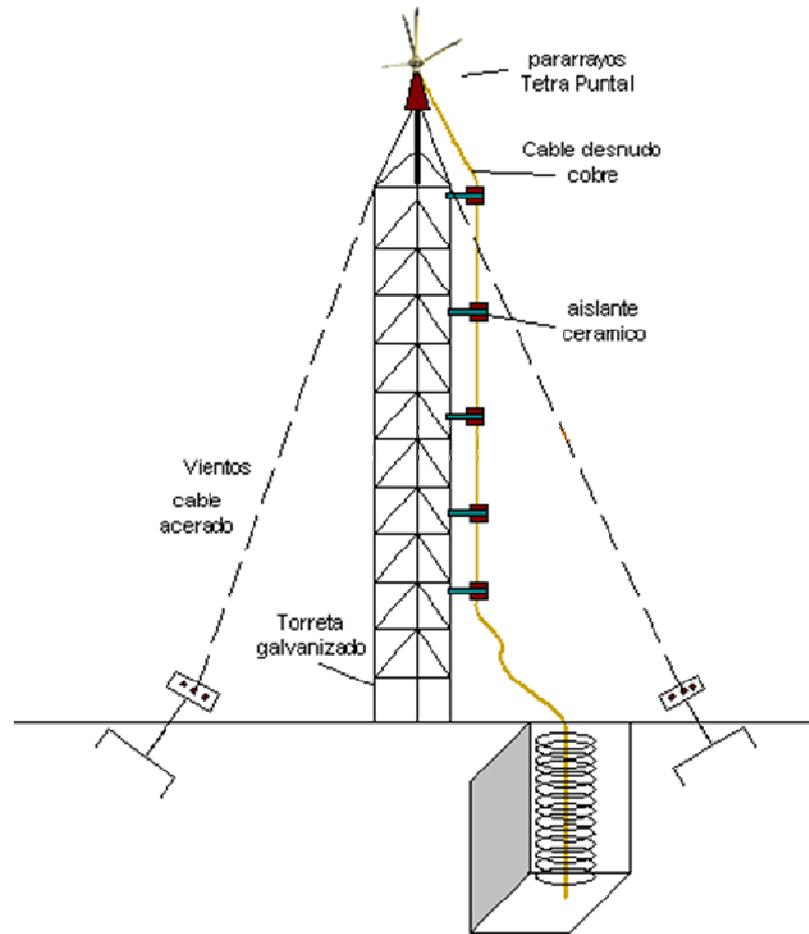


Figura N° 3.14: Implementación de un Sistema de Protección Eléctrica

Es poco probable que la antena reciba una descarga eléctrica, sin embargo, por seguridad se instalarán protectores de línea que se encuentran entre el

cable coaxial y la placa Soekris, de forma que si se produce una descarga, ésta será derivada al pozo PAT.

Asimismo para cada pozo PAT se instalarán cajas de registro que nos indican el lugar donde inicia el pozo y donde se encuentra la unión del pozo con el cable de tierra de los equipos o del pararrayos. En forma similar al caso de las estaciones cliente, en los repetidores también se han instalado sistemas PAT de tipo horizontal. Estos pozos contienen los mismos elementos que los anteriores, con la diferencia que su longitud es de 20 m.

g) Capacidad Requerida para Internet

Para la determinación de la capacidad requerida se ha considerado un ancho de banda por acceso a Internet de 600Kbps con un overbooking máximo de 10:1 y una asimetría de 4:1 de acuerdo a ello, se muestra en la Tabla 3.40 los requerimiento de conexión a Internet:

Tabla Nº 3.40: Capacidad Requerida para Internet

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Internet 600Kbps Entidad 1	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Internet 600Kbps Entidad 2	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Total de Accesos Internet	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Vtx Subida Mbps	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925
Vtx Bajada Mbps	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336

Fuente: Elaborado por el autor

h) Capacidad Requerida para Telefonía

De acuerdo con el requerimiento del proyecto se ha considerado inicialmente 105 teléfonos públicos y 31 teléfonos residenciales, que totalizan 136 terminales telefónicos al primer año, habiéndose considerado al décimo año 1364 teléfonos de abonado como se indica en la Tabla 3.41.

Tabla N° 3.41: Servicio de telefonía inicial, al 5to año y 10mo año

Servicios	Inicial (año 1)	Final (año 5)	Final (año 10)
Teléfonos públicos	105	105	105
Abonados	31	649	718
Total	136	754	823

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.42: Servicio de telefonía

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Números de E1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3

Fuente: Elaborado por el autor

Adicionalmente en la Tabla 3.42 se muestra el tráfico cursado por localidades en el ámbito rural, obteniendo que, se requerirá una capacidad de Interconexión inicial de 1E1.

3.2.2 Costos del Proyecto

a) Costos de Inversión

La inversión del proyecto para la alternativa 1 está dividida en inversión en infraestructura (CAPEX) e inversión en desarrollo de capacidades, difusión y sensibilización, se considera un horizonte temporal de 10 años.

El costo de inversión total de la alternativa 1 para el año 0 es de S/. 21, 169,337 y al año 5 se realiza una reinversión de S/. 93,403, el detalle se muestra en la Tabla 3.43.

b) Monto de subsidio del proyecto

Como se aprecia en la Tabla 3.44, el subsidio del proyecto (VAN privado) es de S/. 27,628,084 , que equivale a la pérdida económica en que incurre el operador privado si decide por cuenta propia ejecutar el proyecto, siendo este el máximo subsidio a entregar al operador privado para que ejecute el proyecto.

c) Costo de Inversión en Infraestructura (CAPEX)

El componente de Infraestructura está estructurado como se muestra en la Tabla 3.45.

- Inversión en Desarrollo de Capacidades, Difusión y Sensibilización

El monto de inversión en desarrollo de capacidades, difusión y sensibilización del presente proyecto asciende a S/ 257,773 nuevos soles, se explica el detalle de cada uno en la Tabla 3.46.

- **Costos y gastos de Operación y Mantenimiento**

En las Tablas 3.47 y 3.48 se detallan los costos operativos y de mantenimiento así como los gastos de ventas y administrativos que se incurrirá anualmente con motivo de la operatividad del proyecto. El detalle se muestra en el Anexo 2.

Tabla N° 3.43: Inversión del Proyecto

DESCRIPCIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Inversiones en CAPEX	S/. 20,911,564										
Inversiones en desarrollo de capacidades	S/. 257,773										
Reinversión al quinto año						S/. 93,403					S/. 0
TOTAL	S/. 21,169,337	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 93,403	S/. 0				

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.44: Costos de Inversión Total del Proyecto

DESCRIPCIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Flujo de Caja Operativo	-S/. 4,022,174	-S/. 1,517,041	-S/. 1,285,759	-S/. 928,851	-S/. 573,441	-S/. 318,791	-S/. 165,937	-S/. 50,017	S/. 29,033	S/. 79,729	S/. 112,329
Flujo de Caja de Inversiones (2009 - 2019)	-S/ 21,169,337	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	-S/. 93,403	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Recuperación de Capital de Trabajo											S/ 4,243,744
Inversión de Renovación (año 2019)											S/. 0
Valor Liquidación Activos – liquidado a valor contable											S/. 0
Valor Presente Perpetuidad FC Operativo											S/. 0
Valor Presente Perpetuidad de las Inversiones											S/. 0

FLUJO DE CAJA LIBRE	-S/. 25,191,510	-S/. 1,517,041	-S/. 1,285,759	-S/. 928,851	-S/. 573,441	-S/. 412,195	-S/. 165,937	-S/. 50,017	S/. 29,033	S/. 79,729	S/. 4,356,073
Tasa de Descuento Sector Privado	15.84%	efectivo anual									
Tasa Interna de Retorno	-	efectivo anual									
VAN Privado del Proyecto	-S/. 27,628,084	(Valor Estimado del Máximo Subsidio)									
Tipo de Cambio	3.00	(soles por USD)									
VAN Privado del Proyecto en USD	-S/. \$9,209,361	(Valor Estimado del Máximo Subsidio en USD)									

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.45: Costo de Inversión en Infraestructura

COMPONENTE	Inversión en US\$	Inversión en S/.	Inversión en S/ sin IGV	Periodo Depreciación	Depreciación Año 5	Valor Residual
ADECUACIONES	\$ 40,000	S/. 120,000	S/. 100,840	0.00	S/. 0	S/. 0
RED DE TRANSPORTE	\$ 6,633,638	S/. 19,900,913	S/. 16,723,456	30.00	S/. 0	S/. 11,148,971
RED DE ACCESO	\$ 257,529	S/. 772,587	S/. 649,233	30.00	S/. 0	S/. 432,822
CCPP 1er, 2do y 3er SALTO	\$ 1,139,336	S/. 3,418,007	S/. 2,872,275	30.00	S/. 0	S/. 1,914,850
ESTUDIOS DE CAMPO	\$ 46,368	S/. 139,104	S/. 116,894	0.00	S/. 0	S/. 0
DATA CENTER	\$ 80,000	S/. 240,000	S/. 201,681	0.00	S/. 0	S/. 0
SERVIDORES DE CONTENIDO,SEGURIDAD,VIDEO WEB	\$ 37,050	S/. 111,150	S/. 93,403	10.00	S/. 0	S/. 0
OTROS	\$ 61,000	S/. 183,000	S/. 153,782	0.00	S/. 0	S/. 0
TOTAL	\$ 8,294,920	S/. 24,884,761	S/. 20,911,564		S/. 0	S/. 1,914,850

