

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
SISTEMAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**“DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA PARA LA MICRO-RED DE
CAPACHICA – PUNO”**

PRESENTADO POR:

JESÚS ROLANDO CAHUI PACOMPIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO PERÚ

2015

Universidad Nacional del Altiplano

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“DISEÑO DE UNA RED DE TELEMEDICINA PARA LA MICRO-RED DE
CAPACHICA – PUNO”

TESIS PRESENTADA POR:

JESÚS ROLANDO CAHUI PACOMPIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO
ELECTRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :

M. Sc. JOSÉ EMMANUEL CRUZ DE LA CRUZ

PRIMER MIEMBRO :

ING. FERDINAND EDGARDO PINEDA ANCCO

SEGUNDO MIEMBRO :

ING. EDDY TORRES MAMANI

DIRECTOR DE TESIS :

ING. MARGO ANTONIO RAMOS GONZALES

ASESOR DE TESIS :

ING. LUIS ENRIQUE BACA WIESSE

ASESOR DE TESIS :

ING. CHRISTIAN ROMERO GOYZUETA

PUNO PERU

2015

ÁREA: Telecomunicaciones

TEMA: Aplicaciones en telecomunicaciones

DEDICATORIA



A mi familia por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por haberme llenado de salud y fuerzas para lograr este objetivo que me he trazado.

Agradezco a mis padres, quienes han sido pilar fundamental para la formación de la persona de bien que ahora soy, por el incansable esfuerzo que han realizado siempre para brindarme una buena educación y por su infinito amor, comprensión y apoyo incondicional.

De manera especial agradezco al Ing. José Emmanuel Cruz de la Cruz y al Ing. Ferdinand Edgardo Pineda Ancco por su preocupación en la realización de esta tesis y por sus importantes consejos, ya que sin su guía la culminación del presente trabajo no hubiera sido posible.

Agradezco a la Escuela Profesional de Electrónica, al personal docente y administrativo que laboran en ella, quienes siempre estuvieron prestos a brindarme su ayuda, llenándome de conocimientos y gestos de amabilidad.

A mis compañeros y amigos, parte importante a lo largo de vida universitaria, con quienes compartí días de estudio, experiencias agradables y apoyo mutuo en todo momento.

ÍNDICE

RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO I:.....	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.1 Descripción del Problema	24
Justificación del problema.....	28
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
CAPITULO II:.....	31
MARCO TEÓRICO	32
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	32
2.1.1 Investigaciones Nacionales	32
2.1.2 Investigaciones Internacionales.....	35
2.2 Opciones Tecnológicas para la Red de Telemedicina.....	37
2.2.1 Elementos de redes de telecomunicación	38
2.2.2 Velocidad de transmisión de las redes	38
2.2.3 Clasificación según arquitectura y transporte de información.....	39
2.2.4 Clasificación según medio de transmisión	40
2.2.5 Redes de comunicación utilizados en telemedicina.....	42
2.2.5.1 Mediante líneas eléctricas	42
2.2.5.2 Mediante fibra óptica	44

2.2.5.3 Mediante radio enlaces IP	47
2.2.5.4 Basada en tecnología HF y VHF	48
2.2.6 Red de comunicación elegida para la red de telemedicina.....	51
2.2.6.1 Factores a tomar en cuenta para planificación de un radioenlace.....	52
2.2.6.2 Evaluación de radio enlace.....	54
2.2.7 Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en	60
Telecomunicaciones	60
2.2.7.1 Aprobación de Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones.....	61
2.3 Aspectos técnicos de los servicios de Telemedicina seleccionados	62
2.3.1 Tele-Dermatología	62
2.3.1.1 Componentes esenciales en Tele-dermatología	63
2.3.1.2 Aspectos técnicos.....	64
2.3.2. Tele-Cardiología	65
2.3.2.1. Aspectos técnicos.....	65
2.3.3. Tele-Radiología.....	66
2.3.3.1 Componentes del Sistema de Tele-Radiología	66
2.3.3.2 Aspectos técnicos.....	67
2.4 Glosario en términos básicos.....	67
CAPITULO III:.....	72
DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
3.1 Tipo de Investigación	73

3.1.1 Nivel de Investigación	73
3.1.2 Diseño de Investigación	74
3.2 Población	74
3.2.1 Población del distrito de Capachica	74
3.2.2 Población de la Isla Amantaní	76
3.2.3 Muestra de la Investigación	79
3.3 Técnicas e Instrumentos	80
3.4 Plan de Recolección de Datos	80
3.5 Plan de Procesamiento de Datos.....	81
3.5.1 Entrevistas	81
3.5.2 Resultados Obtenidos con respecto al Sistema de Telemedicina	84
Los resultados fueron obtenidos a partir de las encuestas a los representantes de cada establecimiento.	84
3.6 Prueba de Hipótesis.....	87
CAPITULO IV:	89
ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED DE TELEMEDICINA.....	90
4.1 Herramientas de Diseño	90
4.1.1 Modelo de propagación	90
4.1.2 Software de simulación.....	90
4.2 Aplicaciones y Servicios de la Red	91
4.2.1 Navegación en Internet y correo electrónico.....	92
4.2.2 Telefonía VoIP	92

4.2.3 Transferencia de datos	92
4.2.4 Videoconferencia	93
4.3 Determinación del ancho de banda.....	93
4.3.1 Ancho de banda para teléfonos VoIP	94
4.3.2 Ancho de banda para sistema de video conferencia IP	97
4.3.3 Ancho de banda para equipos de telemedicina	99
4.3.4 Ancho de banda para acceso a Internet	99
4.4 Diseño del Radio Enlace IP	102
4.4.1 Puntos de referencia.....	102
4.4.2 Simulación por Radio Mobile	103
4.4.2.1 Resultados de la Simulación	104
4.4.2.2 Cálculos de los Radio enlaces.....	106
4.4.3 Estructura general del proyecto	113
4.4.4 Alternativas para implementar Red IP	114
4.4.5 Equipamiento elegido para Red IP	114
4.4.6 Especificaciones técnicas para Red IP	120
4.4.7 Línea de vista y uso de repetidores	121
4.4.7.1 Diseño del subsistema de energía.....	122
4.4.7.3 Diseño del subsistema de infraestructura	127
4.4.8 Instalación de Red IP	128
4.4.9 Diseño Lógico de la Red IP	140
4.4.9.1 Configuración de cada sitio del radio enlace IP	141

4.5 Diseño de la red VoIP.....	144
4.5.1 Equipos de Red VoIP.....	144
4.5.2 Diagrama de la red VoIP.....	146
4.6 Diseño de la red de Videoconferencia IP	147
4.7 Red para dispositivos de telemedicina	149
4.8 Red LAN dentro de los establecimientos de Salud.....	151
4.8.1 Diseño lógico de las LAN del radio enlace IP	152
4.8.2 Equipos de telemedicina para la red.....	153
4.8.3 Equipos de LAN de los establecimientos de salud	156
CONCLUSIONES	159
RECOMENDACIONES	160
BIBLIOGRAFIA	161
ANEXOS	166

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Casos de Atención	25
FIGURA N° 2: Posibles Ventajas de la Telemedicina.....	28
FIGURA N° 3: Zona Fresnel	54
FIGURA N° 4: Equipo de videoconferencia usado en Tele-Dermatología	64
FIGURA N° 5: Equipo de radiología digital usado en Tele-Radiología	66
FIGURA N° 6: Ubicación del distrito de Capachica	76
FIGURA N° 7: Pobladores del distrito de Capachica.....	76
FIGURA N° 8: Ubicación de la Isla Amantani.....	78
FIGURA N° 9: Pobladores de la Isla Amantani.....	78
FIGURA N° 10: Respuestas a la pregunta 1.	84
FIGURA N° 11: Respuestas a la pregunta 2.	84
FIGURA N° 12: Respuestas a la pregunta 3.	85
FIGURA N° 13: Respuestas a la pregunta 4.	85
FIGURA N° 14: Respuestas a la pregunta 5.	86
FIGURA N° 15: Respuestas a la pregunta 6.	86
FIGURA N° 16: Respuestas a la pregunta 7.	86
FIGURA N° 17: Respuestas a la pregunta 8.	87
FIGURA N° 18: Respuestas a la pregunta 9.	87
FIGURA N° 19: Prueba de Hipótesis.....	88
FIGURA N° 20: calculadora de las líneas necesarias a partir de los erlang.....	95
FIGURA N° 21: Gráfica de cabeceras y voz para el códec g.726.....	96

FIGURA N° 22: Ubicación geográfica de los puntos de referencia.....	102
FIGURA N° 23: Ubicación de los nodos del radio enlace IP en el mapa del radio mobile.....	104
FIGURA N° 24: Enlace de C.s. Amantaní – P.s. Escallani en el software radio mobile.....	105
FIGURA N° 25: Atenuación Específica.....	106
FIGURA N° 26: Esquema general de red de telemedicina.....	113
FIGURA N° 27: Arquitectura de sistema WINLINK 1000.....	115
FIGURA N° 28: Equipo IDU-C	116
FIGURA N° 29: Equipo POE	116
FIGURA N° 30: Antenas externas de sistema WINLINK 1000	118
FIGURA N° 31: Esquema básico de subsistema de energía fotovoltaica	125
FIGURA N° 32: Esquema soporte de pararrayo	127
FIGURA N° 33: Instalación típica de un nodo del sistema WINLINK 1000	129
FIGURA N° 34: Esquema de una estación final A	130
FIGURA N° 35: Esquema de una estación final B a más de 100m de la torre ...	131
FIGURA N° 36: Esquema de una estación repetidora.....	132
FIGURA N° 37: Alineación de antenas apreciado en WINLINK 1000 MANAGEMENT.....	134
FIGURA N°38: Interfaz de instalación de WINLINK 1000 MANAGEMENT	135
FIGURA N° 39: Interfaz de selección de canales de WINLINK 1000 MANAGEMENT.....	137

FIGURA N° 40: Interfaz de selección de parámetros de servicios del WINKINK

1000 MANAGEMENT..... 138

FIGURA N° 41: Interfaz de configuración de nodo del sistema WINKINK 1000. 142**FIGURA N° 42:** Interfaz de configuración del nodo del sistema WINKINK 1000 143**FIGURA N° 43:** Diagrama de Red VOIP..... 147**FIGURA N° 44:** Diagrama de Red Videoconferencia IP 149**FIGURA N° 45:** Diagrama de red de dispositivos de telemedicina 150**FIGURA N° 46:** Diagrama de Red LAN Dentro de cada establecimiento de
Salud de la Micro Red de Capachica..... 152

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Posibles Beneficios del Proyecto.....	29
TABLA N° 3: Valores de las constantes α y k por frecuencia.	57
TABLA N° 4: Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica.	58
TABLA N° 4: valores de los parámetros a y b	59
TABLA N° 6: Para exposición ocupacional.....	61
TABLA N° 7: Para exposición poblacional.....	61
TABLA N° 8: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.....	62
TABLA N° 9: Aspectos Técnicos para Tele-Dermatología	64
TABLA N° 10: Aspectos Técnicos para Tele-Cardiología.....	65
TABLA N° 11: Aspectos Técnicos para Tele-Radiología	67
TABLA N° 12: Población Total por edades Puntuales, grupos Quinquenales	79
TABLA N° 13: Respuestas a la pregunta 1.	84
TABLA N° 14: Respuestas a la pregunta 2.	84
TABLA N° 15: Respuestas a la pregunta 3.	85
TABLA N° 16: Respuestas a la pregunta 4.	85
TABLA N° 17: Respuestas a la pregunta 5.	85
TABLA N° 18: Respuestas a la pregunta 6.	86
TABLA N° 19: Respuestas a la pregunta 7.	86
TABLA N° 20: Respuestas a la pregunta 8.	87

TABLA N° 21: Respuestas a la pregunta 9.	87
TABLA N° 22: Relación de códec de voz elegible para telefonía VoIP	95
TABLA N° 23: Relación de calidad de imagen con Ancho de Banda	97
TABLA N° 24: Resumen de ancho de banda para acceso a internet.....	101
TABLA N° 25: Resumen de ancho de banda de la red de telemedicina	101
TABLA N° 26: Puntos de referencia con sus latitudes y longitudes	103
TABLA N° 27: Valores de las constantes α y k por frecuencia.	108
TABLA N° 28: Valores obtenidos de las constantes α y k por frecuencia. ...	108
TABLA N° 29: Cálculos de los enlaces 5.8GHz.	110
TABLA N° 30: Valores de los parámetros a y b	111
TABLA N° 31: Cálculos de Indisponibilidad y Confiabilidad.....	111
TABLA N° 32: Cálculos de r y altura de la torre.	112
TABLA N° 33: Matriz comparativa de los sistemas inalámbricos.....	114
TABLA N° 34: Alternativas de Series ODU	117
TABLA N° 35: Tasa de transmisión según ancho de banda de canal	139
TABLA N° 36: Direccionamiento de Subredes para los establecimientos de Salud.	141
TABLA N° 37: Plan de direccionamiento IP para cada establecimiento de Salud	153
TABLA N° 38: Comparación de alternativas de Espirómetros.....	154

RESUMEN

Se presenta el desarrollo de una propuesta del diseño de una red de telemedicina para la Micro-Red del distrito de Capachica de Puno-Perú. La red consiste en unir de manera remota los siete establecimientos de salud mediante radio enlaces, los establecimientos ubicados en diferentes sectores de Capachica, incluido el Centro de Salud ubicado en la Isla Amantaní con el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno, haciendo el correcto uso de las Tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la red permitirá reducir tiempo, optimizar costos, mejorar la calidad de los servicios, disminuir riesgos y ampliar la cobertura de los servicios médicos a los pobladores de los sectores mencionados, que son de difícil acceso.

Palabras clave: Cobertura, Micro-Red, Radioenlace, acceso remoto, Telemedicina, TIC.

ABSTRACT

The development of a proposal for designing a telemedicine network for the Micro-Red Capachica district of Puno-Peru is presented. The network consists of remotely join the seven health facilities through wireless links, establishments located in different sectors of Capachica, including the Health Center located on the Amantani Island with Manuel Nuñez Butrón Regional Hospital in the city of Puno, making the correct use of information and communications technology (ICT), the network will reduce time, optimize costs, improve service quality, reduce risks and increase the coverage of health services to the residents of these areas; that they are difficult to access.

Key words: Coverage, Micro-Net, Radio Link, remote access, telemedicine, TIC.

INTRODUCCIÓN

La implementación de redes de Telemedicina brinda una mejora importante a los servicios de atención médica, incorporando las soluciones tecnológicas que están disponibles en procesos tradicionales de salud, mejorando además aspectos cualitativos, de eficiencia, oportunidad, costo y simultaneidad. El objetivo de este trabajo está compuesto de dos partes: por una parte, se pretende que el diseño de una red inalámbrica piloto pueda enlazar tanto los siete puestos de salud del distrito de Capachica como el puesto de salud de la isla Amantaní, con el Hospital Regional Manuel Núñez Butrón, todos localizados en la provincia de Puno. Por otra parte, se define una línea de base enfocada al servicio de videoconferencia que es utilizado en el ámbito de la Telemedicina.

En un primer momento, el objetivo del proyecto era crear una prueba piloto que conectase solo el centro de salud del distrito de Capachica con el hospital regional Manuel Núñez Butrón y comprobar así su correcto funcionamiento. Dada la necesidad de los demás establecimientos ubicados en la Micro Red de Capachica, se amplió a siete puntos más, creando así una red local entre los ocho establecimientos de salud pertenecientes a la Micro Red De Capachica con el hospital regional Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno.

La red fue diseñada para ofrecer servicios de transmisión de voz y datos entre los establecimientos de Salud de comunidades del distrito de Capachica y la Isla Amantaní. De esta manera, se establece la comunicación entre los

diferentes nodos para consultas médicas, tanto a través de llamadas telefónicas como de sesiones de videoconferencia. Adicionalmente, se incluyen servicios de capacitación a distancia en tiempo real y emisión de vídeos, así como un servicio de carpetas compartidas para el envío, historias clínicas y recepción de documentos administrativos.

En cuanto a la línea de base, se han tenido en cuenta tanto aspectos del entorno social, haciendo énfasis y detectando los principales problemas que aquejan a los pobladores del distrito de Capachica como también de la isla Amantaní, ya no sólo a nivel de salud sino también de inaccesibilidad.

De este modo se ha realizado un estudio profundo analizando cada uno de los factores que podrían derivar en indicadores, los cuáles serían objeto de evaluación en un estudio de impacto posterior. Se llevó a cabo el desarrollo del trabajo técnico, la intervención fue dada en el distrito mencionado y tuvo una duración de 15 días, donde también fueron efectuadas actividades tales como:

- a) Visita técnica y la obtención de coordenadas geográficas de los puestos de salud, con la finalidad de analizar las condiciones de la población, viabilidad y necesidad de continuar con el desarrollo futuro de la extensión de la red.
- b) Evaluación de la realidad que la población respecto a temas como accesibilidad, transporte, aislamiento, acceso a medios de comunicación y recursos para el desarrollo, así como como también energía eléctrica (no siempre presente en los lugares donde se pretende colocar una repetidora).
- c) Asesoría de la EPIE-UNAP, IEEE Communications Society UNAP y la colaboración técnica de los diferentes puestos de salud con el fin de efectuar

mediciones y evaluar las instalaciones eléctricas y los puntos de red involucrados.