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.46: Costo de Inversión en Desarrollo de Capacidades, Evaluación y Supervisión

Capacitación	Cant	C.U.	Total Local.	Total Proyecto	Costo \$	Costo s./ sin IGV
Emprendedores	2	317	761	40331	13444	
Población	17	238	3083	163399	54466	
Sub Total Capacitación	19		3844	203730	67910	171201

Difusión	Cant	C.U.	Total x Local.	Total Proyecto	Costo \$	Costo s./ sin IGV
Radio	3	90	270	56970	18990	
Signalética	2	60	120	6360	2120	
Perifoneo	2	60	120	12720	4240	
Inauguración	1	90	90	1530	510	
Sub Total Difusión	8	300	600	77580	25860	65193

Sensibilización	Cant	C.U.	Total x Local.	Total Proyecto	Costo \$	Costo s./ sin IGV
Charlas	2	90	180	9540	3180	
Demostraciones	2	60	120	6360	2120	
Servicio de Cortesía	3	60	180	9540	3180	
Sub Total Sensibilización	7	210	480	25440	8480	21378

Costo Total						257773
--------------------	--	--	--	--	--	---------------

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.47: Costos Operativos y de Mantenimiento

DESCRIPCIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Costos por tráfico de telefonía de abonados	S/. 69,417	S/. 152,353	S/. 226,991	S/. 277,839	S/. 307,819	S/. 324,232	S/. 332,884	S/. 337,358	S/. 339,649	S/. 340,816
Costos por instalación de telefonía de abonados	S/. 93,830	S/. 142,365	S/. 128,077	S/. 87,252	S/. 51,444	S/. 28,164	S/. 14,847	S/. 7,677	S/. 3,931	S/. 2,003
Costos por tráfico de telefonía pública	S/. 33,428	S/. 86,963	S/. 155,246	S/. 228,138	S/. 294,605	S/. 349,138	S/. 390,830	S/. 421,238	S/. 442,733	S/. 457,613
Instalación de nuevas líneas de Internet	S/. 0									
Alquiler de Enlace Satelital	S/. 0									
Enlaces de Interconexión	S/. 152,549	S/. 108,913	S/. 158,125	S/. 157,321	S/. 157,324	S/. 206,536	S/. 205,732	S/. 205,734	S/. 205,737	S/. 205,739
Mantenimiento correctivo y preventivo	S/. 1,027,002									
TOTAL	S/. 1,376,227	S/. 1,517,595	S/. 1,695,442	S/. 1,777,553	S/. 1,838,194	S/. 1,935,072	S/. 1,971,294	S/. 1,999,010	S/. 2,019,053	S/. 2,033,174

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.48: Gastos de Ventas y Administrativo

DESCRIPCIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Personal administrativo	S/. 315,383									
Gastos Administrativos Fijos	S/. 315,383									
Gastos generales	S/. 49,200									
Gastos generales en centros poblados	S/. 53,640									
Tasas y derechos especiales	S/. 8,028	S/. 15,177	S/. 21,852	S/. 27,093	S/. 30,818	S/. 33,353	S/. 35,045	S/. 36,163	S/. 36,899	S/. 37,382
Seguros	S/. 112,800									
Gastos Administrativos Variables	S/. 223,668	S/. 230,817	S/. 237,492	S/. 242,733	S/. 246,458	S/. 248,993	S/. 250,685	S/. 251,803	S/. 252,539	S/. 253,022

SUB TOTAL GTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 539,051	S/. 546,200	S/. 552,875	S/. 558,116	S/. 561,841	S/. 564,376	S/. 566,068	S/. 567,186	S/. 567,922	S/. 568,406
---------------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Personal de ventas	S/. 29,567									
Comisiones de ventas	S/. 950	S/. 1,750	S/. 1,570	S/. 1,070	S/. 630	S/. 350	S/. 180	S/. 90	S/. 50	S/. 20
SUB TOTAL GASTOS DE VENTAS	S/. 30,517	S/. 31,317	S/. 31,137	S/. 30,637	S/. 30,197	S/. 29,917	S/. 29,747	S/. 29,657	S/. 29,617	S/. 29,587

TOTAL GASTOS OPERATIVOS	S/. 569,568	S/. 577,517	S/. 584,012	S/. 588,753	S/. 592,038	S/. 594,293	S/. 595,815	S/. 596,844	S/. 597,540	S/. 597,993
--------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Fuente: Elaborado por el autor

3.3 Descripción de la Solución Tecnológica: Red VSAT

Este tipo de solución se viene implementando actualmente en diversos lugares del país, donde la geografía accidentada del territorio nacional y la distancia a la que se encuentra el centro poblado con relación a los centros donde existe servicios de telecomunicaciones es tal que, no es conveniente desde el punto de vista técnico-económico extender dichos servicios a estos lugares mediante enlaces terrestres. Para la realización del proyecto se ha considerado la instalación de estaciones VSAT en 149 localidades (ver Fig.3.15) para brindar servicio de Telefonía Pública, Telefonía Domiciliaria y Acceso Internet.

Para esta alternativa se ha seleccionado una topología “estrella”, pudiéndose emplear diversas tecnologías de comunicaciones, entre ellas se puede distinguir transmisiones desde el HUB (*Outbound*) con mutiplexación en el tiempo TDM y modulación QPSK y transmisiones desde los VSAT en el modo TDM/TDMA, en la banda Ku. Así mismo, la red de esta alternativa dispondrá de un servidor local de contenidos y dos servidores de video streaming, que contribuirán a mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona.

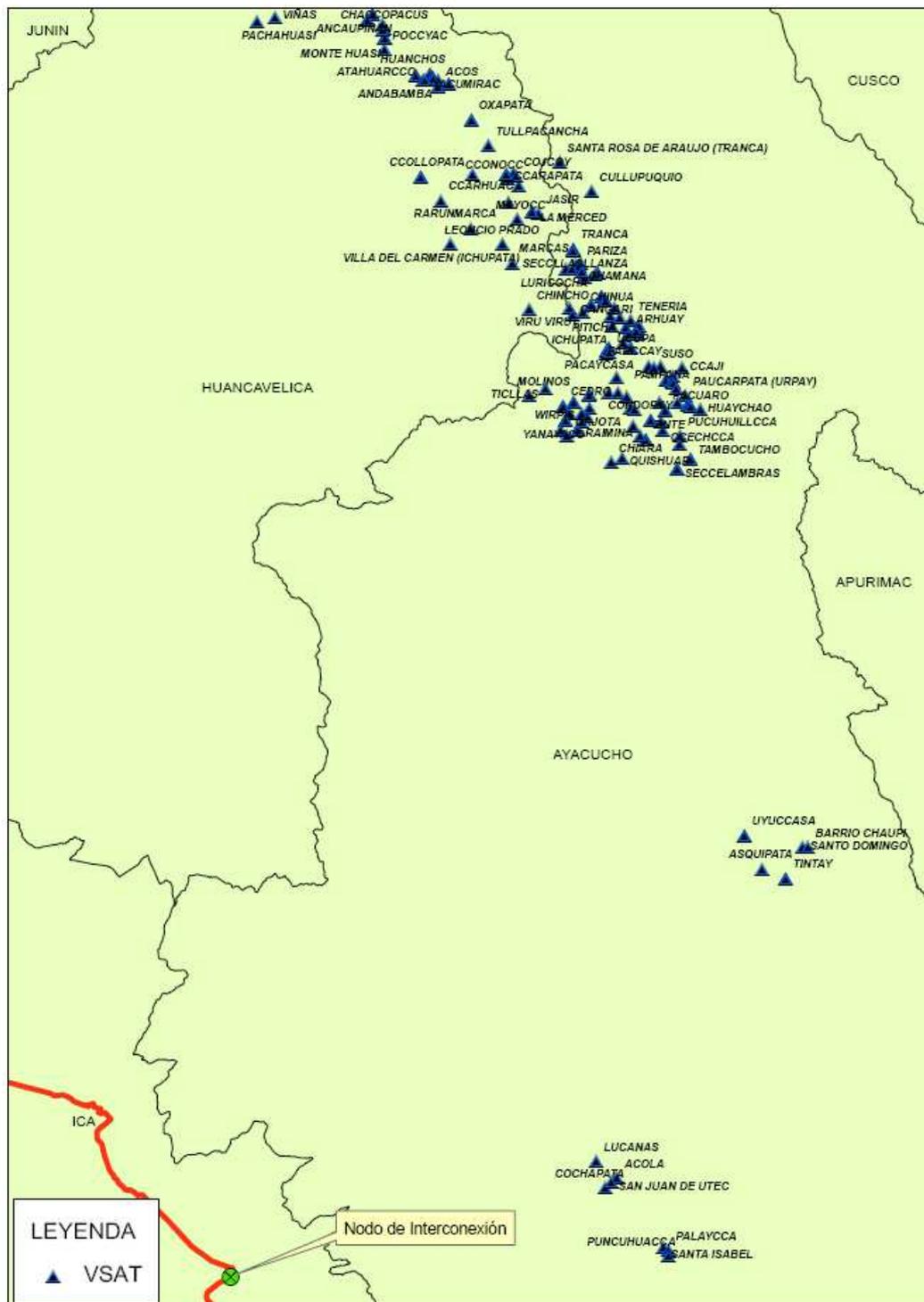


Figura N° 3.15: Ubicación de Estaciones VSAT

3.3.1 Topología de la Red

El sistema se implementará como una red de topología en estrella (ver Fig. 3.16). Esta topología es ideal para conectividad Internet, en donde un enlace único de Internet de alta velocidad puede ser compartido por una serie de remotos. El sistema consta de los siguientes elementos principales:

- NOC, el centro principal de procesamiento de la red, el cual suministra la conectividad entre los terminales remotos e Internet o las intranets.
- Terminal VSAT, una banda ancha remota que comunica con el NOC. La configuración de la terminal típicamente consiste en una pequeña antena de menos de un metro, con una unidad exterior conectada a una unidad interior, la cual a su vez conecta los computadores de los usuarios finales y el suministro de energía eléctrica local.
- Sistema de administración de red, un sistema de control y administración de red basado en gráficos que ofrece la capacidad de hacer seguimiento y controlar la red desde un sitio central.

a) Interconexión de la Red VSAT

La interconexión del sistema será por medio de un Gateway en IP. Por tanto el acceso al backbone será a través de los medios de acceso de la Red del Proyecto. Esta interconexión se realiza por medio de una fibra multimodo que

conecta el Data Center y el HUB satelital, a su vez el Data Center esta enlazado con Internet.

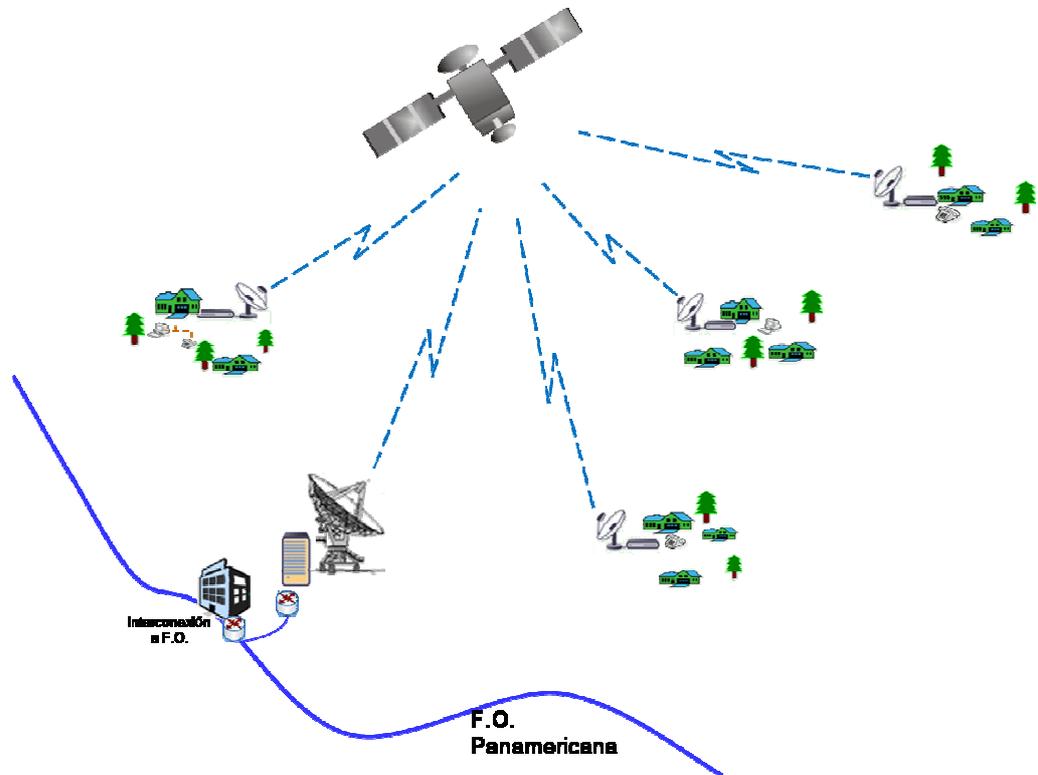


Figura Nº 3.16: Topología de la Red del Proyecto
Fuente: Elaborado por el autor

b) Descripción del Nodo principal

El nodo principal, denominado HUB, o estación central, está conformado por los siguientes subsistemas:

- **Subsistema: RF, Antena**

Se instalará una antena marca Vértex RSI modelo KPK, de 4.8 metros (para atender a una disponibilidad del 99.95%). Esta antena tiene un

excelente comportamiento para las aplicaciones de transmisión y recepción de señales satelitales a escala mundial. Su reflector de aluminio, está formado por paneles de doble contorno, que encajan con los radiales y el ensamblado del HUB para una instalación fácil sin requerirse un alineamiento en el campo. Su reflector acoplado con el pedestal tipo Kingpost proporciona la rigidez y la precisión de apuntamiento requeridos para operación en la banda Ku.

Asimismo, la antena esta diseñada para una cobertura del arco orbital completo y se puede adaptar para instalación en el piso o en un techo, emplea un pedestal tipo Kinapost de dos ejes (elevación sobre azimuth) para tener una posición precisa del eje RF de la antena. Las frecuencias de operación de la antena son las siguientes:

- Transmisión: 13.75 – 14.5 GHz
- Recepción: 10.95 – 12.75 GHz

La antena tiene un alimentador (feed) de 4 puertas que soportan señales polarizada linealmente. Cumple con la regulación 25.209 de la FCC. El material de la antena de aluminio con estructura de acero garantiza una sobrevivencia a una velocidad de viento de 150 Km/h. Es importante considerar que la antena estará expuesta a polvo, humedad y agentes

ambientales corrosivos comunes. Tiene un montaje por azimut / elevación. La libertad de movimiento es de 120° continuos. La temperatura de ruido de la antena es para 5 grados de elevación igual a 80 K, para 10 grados de elevación es 67 K, para 20 grados de elevación es 58 K y para 40 grados de elevación es 53 K. La discriminación por polarización cruzada es de 35dB. Soporta temperaturas ambientales en operación de -15° a +50° y de sobrevivencia de -30° a +60°C.

- **Subsistema Controlador de Antena**

Se implementará el controlador de antena marca VÉRTEX modelo 7133B para aplicaciones que requieren bajo costo y posicionamiento manual dependiente para antenas de apertura mediana. Este equipo provee un control de los tres ejes (AZ. EL y POL). En la antena se tiene unos dispositivos sin escobillas altamente confiables los cuales proporcionan los datos de la exacta posición de la antena a unos transductores digitales, que se encuentran en la unidad de control de antena (Antenna Control Unit ACU).

- **Amplificador de Potencia.**

Equipo: Ku-Band Compact Low Power Amplifier: Models VZU-6992EC and VZU-6992EB, este amplificador es compacto y ligero y emplea un helix de colector dual deprimido, el cual permite una operación continua y eficiente

en todo la banda de 13.75 a 14.5 GHz (EC) ó en el rango de 12.750 a 14.50 GHz (EB). También incorpora el uso de un sistema de control por micro procesador, lo cual simplifica la interface con las facilidades de control y monitorización remota y acelera el proceso de integración. Las características incluyen la atenuación por diodo PIN y corrección del factor de potencia (0.95 min.) lo cual le permite a la unidad cumplir con los requerimientos de distorsión armónica total de la norma EN60555-2 y proporciona un voltaje de entrada de 100 a 240 VAC. También la unidad está diseñada para cumplir con los requerimientos de las normas de seguridad EN60215 y de compatibilidad electromagnética 89/336/EEC.

- **Subsistema Downconverter y Upconverter**

Se considera en la propuesta equipos convertidores de bajada en Bando Ku marca VÉRTEX, de los modelos:

- Downconverter modelo DCB 10-004-1/2, el cual opera en el rango de 10.950 o 12.75GHZ
- Upconverter modelo UCB10-002-1/2, el cual opera en el rango de 14.0 a 14.5 GHz.

Estos equipos se presentan en configuración (1+1), para lo cual emplean el Switch dual 1:1 starswitch.

- **Switch**

Se ofrece un switch dual 1:1 marca Vértex, modelo Starswitch, el cual puede ser configurado para conmutar tanto la trayectoria de RF como la de 1F.

Se considera también en la propuesta combinadores (4:1) y divisores (1:4), con las siguientes características:

- Pérdida de inserción: 2 dB.
- Aislamiento de puerto a puerto: 30 dB.
- Cargas: 50 Ohms.
- Conector: BNC ó N.