Al final se podrá decir que, al día de hoy, el diseño de la red de Telemedicina en la Micro Red de Capachica está listo para su implementación. Después de la fase de pruebas y el monitoreo de los enlaces simulados en diferentes software, podemos asegurar que el radio enlace IP, es capaz de ofrecer caudales muy elevados, incluso en regiones como Puno donde el clima y la orografía del terreno hacen poco difícil su implementación. El desarrollo de esta investigación se ha organizado en cuatro capítulos:

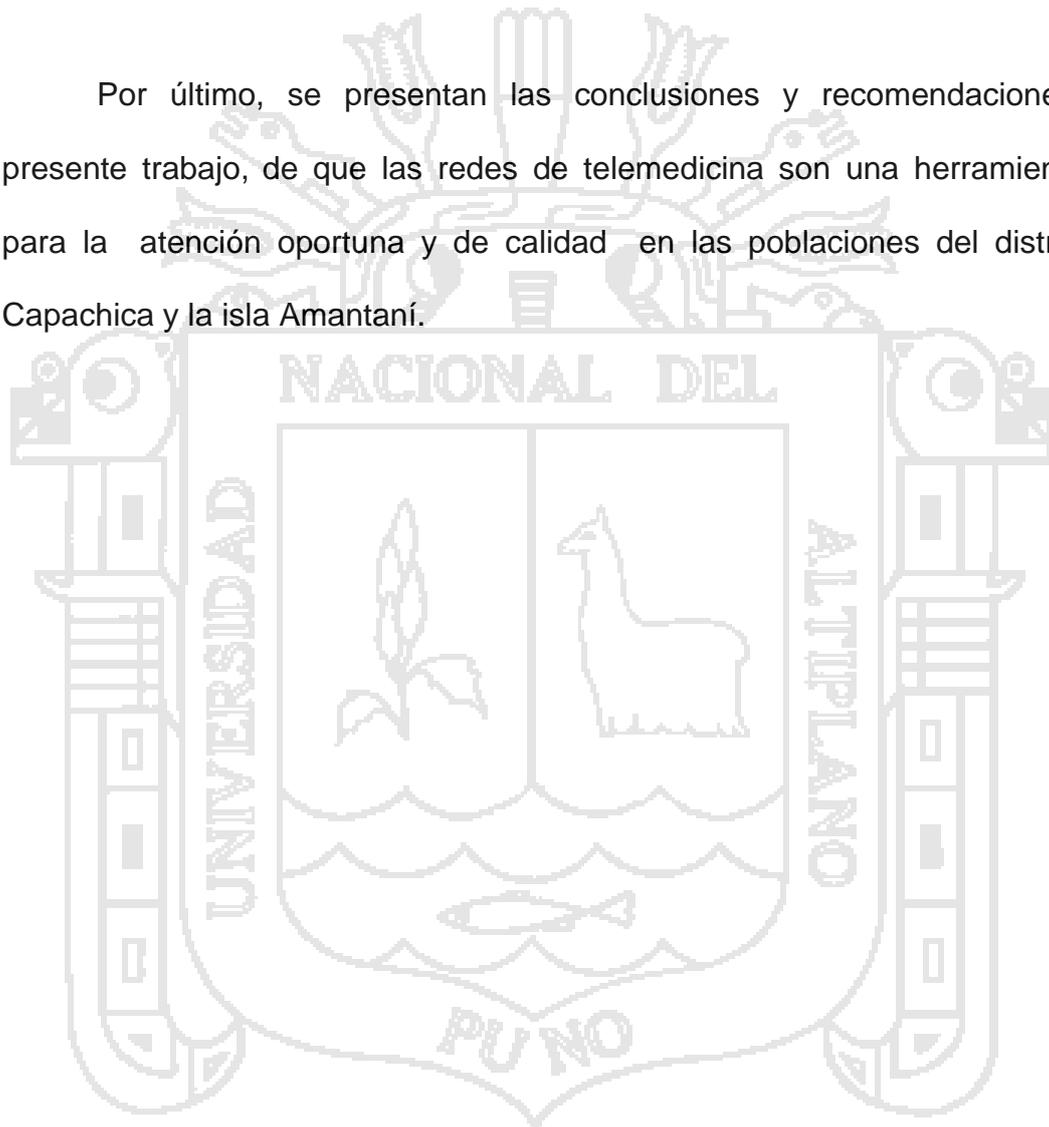
El primer capítulo está centrado analizar los problemas que se han encontrado en el distrito de Capachica y la Isla Amantani tanto desde el punto de vista tecnológico como del punto de vista social, también se evaluarán los problemas para proponer objetivos de la red de telemedicina y finalmente se define la información a transmitir.

En el segundo capítulo se busca presentar las diferentes tecnologías de redes usadas para telemedicina y elegir el que se adecue a las necesidades dadas así como los diversos dispositivos de telemedicina que se vienen utilizando en nuestro país.

El tercer capítulo esta referido a la metodología, desarrolla el tipo, nivel, diseño de la investigación, población, muestra y las técnicas e instrumentos utilizados.

El cuarto capítulo, por su parte presenta el análisis de ancho de banda para la red de telemedicina, describe el diseño de la red de telemedicina tanto el enlace IP que se realizará como los diseños y equipos de la red VoIP, videoconferencia IP, dispositivos de telemedicina, acceso a internet y la red LAN local de los establecimientos de salud de la Micro Red de Capachica.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, de que las redes de telemedicina son una herramienta útil para la atención oportuna y de calidad en las poblaciones del distrito de Capachica y la isla Amantaní.





PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se puede decir que en el Perú, la salud de la población es un reflejo directo de la realidad social. En la actualidad se ha alcanzado una importante mejora en algunos indicadores de salud del país [CUA2005]; sin embargo, dichos promedios nacionales ocultan las inequidades existentes en salud. Es lógico pensar que la gestión de salud en el Perú, reflejada en la calidad de la atención médica, es también un indicador que influye de forma directa en la situación actual del país.

Siendo el Perú un país inmerso en el subdesarrollo, carga con el estigma de ser un país incomunicado a nivel regional. Al Estado le cuesta llegar a lugares donde el atraso es evidente. Incluso en las principales ciudades se detecta la falta de una correcta gestión administrativa en los centros de salud [INE2001].

En el país existen proyectos dedicados a resolver aquellos problemas de aislamiento y poca capacidad de la atención médica que presentan ciertas regiones. Cabe mencionar la labor que realiza el programa EHAS (Enlace Hispano Americano de Salud) en sociedad con la Pontificia Universidad Católica del Perú, y diversas entidades de Cuba y Colombia, los cuales se reúnen como socios principales para dar origen a una serie de proyectos.

La estrategia de dicho programa implica la investigación de tecnologías de comunicación, desarrollo de servicios de información y la evaluación del impacto de las TIC en la salud de las zonas rurales de los países en desarrollo.

En las redes de comunicaciones se emplean radio enlaces operando en la banda VHF para ofrecer servicios de voz y correo electrónico en zonas del país donde el terreno no sea accidentado y enlaces en la banda HF para la selva. Sin embargo, estos sistemas cuentan con limitaciones principalmente en lo que respecta al radio de cobertura y ancho de banda, lo cual limita a su vez a la gama de servicios de Telemedicina que pueden ser ofrecidos. No obstante, los costos de instalación y uso se reducen de manera notable. Actualmente el programa realiza todos sus esfuerzos en implantar la tecnología Wi-Fi para aumentar la cobertura y el ancho de banda, permitiendo así implementar sistemas de telemedicina que usen la modalidad S&F (Store & forward).

Respecto a las instituciones dedicadas a brindar servicios de salud, EsSalud es uno de los organismos que se encarga del aseguramiento médico de riesgos laborales y salud ocupacional para la población asalariada [ESA2005] (alrededor del 17,6% de la población total [INE2006]). Dicha institución aborda estos problemas con alternativas que combinan tecnología y salud, a través de la creación de las “Redes Asistenciales”. Así, se optimiza la utilización de los servicios informáticos aplicados a la gestión de la medicina con la finalidad de intercambiar información para lograr, entre otros propósitos, una correcta administración de la disponibilidad del personal en beneficio de los pacientes asegurados.

En tal sentido, el presente proyecto se concentra en utilizar la Telemedicina como principal herramienta tecnológica para atender aquellas deficiencias en cuanto a la capacidad de diagnóstico en los establecimientos de

salud que pertenecen a EsSalud y se encuentran en zonas rurales, específicamente en Capachica y la Isla Amantaní. Se pretende con ello crear un precedente que sirva de modelo para cualquier organismo dedicado a la salud y así lograr una unidad que los integre a nivel nacional, obteniendo así los mismos resultados exitosos de países como Francia, Noruega, México, Chile, Argentina, por citar algunos casos.

1.1 Descripción del Problema

Este problema central tiene como objeto que la atención médica se considere ineficiente en la Micro Red de Capachica. Del árbol de problemas se desprende inmediatamente la idea de implementar servicios sobre esta red de telecomunicaciones en beneficio de la capacidad de diagnóstico de las redes asistenciales de EsSalud. Cabe señalar que dichas redes no son inmunes al paso del tiempo y menos si su inicial implementación no fue realizada con la prolijidad adecuada, dejando para el futuro las evaluaciones sobre el desempeño que permiten atender y mejorar sus deficiencias. Por ello, se deberá primero realizar una evaluación de la misma, a fin de encontrar aquellas debilidades que se tendrán que atender para poder soportar la solución al problema que plantea la Tesis.

Por tales motivos, las Redes Asistenciales de EsSalud enfrentan hoy en día problemas que afectan el desempeño de cada centro de salud, reflejándose directamente en la calidad de la atención médica. Del árbol de problemas presentado anteriormente, se desprenden tres casos de atención principales [PAR2004]:



FIGURA N° 1: Casos de Atención
Fuente: [DAZ2011].

Estos problemas se desprenden de un problema central, el cual nos marca la pauta para la elaboración de este proyecto. La capacidad de diagnóstico presenta serias limitaciones, con lo cual existe la necesidad de generar proyectos que utilicen la tecnología que las Telecomunicaciones nos ofrecen en la actualidad. Algunas aplicaciones sobre la misma requieren de mayores capacidades, lo que requiere de una optimización de la red. Es absolutamente natural que se requieran mejoras sobre el mismo según las nuevas necesidades que van surgiendo debido a la demanda de servicios de cada hospital o establecimientos de salud pertenecientes a una red asistencial [MON2008].

Las Redes Asistenciales de EsSalud se interconectan entre sí a través de redes de telecomunicaciones aplicadas a la administración y gestión médica [ESA2005]. Éstas no solo proporcionan conectividad sino que también han sido creadas para entregar comunicaciones instantáneas, productividad creciente y asegurar así la agilidad de las gestiones administrativas en medicina [PAR2004].

Por tal motivo, EsSalud, como uno de los principales organismos de salud del país, pretende mejorar las redes asistenciales de forma que se alineen con las tecnologías emergentes. El objetivo es llevar la atención médica a pacientes y asegurados que viven en zonas rurales. En ese sentido, los sistemas de telecomunicaciones de valor agregado son una solución para estos problemas y por ello, este proyecto pretende preparar la Micro Red de Capachica para que ésta sea capaz de brindar estos servicios y se genere así un patrón o modelo a seguir y que éste sea replicable en las demás Micro Redes de la provincia de Puno.

Si se quieren evaluar los costos, impulsar la productividad y extender la infraestructura de establecimientos de salud para el bienestar del personal administrativo y los pacientes una cosa es cierta: las mejoras en el servicio deben iniciarse en la red. Por ello, se requiere del diseño y construcción de una red de telemedicina, pues se busca que ésta llegue a soportar los servicios que el proyecto plantea.

No podemos apresurarnos en afirmar que la solución a esta problemática sea tal que requiera de esfuerzos difíciles de realizar. Se intenta definir un camino concreto hacia una idea de proyecto que pueda resolver estos problemas. Por tal motivo, desde el punto de vista de la Ingeniería Electrónica me es posible trazar planes coherentes sobre el cual se intente concentrar los medios necesarios que faciliten una solución sostenible en el tiempo.

La falta de infraestructura en las comunicaciones y el acceso a la información son factores que nos llevan a resolver el problema del distrito de Capachica y la Isla Amanatani, en las que los pacientes carecen de atención médica de manera eficaz.

En los últimos años se están sugiriendo distintas iniciativas para remodelar el tipo de atención que se presta a los pacientes en los puestos de salud de las zonas rurales de la Región. Estos trabajos proponen diferentes acciones, entre las que están; la atención a domicilio y la intervención de un equipo multidisciplinario de profesionales trabajando de manera coordinada, habiéndose demostrado que proporcionan importantes beneficios tanto en la calidad de las personas como en su costo.

Las tecnologías de la información de las comunicaciones (TIC) pueden facilitar notablemente la atención de los pacientes conforme a estos nuevos paradigmas de la persona. La principal aportación de este proyecto es la definición de un nuevo sistema de Telemedicina para el cuidado adecuado y oportuno de los pacientes que contempla la prestación de servicios de manera integrada, propicia un estilo de atención centrado en el paciente, y facilita el cuidado compartido de pacientes.

De acuerdo a las proyecciones estadísticas en poco tiempo la mayor cantidad de pacientes estará en la posibilidad de realizarse un chequeo mediante videoconferencias con recursos que tendrá a su alcance.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Dada la necesidad de mejorar la capacidad de diagnóstico en los establecimientos de salud ubicados en la Micro Red de Capachica, Puno y en especial, la urgencia de contar con mayores y mejores capacidades en cuanto a la capacidad de diagnóstico, puesto que los pacientes no cuentan con la atención acorde a la exigencia de la situación, surge la idea de diseñar la Red de Telemedicina en una red asistencial de Puno, que viene a ser la Micro Red de Capachica. Y para ello la Telemedicina es una excelente opción para atender nuestra problemática. En la Figura N° 2 podemos observar aquellas posibles ventajas que esta aportará:

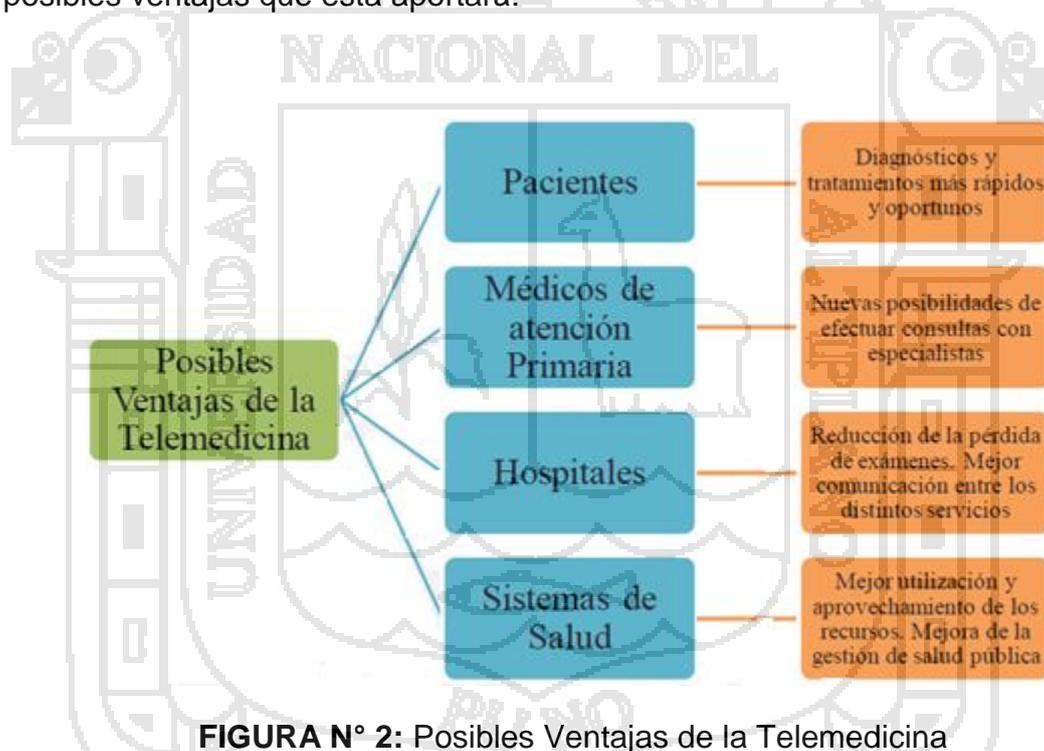


FIGURA N° 2: Posibles Ventajas de la Telemedicina

Fuente: Telemedicina: Informe de evaluación y aplicaciones en Andalucía [CAN2000]

Este proyecto nos abre las puertas a la posibilidad de obtener una serie de beneficios que vale la pena indicar. En la Tabla N° 1 se exponen los mismos al lado de una breve descripción:

TABLA N° 1: Posibles Beneficios del Proyecto
Fuente: Telemedicina [FER2005]

Posible beneficio	Descripción
Eficiencia de recursos	Una Red de Telemedicina facilitará una mejor administración de recursos (ahorro en materia de viajes de referencia y contrarreferencia)
Agilidad de la atención médica	Posibilidad de acceder a un diagnóstico especializado en tiempo real
Ampliar el abanico de especialidades en zonas marginales	Será posible realizar un seguimiento sobre diversas especialidades médicas aplicables a zonas de especial aislamiento
Disminución del índice de negligencia médica debido al factor de error humano	Permitirá aligerar la carga sobre los médicos internistas de los centros de salud ubicados en zonas alejadas.
Mejoras en el Sistema de Referencias y Contra referencias	Disminución de los casos de referencia aplicables a consultas externas para su aprovechamiento en los casos de cirugía de primer grado en adelante

Cabe mencionar que estos cambios y mejoras serán notables una vez puesta en marcha la propuesta. No existe forma de asegurar que esto sucederá pues debe considerarse que para lograr un impacto en la calidad de la atención médica, este proyecto debe ir de la mano con una adecuada gestión por parte del Consejo Directivo de EsSalud que maximice el aprovechamiento del mismo. El valor social de este proyecto debe tomarse en consideración pues se trata de poner en la balanza el impacto en la calidad de vida que experimentarán los pacientes en comparación al costo que la implementación del proyecto represente [PAN2001].

En suma, se han expuesto las diversas razones que justifican la realización de este proyecto. El diseño de una Red de Telemedicina para la Micro Red de Capachica proporcionará las herramientas tecnológicas necesarias para mejorar la productividad que dependan tanto directamente de ella (aumento de la capacidad de diagnóstico) como indirectamente (mejora de la calidad de la atención).