- **LNA**

El LNA modelo LKE-12S65, el cual es parte de la serie 12000, es un amplificador de bajo ruido (LNA), que está diseñado especialmente para estaciones terrenas satelitales. Este dispositivo emplea transistores de efecto de campo de los tipos GaAS y HEMT (High Electrón Mobility Transistor), puede ser usado en aplicaciones fijas y transportables.

c) Sistema de administración, monitoreo, control y gestión de red (Network Management System - NMS)

Este sistema incorpora cuatro componentes principales de administración de red; un servidor independiente de administración de red, una interfaz de operador GUI, la base de datos "*back-end*". y el producto OpenView™ HP.

Estos componentes, que operan en conjunto, permiten al operador desarrollar operaciones de red (tales como hacer seguimiento al estado de la red y a las estadísticas), y actividades generales de administración de red (tales como configuración y control). Soporta particionamiento lógico de la red en dominios no traslapados que se llaman Dominios de Administración de Red (NMDs). El particionamiento se hace a nivel de dispositivo de red (VSAT o componente del HUB). Cuando existe una red instalada, un NMD - llamado el NMD por omisión - es suministrado en forma automática. Cada dispositivo pertenece a exactamente un NMD.

Cada operador sin privilegios puede ser asignado para administrar uno o más NMDs. Por ejemplo, un administrador con privilegios no restringidos podrá configurar, hacer seguimiento, y controlar el NMD A y el NMD B. Un operador sin privilegios podrá ser asignado para administrar solamente el NMD A, con privilegios restringidos para hacer seguimiento y control de

dispositivos dentro de dicho NMD. Un NMD dado podría ser asignado o más de un operador.

Esto permitirá a los operadores tener rangos sobrepuestos de control en caso de necesidad. Los operadores con privilegios implícitamente tienen acceso a todos los NMDs. Los operadores sin privilegios tienen asignados derechos específicos de acceso en relación con cada NMD bajo su control. Un operador podría tener cualquiera o una combinación de los siguientes derechos de acceso:

- **Seguimiento.** El operador tiene acceso de lectura solamente a la configuración, al estado, y a información estadística para los dispositivos en el NMD.

- **Control.** El operador puede expedir comandos de control para los dispositivos en el NMD.

- **Configuración.** El operador puede modificar las configuraciones de los dispositivos en el NMD. Invalidación de configuración, los operadores avanzados y el personal de soporte pueden invalidar las verificaciones de validación, suprimir parámetros definidos por el sistema, y añadir parámetros definidos por el usuario.

d) Estación Terminal VSAT

El terminal remoto DW 6000 es un terminal VSAT de banda ancha de dos vías. El diseño lleno de características del DW 6000 le permite ser utilizado para mercados de consumidor corporativos, para pequeñas empresas, para aplicaciones empresariales y gubernamentales. El DW 6000 ha sido enseñado para soportar cualquier tipo de computador personal o estación de trabajo (basado en Windows, Macintosh, Linux, o Unix), a través de su interfaz LAN Ethernet. El DW 6000 también soporta hosts IP no-PC, y "dispositivos" IP tales como la aplicación de voz. El DW 6000 está compuesto de los siguientes elementos de hardware:

- Antena

Es una antena elíptica de 74 centímetros, o de 89, 98 ó 120 ó de 180 cm en banda Ku. Para la red del Proyecto, el DW 6000 estará configurado con antenas de 98, 120 y 180 cm. El tamaño de la antena será determinado con los *link budgets* correspondientes. Las especificaciones de la antena a utilizar en el proyecto son:

- Banda de frecuencia: Ku
- Diámetro antena: 98,120, 180 cm.
- Tipo de Montaje: Azimuth/elevación con libertad de movimiento +/- 10 grados, cuenta con escala graduada.

- Envolvente: cuenta con la norma UIT-580-5
- Polarización: lineal
- Aislamiento: 30 dB mínimo
- Soporte: Mástil, tropicalizado, soporta al menos 120 km/h en operación.

- **Transceptor (ODU)**

Transmisor de 1 W, de alta eficiencia, en bando Ku. La unidad exterior es un radio saturado con control de potencia para permitir un rango de 9 decibeles.

- Potencia: 1 w para una disponibilidad del enlace de 99.5 % con lluvia
- Frecuencia: Banda Ku standard
- Pasos de sintonía: configurable
- Estabilidad de pot : 1.5dB
- Temperatura: -30° o 45° C
- Peso: Ligero
- Consumo: 5 A max ODU < 8-17 Vdc>

- **Unidad Interna (IDU)**

El DW 6000 requiere de un Interfacility Link (IFL), el cual consiste en un par de cables coaxiales que conectan el LNB (para recepción) y la ODU (para transmisión) con la IDU. Cada cable lleva la potencia, los datos y el control necesarios. Cuando el DW 6000 se utiliza con la interfaz USB, el PC conectado deberá cumplir con los siguientes requerimientos mínimos:

- Computador Pentium II de 333 MHz o mejor.
- Un puerto USB disponible.
- Sistemas operacionales: Windows 98 SE, Windows ME, Windows 2000/XP.
- 64 MB de RAM (Windows 98 SE y Windows ME).
- 126 MB de RAM (Windows XP).

e) Central Telefónica IP

La central telefónica IP estará ubicada en Lima, permitiendo la comunicación local LDN y LDI de todos los teléfonos públicos y de abonado considerados en el proyecto. Asimismo dispondrá de interfaz con señalización SS7 para permitir la interconexión con operadores de telefonía que disponen de puntos de interconexión ubicados en la ciudad de Lima. Dicha central depondrá de un servidor SIP, con manejo de protocolos H323, V.1 y V.2.

f) Servidores de Contenidos, Correo y Seguridad

El servidor de contenidos, permitirá que los pobladores beneficiados por el proyecto tengan acceso a alta velocidad, a servicios de información de diversa índole alojada localmente. El servidor indicado, será empleado en programas de desarrollo de diversos sectores del Estado, empleándose para alojar contenidos de educación, salud, turismo y otros que contribuyan al desarrollo socioeconómico de la zona beneficiada con el proyecto.

Así mismo se dispondrá de servidores de video streaming, los mismos que proveerán videos comprimidos a nivel local sobre temas educativos y de interés local relacionado con el desarrollo de la calidad de vida de los pobladores beneficiados con el proyecto.

Por otro lado se tendrá sistemas de seguridad para el acceso a las redes y el contenido alojado en los servidores del Proyecto.

g) Determinación de la Capacidad Satelital

Como se muestra en la Tabla 3.49, para la determinación de la capacidad satelital se ha considerado una modulación QPSK y codificación FEC 5/6 para el Outbound, y FEC. $\frac{3}{4}$ para el Inbound.

Tabla N° 3.49: Parámetros empleados para el cálculo del segmento satelital

Servicio	Satélite	Overhead	F. Roll Off	FEC	Modulación	Simultaneidad
DATOS	OUT BOUND	0.25	1.25	5/6	2	100%
	IN BOUND	0.15		3/4	2	100%
VOZ	OUT BOUND	0.25	1.25	5/6	2	100%
	IN BOUND	0.15		3/4	2	100%

Fuente: Elaborado por el autor

La simultaneidad de 100% se ha elegido en vista de tener las mismas condiciones de servicio del enlace SCPC considerado en una solución terrestre para la conexión a Internet. La capacidad agregada de todos los servicios obtenida en términos de ancho de banda satelital se muestra en la Tabla 3.50.

Tabla N° 3.50: Capacidad requerida para telefonía, Internet y servicios de Información

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ancho BTot.(Voz + Datos + Serv.)MHz	5.47	5.51	6.03	6.45	6.71	6.94	7.04	7.17	7.17	7.20
Aprox. MHz	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7

Fuente: Elaborado por el autor

h) Conexión a Internet

La conexión a Internet de la red del proyecto se realizaría desde el telepuerto (HUB) ubicado en Lima a la red del operador proveedor de acceso a Internet, empleándose para ello un enlace de datos a través de un portador local.

Tabla Nº 3.51: Capacidad requerida para conexión desde el HUB a Internet

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vtx Mbps	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925

Fuente: Elaborado por el autor

i) Capacidad Requerida para Internet

Para la determinación de la capacidad requerida se ha considerado un ancho de banda por acceso a Internet de 600Kbps con un overbooking máximo de 10:1, de acuerdo a ello:

Tabla Nº 3.52: Capacidad requerida para el servicio de Internet

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Internet 600Kbps Entidad 1	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Internet 600Kbps Entidad 2	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Total de accesos Internet	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Vtx subida Mbps	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925
BW Inbound MHz	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
BW Outbound MHz	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06
BW Total Internet MHz	4.95									

Fuente: Elaborado por el autor

j) Capacidad Requerida para Telefonía

Para el servicio de telefonía de abonado y público se requerirá el empleo del segmento satelital, cuyo detalle de empleo durante la vida del proyecto se muestra en la Tabla 3.53.