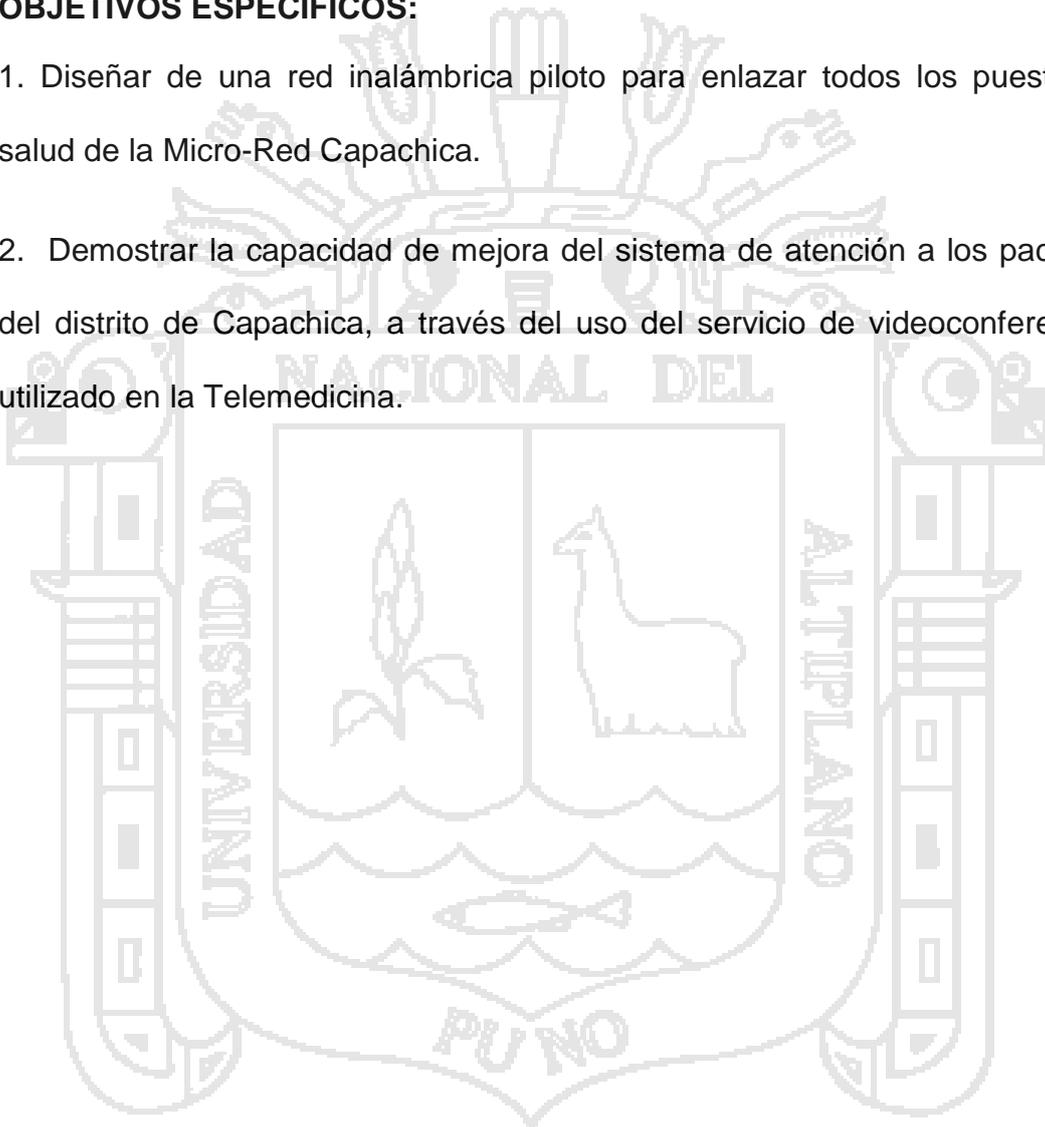
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar una Red de Telemedicina para la Micro-Red del Distrito de Capachica de la Provincia de Puno.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Diseñar de una red inalámbrica piloto para enlazar todos los puestos de salud de la Micro-Red Capachica.
2. Demostrar la capacidad de mejora del sistema de atención a los pacientes del distrito de Capachica, a través del uso del servicio de videoconferencias, utilizado en la Telemedicina.





MARCO TEÓRICO

En esta sección se hará un estudio sobre las tecnologías que vienen siendo usadas para redes de telemedicina en diferentes lugares; asimismo, se analiza los terminales que se vienen usando en telemedicina para las diversas patologías existentes y sobre todo analizará la viabilidad de las tecnologías y de los terminales para el uso que el sistema requiere.

2.1 Antecedentes de la Investigación

Hasta la actualidad se han desarrollado proyectos acerca de sistemas de videoconferencia, es por eso que se desarrolla uno específicamente para la Micro Red de Capachica, que realmente logre ayudar a brindar un mejor servicio a los pacientes de la zona.

Respecto a los antecedentes locales, existen las siguientes tesis:

2.1.1 Investigaciones Nacionales

Diseño e implementación de una red inalámbrica IEEE 802.11n. Línea de base enfocada a un sistema de videoconferencia para realizar teleconsultas entre centros de salud de comunidades aisladas de la Amazonía peruana.

Óscar Santos Hermosa, 2011

Resumen

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden ser de gran utilidad en muchos campos, como por ejemplo, en el área de salud. Sin embargo, la incursión de estas tecnologías en zonas rurales aisladas requiere

una adaptación particular, tanto para adecuarlas al entorno especial en el que se trabaja como a los requisitos económicos de los que se dispone.

El presente Proyecto de Fin de Carrera (PFC) persigue dos grandes objetivos. Por una parte, intenta describir el diseño y la implementación de una red de Telemedicina, instalada en la zona de Balsapuerto de la Amazonía peruana, a través de enlaces inalámbricos IEEE 802.11n de larga distancia. Por otra parte, pretende analizar y realizar un estudio de línea de base sobre uno de los servicios ofrecidos en esta red, un sistema de videoconferencia. Ambos objetivos han sido llevados a cabo 'in situ' durante casi tres meses de convivencia e interacción en la provincia del Alto Amazonas.

En comunidades tan abandonadas, donde el acceso y los recursos son tan limitados, es imprescindible establecer un sistema de comunicación para intentar acortar estas distancias y dar una oportunidad de desarrollo a la población que habita en ellas.

El sistema implementado está enfocado a ofrecer la posibilidad a que puestos y centros de salud totalmente aislados, puedan comunicarse con un hospital de apoyo para realizar consultas médicas a través de audio y vídeo. De esta manera, técnicos de enfermería y médicos sin mucha experiencia que dirigen estos centros sanitarios, pueden ser guiados y aconsejados por especialistas a distancia, hecho que evita traslados de pacientes y, en definitiva, una reducción de la tasa de mortalidad.

Tecnológicamente, los resultados obtenidos son más que satisfactorios. Se ha comprobado que la tecnología MIMO 2x2 puede funcionar correctamente en enlaces de más de 25 Km, consiguiendo un 'throughput' o tasa de transmisión superior a 60 Mbits/s, valores nunca conseguidos anteriormente en orografías y condiciones climáticas como los de la selva tropical.

Por otra parte, el estudio de línea de base enfocado al sistema de videoconferencia recoge información suficiente para describir la situación actual. La idea era intentar conocer cuán importante sería la incursión de imágenes en un posible diagnóstico médico realizado a distancia. Una mejora en la atención a los pacientes y un aumento del nivel de seguridad del personal sanitario, que con el sistema se sienten apoyados por profesionales con más experiencia, serían detonantes o indicadores para empezar una cuantificación. En resumen, lo que pretende demostrar esta tesis es que los aspectos tecnológicos y sociales son conceptos similares y dependientes. Diseñamos tecnologías para intentar mejorar la calidad de vida de las personas.

Diseño de la Red para el Proyecto de Banda Ancha Rural Juliaca - San Gabán.

Eduardo Enrique Rangel Espinoza, 2011

Resumen

La presente tesis propone el diseño de la red para el proyecto de banda ancha rural Juliaca – San Gabán, que atenderá las necesidades de las comunidades y negocios comprendidos en este tramo del territorio nacional, y los requerimientos de las empresas de electrificación rural del departamento de

Puno, San Gabán S.A. y Red Eléctrica del Perú, las cuales entregaron el usufructo de su infraestructura de alta tensión en concesión a un operador de telecomunicaciones mediante concurso público de FITEL para el despliegue del Backbone de fibra óptica que permitirá la convergencia de servicios de telecomunicaciones en la región.

Mediante el análisis de la situación actual de los servicios en la zona afectada y la proyección de la demanda de los mismos, se aplicaron los conocimientos de planificación de redes de telecomunicaciones y comunicaciones ópticas para desarrollar la ingeniería del proyecto, seleccionando la tecnología DWDM para la red de transporte y SDH en la capa de acceso.

Finalmente se realizó el análisis de rentabilidad a precios privados y sociales que permitió determinar la factibilidad y sostenibilidad del proyecto en el tiempo con el apoyo de una estructura de financiamiento público – privada.

2.1.2 Investigaciones Internacionales

Diseño e implementación de radioenlaces y estaciones repetidoras Wi-Fi para conectividad de escuelas rurales en zona sur de Chile.

Hugo Durney W, César Castro G y Roger Ortiz S. 2010

Resumen

En el marco de un proyecto de cooperación internacional, el presente artículo presenta un resumen general del desarrollo de una red piloto que integra tecnología Wi-Fi con plataformas tipo embedded para la inclusión y

conectividad de zonas rurales aisladas. Se indican aspectos relevantes del diseño e implementación de los enlaces inalámbricos proyectados, tales como el uso de las herramientas de modelado utilizadas y algunos resultados verificados en terreno, permitiendo así definir las líneas futuras de trabajo para la necesaria continuidad de la intervención.

Diseño e Implementación de una red inalámbrica IEEE 802.11n de Telemedicina en el distrito de Balsapuerto con soporte de QoS para teleconsultas.

Carlos David Guerra Anicama, 2011

Resumen

Este trabajo presenta el diseño, la implementación y el funcionamiento de una red de Telemedicina llevada a cabo en una de las zonas de la selva amazónica más pobres y subdesarrolladas de Perú: el distrito de Balsapuerto, en la provincia del Alto Amazonas.

El sistema implementado está enfocado a ofrecer la posibilidad a que puestos y centros de salud totalmente aislados, puedan comunicarse con un hospital de apoyo para realizar consultas médicas a través de audio y video.

Esta red consta de tres radioenlaces troncales que unen cuatro poblaciones: tres comunidades indígenas (Balsapuerto, San Gabriel de Varadero y San Juan del Armanayacu) y una capital de distrito (Yurimaguas).

La tecnología utilizada en estos radioenlaces es IEEE 802.11n modificada para poder operar en largas distancias.

Aprovechando que el estándar IEEE 802.11n ofrece la posibilidad de utilizar radioenlaces con múltiples transmisores y receptores, se dotó a la red de dos radioenlaces MIMO 2x2 (San Gabriel de Varadero-San Juan del Armanayacu y San Juan del Armanayacu-Yurimaguas) y de un radioenlace SISO (Balsapuerto-San Gabriel de Varadero).

Esta red está constituida por repetidores troncales y locales. La señal viaja a través de los repetidores troncales interconectándose por medio de radioenlaces de larga distancia. Luego, la señal es distribuida a los diferentes clientes gracias a los repetidores locales.

La incursión de la técnica MIMO 2x2 empleada en radioenlaces con clima tropical dieron lugar a valores más estables de la relación señal/ruido (SNR) comparados con los obtenidos con SISO, con el subsecuente incremento del alcance máximo y del throughput de datos efectivo; y una disminución de la probabilidad de error de bit (BER). El resultado obtenido fueron capacidades cercanas a los 80 Mbps en radioenlaces de 29 Km.

En comunidades tan abandonadas, donde el acceso y los recursos son tan limitados, es imprescindible establecer un sistema de comunicación para intentar acortar estas distancias y dar una oportunidad de desarrollo a la población que habita en ellas.

2.2 Opciones Tecnológicas para la Red de Telemedicina

La sociedad de la información ha traído nuevas modalidades de comunicación y transporte de la misma, como resultado de esta tendencia de

uso en diferentes sectores se empezó a usar la tecnología de la información para la atención sanitaria y fue denominado como telemedicina. En los últimos años, la telemedicina ha ido progresando enormemente en muchos países sobre todo en Europa y USA donde se aplican eficientemente ayudados también de su desarrollo tecnológico tanto en el área de telecomunicaciones como en el sector de medicina.

2.2.1 Elementos de redes de telecomunicación

A continuación se presenta los componentes de las redes de telecomunicación que sirven para el transporte de información que también será usado para el transporte de datos relacionados a los síntomas y estado de los pacientes [MAR2009].

- Terminal. Se denomina así al equipo o conjunto de equipos usados para comunicarse (teléfonos, computadoras, equipos médicos de medida, etc.).
- Interfaz. Puntos de conexión que hay para el o los terminales de la red.
- Medios de transmisión. Se denomina así el medio en el cual se transporta la información, también llamados “canales de información” donde se entiende a canal como el medio físico por donde viaja la información de un punto a otro.
- Nodos. Está encargado de transportar y gestionar la información de un terminal a otro a través del medio de transmisión.

2.2.2 Velocidad de transmisión de las redes

La velocidad con la que se transporta la información en el medio físico estará expresado en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (Kbps), megabits por segundo (Mbps), gigabits por segundo (Gbps). Un bit es la unidad

de información que está dada por un dígito binario ya sea este 1 ó 0. Un byte estará compuesto de ocho bits o un octeto de bits. La velocidad puede ir variando dependiendo del ancho de banda del canal, el cual se define como el rango de frecuencias en el cual puede transmitirse esta información de forma efectiva a través del canal y se expresa en Hertzios (Hz), kilohertzios (KHz), megahertzios (MHz) y gigahertzios (GHz). Un hertzio se podría definir como un número de repeticiones por segundo de una onda electromagnética completa. La relación será directa entre ancho de banda y velocidad de transmisión, es decir, a mayor ancho de banda se podrá tener mayor velocidad de transmisión. Dependiendo de la capacidad de las bandas se puede clasificarlas en banda estrecha y banda ancha [MAR2009].

2.2.3 Clasificación según arquitectura y transporte de información

Según la arquitectura y manera en que se transporta la información, las redes de telecomunicaciones se dividen en redes conmutadas y redes de difusión [MAR2009].

a) Redes conmutadas: Consiste en una red alternada de nodos y canales de comunicación, es decir a la información se transmite a un nodo a través de un canal. Este a su vez gestionará hacia donde se va la información. Las redes conmutadas se dividen en dos:

- En conmutación de paquetes, el mensaje a transmitir se divide en pequeños paquetes que serán enviados por partes de nodo en nodo siguiendo diversas rutas. En el receptor final, el mensaje será juntado nuevamente y se le entrega al receptor.
- En conmutación de circuitos, se busca y reserva una determinada ruta entre usuarios. Una vez que la comunicación está establecida, esta

trayectoria se mantiene durante todo el tiempo que se transmite la información. Con esta técnica se requiere de una señal que reserve diferentes segmentos de red entre ambos usuarios.

b) Redes de difusión: Se trata de una red a la cual todos los usuarios están conectados a cierto canal, todos los usuarios podrían recibir el mensaje pero solo lo recibirán aquellos que tengan su dirección como destinatario. Para este tipo de redes, es típico que se use canales de radio aunque también puede realizarse la difusión por medio de canales metálicos. En este tipo de redes se tiene un solo nodo en el cual se pone la información a un canal al cual están conectados todos los usuarios.

2.2.4 Clasificación según medio de transmisión

Los medios de transmisión son los canales de transmisión de la información. Las redes también pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de medio de transmisión que utilicen. A continuación, se presentará la clasificación [MAR2009]:

a) Red alámbrica: En esta clasificación se incluye medios físicos como cables par trenzado de cobre, cable coaxial y fibra óptica.

- Cable de par trenzado de cobre: Se trata de un par de hilos de cobre aislados trenzados entre sí y cubiertos por una malla protectora. Es usado tanto en transmisión analógica como digital. Es el más económico y tiende a usarse en cable de telefonía fija. Su ancho de banda depende de la sección de cobre que use así como la distancia que tenga que recorrer. Su velocidad dependerá del tipo de cable usado para transmitir.

- Cable coaxial: Consiste en un núcleo de cobre envuelto por una capa aislante; a su vez están cubiertos por una malla metálica para proteger de interferencias; este conjunto de cables está recubierto por una capa protectora. Es usado para transmisión de señales de televisión y de datos a alta velocidad para varios kilómetros. Es importante tener en cuenta que para mayor velocidad de transmisión se podrá cubrir menor distancia.
- Cable de fibra óptica: Usan pulsos de luz a través de fibras de cristal para transmitir la información. Está compuesto de una fibra de cristal cilíndrico recubierto por una capa concéntrica de revestimiento, esto protege ante interferencias eléctricas haciendo más rápido la transmisión de datos que en el caso de los cables de cobre ya que la señal no se atenúa ni pierde energía muy rápidamente. Si bien el despliegue de cable de fibra óptica es más caro que los anteriormente mencionados, proporciona una mejor calidad de transmisión.

b) Red Inalámbrica: En este tipo de redes se usan microondas, luz infrarroja, señales de radio y satélites.

- Microondas: Ondas de radio de alta frecuencia. Viajan en línea directa, es decir, para transmitir entre transmisor y receptor debe haber línea de vista. Las curvaturas e inflexiones del terreno muchas veces impiden esta línea de vista; por lo tanto, se tendrán que usar antenas más altas y también se hace uso de repetidores si persiste el problema.

- Luz infrarroja: Consiste en la emisión y recepción de haces de luces, el emisor y receptor deben tener vista directa dado que la luz viaja en línea recta y ante una pequeña curvatura se distorsionaría la señal.
- Señales de radio: Consiste en la emisión y recepción de señales de radio; por lo tanto, el emisor y receptor deben estar sintonizados a la misma frecuencia. No es necesario visión directa para la transmisión de datos.
- Satélites: Consiste en el uso de satélites para transportar la información entre emisor y receptor. Su desventaja es que el costo de utilización del satélite es alto mientras que su velocidad no es tan alta pero su ventaja consiste en que no es necesario tener una red instalada para poder hacer uso de este tipo de red.

2.2.5 Redes de comunicación utilizados en telemedicina

2.2.5.1 Mediante líneas eléctricas

Es un sistema de telecomunicaciones que se basa en el uso de las líneas de distribución eléctrica para la transmisión de información. El sistema PLC (Power Line Communication) ofrece conectividad de banda ancha de alta velocidad para envío de datos, señales de control e información usando las redes eléctricas [MAR2009].