Tabla N° 3.53: Capacidad Requerida para el Servicio de Telefonía

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Meses	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
TUPs - Minutos diario	391	935	1668	2452	3166	3752	4200	4527	4758	4918
Minutos TUP diario	3.7	8.9	15.9	23.3	30.2	35.7	40.0	43.1	45.3	46.8
Circuitos de voz TUP 1%	6	11	16	21	26	30	32	35	35	36
ABONADOS - Minutos diario	992	2177	3244	3971	4399	4634	4757	4821	4854	4871
Tasa de crecimiento		120%	49%	22%	11%	5%	3%	1%	1%	0%
Circuitos Abonado 5%	10	6	17	25	28	31	32	33	33	33
Circuitos de voz TUP + abonado	16	17	33	46	54	61	64	68	68	69
BW Inbound MHz (Voz)	0.26	0.28	0.54	0.76	0.89	1.00	1.05	1.12	1.12	1.14
BWOutbound MHz (Voz)	0.26	0.27	0.53	0.74	0.87	0.98	1.03	1.10	1.10	1.11
Total BW satelital de Voz (MHz)	0.52	0.55	1.08	1.50	1.76	1.99	2.09	2.22	2.22	2.25

Fuente: Elaborado por el autor

3.3.2 Costos del Proyecto- Alternativa 2

a) Costos de Inversión- Alternativa 2

La inversión del proyecto para la segunda alternativa está dividida en la inversión en infraestructura (CAPEX) e inversión en desarrollo de capacidades, difusión y sensibilización, se considera un horizonte temporal de 10 años.

El costo de inversión total de la alternativa 2 para el año 0 es de S/. 8, 797,179 y al año 5 se realiza una reinversión de S/. 102,227, el detalle se muestra en la Tabla 3.54.

b) Monto de subsidio del proyecto- Alternativa 2

Como se aprecia en la Tabla 3.55, el subsidio del proyecto (VAN privado) es de S/. 13,489,865 , que equivale a la pérdida económica en que incurre el operador privado si decide por cuenta propia ejecutar el proyecto, siendo este el máximo subsidio a entregar al operador privado para que ejecute el proyecto.

c) Costo de Inversión en Infraestructura (CAPEX) - Alternativa 2

El componente de Infraestructura está estructurado, según como se muestra en la Tabla 3.56. El monto total de inversión en CAPEX es de S/. 9, 399,424.

d) Inversión en Desarrollo de Capacidades, Difusión y Sensibilización- Alternativa 2

El monto de inversión en desarrollo de capacidades, difusión y sensibilización del presente proyecto asciende a S/ 257,773 nuevos soles, se explica el detalle de cada uno en la Tabla 3.57.

e) Costos y gastos de Operación y Mantenimiento - Alternativa 2

En las Tablas 3.58 y 3.59 se detallan los costos operativos y de mantenimiento así como los gastos de ventas y administrativos que se incurrirá anualmente con motivo de la operatividad del proyecto. El detalle se muestra en el Anexo 2.

Tabla Nº 3.54: Inversión del Proyecto – Alternativa 2

DESCRIPCIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Inversiones en CAPEX	S/. 9,399,424										
Inversiones en desarrollo de capacidades	S/. 257,773										
Reinversión al quinto año						S/. 94,412					S/. 0
TOTAL	S/. 9,657,197	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 94,412	S/. 0				

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.55: Costos de Inversión Total del Proyecto – Alternativa 2

DESCRIPCIÓN	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Flujo de Caja Operativo	-S/. 1,834,867	-S/. 1,241,295	-S/. 1,043,638	-S/. 696,975	-S/. 341,565	-S/. 159,663	-S/. 16,861	S/. 99,059	S/. 178,110	S/. 228,805	S/. 261,406
Flujo de Caja de Inversiones (2009 - 2019)	-S/. 9,657,197	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	-S/. 94,412	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0	S/. 0
Recuperación de Capital de Trabajo											S/. 1,770,950
Inversión de Renovación (año 2019)											S/. 0
Valor Liquidación Activos – liquidado a valor contable											S/. 0
Valor Presente Perpetuidad FC Operativo											S/. 0
Valor Presente Perpetuidad de las Inversiones											S/. 0

FLUJO DE CAJA LIBRE	-S/. 11,492,064	-S/. 1,241,295	-S/. 1,043,638	-S/. 696,975	-S/. 341,565	-S/. 254,074	-S/. 16,861	S/. 99,059	S/. 178,110	S/. 228,805	S/. 2,032,356
----------------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	--------------------	-------------------	--------------------	--------------------	----------------------

Tasa de Descuento Sector Privado	15.84%	efectivo anual
Tasa Interna de Retorno	-	efectivo anual
VAN Privado del Proyecto	-S/. 13,489,865	(Valor Estimado del Máximo Subsidio)
Tipo de Cambio	3.00	(soles por USD)
VAN Privado del Proyecto en USD	-\$4,496,622	(Valor Estimado del Máximo Subsidio en USD)

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla N° 3.56: Costo de Inversión en Infraestructura– Alternativa 2

COMPONENTE	Inversión en US\$	Inversión en S/.	Inversión en S/. sin IGV	Periodo Depreciación	Depreciación Año 5	Valor Residual
ADECUACIONES	\$40,000	\$120,000	S/. 100,840	0	S/. 0	S/. 0
HUB	\$2,000,000	\$6,000,000	S/. 5,042,017	10	S/. 0	S/. 0
VSAT	\$558,750	\$1,676,250	S/. 1,408,613	10	S/. 0	S/. 0
SISTEMA DE ENERGÍA	\$70,127	\$210,381	S/. 176,791	10	S/. 0	S/. 0
SISTEMA DE PROTECCIÓN	\$171,350	\$514,050	S/. 431,975	10	S/. 0	S/. 0
TRANSPORTE	\$42,838	\$128,513	S/. 107,994		S/. 0	S/. 0
INSTALACIÓN DE ESTACIONES	\$151,980	\$455,940	S/. 383,143		S/. 0	S/. 0
EQUIPOS DE COMUNICACIÓN LOCAL	\$126,712	\$380,135	S/. 319,441	10	S/. 0	S/. 0
CONMUTACION	\$245,320	\$735,960	S/. 618,454	10	S/. 0	S/. 0
ESTUDIOS DE CAMPO	\$42,912	\$128,736	S/. 108,182	0	S/. 0	S/. 0
DATA CENTER	\$80,000	\$240,000	S/. 201,681	0	S/. 0	S/. 0
SERVIDORES DE CONTENIDO, SEGURIDAD, VIDEO	\$37,450	\$112,350	S/. 94,412	5	S/. 94,412	S/. 0
SEGUROS	\$100,000	\$300,000	S/. 252,101	0	S/. 0	S/. 0
OTROS	\$61,000	\$183,000	S/. 153,782		S/. 0	S/. 0
TOTAL	S/. 3,728,438	S/. 11,185,315	S/. 9,399,424		S/. 94,412	S/. 0

Tabla N° 3.57: Costo de Inversión en Desarrollo de Capacidades, Evaluación y Supervisión

Capacitación	Cant	C.U.	Total Local.	Total Proyecto	Costo \$	Costo s./ sin IG
Emprendedores	2	317	761	40331	13444	
Población	17	238	3083	163399	54466	
Sub Total Capacitación	19		3844	203730	67910	171201

Difusión	Cant	C.U.	Total x Local.	Total Proyecto	Costo \$	Costo s./ sin IG
Radio	3	90	270	56970	18990	
Signalética	2	60	120	6360	2120	
Perifoneo	2	60	120	12720	4240	
Inauguración	1	90	90	1530	510	
Sub Total Difusión	8	300	600	77580	25860	65193

Sensibilización	Cant	C.U.	Total x Local.	Total Proyecto	Costo \$	Costo s./ sin IG
Charlas	2	90	180	9540	3180	
Demostraciones	2	60	120	6360	2120	
Servicio de Cortesía	3	60	180	9540	3180	
Sub Total Sensibilización	7	210	480	25440	8480	21378

Costo Total						257773
--------------------	--	--	--	--	--	---------------

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.58: Costos Operativos y de Mantenimiento– Alternativa 2

DESCRIPCIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Costos por tráfico de telefonía de abonados	S/. 69,417	S/. 152,353	S/. 226,991	S/. 277,839	S/. 307,819	S/. 324,232	S/. 332,884	S/. 337,358	S/. 339,649	S/. 340,816
Costos por instalación de telefonía de abonados	S/. 93,830	S/. 142,365	S/. 128,077	S/. 87,252	S/. 51,444	S/. 28,164	S/. 14,847	S/. 7,677	S/. 3,931	S/. 2,003
Costos por tráfico de telefonía pública	S/. 33,428	S/. 86,963	S/. 155,246	S/. 228,138	S/. 294,605	S/. 349,138	S/. 390,830	S/. 421,238	S/. 442,733	S/. 457,613
Instalación de nuevas líneas de Internet	S/. 0									
Alquiler de Enlace Satelital	S/. 500,448	S/. 526,392	S/. 575,604	S/. 574,800	S/. 644,382	S/. 693,595	S/. 692,791	S/. 692,793	S/. 692,796	S/. 692,798
Enlaces de Interconexión	S/. 0									
Mantenimiento correctivo y preventivo	S/. 414,669									
TOTAL	S/. 1,111,793	S/. 1,322,741	S/. 1,500,588	S/. 1,582,698	S/. 1,712,920	S/. 1,809,798	S/. 1,846,020	S/. 1,873,736	S/. 1,893,778	S/. 1,907,900

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla Nº 3.59: Gastos de Ventas y Administrativo– Alternativa 2

DESCRIPCIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Personal administrativo	S/. 315,383									
Gastos Administrativos Fijos	S/. 315,383									
Gastos generales	S/. 49,200									
Gastos generales en centros poblados	S/. 53,640									
Tasas y derechos especiales	S/. 8,028	S/. 15,177	S/. 21,852	S/. 27,093	S/. 30,818	S/. 33,353	S/. 35,045	S/. 36,163	S/. 36,899	S/. 37,382
Seguros	S/. 112,800									
Gastos Administrativos Variables	S/. 223,668	S/. 230,817	S/. 237,492	S/. 242,733	S/. 246,458	S/. 248,993	S/. 250,685	S/. 251,803	S/. 252,539	S/. 253,022

SUB TOTAL GTOS ADMINISTRATIVOS	S/. 539,051	S/. 546,200	S/. 552,875	S/. 558,116	S/. 561,841	S/. 564,376	S/. 566,068	S/. 567,186	S/. 567,922	S/. 568,406
---------------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Personal de ventas	S/. 29,567									
Comisiones de ventas	S/. 950	S/. 1,750	S/. 1,570	S/. 1,070	S/. 630	S/. 350	S/. 180	S/. 90	S/. 50	S/. 20
SUB TOTAL GASTOS DE VENTAS	S/. 30,517	S/. 31,317	S/. 31,137	S/. 30,637	S/. 30,197	S/. 29,917	S/. 29,747	S/. 29,657	S/. 29,617	S/. 29,587

TOTAL GASTOS OPERATIVOS	S/. 569,568	S/. 577,517	S/. 584,012	S/. 588,753	S/. 592,038	S/. 594,293	S/. 595,815	S/. 596,844	S/. 597,540	S/. 597,993
--------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Fuente: Elaborado por el autor

3.4 Resultados del Estudio y Análisis Comparativo de las Soluciones Propuestas en el Proyecto

Para el logro de todo lo expuesto anteriormente se ha considerado dos alternativas técnicamente factibles:

CRITERIO DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	MEJOR OPCION
Implementación Tecnológica	Implementación de servicios de telecomunicaciones a 149 centros poblados, mediante una solución técnica del uso de fibra óptica implementada a través de los cables de alta tensión de empresas eléctricas, a partir de la cual se implementará una red inalámbrica que permitirá brindar cobertura de servicios de telecomunicaciones. Esta alternativa ofrecerá programas de capacitación en el uso y manejo de las telecomunicaciones, capacitación a emprendedores y una campaña de difusión y sensibilización.	Implementación de servicios de telecomunicaciones a 149 centros poblados, a través de una red VSAT. Asimismo, se brindará programas de capacitación en el uso y manejo de las telecomunicaciones, capacitación a emprendedores y una campaña de difusión y sensibilización.	Ambas alternativas presentan soluciones tecnológicas aceptables, que podrían ser implementadas sin ninguna objeción pero que dependerá su elección del análisis de los demás criterios de comparación. Así mismo se observa que ambas alternativas brindaran beneficios sociales capacitando a la población en temas tecnológicos elevando de este modo su nivel cultural.
Aspecto Tecnológico	La Fibra Óptica tiene como ventajas indiscutibles, la alta velocidad, así como sus inmunidades al ruido e interferencia, reducidas	Las redes VSAT, por su naturaleza, proveen facilidades para reconfiguración y crecimiento (adición y remoción de estaciones),	Se observa que la alternativa 1 que hace uso de Fibra Óptica es mas robusta y se está haciendo flexible a la demanda frente a la Alternativa 2.

	<p>dimensiones y peso, y sobre todo su compatibilidad con la tecnología digital. Actualmente se han modernizado mucho las características de la Fibra Óptica, en cuanto a coberturas más resistentes, mayor protección contra la humedad y un empaquetado de alta densidad, lo que constituye un adelanto significativo en el uso de la Fibra Óptica, que permite poder ser utilizado en diferentes geografías.</p>	<p>resultado de su fácil desplazamiento e instalación. Un enlace de radiofrecuencia en una red VSAT está sujeto a la interferencia como resultado del reducido tamaño de las antenas en las estaciones terrenas. El tiempo de propagación entre estaciones terrenas dentro de una red en estrella, impone un doble salto, lo cual implica un retardo de medio segundo en la transferencia de información</p>	<p>Si bien es cierto, una red VSAT es fácil de implementar e instalar, pero la calidad del servicio no es buena ya que añade retardos e interferencias degradando la señal.</p>
<p>Aspecto Económico</p>	<p>El monto de inversión de la alternativa 1 del presente proyecto asciende a S/. 21,169,337. El monto de subsidio propuesto para hacer sostenible el proyecto asciende a S/. 27,628,084, con un costo por localidad de de S/. 185,423.</p>	<p>El monto de inversión de la alternativa 2 del presente proyecto asciende a S/. 9,657,197. El monto de subsidio propuesto para hacer sostenible el proyecto asciende a S/. 13,489,865, con un costo por localidad de de S/. 90,536.</p>	<p>Desde el aspecto económico, se puede observar que la Alternativa 2 es mas factible que la 1, debido a que los montos de inversión en que se incurrirá será muchísimo menor. El subsidio propuesto en la alternativa 1 es casi el doble de la 2, siendo un gran desembolso de dinero que tendría que donar la institución beneficiaria.</p>
<p>Aspecto Legal</p>	<p>Por ser proyectos de telecomunicaciones enfocados a zonas rurales, el Estado peruano exceptúa de pagos, reducción de impuestos y reglamentos, que tendría que realizar normalmente una empresa de este rubro.</p>		

3.4.1 Selección de la Alternativa mas Apropiaada para la Implementación del Proyecto de Telecomunicación Rural

De lo expuesto anteriormente y considerando que el proyecto será subsidiado por el FITELE, se elige la Alternativa 1: **Solución Tecnológica: Fibra Óptica – Radio Enlaces Terrestre.**

- Resultados de la Propuesta Tecnológica:

Esta decisión de escoger a la Alternativa 1 como las mas adecuada, forma parte de la Formulación del Proyecto COBERTURA UNIVERSAL SUR del FITELE, que actualmente se encuentra en la etapa de formulación y evaluación, (tal como se muestra en las figuras 3.17 y 3.18, con lo cual el presente trabajo ha contribuido para sugerir al Estado peruano la solución mas apropiada sustentada en aspectos técnicos, económicos y legales.

PROYECTOS EN FORMULACIÓN

PROYECTO: "COBERTURA UNIVERSAL SUR"

Resumen Ejecutivo	Secretaría técnica del FITEL - MTC	Fecha: 31.08.2009						
<p>SITUACIÓN ACTUAL: El proyecto está en etapa de formulación y evaluación; se cuenta con la topología de la red, análisis del cable de la fibra óptica a emplearse en el proyecto, adicionalmente se ha realizado un estudio de demanda, cual permitirá cuantificar los beneficios sociales y económicos del proyecto, asimismo se realizaron estudios técnicos que proporcionan información sobre el CAPEX del proyecto.</p> <p>AVANCE MENSUAL: Se calculó el costo del CAPEX del proyecto.</p>								
<p>1. ANTECEDENTES</p> <p>En noviembre de 2006, el Banco Mundial presentó los resultados del Estudio de Programas de Acceso Universal en países que conforman el REGULATEL, en el mismo se recomienda la incorporación de un nuevo objetivo de "Cobertura Universal", entendido únicamente como el acceso comunitario a los servicios básicos de telecomunicaciones en áreas rurales, sino, de manera más amplia, como la disponibilidad de banda ancha para acceder a servicios de telecomunicaciones modernos como Internet, incluso a nivel individual.</p>								
<p>2. OBJETIVO</p> <p>El objetivo del proyecto es incrementar el acceso a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha en localidades de los departamentos de Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Huancavelica, Cusco, Moquegua, Puno y Tacna.</p>								
<p>3. COBERTURA</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Número de localidades beneficiarias:</td> <td style="width: 50%;">Directamente 1,408 localidades, indirectamente 7,118 localidades</td> </tr> <tr> <td>Población beneficiada:</td> <td>Directamente 604,281 habitantes, indirectamente 2,167, habitantes</td> </tr> <tr> <td>Las localidades por tipo de servicio son:</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Acceso a Telefonía Pública, 1322 localidades - Acceso a Telefonía de Asonados, 534 localidades - Acceso a Internet de banda ancha, 563 localidades </td> </tr> </table>			Número de localidades beneficiarias:	Directamente 1,408 localidades, indirectamente 7,118 localidades	Población beneficiada:	Directamente 604,281 habitantes, indirectamente 2,167, habitantes	Las localidades por tipo de servicio son:	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a Telefonía Pública, 1322 localidades - Acceso a Telefonía de Asonados, 534 localidades - Acceso a Internet de banda ancha, 563 localidades
Número de localidades beneficiarias:	Directamente 1,408 localidades, indirectamente 7,118 localidades							
Población beneficiada:	Directamente 604,281 habitantes, indirectamente 2,167, habitantes							
Las localidades por tipo de servicio son:	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a Telefonía Pública, 1322 localidades - Acceso a Telefonía de Asonados, 534 localidades - Acceso a Internet de banda ancha, 563 localidades 							
<p>4. TECNOLOGÍA</p> <p style="border: 2px solid red; padding: 2px;">La tecnología usada será mediante una solución técnica mixta Fibra Óptica - Inalámbrica, a través de la cual proporcionarán servicios de banda ancha.</p>								
<p>5. CONVENIO A SUSCRIBIR A la fecha no aplica</p>								
<p>6. FINANCIAMIENTO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">- El monto del CAPEX calculado para el proyecto es:</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">S/. 110,439,212</td> </tr> <tr> <td>- El monto de subsidio aún está por determinarse.</td> <td style="text-align: right;">En estudio</td> </tr> </table>			- El monto del CAPEX calculado para el proyecto es:	S/. 110,439,212	- El monto de subsidio aún está por determinarse.	En estudio		
- El monto del CAPEX calculado para el proyecto es:	S/. 110,439,212							
- El monto de subsidio aún está por determinarse.	En estudio							
<p>7. PLAZO DEL CONTRATO DE FINANCIAMIENTO El plazo del Contrato de Financiamiento sería de 60 meses, constituidos de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Período de instalaciones: 12 meses. o Período de operación: 48 meses. 								