Antes de empezar sobre PLC, se deben dar a conocer los diferentes tipos de redes eléctricas que existen actualmente. En primer lugar, se tienen las redes de alta tensión que se encargan de transportar la energía desde el primer transformador-amplificador a la primera subestación de transporte. Los valores de tensión eléctrica que transportan se encuentran en el orden de 220 y

400 Kv. En segundo lugar, se tiene a las redes de media tensión, su función es convertir energía eléctrica en valores de tensión inferiores con valores que se encuentren entre 15 y 20 Kv. Finalmente, se tiene las redes de baja tensión que se encarga de una última reducción de tensión para poder suministrar electricidad a los domicilios y la reducción de voltaje se dará hasta 220 voltios y 120 voltios. La energía eléctrica se distribuirá hacia cada abonado como corriente alterna de baja frecuencia (50 o 60 Hz).

El sistema PLC centra su atención en el tramo de Baja Tensión de la red eléctrica pero en alta frecuencia. El sistema PLC comparte la línea eléctrica con el envío de diferentes rangos de frecuencia. Los rangos de frecuencia se encontrarán entre 1.6 y 30 MHz, es decir, en la banda de alta frecuencia [MAR2009].

Entre las principales características de sistemas PLC se encuentran:

- No es necesario obra civil ya que las redes eléctricas son usadas para transmisión de voz y datos. Es más accesible llegar a cualquier punto geográfico.
- Posibilidad de lograr conexión desde cualquier punto del hogar con el uso de uno o hasta dos módems.
- Conexión permanente las 24 horas del día.
- La instalación es rápida y simple.
- El ancho de banda para transmisión de datos, voz y video se realizan a una velocidad bastante aceptable.

- Se usan microfiltros para evitar interferencia con los electrodomésticos del hogar. Para el uso de esta tecnología se debe contar con los siguientes dispositivos [MAR2009]:
- Módem PLC: Instalado en el hogar del cliente y permitirá la transmisión de datos así como el servicio telefónico por voz.
- Repetidor: Dispositivos que se conectará con el modem del usuario. Su función es regenerar señales PLC y permitir la conexión de hasta 256 módems.
- Dispositivo Head End: Dispositivo ubicado en las compañías eléctricas. Son equipos preparados para conectarse con redes IP.

El envío de información usando PLC es muy atractivo dado que a través de las redes eléctricas se puede suministrar señales de telecomunicaciones, es decir, las redes de baja y media atención se convierten en acceso a banda ancha a través de los enchufes tradicionales permitiendo diversos servicios como conectividad de alta velocidad, telefonía IP, aplicaciones multimedia, servicios de domótica; asimismo, se hará medición y control de diferentes variables de forma remota para gestión de seguridad de la red permitiendo la aplicación de códigos de seguridad y la encriptación de la información; además, se puede proporcionar diversas aplicaciones para el área de telemedicina [MAR2009].

2.2.5.2 Mediante fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión de información que utiliza ondas de luz como portadora de información. La fibra óptica es una de las tecnologías más usadas en el siglo XXI y permite integrar en el mismo canal varios servicios de telecomunicaciones [MAR2009].

La trayectoria que sigue el haz de luz a través de la fibra óptica se determina modos de propagación. Según el modo de propagación, la fibra se divide en dos [MAR2009]:

- **Fibra multi modo:** Consiste en que se pueden guiar muchos modos a través de la fibra óptica donde cada uno de estos modos seguirá un camino diferente. Esta característica ocasiona que su ancho de banda sea inferior que al de las fibras monomodo. Es usado de preferencia para comunicación en distancias pequeñas, hasta 10 km.
- **Fibra mono modo:** Su principal característica es que el diámetro de su núcleo es tan pequeño que solo permite la propagación de un único modo que es propagado directamente y sin reflexión. Esta característica causa que su ancho de banda sea muy elevada. Es usado de preferencia para comunicación a grandes distancias, de preferencias superior a los 10 km.

En sistemas de comunicaciones basados en fibra óptica existe un emisor que se encarga de emitir haz de luz para transmisión de datos. Los emisores pueden ser de dos tipos: LED (Diodo emisor de luz) y LASER. En el otro extremo se tiene un detector óptico o receptor que sirve para transformar la señal de la luz que llega de la fibra en señales eléctricas. En los últimos años, los sistemas de fibra óptica se han convertido en una de las tecnologías más avanzadas usada para la transmisión de información.

Logra el transporte de información a mayor velocidad y disminuir en gran medida los ruidos e interferencias. Se ha planteado varias aplicaciones para

fibra óptica además de telefonía como son: computación, sistema de televisión por cable, transmisión de información de imágenes de alta resolución, etc. [MAR2009].

Las características de la fibra óptica respecto a otros medios físicos son las siguientes [MAR2009]:

- Ancho de banda: Las fibras ópticas podrían llegar hasta alrededor de 1 THz aunque este rango no es usado en nuestros días. Su ancho de banda excede ampliamente al de los cables de cobre.
- Bajas pérdidas: Las pérdidas para el caso de fibra óptica no se verá afectado con la frecuencia como sucede en el caso de los cables de cobre. La baja atenuación ocasiona una mayor distancia entre repetidores (más de 100 Km.).
- Inmunidad electromagnética: La fibra no irradia y no es sensible a las radiaciones electromagnéticas.
- Confidencialidad: Es muy complicado intervenir una fibra. Es muy seguro como medio de transmisión ya que no puede captarse lo que se transmite mediante antenas al no irradiarse energía electromagnética.
- Seguridad: Es apta para ser utilizada en ambientes peligrosos. Dado que no es conductor no presenta peligro de descargas eléctricas.
- Bajo Peso: Pesa considerablemente menos que los cables de cobre. Algunas desventajas de usar fibra óptica serían [MAR2009]:
 - Sólo se podrá instalar en zonas donde ya está provista la red de fibra óptica.
 - El costo de la conexión de fibra óptica es elevada ya que no se cobra por utilización sino por transmisión de información al ordenador que se mide en MB.

- El costo de instalación de fibra óptica es elevado.
- La fibra óptica es muy frágil.
- Los conectores que se usan son de disponibilidad limitada.
- Los cables de fibra roto son difíciles de ser reparados.

2.2.5.3 Mediante radio enlaces IP

Con el desarrollo de las tecnologías de comunicaciones inalámbricas que se han ido desarrollando durante los últimos años y dado el uso de bandas libres tanto en banda de 2.4 GHz y de 5.8 GHz se permite ofrecer fáciles soluciones basados en radio enlaces IP punto a punto. Los radio enlaces IP punto a punto sirven para cubrir distancias grandes para operación de determinados codificadores de audio y video en función de las necesidades de transporte de señal que el cliente necesite [ICC2011].

Opcionalmente para hacer un buen uso del rendimiento de radiofrecuencia y para el ahorro de energía eléctrico se puede utilizar alimentación a través de un PoE, es decir, alimentación a través de la línea Ethernet [ICC2011].

Este tipo de radio enlaces suele usarse para enviarse voz, datos e internet desde un centro emisor hacia un centro remoto el cual recibirá las señales con la información requerida. Dado que por una sola unidad de Radiofrecuencia se puede enviar varias señales a la vez; entonces, será un producto muy útil para ser aplicado por muchos proveedores de servicios de internet así como por proveedores de líneas telefónicas [ICC2011].

Entre las principales ventajas de los radios enlaces IP se puede mencionar los siguientes [ICC2011]:

- Transmisión 100% Digital
- Multicanal y multidispositivo, un mismo enlace se puede utilizar para transportar múltiples canales de audio y voz independientemente.
- Facilidad de instalación y ajuste.
- Buena directividad de antenas para evitar interferencias con otros servicios.
- Cubre distancias mayores de 25 Km.
- Tiene un bajo costo de instalación y mantenimiento
- Trabaja en bandas libres
- Optimiza la utilización del espectro radioeléctrico
- No requiere de mucho consumo eléctrico

2.2.5.4 Basada en tecnología HF y VHF

La tecnología HF y VHF es ampliamente usada en comunicaciones de voz semidúplex pero también puede ser usada para comunicaciones de datos. Esta tecnología ha sido usada por EHAS para las algunas redes de telemedicina que se hicieron para comunidades rurales dado su velocidad, calidad, robustez y sobre todo por el bajo costo del equipamiento. Otra de las ventajas es que esta tecnología no necesita línea de vista entre equipos terminales y es factible las comunicaciones sin importar demasiado lejanía y condiciones topográficas. Los servicios que se pueden brindar con tecnología VHF y HF serán explicados a continuación [EHA2011].

Servicios de voz. Las bandas en las que se trabajan son 30 – 3000 MHz. Usar esta tecnología resulta fiable para comunicación de zonas de

cobertura de corta y media distancia que no tienen visibilidad directa. En la banda VHF es posible conectar estaciones con una buena calidad de voz en un radio aproximado de 50 km. (esto depende de la zona). Esta banda presenta una gran estabilidad debido a que no es dependiente de las condiciones ambientales o del instante del día. En la banda HF (3 – 30 MHz) permite comunicaciones de larga y muy larga distancia gracias al fenómeno denominado propagación ionosférica. Dicha propagación consiste en reflexión de señales de radiofrecuencia en las capas altas de la atmósfera (situada a unos 250 km. de altitud).

El principal defecto de HF es la baja calidad de transmisión ya que dichas señales están expuestas a diversos efectos de distorsión como absorción atmosférica, elevado ruido, multicamino, etc. Además, las transmisiones son muy dependientes del momento del día, estación del año, actividad de manchas solares, tormentas ionosféricas, entre otros factores medio ambientales que podrán hacer que la señal no se transmita con atenuaciones e interferencias en esta banda [EHA2011].

Servicios de datos. La transmisión de datos será un complemento valioso a la comunicación de voz ya que se aprovechan los mismos equipos usados para voz. Las estaciones clientes están equipadas por una PC de usuario, un router radio independiente, conectado por red ethernet, encargado del interfaz entre PC y radio transceptor. Las velocidades que se pueden transmitir a través de un canal de radio son relativamente bajas (9.6 Kbps para VHF y 2.5 Kbps para HF) pero esta velocidad será suficiente para transmitir

correo electrónico, acceder a páginas web e incluso mensajería instantánea. Tanto en VHF como en HF, la topología más habitual de las redes EHAS es la centralizada en la que varios clientes se conectan a un solo servidor que tiene salida a Internet [EHA2011].

Pasarela a la Red Telefónica Conmutada (RTC). La solución tradicional usada para acceso a la línea telefónica desde estaciones de radio es el uso de un dispositivo hardware llamado phonepatch. Mediante este dispositivo, un usuario de la radio puede a través de micrófonos con teclado DTMF realizar y recibir llamadas dentro de la red telefónica. Sin embargo, también se podría usar telefonía por internet (VoIP: Voz sobre IP) cuyo uso está en expansión. Para trabajar con Asterisk (centralita telefónica software más popular actualmente) en el proyecto EHAS se desarrolló un phonepatch software. Este phonepatch para Asterisk es totalmente configurable y compatible con transceptores que trabajan tanto en HF como VHF. El esquema de red será parecido al de transmisión de datos con un servidor en un punto central conectado a Internet (VoIP) o RTC, y este es usado como estación de enlace para comunicación con otros clientes. De esta manera, se puede realizar y recibir llamadas a través de la red EHAS con teléfonos IP (sin costo) y a través de la red análoga (llamadas salientes, usando tarjetas prepago para no complicar el sistema de tarificación usado) [EHA2011].

Limitaciones

- La comunicación de datos resulta siendo demasiado lenta limitando en muchos casos los servicios a los que se puedan acceder ya que por ejemplo no puede producirse comunicación de voz y datos a la misma vez.
- Los equipos para transmisión consumen mucha energía eléctrica, lo cual aumenta costos de instalación y reduce el tiempo que está disponible el enlace durante el día.
- La voz semi-dúplex será difícil de ser adaptada a la red telefónica y se necesitará operar en frecuencias licenciadas lo cual implica mayores costos y todo un trámite adicional algo engorroso.

2.2.6 Red de comunicación elegida para la red de telemedicina

Para el proyecto de red de telemedicina en la Micro Red de Capachica, se analizaron cuatro diferentes casos. En primer lugar, se descartó el uso de PLC dado que los equipos que trabajan en la central eléctrica son demasiados caros; además, se estaría dependiendo del sistema de red eléctrica que usualmente falla ante grandes tormentas y descargas eléctricas lo que es usual en el clima donde se desarrolla el proyecto. En segundo lugar, se descarta el uso de fibra óptica dado que su implementación y tendido implica un costo demasiado caro, pese a que es la mejor opción en cuanto a velocidad y manejo de pérdidas, etc. resulta siendo demasiado cara para el proyecto a desarrollar que busca ahorro de costos. En tercer lugar, entre las redes de VHF y los radio enlaces IP, se escoge la segunda alternativa dado básicamente por el hecho de que en los radio enlaces IP se pueden transportar tanto voz como datos además que pueden cursar un gran tráfico y esta es una característica muy importante y diferenciadora ya que en radio enlaces VHF solo se puede

transportar o bien voz o datos; además, los radio enlaces IP son muy fáciles de implementar y no demandan un gran costo en cuanto equipos y despliegue de los mismos; por lo tanto, se usará un radio enlace IP para comunicar los establecimientos de salud de la Micro Red de Capachica con el hospital Manuel Núñez Butrón que será el centro remoto a donde se enviarán los datos y donde se encontrarán los médicos especialistas que atenderán las diversas enfermedades que se den en los establecimientos de salud avocándose sobre todo en problemas de infecciones de vías respiratorias.

2.2.6.1 Factores a tomar en cuenta para planificación de un radioenlace.

Naturaleza de la información a transmitir, ya sea datos, voz o imágenes, señales de control etc. Ya que debe ser capaz de transmitir la información con los niveles de servicios requeridos. [EMEZA2007]

- **Evaluación de las necesidades del proyecto;** se debe tomar en cuenta si el medio satisface los todas las necesidades y requerimientos.
- **Elección de la mejor ruta;** para ello se deben tomar en cuenta las limitaciones de distancias, puntos de interferencias electromagnéticas, canalizaciones internas y externas, las necesidad de usar repetidoras. [EMEZA2007]
- **Elección de la frecuencia.** El espectro radio radioeléctrico es un recurso que debe ser bien administrado por eso existen regulaciones que dividen el espectro según el consejo consultivo de internacional de comunicaciones de radio CCIR 1953 a su vez cada división tiene sus usos específicos, dados por las recomendaciones de la IEEE y la UIT y se muestran mediante el siguiente cuadro.

TABLA N° 2: Bandas de frecuencia IEEE-UIT
Fuente: [EMEZA2007]

Banda	Nombre	Frecuencia	Longitud de Onda	Aplicaciones
ELF	Extremate low Frecuency	30 – 300Hz	10 -1 Mm	
ULF	Ultra low Frcuency	300 – 3000Hz	1 – 0.1 Mm	
VLF	Very low Frcuency	3 – 30 KHz	100 – 10 Km	Navegacion, Sonar
LF	Low Frecuency	30 – 300KHz	10 – 1 Km	Navegacio, balizas
MF	Medium Frecuency	300 – 3000 KHz	1 – 0.1 Km	Radio difusión AM
HF	High frecueny	3 – 30 MHz	100 – 10 m	Telefonía, aficionados
VHF	Very High Frcuency	30 – 300 MHz	10 – 1 m	TV, FM, móviles
UHF	Ultra High Frecuency	300 – 3000 MHz	100 – 10 cm	TV, móviles
SHF	Supra High Frecuency	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	Radioenlaces, Satélites
EHF	Extrme High Frecuency	30 – 300 GHz	10 – 1 mm	Radioenlaces, Satélites
	Decimilimetricas	300 – 3000 GHz	1 – 0.1 mm	Experimentación

- **Trazado de perfiles;** se realizan usando plano y mapas con las diferentes alturas del terreno. Una vez determinados los extremos del enlace se toman las distancias de los picos más predominantes y se toma en consideración la curvatura terrestre por medio del parámetro K. Para considerar las zonas de despeje, se debe tomar en cuenta los criterios de despeje de Fresnell.

La determinación de la zona de Fresnell es muy importante así como determinar la línea de vista del enlace. La primera zona de Fresnell contribuye a la propagación de la onda, mientras que la segunda posee el efecto contrario. Se debe cumplir una obstrucción máxima del 40% de la primera zona, pero la máxima recomendada es 20 %. Si se toma en cuenta la curvatura ficticia de la tierra de $K=4/3$ se debe considerar un 100% de despeje.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnell es:

$$Rn = \sqrt{\frac{\lambda * n * d_1 * d_2}{d_1 + d_2}} \quad \text{Ec 2.1}$$

$$d_1, d_2 \gg Rn$$

Dónde:

R_n : radio de la enésima zona fresnell

n : Numero de la zona a la cual pertenece el radio a calcular

λ : longitud de Onda

d_1 : distancia del transmisor al plano o al obstáculo

d_2 : distancia del receptor al plano

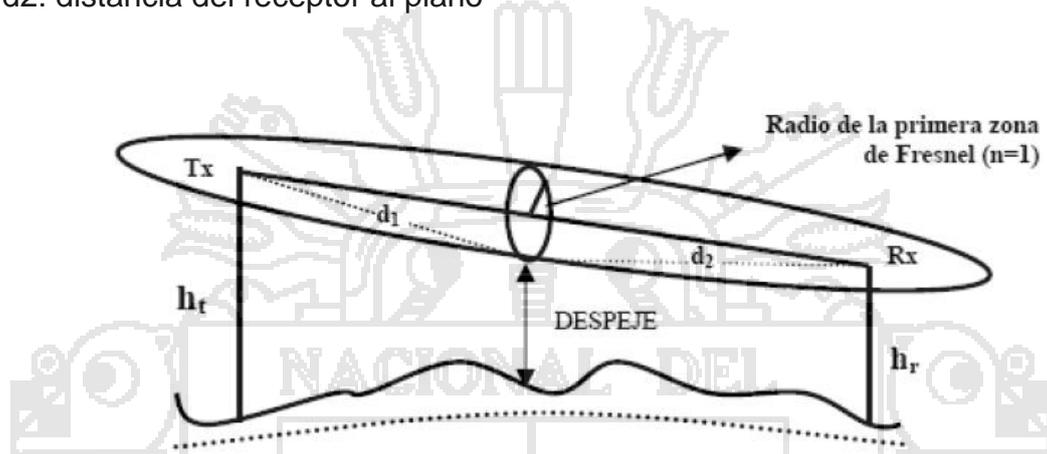


FIGURA N° 3: Zona Fresnel
Fuente: [EMEZA2007]

2.2.6.2 Evaluación de radio enlace

Para el caso de radioenlace se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas dadas anteriormente; además, tener en cuenta que el sistema tiene como nodo principal el centro de Salud de Capachica y tiene como lugar remoto al Hospital Regional Manuel Muñes Butrón de la ciudad de Puno que es donde se pondrá un ambiente especial dese donde los especialistas se comunicarán con el médico principal y enfermeros de los establecimientos de salud.

Potencia recibida en condiciones de espacio libre: La atenuación en espacio libre se debe a las expansiones de las ondas electromagnéticas en el

espacio y al tamaño físico de las antenas. Los medios naturales introducen otras atenuaciones u otras pérdidas que deben añadirse para la debida al espacio libre, para poder modelar el medio a estudiar. Se tiene entonces que la potencia recibida en condiciones de espacio libre mediante la expresión:

$$Pr = Pt - A_T \quad \text{Ec 2.2}$$

Donde P_t es la potencia del transmisor y A_t son las atenuaciones totales que sufre la señal.

Atenuación de espacio libre: para determinar las pérdidas por propagación en espacio libre, se supone un medio isótropo, homogéneo e ilimitado transmitiendo a una potencia P_t a través de una antena transmisora y una receptora con ganancia G_t y G_r respectivamente se define la fórmula de Friis como, [EMEZA2007]

$$A_{el}(dB) = 20 * \log D(Km) + 20 * \log f(MHz) + 32.45 \quad \text{Ec 2.3}$$

Esta fórmula es solo aplicable en campo lejano, es decir cuando $d \gg \frac{2D^2}{\lambda}$

donde D es el diámetro de la antena y λ es la longitud de onda.

Atenuación por absorción atmosférica: la presencia de gases y vapor de agua producen un efecto de absorción de energía de las ondas electromagnéticas, al entrar en resonancia con ciertas moléculas a determinadas frecuencias, produciendo atenuaciones que pueden llegar a ser

considerables. La ecuación que define a la absorción debida a los gases en enlaces terrenos es la siguiente: [EMEZA2007]

$$A_{atm}(dB) = \gamma_a(dB/Km) * d(Km) \quad \text{Ec 2.4}$$

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w \quad \text{Ec 2.5}$$

Donde γ_a es la suma de la atenuación específica del oxígeno γ_o y del vapor de agua γ_w

Atenuación por lluvia: Las partículas de agua contribuyen a las pérdidas de niveles de potencia de una onda electromagnética.

Según la recomendación de la UIT-R P.838-3 el modelo para determinar la atenuación específica debida a las precipitaciones se obtiene de las siguientes expresiones: [EMEZA2007]

$$A(R) = \gamma(R, f) * L_{efc} \quad \text{Ec 2.6}$$

$$L_{efc} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}} \quad \text{Ec 2.7}$$

Dónde:

$$d_0 = 35 * e^{-0.015 * R} \quad \text{Ec 2.8}$$

$$\gamma(R, f) = K * R^\alpha \quad \text{Ec 2.9}$$

Donde se debe tener la intensidad de lluvia R (mm/h) ocurrida durante diferentes porcentajes de tiempo (0.01%) de un año medio y los valores de las constantes α y k , obtenidas por medio de la Tabla N° 3.

TABLA N° 3: Valores de las constantes α y k por frecuencia.
Fuente: [EMEZA2007]

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0.0000259	0.9691	0.0000308	0.8592
1.5	0.0000443	1.0185	0.0000574	0.8957
2	0.0000847	1.1664	0.0000998	0.9490
2.5	0.0001321	1.1209	0.0001464	1.0085
3	0.0001390	1.2322	0.0001942	1.0688
3.5	0.0001155	1.4189	0.0002346	1.1387
4	0.0001071	1.6009	0.0002461	1.2476
4.5	0.0001340	1.6948	0.0002347	1.3987
5	0.0002162	1.6969	0.0002428	1.5317
5.5	0.0003909	1.6499	0.0003115	1.5882
6	0.0007056	1.5900	0.0004878	1.5728
7	0.001915	1.4810	0.001425	1.4745
8	0.004115	1.3905	0.003450	1.3797
9	0.007535	1.3155	0.006691	1.2895
10	0.01217	1.2571	0.01129	1.2156
11	0.01772	1.2140	0.01731	1.1617
12	0.02386	1.1825	0.02455	1.1216

Margen de desvanecimiento Plano (flat fade margin): Es la diferencia entre la potencia recibida en espacio libre y la sensibilidad del receptor. Mientras mayor sea este valor se asegura que la comunicación no será interrumpida.

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer "bits lógicos" y alcanzar una cierta tasa de bits.

Una diferencia de 10dB aquí (que se puede encontrar fácilmente entre diferentes tarjetas) es tan importante como 10 dB de ganancia que pueden ser obtenidos con el uso de amplificadores o antenas más grandes. Nótese que la sensibilidad depende de la tasa de transmisión.

TABLA N° 4: Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red inalámbrica.

Fuente: [WILAC.NET2007]

Tarjeta	11 Mbps	5.5 Mbps	2 Mbps	1 Mbps
Orinoco cards PCMCIA Silver/Gold	-82 dBm	-87 dBm	-91 dBm	-94 dBm
Senao 802.11b card	-89	-91	-93	-95

El margen de desvanecimiento se obtiene de la siguiente expresión:

$$M_d = P_{rel} - S_B \quad \text{Ec 2.10}$$

Indisponibilidad y confiabilidad de un enlace: La indisponibilidad son las interrupciones o el comportamiento degradado durante un tiempo mayor que un valor de referencia, dependiendo del enlace en cuestión. Para un enlace la indisponibilidad no debe superar al 0.3% en un año. La confiabilidad es el parámetro inverso a la indisponibilidad,

Estos parámetros permiten predecir la eficiencia del enlace, para ello se seleccionó el método de Viganz Barnett, el cual es un procedimiento muy robusto para predecir el comportamiento de los enlaces, tomando en consideración las características del terreno, las condiciones climáticas y topográficas de la zona y el margen de desvanecimiento de los enlaces.

Los porcentajes de indisponibilidad (P) y confiabilidad (C) se determinan a través de las ecuaciones 2.10 y 2.11.

$$P(\%) = 6 \times 10^{-5} * a * b * f * d^3 * 10^{\frac{-Md}{10}} \quad \text{Ec 2.11}$$

Para que el enlace digital sea aceptable la indisponibilidad no debe superar 0.036%. [EMEZA2007]

$$C(\%) = 100 - P(\%) \quad \text{Ec 2.12}$$

Los valores de a y b se determinan según las características del terreno y el clima de la zona de acuerdo a la siguiente tabla.

TABLA N° 4: valores de los parámetros a y b.

Fuente: [EMEZA2007]

a =	4 Superficies muy húmedas, paso sobre agua
	1 Terreno poco rugoso
	1/4 Paso pro montañas, terreno rugoso o muy seco
b =	1/2 Áreas húmedas y calientes como golfos o costas
	1/4 Clima nórdico o temperatura natural
	1/8 Zona montañosa o clima seco

Dónde:

f = frecuencia en GHz

d = distancia del enlace en Km

Md = margen de desvanecimiento en dB

P(%) = porcentaje de Indisponibilidad

C(%) = porcentaje de confiabilidad Espacio Frecuencia

Disponibilidad: Según la recomendación de la UIT-R F.17031 la disponibilidad de un enlace debe cumplir los objetivos, determinados mediante la ecuación dada a continuación, válida para enlaces de corto alcance, menor a 50Km. Donde L es la distancia del enlace en Km. [EMEZA2007]

$$A = 1 - \left(B5 \frac{L_{enlace}}{L_R} + C5 \right) = 1 - \left(0 \frac{L}{2500} + 5 \times 10^{-4} \right) = 0.9995 \quad \text{Ec 2.13}$$

Esto corresponde a una disponibilidad de 99,95 % es decir una indisponibilidad de 263 min/año.

Para un tramo mayor a 50Km y menos a 250Km debe cumplir que:

$$A = 1 - \left(B6 \frac{L_{entlace}}{L_R} + C6 \right) = 1 - \left(0 \frac{L}{2500} + 4 \times 10^{-4} \right) = 0.9996 \quad \text{Ec 2.14}$$

2.2.7 Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en

Telecomunicaciones

La presente norma tiene por finalidad establecer los Límites Máximos Permisibles (LMP) de Radiaciones No Ionizantes (RNI) en Telecomunicaciones, su monitoreo, control y demás regulaciones para el efectivo cumplimiento de los límites que establece la presente norma.

La presente norma se aplicará en todo el territorio de la República del Perú y su cumplimiento es obligatorio por el Estado y las personas naturales y jurídicas, nacionales y extranjeras que realicen actividades de telecomunicaciones utilizando espectro radioeléctrico y, cuya emisión de Campos Electromagnéticos (EMF), de sus equipos de telecomunicaciones, se encuentre entre las frecuencias de 9 kHz a 300 GHz.

Para efectos de la aplicación del presente artículo se entenderá como actividades de telecomunicaciones la instalación, operación, importación, fabricación, distribución, comercialización y venta de equipos de telecomunicaciones. [MTC2003]

2.2.7.1 Aprobación de Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones

Apruébese y adóptese como Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones, los valores establecidos como niveles de referencia por la Comisión Internacional de Protección en Radiaciones No Ionizantes - ICNIRP, tal como se muestran en las tablas siguientes: [MTC2003]

TABLA N° 6: Para exposición ocupacional.
Fuente: [MTC2003]

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
9 – 65 KHz	610	24.4	-
0,065 – 1 MHz	610	1,6/f	-
1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	-
10 – 400 MHz	61	0,16	10
400 – 2000 MHz	$3f^{0.5}$	$0,008f^{0.5}$	f/40
2 – 300 GHz	137	0,36	50

TABLA N° 7: Para exposición poblacional.
Fuente: [MTC2003]

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
9 – 150 KHz	87	4	-
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	-
1 – 10 MHz	$87/f^{0.5}$	0,73/f	-
10 – 400 MHz	28	0,073	2
400 – 2000 MHz	$1,375f^{0.5}$	$0,0037f^{0.5}$	f/200
2 – 300 GHz	61	0,16	10

- El valor de la frecuencia “f debe estar en las unidades que se indican en la columna de rango de frecuencias.

- Los límites de exposición establecidos se refieren a las medias temporales y espaciales de las magnitudes indicadas.
- Para las frecuencias entre 100 KHz y 10 GHz el período de tiempo a ser utilizado para el cálculo es de 6 minutos.
- Para las frecuencias superiores a 10 GHz, el período de tiempo a ser utilizado para el cálculo es de $68 / f^{0.5}$ minutos. (f en GHz)

Los valores adoptados se expresan, para todos los efectos y en aplicación de la presente norma, conforme a las magnitudes físicas establecidas en el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú - SLUMP, descritos en la tabla adjunta. [MTC2003]

TABLA N° 8: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.
Fuente: [MTC2003]

Magnitud Física	Unidad de Medida	
	Designación o Denominación	Símbolo Internacional
Intensidad de Campo Magnético	Amperio por Metro	A/m
Intensidad de Campo Eléctrico	Voltio por Metro	V/m
Densidad de Potencia	Vatio por Metro Cuadrado	W/m ²

2.3 Aspectos técnicos de los servicios de Telemedicina seleccionados

2.3.1 Tele-Dermatología

La Tele-Dermatología refiere a la práctica de la dermatología a distancia. Permite interactuar al personal médico con médicos de la especialidad de Dermatología para evitar traslados o referencias que podrían ser resueltas en la Estación Periférica. Al basarse el diagnóstico principalmente en imágenes hace que la consulta mediante almacenamiento/envío sea una manera muy

efectiva para otorgar una sugerencia diagnóstica y terapéutica a distancia. Este sistema permite la interpretación especializada de las imágenes mediante la digitalización y transferencia de los datos sin necesidad del traslado del paciente al Centro de Referencia.

2.3.1.1 Componentes esenciales en Tele-dermatología

Historia Clínica: Es un elemento principal para llegar al diagnóstico de un paciente. En ella se reflejan los antecedentes y hábitos que pudieran estar incidiendo sobre el estado de salud de éste.

Imágenes: Un diagnóstico puede verse afectado cuando las imágenes que han sido enviadas son inadecuadas. No existe un estándar que determine una técnica fotográfica para imágenes médicas. Un diagnóstico requiere de una visión general acerca de la distribución-localización de las lesiones en la piel.

Adquisición de imágenes: Se deben contemplar los siguientes aspectos:

- **Resolución Espacial:** Para los dispositivos digitales de Tele dermatología, se debe contar con un mínimo de 75 ppi. Para los equipos de videoconferencia, la resolución espacial deberá ser de 2 CIF [704x240 NTSC; 704 x 288 PAL].
- **Cámaras digitales, dermatoscopios y cámaras de video:** Cuando se realiza una tele-consulta en tiempo real, deberá dedicarse una cámara de examen exclusivamente para el paciente, la cámara del equipo de videoconferencia se utilizará para captar el panorama general en la sala

remota, de este modo se podrán realizar los acercamientos necesarios que el médico especialista necesite.

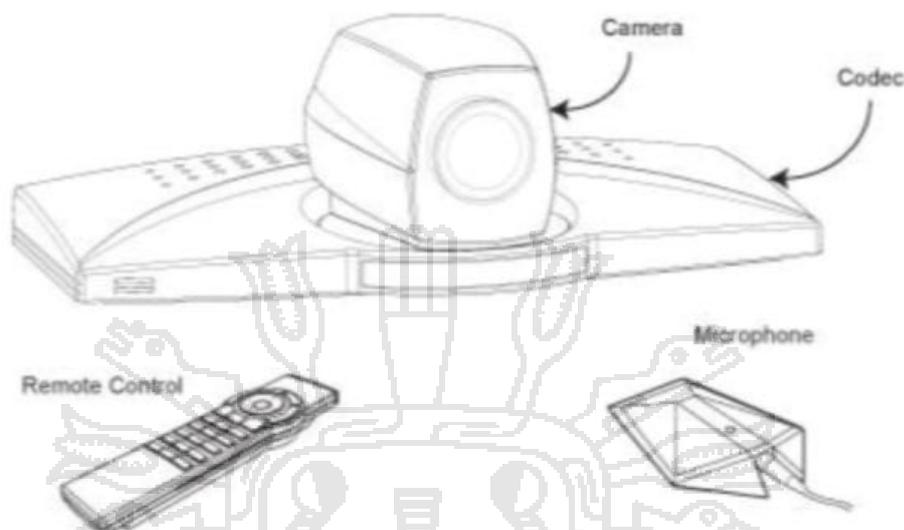


FIGURA N° 4: Equipo de videoconferencia usado en Tele-Dermatología
Fuente: Tele dermatología [CAS2004]

2.3.1.2 Aspectos técnicos

En el caso del servicio de Tele-Dermatología nos guiaremos de aquellas recomendaciones que sugieren entidades como La Academia Americana de Dermatología para ofrecer un óptimo servicio. Aquellos aspectos técnicos se resumen en la Tabla N° 9. Podemos observar que los valores más importantes son aquellos referentes a la capacidad de transmisión y ancho de banda.

TABLA N° 9: Aspectos Técnicos para Tele-Dermatología
Fuente: Tele dermatología [PER2005]

	Recomendaciones	Observaciones
Transmisión y Ancho de Banda	512 Kbps mínimo para una resolución de 800x600 pixeles	Válidos para el caso de transmisión de imágenes en tiempo real a través de videoconferencia
Latencia	100 milisegundos	Inducida en el proceso de codificación y decodificación de los equipos de videoconferencia
Jitter	Emplear equipos de videoconferencia con buffers de memoria temporal	Inducida en los equipos de red cuando los paquetes transmitidos cambian su recorrido
Políticas de seguridad	Emplear Firewalls, NIDS en los segmentos críticos de la red de Telemedicina	Debe evitarse la instalación de equipos de videoconferencia detrás de dispositivos NAT, pues presenta conflicto con la norma H.323

2.3.2. Tele-Cardiología

La consulta de Tele-cardiología comprenderá la Estación Periférica de Telemedicina, donde se encontrará el paciente y el médico de atención primaria. En ese lugar se adquiere las señales e imágenes con el equipo adecuado y se envían por la Red de Telemedicina a la Estación Local donde se encuentra el médico cardiólogo. Una vez recibida la información, ésta se despliega en pantalla para poder examinarla y emitir una opinión diagnóstica, para luego sugerir el tratamiento especializado más conveniente. El médico de la Estación Periférica seleccionado para colaborar con el servicio de Telemedicina, en este caso Tele-cardiología, deberá ser entrenado en el manejo básico de los equipos informáticos y equipos médicos. Así mismo, se deberá contar con una dirección de correo electrónico y se le adiestrará en el envío de paquetes de información que contengan la Historia Clínica, el ECG y la Radiografía de Tórax.

2.3.2.1. Aspectos técnicos

En la Tabla N° 10 se presentan aquellas recomendaciones que se deben contemplar para ofrecer el servicio de Tele-Cardiología:

TABLA N° 10: Aspectos Técnicos para Tele-Cardiología
Fuente: Tele cardiología [BEL2002]

	Recomendaciones	Observaciones
Transmisión y Ancho de Banda	256 Kbps mínimo para una resolución de 800x600 pixeles	El peso de la información por análisis no requiere de altas tasas de transmisión
Latencia y Jitter		Siendo un servicio del tipo Store & Forward la latencia es un valor que no presenta un inconveniente a tomar en cuenta
Políticas de Seguridad	Emplear Firewalls, NIDS en los segmentos críticos de la red de Telemedicina	No presenta problemas con el NAT por utilizar protocolos en la capa de transporte (TCP) que utilizan asignación estática de puertos.