Figura N° 3.17: Avance del proyecto Cobertura Universal Sur al 31 de Agosto de 2009.
Fuente: FITEL - MTC

PROYECTOS EN FORMULACIÓN

PROYECTO: "COBERTURA UNIVERSAL SUR"

Resumen Ejecutivo	Secretaría técnica del FITEL – MTC	Fecha 22.02.2010						
<p>SITUACIÓN ACTUAL: El proyecto está en etapa de formulación y evaluación, se cuenta con la topología de la red, el análisis del cable de la fibra óptica a emplearse en el proyecto, adicionalmente se ha realizado un estudio de demanda, el cual permitirá cuantificar los beneficios sociales y económicos del proyecto, asimismo se realizaron estudios técnicos que proporcionan información sobre el CAPEX del proyecto, actualmente se viene evaluando alternativas para la red de transporte considerada inicialmente, debido a que la empresa eléctrica REDESUR no podrá proporcionar su infraestructura para soportar la fibra óptica del proyecto.</p> <p>AVANCE MENSUAL: Se está evaluando alternativas de transporte para el cable de fibra óptica, entre Moquegua y Puno, debido a que en el proyecto no se podrá emplear la infraestructura de la empresa REDESUR.</p> <p>Estos cambios se vienen incorporando en el modelo económico financiero para medir la rentabilidad social y privada, paso previo para formular el estudio de preinversión a nivel de perfil.</p>								
<p>1. ANTECEDENTES</p> <p>En noviembre de 2006, el Banco Mundial presentó los resultados del Estudio de Programas de Acceso Universal en los países que conforman el REGULATEL, en el mismo se recomienda la incorporación de un nuevo objetivo de "Cobertura Universal", entendido únicamente como el acceso comunitario a los servicios básicos de telecomunicaciones en áreas rurales, sino, de manera más amplia, como la disponibilidad de banda ancha para acceder a servicios de telecomunicaciones modernos como Internet, incluso a nivel individual.</p>								
<p>2. OBJETO</p> <p>El objetivo del proyecto es incrementar el acceso a los servicios de telecomunicaciones de banda ancha en localidades de los departamentos de Ayacucho, Apurímac, Arequipa, Huancavelica, Cusco, Moquegua, Puno y Tacna.</p>								
<p>3. COBERTURA</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Número de localidades beneficiarias:</td> <td>Directamente 1,408 localidades, indirectamente 7,118 localidades</td> </tr> <tr> <td>Población beneficiada:</td> <td>Directamente 604,281 habitantes, indirectamente 2,167,059 habitantes</td> </tr> <tr> <td>Las localidades por tipo de servicio son:</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Acceso a Telefonía Pública, 1322 localidades - Acceso a Telefonía de Abonados, 534 localidades - Acceso a Internet de banda ancha, 563 localidades </td> </tr> </table>			Número de localidades beneficiarias:	Directamente 1,408 localidades, indirectamente 7,118 localidades	Población beneficiada:	Directamente 604,281 habitantes, indirectamente 2,167,059 habitantes	Las localidades por tipo de servicio son:	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a Telefonía Pública, 1322 localidades - Acceso a Telefonía de Abonados, 534 localidades - Acceso a Internet de banda ancha, 563 localidades
Número de localidades beneficiarias:	Directamente 1,408 localidades, indirectamente 7,118 localidades							
Población beneficiada:	Directamente 604,281 habitantes, indirectamente 2,167,059 habitantes							
Las localidades por tipo de servicio son:	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a Telefonía Pública, 1322 localidades - Acceso a Telefonía de Abonados, 534 localidades - Acceso a Internet de banda ancha, 563 localidades 							
<p>4. TECNOLOGÍA</p> <p style="border: 2px solid red; padding: 2px;">La tecnología usada será mediante una solución técnica mixta Fibra Óptica - Inalámbrica, a través de la cual se proporcionarán servicios de banda ancha.</p>								
<p>5. CONVENIO A SUSCRIBIR A la fecha no aplica</p>								
<p>6. FINANCIAMIENTO</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>- El monto del CAPEX calculado para el proyecto es:</td> <td style="text-align: right;">S/ 110,439,212</td> </tr> <tr> <td>- El monto de subsidio aún está por determinarse.</td> <td style="text-align: center;">En estudio</td> </tr> </table>			- El monto del CAPEX calculado para el proyecto es:	S/ 110,439,212	- El monto de subsidio aún está por determinarse.	En estudio		
- El monto del CAPEX calculado para el proyecto es:	S/ 110,439,212							
- El monto de subsidio aún está por determinarse.	En estudio							
<p>7. PLAZO DEL CONTRATO DE FINANCIAMIENTO El plazo del Contrato de Financiamiento sería de 60 meses, constituidos de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Período de instalaciones: 12 meses. o Período de operación: 48 meses. 								

**Figura N° 3.18: Avance del proyecto Cobertura Universal Sur al 22 de Febrero de 2010.
Fuente: FITEL - MTC**

CAPÍTULO IV

DISCUSION Y APLICACIONES

4.1 Discusión

En este capítulo se discute sobre las alternativas tecnológicas propuestas para la implementación de servicios de telecomunicaciones en áreas rurales, al examinar los resultados obtenidos de los análisis realizados en cada una de ellas expuestas en el capítulo anterior.

Para la determinación de la mejor alternativa se debe tener en cuenta el criterio de evaluación mas importante. Como se observa en los resultados, existen 2 aspectos que determinan la elección y son el tecnológico y económico. En el aspecto tecnológico se evalúa la calidad de servicio así como aquella tecnología que nos permita en un futuro el

abastecimiento en grandes capacidades de los servicios de telecomunicaciones, brindando así una buena calidad hacia el usuario y sobre todo que en los años posteriores no traiga problemas de insuficiencia y limitaciones de ancho de banda.

De las dos alternativas expuestas, la que brindaría un mejor servicio sería la alternativa 1, pero en cuanto al aspecto económico, no es factible debido a su alto coste. La alternativa 2, es factible en situaciones futuras donde no se necesite adquirir un ancho de banda superior, pues este cambio, produciría que el costo operativo para brindar el servicio sea significativamente superior a los ingresos generados por el mismo con lo cual se produciría una pérdida operativa a lo largo del período de evaluación del proyecto.

La presente tesis ha sido enfocada para su implementación con subsidios de fondos del Estado, siendo de gran importancia el aspecto tecnológico sobre el económico, de modo la alternativa 1 sería viable.

Este contraste sirve como una primera evaluación inicial sobre la aplicabilidad teórica de las alternativas que realiza el FTEL para

el desarrollo de sus proyectos de inversión, teniendo como objetivo sentar las bases para su posterior implementación.

Sin duda, sería aconsejable que también sirva como modelo base para una futura relación y compromiso de la universidad con las zonas rurales del país, de modo saber el manejo de una implementación de servicios de telecomunicaciones en alguna zona rural del país ó como poder presentar al FITEC un estudio de perfil para la implementación de algún proyecto que se tenga en mente.

El procedimiento empleado, ha sido ajustado a las condiciones más apropiadas para este caso particular teniendo como ejemplos proyectos anteriores que se encuentran en etapa de ejecución, así mismo es producto de una serie de reuniones con proveedores de productos (como Alcatel, Huawei, B&Z y Optical IP), quienes interesados en el proyecto daban opiniones acerca de que tecnologías les parecía viable implementar, de modo se tenga una clara percepción del tema para la toma de decisiones.