2.3.3. Tele-Radiología

La Tele-Radiología se define como la transmisión electrónica de imágenes radiológicas desde un lugar a otro, con propósitos de diagnóstico, interpretación o consulta. Mediante este sistema, se pueden enviar imágenes entre el Centro de Consulta y el Centro de Referencia. En tal escenario, ésta tecnología nos servirá para el envío de imágenes radiológicas desde un punto con alta marginación (difícil acceso a los servicios de salud).

2.3.3.1 Componentes del Sistema de Tele-Radiología

La plataforma básica para la implementación de una subred de Tele-Radiología, depende del condicionamiento y complejidad del servicio que se quiere prestar. Para el servicio de Tele-Radiología se están contemplando los siguientes criterios:

- La integración digital de la imagen es factible.
- La forma de implantación debe cumplir con los estándares establecidos (DICOM para imágenes y HL7 para el intercambio de información de expedientes clínicos)

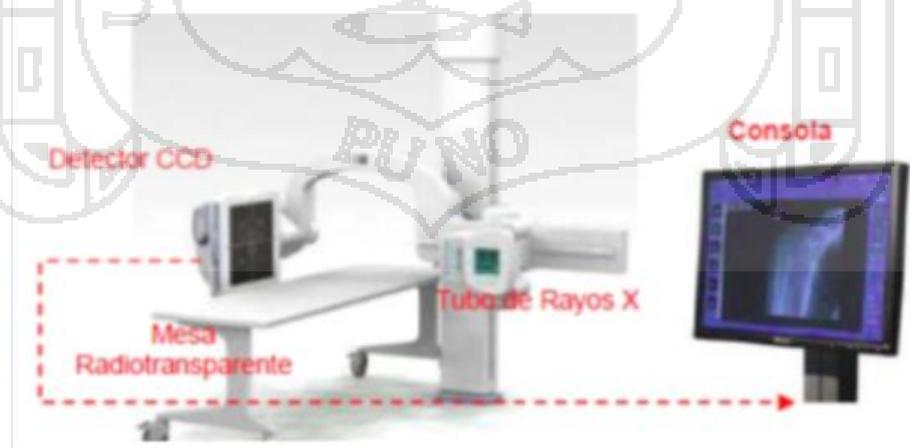


FIGURA N° 5: Equipo de radiología digital usado en Tele-Radiología
Fuente: Radiología Digital [TOR2009]

2.3.3.2 Aspectos técnicos

TABLA N° 11: Aspectos Técnicos para Tele-Radiología
Fuente: Radiología Digital [TOR2009]

	Recomendaciones	Observaciones
Transmisión y Ancho de Banda	256 Kbps mínimo para una resolución de 800x600 pixeles	El peso de la información por análisis no requiere de altas tasas de transmisión
Latencia y Jitter		Siendo un servicio del tipo Store & Forward la latencia es un valor que no presenta un inconveniente a tomar en cuenta
Políticas de Seguridad	Emplear Firewalls, evitar a toda costa el uso de Internet como núcleo de red	Se requieren conexiones cifradas y seguras para evitar el robo de información y análisis. Asimismo con el acceso a las Estaciones de Telemedicina.

2.4 Glosario en términos básicos.

ANTENA: Un dispositivo de radiación o receptor de energía de radiofrecuencia (RF).

ATENUACION: En telecomunicación, se denomina atenuación de una señal, sea esta acústica, eléctrica u óptica, a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar por cualquier medio de transmisión.

CAMPO ELECTRICO: La región que rodea una carga eléctrica, en el cual la magnitud y dirección de la fuerza sobre una carga de prueba hipotética está definida.

CAMPO ELECTROMAGNÉTICO: El movimiento de cargas eléctricas en un conductor (como la antena de una emisora de radio o TV) origina ondas de campo eléctrico y magnético (denominadas ondas electromagnéticas) que se propagan a través del espacio vacío a la velocidad c de la luz ($c = 300\ 000$ Km/s).

CAMPO MAGNÉTICO: Región de espacio que rodea una carga en movimiento, siendo definida en cualquier punto por la fuerza a la que estaría

expuesta otra hipotética carga en movimiento. Un campo magnético ejerce fuerza sobre partículas cargadas sólo si están en movimiento, y las partículas cargadas producen campos magnéticos sólo cuando están en movimiento.

DENSIDAD DE POTENCIA: La tasa de flujo de energía electromagnética por la unidad del área de superficie usualmente expresado en W/m^2 o mW/cm^2 o $\mu W/cm^2$.

FIBRA MONOMODO: Una fibra monomodo es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño (8,3 a 10 micrones) que sólo permite un modo de propagación. Su transmisión es paralela al eje de la fibra.

FIBRA MULTIMODO: Una fibra multimodo es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un modo o camino. Esto supone que no llegan todos a la vez. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, menores a 2 km, es simple de diseñar y económico.

GANANCIA DE ANTENA: El incremento en la potencia transmitida o recibida por una antena direccional cuando es comparado con una antena standard, la cual es usualmente una antena isotrópica ideal. La ganancia es una relación de potencias y podría ser expresado en decibeles (dB) o como un número adimensional.

LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE: Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido puede causar

daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente.

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA: La emisión o transferencia de energía a través del espacio en la forma de ondas electromagnéticas.

RADIACION NO IONIZANTE: Es la que no produce ionización en la materia. Cuando atraviesa los tejidos vivos, no tiene la suficiente energía para dañar el ADN en forma directa.

RADIO ENLACE IP: El desarrollo de las tecnologías de comunicación inalámbrica que ha habido durante los últimos tiempos así como la posibilidad de usar bandas no licenciadas en 5.4 GHz, nos permite ofrecer soluciones basadas en IP que operan a través de enlaces punto a punto. El Radio Enlace IP está compuesto por un enlace IP Punto a Punto que opera en banda 5,4 GHz, con las antenas adecuadas para cubrir la distancia de operación y un determinado número de codificadores de audio y vídeo en función de las necesidades de transporte de señal que necesite el cliente, pudiéndose elegir entre codificadores de audio, vídeo SD, HD solos o agrupados.

RED ALAMBRICA: Una red alámbrica de computadoras es un conjunto de equipos conectados por medio de cables, los cuales sirven para el transporte de datos, compartiendo información, recursos y servicios.

RED INALAMBRICA: Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina el cableado ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos.

RED TELEFONICA CONMUTADA: Se define como el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios para enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma. Se trata por tanto, de una red de telecomunicaciones conmutada.

TELEMEDICINA: Es la prestación de servicios médicos a distancia. Para su implantación se emplean tecnologías de la información y las comunicaciones. La telemedicina puede ser tan simple como dos profesionales de la salud discutiendo un caso por teléfono, hasta la utilización de avanzada tecnología en comunicaciones e informática para realizar consultas, diagnósticos o cirugías a distancia y en tiempo real. Y como servicio, puede beneficiar a todos los pacientes de un sistema sanitario, pero sobre todo a las personas mayores y los pacientes crónicos.

VELOCIDAD DE TRANSMISION: La velocidad de transmisión de datos mide el tiempo que tarda un host o un servidor en poner en la línea de transmisión el paquete de datos a enviar. El tiempo de transmisión se mide desde el instante en que se pone el primer bit en la línea hasta el último bit del paquete a transmitir. La unidad de medida en el Sistema Internacional (de estar contemplado en el mismo) sería en bits/segundo (b/s o también bps), o expresado en octetos o bytes (B/s)n ya que así puede hacer la transmisión de dato.

ZONA FRESNEL: Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda -electromagnética, acústica, etc.- y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180°.

2.6 Hipótesis de la investigación.

Hipótesis general:

Al diseñar una Red de Telemedicina para la Micro-Red del Distrito de Capachica de la Provincia de Puno se puede mejorar la atención de salud a los pacientes.

Hipótesis específicos:

1. Se puede diseñar de una red inalámbrica piloto para enlazar todos los puestos de salud de la Micro-Red Capachica.
2. Es posible demostrar la capacidad de mejora del sistema de atención a los pacientes del distrito de Capachica, a través del uso del servicio de videoconferencias, utilizado en la Telemedicina.



DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, pues consiste en el empleo práctico del conocimiento o teorías del software y la teoría de enrutamiento para resolver el problema de velocidad de videoconferencias en la red. Así también es diacrónica, pues se investiga problemas en una sucesión de momentos temporales a fin de conocer la evolución del comportamiento del problema en un periodo dado, que permita hacer inferencias, respecto al cambio y sus consecuencias.

3.1.1 Nivel de Investigación

La presente investigación es exploratoria, correlacional, descriptiva y explicativa.

Es exploratoria, porque se examina un tema o problema de investigación poco estudiado, como es el caso de la Telemedicina.

Es correlacional por que tiene como propósito medir el grado de relación entre las variables de las hipótesis planteadas; así como también es descriptiva, porque no se da la manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en la realidad, su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos.

Es explicativa, por que manipula la variable independiente para ver el efecto que provoca en la variable dependiente.

3.1.2 Diseño de Investigación

La Investigación es de tipo experimental, ya que es un tipo de investigación que usa la lógica y los principios encontrados en las ciencias naturales. Los experimentos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o en la vida real. Aquí se involucran un número relativamente pequeño de redes y su respuesta en parámetros bastante enfocados. Los experimentos son más efectivos para la investigación explicativa y frecuentemente están limitados a temas en los cuales se puede manipular la situación en la cual las redes se hallan.

3.2 Población

El presente proyecto se ha realizado en la Micro Red de Capachica que comprende el distrito de Capachica y la Isla Amantaní, pertenecientes a la provincia de Puno del departamento de Puno. Debido a que la población de los lugares mencionados es pequeña, tendremos una red definida y algunos de los parámetros más saltantes, se ha considerado todo el distrito como también la Isla, en consecuencia se toma a toda la población.

3.2.1 Población del distrito de Capachica

Según el último censo de población y vivienda del año del 2007, el distrito de Capachica contaba con una población total de 11, 387 habitantes de los cuales son 5, 655 varones (49.7 %) y 5, 732 mujeres (50.3 %). La población urbana está compuesto por 342 (3.0 %) habitantes y la población rural por 10, 695 habitantes (97.0 %). Pero según la información de la OFICINA

DE ESTADISTICA E INFORMATICA RED PUNO, en la actualidad Capachica cuenta con un total de 11,411 habitantes entre hombres y mujeres.

La densidad poblacional del distrito de Capachica es de 97 hab/Km².

UBICACIÓN

El distrito de Capachica se encuentra localizada en la Región Puno, provincia de Puno, Departamento de Puno a una altitud de 3,880 m.s.n.m. latitud sur 15° 38 30" y longitud oeste 69° 49 50" del meridiano de Greenwich. Se ubica a 62 kilómetros al nor-oeste de la ciudad de Puno. Juntamente con la península de Chuchito encierran el golfo de Puno. Capachica está conformado por 16 comunidades: Llachón, Yapura, Lago Azul, Ccollpa, Miraflores, Capano, Ccotos, Siale, Chillora, Isañura, Escallani, Toctoro, Hilata, San Cristóbal, Yancaco y Capachica (población); tiene aproximadamente 12 mil habitantes. Cuenta con una extensión aproximada de 117.06 km².

Límites del Distrito:

Norte: Distrito Pusi (Prov. de Huancané)

Sur: Lago Titicaca

Este: Lago Titicaca

Oeste: Distritos de Huata y Coata



FIGURA N° 6: Ubicación del distrito de Capachica
Fuente: Distrito de Capachica, 2005 [en línea]



FIGURA N° 7: Pobladores del distrito de Capachica
Fuente: Elaboración propia, 2014

3.2.2 Población de la Isla Amantani

La población estimada de la Isla Amantani es de 4,000 habitantes, según el último censo nacional del año 2007, realizado por el Instituto Nacional

de Estadística; sin embargo, existe el fenómeno de migración hacia las grandes ciudades: Lima, Arequipa, Ica, Puno, Cusco y otros. La migración que generalmente lo realizan los jóvenes por la falta de puestos de trabajo, cultura, educación superior y otros factores que son de vital importancia para la satisfacción del habitante isleño. Pasado un tiempo, retornan al lugar de origen con medios económicos, nuevos conocimientos y con comportamientos especiales, y algunas veces no retornan.

UBICACIÓN

La Isla Amantaní se halla en el majestuoso Lago Titicaca en la parte denominada Lago Mayor, actual distrito del mismo nombre, al norte de la Isla de Taquile, al Este de la Península de Capachica; se encuentra en la Provincia y Región Puno a 42 Km. Del Puerto Lacustre de Puno, a una altitud de 3,830 m.s.n.m.

Su ubicación aproximada es de 15°39'7" de latitud sur, y 69°43'05" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. El punto de altitud máxima es de 4,145 m.s.n.m.

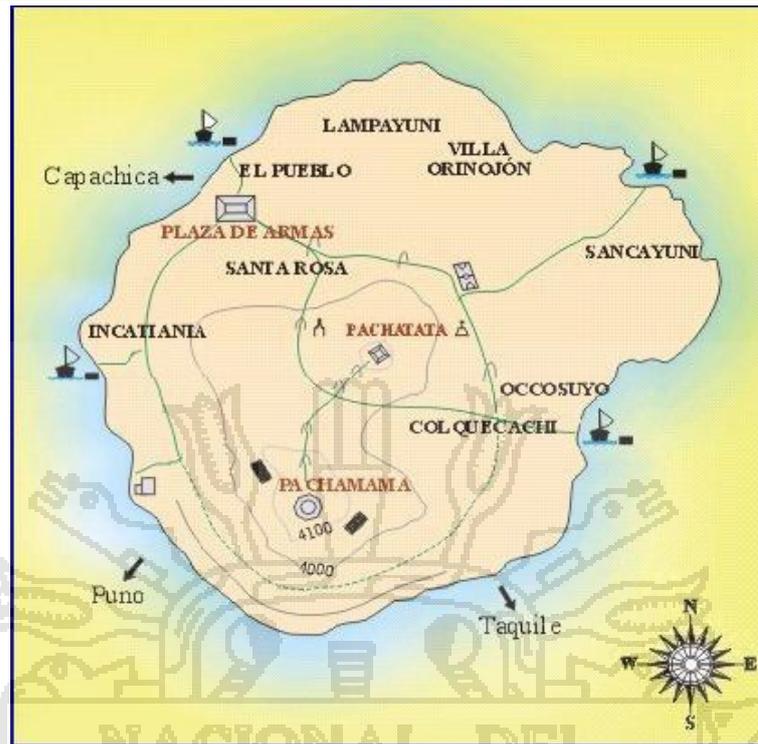


FIGURA N° 8: Ubicación de la Isla Amantani
Fuente: Isla Amanatani 2006 [en línea]



FIGURA N° 9: Pobladores de la Isla Amantani
Fuente: Elaboración propia, 2014

3.2.3 Muestra de la Investigación

TABLA N° 12: Población Total por edades Puntuales, grupos Quinquenales

Fuente: Oficina de estadística e informática red puno - EVG/cqc2014		TOTAL	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20-24	25-29	30-34	
DEPARTAMENTO / PROVINCIA DISTRITO																										
DIST. CAPACHICA		1411	184	179	176	175	175	176	179	182	185	189	193	197	200	201	200	201	202	199	192	183	809	819	717	
C.S. Capachica		5193	84	81	80	80	80	80	81	83	85	86	88	90	91	91	91	91	92	91	87	83	368	373	326	
P.S. Llachon		426	23	23	23	21	21	22	23	21	23	23	25	23	24	26	25	26	26	24	25	23	101	102	90	
P.S. Yapura		1198	19	19	18	19	19	18	19	20	19	20	20	21	21	20	21	22	21	21	20	19	85	86	75	
P.S. Escallani		970	16	15	15	15	15	16	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	16	16	69	70	61	
P.S. Isañura		426	23	22	22	22	21	22	22	23	23	24	24	25	26	25	25	24	25	25	24	23	101	102	90	
P.S. Ccotos		1198	19	19	18	18	19	18	19	20	19	20	20	21	21	22	21	21	21	21	20	19	85	86	75	
DIST. AMANTANI		4450	94	97	99	101	101	102	103	102	102	101	99	98	95	91	86	81	77	73	71	70	344	343	297	
C.S. Amantani		2705	57	59	60	61	61	63	63	62	62	61	60	60	58	55	52	49	47	44	43	43	209	208	181	
P.S. Taquile		1745	37	38	39	40	40	39	40	40	40	40	39	38	37	36	34	32	30	29	28	27	135	135	116	
35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80 y +	NACIMIENTOS	28 DÍAS DE NACIDO	POBLACION FEMENINA TOTAL	POBLACION FEMENINA													
													10-14A	15-19A	20-49A	BESTANTES ESPERADAS										
695	580	516	532	544	602	552	504	403	370	192	14	5686	476	445	2000	238										
316	264	235	242	248	274	251	229	183	169	87	6	2587	217	202	910	108										
87	72	64	66	68	76	69	63	52	46	24	2	711	60	56	250	30										
73	61	54	56	57	63	58	53	42	39	20	1	597	50	47	210	25										
59	49	44	45	46	51	47	43	34	31	16	1	483	40	38	170	20										
87	73	65	67	68	75	69	63	50	46	24	2	711	60	56	250	30										
73	61	54	56	57	63	58	53	42	39	20	1	597	50	47	210	25										
275	240	187	202	211	120	115	110	80	83	100	7	2278	211	219	899	123										
167	146	114	123	128	73	70	67	49	50	61	4	1385	128	133	546	75										
108	94	73	79	83	47	45	43	31	33	39	3	893	83	86	353	48										

3.3 Técnicas e Instrumentos

A) Técnicas

Las técnicas utilizadas fueron:

- La observación: es una técnica de recopilación de datos semi – primaria por la cual el investigador actúa sobre los hechos a veces con la ayuda de algunos instrumentos.
- La encuesta: se presenta al investigado, quien da respuesta a los problemas de investigación.

B) Instrumentos

Los instrumentos son:

- Guía de observación de campo: pasos que adopta el investigador a fin de hacer una buena estrategia para observar los hechos.
- Cuestionario: instrumento con el cual se recogen los datos que sirven para probar las hipótesis.

3.4 Plan de Recolección de Datos

Se siguieron los siguientes pasos para la recolección de datos:

- Obtención de datos de la población en la página del MINSA
- Encuestas realizadas a los encargados de los establecimientos de Salud

3.5 Plan de Procesamiento de Datos

Los datos de campo obtenidos acerca del diseño de una red de Telemedicina, van a ser analizados e interpretados a través del programa elaborado.

Los datos de las encuestas serán tabulados y elaborados en cuadros estadísticos y gráficos.

3.5.1 Entrevistas

Para conocer lo que podía aportar la red de Telemedicina en los establecimientos de salud, decidí entrevistar al personal encargado. Para eso empecé con los establecimientos de Salud de Capachica.

La entrevista que tuve con C.D. Fernando ZAVALA BANEGAS, Cirujano Dentista y Jefe de la Micro Red Capachica fue muy interesante. Inicialmente, me explicó un poco como era el organigrama del puesto y cuáles eran sus funciones. Me describió las enfermedades más comunes y cómo la población actuaba ante ellas.

El C.D. Fernando ZAVALA me explicó que los casos más dramáticos que había vivido en su estancia como médico en el Centro de Salud de Capachica, tenían siempre el mismo patrón: un paciente enfermo que acude al curandero, éste le retiene de 2 a 3 días para despojarle del mal y sanarlo y, cuando ya no puede hacer nada, lo deriva al puesto de salud donde, en el peor de los casos, ya no se puede hacer nada por él y muere.

Cuando le pregunté por el sistema de videoconferencia me dijo que era algo totalmente necesario. También, me aseguró que la falta de capacitación hace que cuando regresas a trabajar en una ciudad, tus conocimientos en muchos temas han quedado obsoletos. Incidió mucho en la falta de asesoría que había tenido. Muchas veces, decía, sabía cómo podía abordar un problema pero necesitaba que alguien con más experiencia le guiara para poder saber con exactitud que lo que estaba haciendo era lo correcto.

Me comentó que la única relación que tenía con médicos del hospital era estrictamente para avisar de la evacuación de un paciente, para ponerles en alerta y a la espera. Con toda esta información me fui a cada uno de los establecimientos de Salud de la Micro Red, para, primero ilustrar a través de videos sobre sistemas de telemedicina ya implementados en otros lugares a cada encargado de los establecimientos de salud y segundo, entrevistar a los encargados de dichos establecimientos y explicarles acerca del proyecto y el sistema de videoconferencia que iba a diseñar para mejorar la atención a los pacientes. Todos me explicaron los problemas que tienen en sus comunidades: el aislamiento que sufren, su falta de conocimientos en temas como obstetricia o problemas cardiovasculares y, el más importante, la falta de apoyo que reciben practicando su profesión, ya que todos son especialistas en diferentes especialidades campo de la salud.

Después de hablar con ellos vimos un sinnúmero de aplicaciones para nuestro sistema. Podía llegar a ser muy útil para asesorar a estos técnicos en enfermería, para que pudieran realizar todas las consultas que necesitaran y

para que los médicos, tanto en Capachica como en la ciudad de Puno, pudieran ver físicamente a sus pacientes e indicarles qué tratamiento podían seguir. Además, a través de la emisión de vídeos de capacitación o cursos de capacitación en tiempo real, no tendrían que desplazarse y dejar los establecimientos de salud sin presencia de personal sanitario.

De vuelta a la ciudad de Puno hable con los médicos y especialistas del Hospital. Se mostraron muy receptivos cuando les explicamos lo qué íbamos a desarrollar y nos aseguraron que era algo necesario y que estaban dispuestos a colaborar activamente en todo lo que fuera. Nos explicaron que, muchas veces, el traslado del paciente hacía que empeorara notablemente. Nos aseguraban que en la mayoría de casos, sólo con una simple explicación del tratamiento preventivo a seguir, se podían evitar las derivaciones o paliar los efectos que un traslado originaba en los pacientes. La falta de comunicación era, sin duda, uno de los problemas principales.

En un primer momento, existía el de que el personal médico del Hospital no se mostrara lo suficientemente interesado en el proyecto. Recordemos que ellos son los que deben recibir las consultas, lo que supone un esfuerzo más y una dedicación más al trabajo que realizan con sus propios pacientes. Desde el principio, sin embargo, se mostraron encantados y deseosos de colaborar. Me hicieron ver que el problema que tenían esas de la región de Puno no era algo que sintieran ajeno, sino que estaban, lamentablemente, acostumbrados a recibir a pacientes derivados que llegaban en condiciones muy malas. Me aseguraron que un sistema de videoconferencia iba a ser muy útil porque ellos

mismos iban a poder observar a los pacientes y realizar diagnósticos a distancia.

3.5.2 Resultados Obtenidos con respecto al Sistema de Telemedicina

Los resultados fueron obtenidos a partir de las encuestas a los representantes de cada establecimiento.

TABLA N° 13: Respuestas a la pregunta 1.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	7	77.78%
De acuerdo	2	22.22%
Desacuerdo	0	0%
Muy en desacuerdo	0	0%

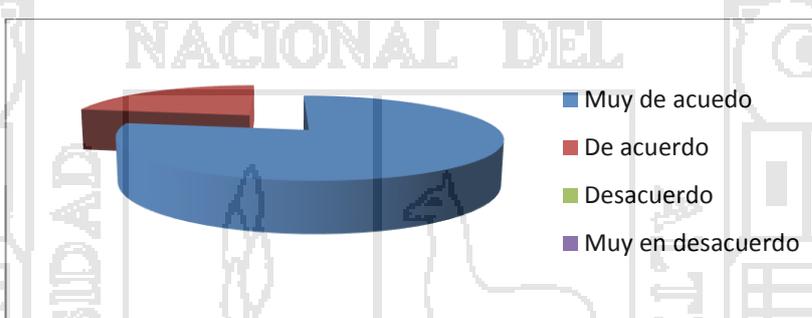


FIGURA N° 10: Respuestas a la pregunta 1.

TABLA N° 14: Respuestas a la pregunta 2.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	6	66.67%
De acuerdo	2	22.22%
Desacuerdo	1	11.11%
Muy en desacuerdo	0	0%

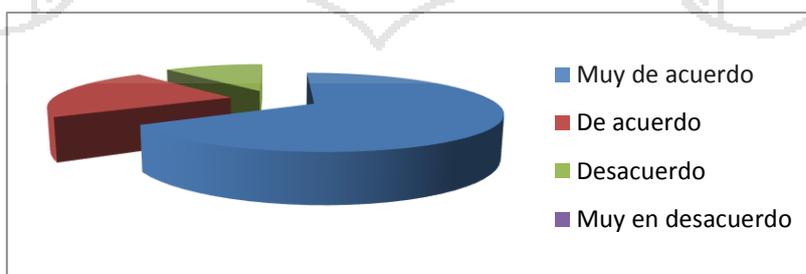


FIGURA N° 11: Respuestas a la pregunta 2.

TABLA N° 15: Respuestas a la pregunta 3.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	5	55.56%
De acuerdo	3	33.33%
Desacuerdo	1	11.11%
Muy de acuerdo	0	0%

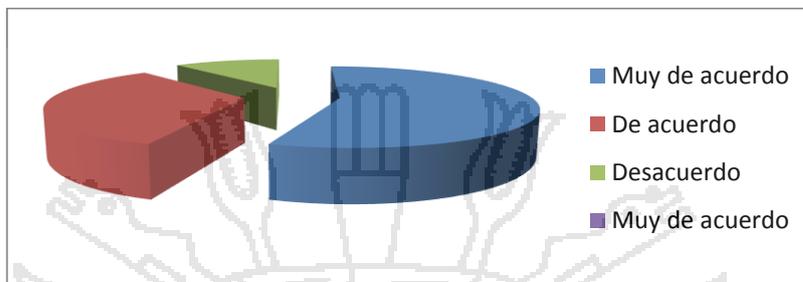


FIGURA N° 12: Respuestas a la pregunta 3.

TABLA N° 16: Respuestas a la pregunta 4.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	5	55.56%
De acuerdo	4	44.44%
Desacuerdo	0	0%
Muy en Desacuerdo	0	0%

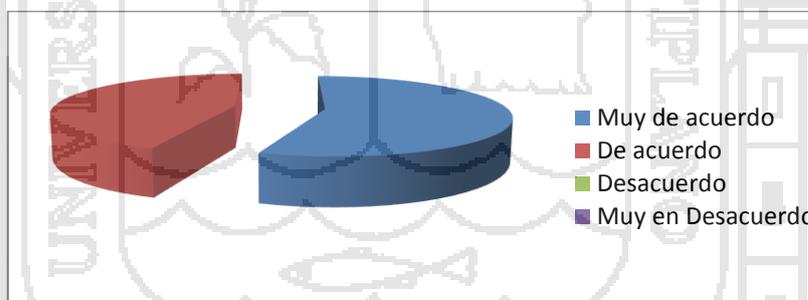


FIGURA N° 13: Respuestas a la pregunta 4.

TABLA N° 17: Respuestas a la pregunta 5.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	7	77.78%
De acuerdo	2	22.22%
Desacuerdo	0	0%
Muy en desacuerdo	0	0%

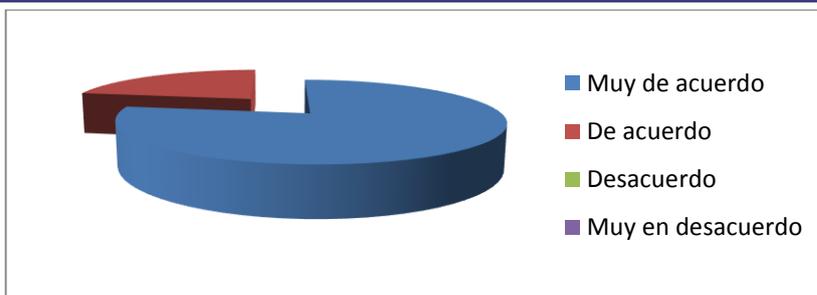


FIGURA N° 14: Respuestas a la pregunta 5.

TABLA N° 18: Respuestas a la pregunta 6.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	3	33.33%
De acuerdo	3	33.33%
Desacuerdo	2	22.22%
Muy de acuerdo	1	11.11%

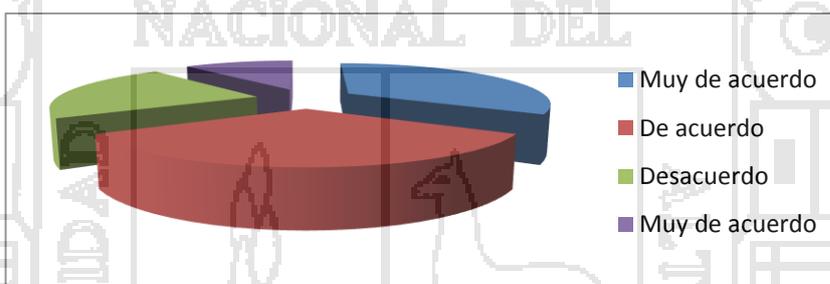


FIGURA N° 15: Respuestas a la pregunta 6.

TABLA N° 19: Respuestas a la pregunta 7.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	1	11.11%
De acuerdo	2	22.22%
Desacuerdo	5	55.56%
Muy en desacuerdo	1	11.11%

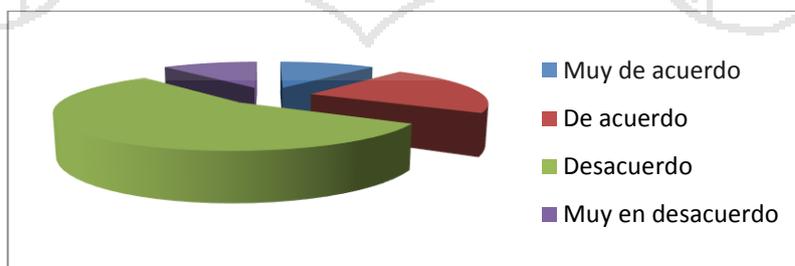


FIGURA N° 16: Respuestas a la pregunta 7.

TABLA N° 20: Respuestas a la pregunta 8.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	8	88.89%
De acuerdo	1	11.11%
Desacuerdo	0	0%
Muy en desacuerdo	0	0%

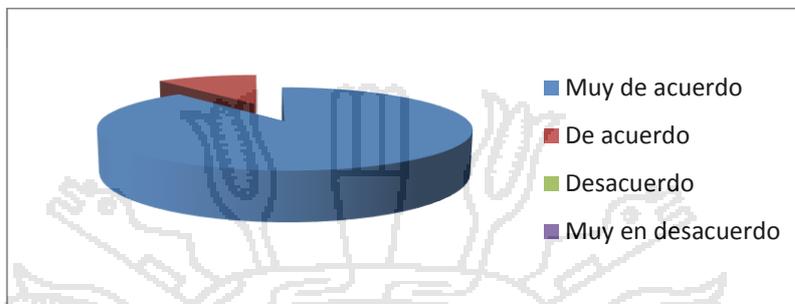


FIGURA N° 17: Respuestas a la pregunta 8.

TABLA N° 21: Respuestas a la pregunta 9.
Fuente: Elaboración propia

Muy de acuerdo	7	77.78%
De acuerdo	2	22.22%
Desacuerdo	0	0%
Muy en desacuerdo	0	0%

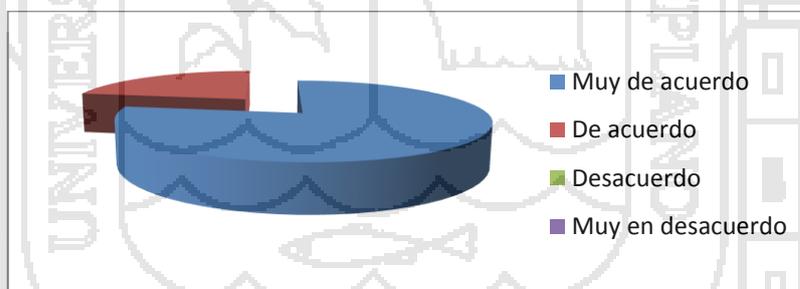


FIGURA N° 18: Respuestas a la pregunta 9.

3.6 Prueba de Hipótesis.

Se debe realizar la validación de las pruebas estadísticas a partir de las entrevistas:

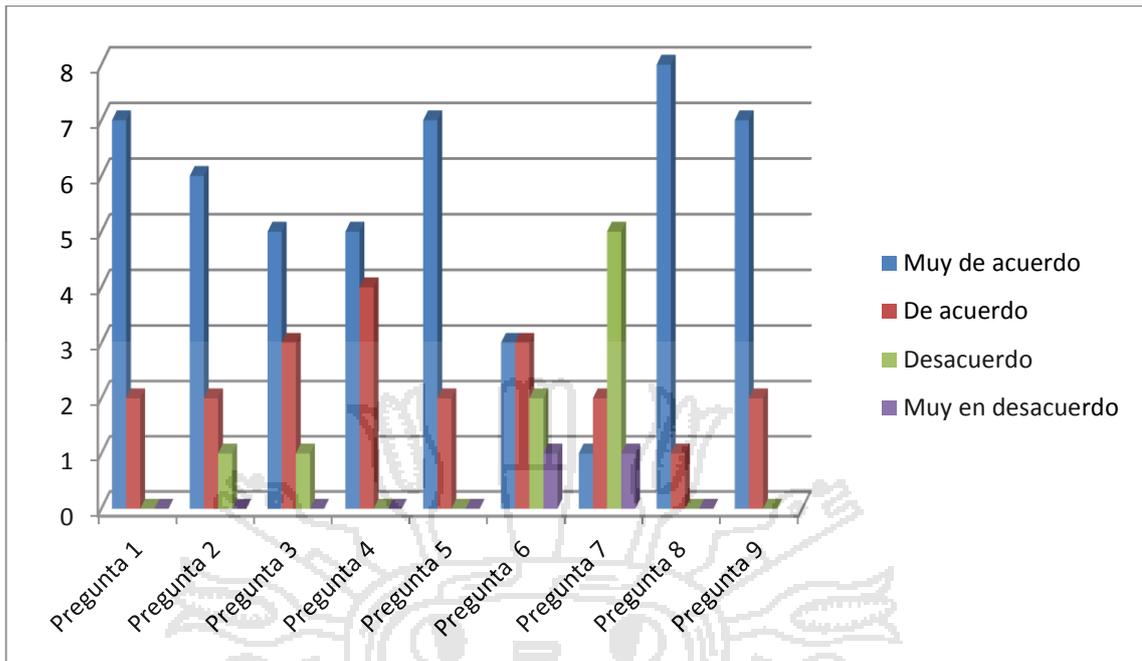
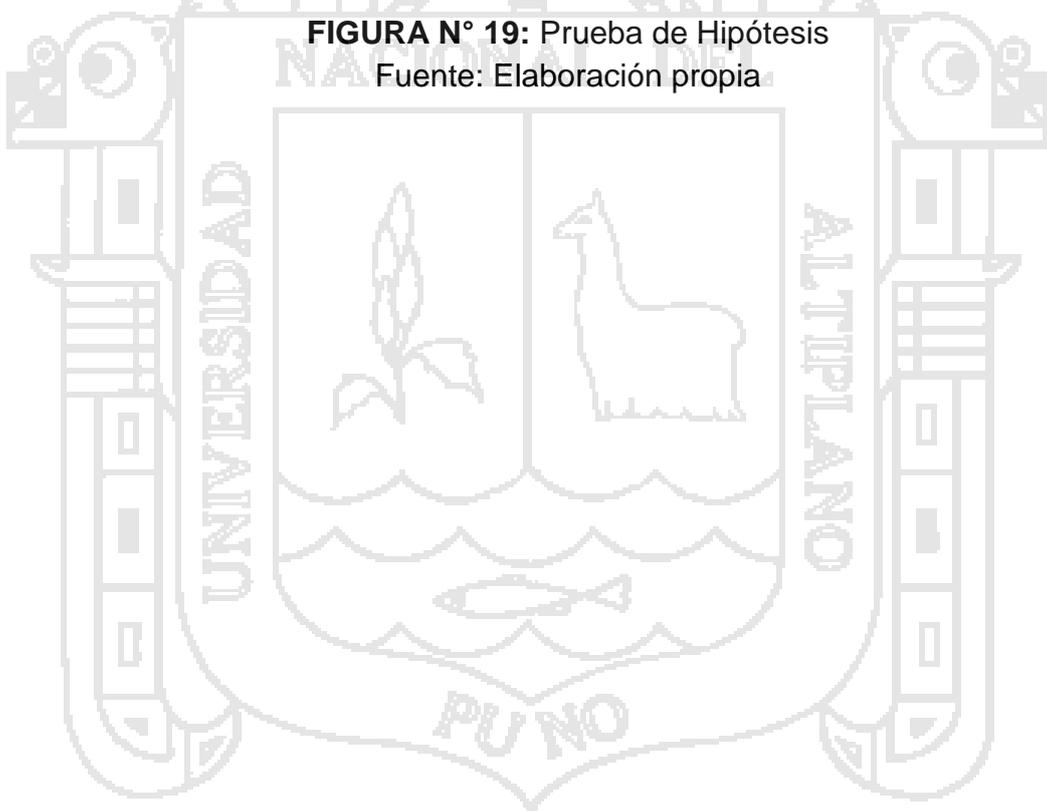


FIGURA N° 19: Prueba de Hipótesis
Fuente: Elaboración propia





ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE LA RED DE TELEMEDICINA

4.1 Herramientas de Diseño

4.1.1 Modelo de propagación

Para llevar a cabo un diseño de red lo más realista posible, es necesario contar con herramientas que permitan el cálculo de las pérdidas de espacio libre, de propagación, interferencia, etc. Esto se logra a través de la aplicación de modelos de propagación, cuya elección depende de las características del enlace como por ejemplo tipo de medio (urbano, semi-urbano o rural), distancias entre las estaciones, alturas de las antenas, frecuencias de operación, entre otros factores.