En el análisis, se ha considerado el sector de población usuaria de los servicios públicos ofrecidos en su conjunto dentro de las zonas rurales del país, implantando una red de comunicaciones, del que en un futuro no muy lejano se espera pueda conectarse con las demás redes de

comunicaciones que ya se encuentran en ejecución y con aquellas que recién se encuentran en los procesos de diseño, para formar una gran red nacional.

Implementar al país, con redes de transporte que soporten transmitir grandes cantidades de información, hace que se pueda estar preparado para aquellos futuros cambios tecnológicos que se den a nivel mundial.

4.2 Aplicaciones

Los servicios a ser provistos por el proyecto son servicios de banda ancha de alta calidad, que permitirá la provisión de servicios de valor agregado como video streaming, acceso a servicios de información, entre otros a nivel local que podrán ser empleados por los colegios e instituciones dedicadas a la capacitación y desarrollo de recursos humanos.

El servicio de telefonía permitirá dentro del esquema de tarifa plana, la provisión de comunicaciones dentro de la red del proyecto en forma ilimitada, lo que permitirá una mayor integración y la creación de sinergias.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se han considerado dos alternativas técnicamente factibles, las mismas que se citan a continuación.

- Alternativa 1: Implementación de servicios de telecomunicaciones, mediante una solución técnica del uso de fibra óptica implementada a través de los cables de alta tensión de empresas eléctricas, a partir de la cual se implementará una red inalámbrica que permitirá brindar cobertura de servicios de telecomunicaciones.

- Alternativa 2: Implementación de servicios de telecomunicaciones, a través de una red VSAT.

De las dos alternativas expuestas, se escogió la alternativa 1 para su futura implementación con el subsidio de fondos del Estado. Asimismo, se concluye que:

- Sin un estudio de campo previo a cualquier diseño, no se podrá diseñar una red de telecomunicaciones de manera eficiente.
- La parte esencial en el diseño de una red de telecomunicaciones, es el subsistema de red telecomunicaciones pues primero se elige la tecnología y el equipamiento del mismo y luego, se adecuan los demás subsistemas de acuerdo a sus requerimientos.
- Los subsistemas de energía y protección, son factores determinantes para el adecuado funcionamiento y mantenimiento de una red rural, debido a la alta precipitación fluvial y descargas atmosféricas propias en la zona.
- Los aspectos tecnológicos, económicos y regulatorios, tendrán analizarse de manera conjunta para la evaluación y diseño de un proyecto de inversión en telecomunicaciones rurales.

Este documento servirá como base para futuras investigaciones conforme se dé la expansión acelerada de la infraestructura de redes de telecomunicaciones de banda ancha y sus altas prestaciones, creando así una sobreoferta que reducirá las tarifas de acceso y masificará su uso.

La exposición de los proyectos constituyen modelos únicos de desarrollo en el medio, a través de las telecomunicaciones en el cual la participación de la empresa privada, el Estado y la comunidad harían posible la transformación socioeconómica de los centros poblados beneficiados hacia un nivel de calidad de vida mas elevado, que se traducirá en mejores indicadores de educación, salud y actividades socioeconómicas.

Si se sigue los criterios de diseño expuestos, se tendrá un adecuado funcionamiento y mantenimiento de una red rural, debido a que en dichas zonas lo obstaculiza el clima y la geografía.

La comparación de los indicadores económicos y financieros se ha efectuado en condiciones de certidumbre. Para un análisis más detallado, habría que recurrir a las técnicas de análisis de la sensibilidad, de análisis de los escenarios o de técnicas de simulación.

5.2 Recomendaciones

Realizado el proyecto se llegó a las conclusiones antes planteadas, y en base a las mismas se dan las siguientes recomendaciones.

- Realizar un estudio del terreno sobre el cual se monta una estación base, esto nos permitirá planificar los sistemas de protección adecuados teniendo en cuenta la zona geográfica del despliegue.

- Tener en cuenta diversa la normativa técnica y regulatoria brindada Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para la implementación de redes de telecomunicaciones en zonas rurales del país.

- Sensibilizar a la población con la ejecución de los proyectos, se ha visto casos en los cuales se tiene todo la artillería necesaria para su implementación pero por desconocimiento o mala información por parte de los pobladores no han podido ser ejecutados dichos proyectos lo que conlleva a una mala inversión.

- Consultar con proveedores de equipos de telecomunicaciones, de modo poder estar actualizado con las nuevas tecnologías que aparecen en el mercado así como las mejoras de aquellas que ya existen.

- Tener siempre en cuenta el lado económico, cuando el proyecto a implementarse entra a concurso de licitación, la empresa que gane deberá presentar aquella solución tecnológica que demande en menores costos de inversión, por tanto siempre ambos aspectos siempre irán de la mano para poder su efectividad.

GLOSARIO

AAA Authentication, Authorization and Accounting

ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line.

ANSI American National Standards Institute.

ATA Analog Telephone Adapter.

BSC Base Station Controller

BTS Base Transceiver System

CD Consejo Directivo.

CTM Consorcio Transmantaro

CENELEC Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CF Compact Flash.

EDFA Erbium Doped Fiber Amplifiers.

ERTIC Establecimientos Rurales de Tecnologías de la Información y la Comunicación.

ESE Electro Sur Este

ESM Electro Sur Medio

ETSI European Telecommunications Standards Institute.

ESM Electro Sur Medio

FCC Federal Communications Commission.

FEC Forward Error Correction.

FSK Frequency-shift keying.

FXO Foreign Exchange Office.

GaAS Arsenuro de Galio

GPS Global Positioning System.

GSM Global System for Mobile communications.

HEMT High Electron Mobility Transistors.

HF High Frecuency.

HLR Home Location Register

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers.

IP Internet Protocol.

ITU International Telecommunication Union.

IFL Interfacility Link

LAN Local Area Network.

LNB Low Noise Block

MMCX Micro-Miniature Coaxial

NAT Traducción de Dirección de Red.

PAT Puesta a tierra.

PBAX Private Branch Automatic Exchange

PIRE Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

PtMP Point to Multipoint

PtP Point to point

RTPC Red Telefónica Pública Conmutada.

SC-LC Simplex MultiMode/ SingleMode

SCPC Single channel per carrier

SCP Signal Control Point

SSP Serial SCSI Protocol

SR Simple Rate

SIP Session Initiation Protocol.

SOHO Small Office – Home Office

STB Set top Box

STP Signal Transfer Point

TRO Terminaciones d Red Óptica.

UDA Unidades de acoplamiento.

UR Unidad repetidora.

VLR Visitor Location Register

VoIP Voice Over IP, Voz sobre IP.

VSAT Very Small Aperture Terminals.

WACC Weighted Average Cost of Capital

WAN Wide Area Network.

WiFi Wireless Fidelity.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Evaluación Privada de Proyectos. Ed. Universidad del Pacífico. 4a ed. Beltrán, Arlette y Cueva, Hanny, 2006.
2. Sistemas de puesta a tierra para los sistemas de Telecomunicaciones, Guerrero M. José, Montiel O. Alejandro, Rodríguez Rogers, Viña V. Cruz, Universidad de Carabobo, 2006.
3. Inside telephony of the future. Network World Framingham , Vol. 22, Iss. 23, pag. 55, 58, 2006.
4. Broadband Satellite Systems, D. Bem, T. Wieckowski, R. Zielinsky, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Volumen 3 Número 1, Año 2000..
5. Guía de Tecnologías de Conectividad para Acceso en Áreas Rurales, Germán Pérez Benítez, Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT ,2007.
6. Ley de Telecomunicaciones (Texto Único Ordenado). Decreto Supremo N° 013-93-TCC – de 06 de Mayo de 1993.

7. Lineamientos de Políticas para promover un mayor acceso a los servicios de telecomunicaciones en áreas rurales y lugares de referente interés social". Decreto Supremo N° 049-2003-MTC - de 17 de agosto de 2003.
8. Lineamientos para Desarrollar y Consolidar la Competencia y la Expansión de los Servicios de Telecomunicaciones en el Perú. Decreto Supremo N° 003-2007-MTC - de 2 de febrero de 2007.
9. Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones. Decreto Supremo N° 06-94-TCC – de 11 de febrero de 1994.
10. Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones (Texto Único Ordenado). Decreto Supremo 027-2004-MTC, de 15 de julio 2004.
11. Reglamento de FITEC. Decreto Supremo N° 010-2007-MTC - de 1 de abril de 2007.
12. Ley N° 28.900 que otorga al Fondo de Inversión en Telecomunicaciones – FITEC, la calidad de Persona Jurídica de Derecho Público – de 4 de noviembre de 2006.
13. "Sistema de Tarifas del Servicio Rural". Resolución de OSIPTEL N° 022-99-CD/OSIPTEL - de 21 de septiembre de 1999.
14. <http://www.fitel.gob.pe>
15. <http://www.inictel.gob.pe>
16. <http://www.mtc.gob.pe>
17. <http://www.osiptel.gob.pe>
18. <http://censos.inei.gob.pe/Anexos/Libro.pdf>