4.1.2 Software de simulación

La herramienta de simulación con la que se han trabajado los enlaces es el Radio Mobile, puesto que es un software libre que calcula y predice la propagación de ondas de radio en base al modelo Longley-Rice¹⁷, además tiene múltiples utilidades de apoyo al diseño y simulación de los enlaces y las redes de telecomunicaciones. Radio Mobile trabaja con el perfil geográfico de las zonas de trabajo, existen tres tipos de mapas sobre los que se puede operar: los SRTM, los GTOPO30 y los DTED. Para el diseño de la red de telemedicina se ha trabajado con el mapa de la provincia de Loja en tipo SRTM, debido a que es el que ofrece la mayor resolución en la información del relieve de los terrenos. Es importante que a la hora de llevar a cabo la simulación, en los resultados de los enlaces se tenga como mínimo 20dB sobre el umbral, para garantizar una confiabilidad del enlace del 99.99%; ya que los

resultados del programa de simulación son teóricos y al sobredimensionar el margen se están tomando en cuenta factores no previstos que en la práctica pudieran presentarse, de modo que se pueda garantizar un buen diseño de la red. [VAPOLO2011]

4.2 Aplicaciones y Servicios de la Red

La diferencia entre una red empresarial, una red doméstica, una red de telemedicina, o cualquier otro tipo de red, radica en la aplicación que se le dé a cada una; así pues, el propósito para las que son construidas difiere dependiendo de las necesidades del sector al que van enfocadas, siendo los servicios (telefonía IP, transferencia de datos, videoconferencia, acceso a Internet) el factor común entre ellas pero cada uno implementado acorde a los requerimientos se ha considerado que para que la red diseñada sea factible, los servicios a implementarse deben ser capaces de cubrir los siguientes aspectos de desarrollo:

a. Teleducación, tiene como objetivo proporcionar al personal del área de la salud y la población en general programas con un enfoque hacia la prevención de enfermedades infectocontagiosas, salud reproductiva, drogadicción, alcoholismo, tabaquismo, planificación familiar entre otras.

b. La tele consulta y tele diagnóstico es una consulta en tiempo real que permite que un médico del telecentro ubicado en una Jefatura de Área pueda observar y discutir los síntomas de un paciente que está siendo asistido por otro médico o enfermero en un tele consultorio de una unidad operativa.

c. Tele monitorización: Consiste en la monitorización continua o intermitente de los pacientes permitiendo un adecuado control de los mismos.

4.2.1 Navegación en Internet y correo electrónico

Las computadoras de cada punto de acción deben ser configuradas de modo que tengan acceso a internet, así los médicos podrán realizar rápidamente consultas sobre enfermedades, síntomas, medicamentos, etc. a través de la web. Además de la capacidad de crear cuentas de usuario de correo electrónico y todas las funcionalidades que tiene este servicio.

[VAPOLO2011]

4.2.2 Telefonía VoIP

En cada unidad operativa se contará con equipos adicionales que permitan la transmisión de voz basada en el protocolo de Internet, que permitirá llevar a cabo comunicaciones telefónicas entre unidades operativas, con el fin de brindar soporte médico. El objetivo de utilizar este tipo de tecnología para la transmisión de voz, es reducir los costos de contratación en líneas telefónicas locales convencionales. [VAPOLO2011]

4.2.3 Transferencia de datos

Transferir expedientes clínicos electrónicos con el propósito de conocer a distancia la información sobre el paciente y poder determinar el estado actual de su salud a través del tele diagnóstico permanente y continuo. Pudiendo esto realizarse en tiempo real cuando se requiera. Las imágenes, datos generales y

diagnósticos quedan archivadas en una base de datos (registro de pacientes) de la red de telemedicina de forma tal que cualquier diagnóstico pueda ser revisado y verificado de ser necesario.

4.2.4 Videoconferencia

Este servicio permite la comunicación directa médico-paciente para tele consulta, tele diagnóstico, y tele monitorización, y médico-médico para compartir análisis, opiniones y prescripciones. Además los especialistas consultantes pueden beneficiarse con actividades de superación profesional como teleconferencias y cursos virtuales. Para ello en cada punto de operación se debe contar con cámaras web que permitan la captura y transmisión de video con sonido.

Cabe recalcar que ninguna tecnología es aplicable sin la presencia del profesional de la salud que deberá, desde un extremo utilizar la red generando interconsultas o segundas opiniones y del otro aquel especialista dispuesto a responder. [VAPOLO2011]

4.3 Determinación del ancho de banda

En esta sección, se estudia las diferentes tecnologías con las que se cuenta en los establecimientos de salud vista desde el punto de vista de telecomunicaciones así como del equipo de telemedicina que se usarán; con los datos anteriores, se puede hacer un apropiado cálculo de la cantidad de información que se va a transmitir y de esta manera poder calcular el ancho de

banda que se utiliza para transmitir entre los establecimientos de salud y el hospital Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno.

4.3.1 Ancho de banda para teléfonos VoIP

En total se tiene 6 abonados para los teléfonos VoIP, dos serán de la parte de telemedicina y cuatro serán asignados para la parte administrativa, se hará un aproximado de minutos por mes para poder hacer el cálculo apropiado de Erlangs. Se asume que se comunicarán para la red de telemedicina alrededor de 1800 minutos durante el mes alrededor de 90 minutos diarios. Por otro lado, se asume que la parte administrativa se comunicará alrededor de 800 minutos durante el mes, alrededor de 40 minutos diarios [FER2008].

- Parte de telemedicina = $1800 \times 2 = 3600$ minutos / mes
- Parte administrativa = $800 \times 4 = 3200$ minutos / mes
- Total de minutos x mes = 6800 minutos / mes
- Minutos por día = $6800 / 20 = 340$
- Minutos por día (8 horas de día laborable) = $340 + 10\% = 374$

A continuación, se asume que durante la hora más cargada se usa alrededor del 30% del sistema, es decir, el factor de hora cargada. A continuación se procede a hallar los Erlangs.

$$\text{Erlangs} = (\text{Minutos por día}) \times (\text{Factor de hora ocupada}) / 60 = 1.87 \text{ Erlangs}$$

Ahora usando la calculadora de Erlang B, y asumiendo que por defecto salvo que se indique lo contrario se asume que la probabilidad de pérdida de llamada es de 1%, se halla cuántas líneas serán necesarias [FER2008].



FIGURA N° 20: calculadora de las líneas necesarias a partir de los erlang
Fuente: “Erlang B Calculator” [FER2008]

Para realizar este cálculo se debe elegir el códec de voz adecuado que sirven para muestrear la voz analógica y comprimirlo en paquetes de datos que serán enviados por la red de datos [FER2008].

Se procede a analizar diferentes tipos de códec de voz y compararlos entre ellos para de esta manera poder elegir la mejor opción. En el siguiente cuadro se muestra diversas características de los códec de voz G.711, G.723.1, G.726 y G.729 [CHR2004].

TABLA N° 22: Relación de códec de voz elegible para telefonía VoIP
Fuente: [FRANS2011]

Códec	Algoritmo	Frecuencia de Muestreo (KHz)	Retardo (ms)	Tasa de bits por segundo (Kbps)	Tasa de bits por segundo para IP (Kbps)	Factor de compresión [X:1]
G.711	PCM (Pulse-code modulation), ley-A, ley-μ	8	1	64	87.2	2
G.723.1	ACELP (Algebraic code-excited linear prediction)	8	1	5.3	21.9	24.15
				6.4	20.8	20
G.726	ADPCM (Adaptative differential pulse-code modulation)	8	0.125	32	55.2	3.2
G.729	CS-ACELP (Conjugate-structure ACELP)	8	15	8	31.2	16

El códec G.711 es descartado dado su gran alta tasa de bits para el caso de IP y se necesitaría un mayor ancho de banda para una comunicación adecuada. Por otro lado, el códec G.729 es descartado dado su alto retardo comparado con los demás códec.

Por último, entre los códec G.723.1 y G.726 se escogerá el códec G.726 dado su bajo retardo que posee además de que cuenta con un factor de compresión mucho más bajo en relación con el códec G.723.1.

A partir de esto, se halla el ancho de banda real que se usará dado el códec de voz G.726. Se tendrá que analizar que ancho de banda será el que se envía hacia la red de datos. El contenido de la trama Ethernet se compone de una cabecera MAC (18 bytes) y luego los bytes a transmitir. En la parte de datos, se encapsulan las cabeceras de las capas superiores del modelo OSI: cabecera de protocolo IP en la capa de red (capa 3), cabecera de protocolo UDP en la capa de transporte (capa 4) y al final la cabecera del protocolo RTP en la capa de aplicación (capa 7). A continuación se mostrará la trama Ethernet compuesta de cabeceras de protocolos utilizados en las diferentes capas OSI y su parte de datos que en este caso será voz [FER2008].



FIGURA N° 21: Gráfica de cabeceras y voz para el códec g.726
Fuente: "Trama Ethernet" [FER2008]

Cabeceras

- MAC: 18 bytes

- IP: 20 bytes
- UDP: 8 bytes
- RTP: 12 bytes
- Total cabeceras: 58 bytes

Voz [G.726 (32K)]: 80 bytes

Tamaño de trama = Cabeceras + Voz = 138 bytes

Rate = Códec Neto/Códec Payload = 32000 bits/ (80*8 bits) = 50 pps

Ancho de banda = Tamaño de trama * Rate = 138 * 8 * 50 = 55.2 Kbps

Ancho de banda total usado para VoIP = 55.2 x 6 líneas = 331.2 Kbps

4.3.2 Ancho de banda para sistema de video conferencia IP

En primer lugar, se mostrará el ancho de banda mínimo para tener buena calidad de imagen ante el ojo humano [GRU2011].

TABLA N° 23: Relación de calidad de imagen con Ancho de Banda
Fuente: Elaboración propia

Calidad (Cps)	Ancho de banda Mínimo	Consumo real de Ancho de Banda
15 cuadros por segundo	128 Kbps	128 Kbps + 25%
30 cuadros por segundo	192 Kbps	192 Kbps + 25%

Las videoconferencias se clasifican de acuerdo al ancho de banda que utilicen y a la aplicación a la que vayan a implementarse [GRU2011]:

Videoconferencia personal de baja calidad: Sirve para conversaciones entre dos personas. Se transmite en un rango de 28.8 y 64 Kbps sobre líneas telefónicas.

Videoconferencia de escritorio: Usado para un pequeño grupo de individuos, por lo general, hasta cuatro personas. Opera entre el rango de 64 y 128 Kbps.

Videoconferencia de calidad intermedia: Es ideal para que sea apreciado de buena forma por un grupo de hasta quince personas. Se transmite entre los rangos de velocidades de 128 y 384 Kbps.

Videoconferencia de alta calidad: Es necesaria para grandes reuniones y donde se requiere una buena calidad de imagen. Opera entre los rangos de 384 Kbps y 2 Mbps.

El estándar H.323, determinado por la ITU-T es el sistema usado para comunicaciones multimedia utilizando el protocolo de internet (IP) el cual define dos puntos de la red entre los cuales intercambiarán tanto como voz, audio y datos. Los códec de audio que usa este estándar son [JOS2009]:

- G.711 (64 kbps)
- G.722 (48, 56 y 64 kbps)
- G.728 (16 kbps)
- G.723.1 (Dual Rate Speed 6.4 y 5.3 kbps)
- G.729 (8 kbps)

En el caso de video se usan los siguientes códec [JOS2009]:

- H.261 (n x 64 kbps)
- H.263 (< 64 kbps)

En el caso de interfaz de datos se usa la recomendación T.120 que provee un estándar para el intercambio de datos entre terminales H.323 y otros terminales (H.324, H.320 y H.310) [JOS2009].

La velocidad estándar definida para videoconferencia es de 384 kbps pero dado que se requiere alta calidad de imagen; entonces, se trabajará con una velocidad de 512 kbps para brindar una calidad de imagen superior a la estándar de videoconferencia [ACU2010].

4.3.3 Ancho de banda para equipos de telemedicina

Los equipos espirómetros por lo general dejan un reporte sobre el performance de las vías respiratorias y del pulmón. Este reporte por lo general es transmitido en formato PDF. El formato PDF será almacenado en la computadora que se encuentra conectada al dispositivo espirómetro a través de su puerto flash USB. El formato PDF pesa alrededor de 80 Kb y es transmitido a una velocidad de alrededor los 64 Kbps, este es un estándar de ancho de banda recomendado para ser usado en telemedicina [ARC2010].

Los estetoscopios electrónicos se pueden conectar a las computadoras de los establecimientos de salud a través del puerto serial desde donde se podrán transmitir hacia el hospital de Puno. Esta unidad de auscultación usa un ancho de banda no muy grande de 19.6 Kbps. Este estetoscopio electrónico al estar conectado a la computadora también podrá transmitir sus sonidos al sitio remoto a través de videoconferencia para obtener un mejor rendimiento [ARC2010].

4.3.4 Ancho de banda para acceso a Internet

En el caso de acceso a internet, se tomará en cuenta los estándares del plan de banda ancha que se está dando en nuestro país con el cual se proveen velocidades permanentes de datos de 256 Kbps o mayores. Dado que este proyecto está a aplicarse en todas las ciudades del Perú; entonces, se tomará

una velocidad mínima de 256 Kbps como estándar para el acceso a Internet [COM2010]. A continuación, se especifican las aplicaciones y se realizan cálculos para poder especificar el ancho de banda que se tomará para el acceso a Internet [ARC2010].

Imágenes

El peso aproximado de una imagen es de 2048*1536 pixeles, un zoom de 3x es de 1.5 Megabytes. Se estima que se requiere un envío de 4 imágenes por usuario en 15 minutos, en la siguiente ecuación se hallará la velocidad necesaria para esta aplicación.

$$V = \frac{2 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envio}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{4 \text{ envio}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario} \quad \text{Ec 4.1}$$

$$V = 71.1 \text{ Kbps}$$

Textos y datos

Involucra archivos de tipo WORD y PDF, las cuales en promedio tienen un peso de 1 Megabytes. Para cada estudio se debe realizar el envío de 6 a 10 archivos en 15 minutos.

$$V = \frac{1 \text{ Megabytes}}{1 \text{ envio}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{10 \text{ envio}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario} \quad \text{Ec 4.2}$$

$$V = 88.9 \text{ Kbps}$$

Correo electrónico

El uso normal de correo electrónico involucra enviar y descargar archivos de 1.5 Megabytes. Para cada estudio se enviará o recibirá 8 archivos durante 15 minutos.

$$V = \frac{1.5 \text{ Mbytes}}{1 \text{ envio}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{8 \text{ envio}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario} \quad \text{Ec 4.3}$$

$$V = 106.7 \text{ Kbps}$$

Navegación en Internet

El peso promedio de una página web es de 60 a 75 KB y se estima que un usuario puede abrir o cargar unas 100 páginas web en 15 minutos.

$$V = \frac{75 \text{ Mbytes}}{1 \text{ envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{100 \text{ envío}}{15 \text{ minutos} * 1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} * 1 \text{ usuario} \quad \text{Ec 4.4}$$

$$V = 66.7 \text{ Kbps}$$

A continuación, se muestra en resumen el ancho de banda necesario en la red para el buen acceso a Internet de acuerdo a las aplicaciones especificadas:

TABLA N° 24: Resumen de ancho de banda para acceso a internet

Fuente: Elaboración propia

Aplicaciones	Ancho de Banda (Kbps)/ Unidad
Imágenes	71.1
Texto y Datos	88.9
Correo electrónico	106.7
Navegación por internet	66.7
TOTAL	333.4

A continuación, se procede a realizar un cuadro resumiendo los anchos de banda analizados anteriormente y obteniendo un resultado total de cuanto ancho de banda debería soportar el radio enlace IP.

TABLA N° 25: Resumen de ancho de banda de la red de telemedicina

Fuente: Elaboración propia

	Ancho de banda (Kbps)/ Unidad	Unidades en los establecimientos de Salud	Ancho de banda total (Kbps)
Teléfonos VoIP	55.2	18	993.6
Video conferencia VoIP	512	8	4096
Equipos espirómetros	64	16	1024
Estetoscopios electrónicos	19.6	16	313.6
Acceso a internet	333.4	18	6001.2
		Total de Ancho de Banda	12428.4

4.4 Diseño del Radio Enlace IP

4.4.1 Puntos de referencia

Visita técnica y la obtención de coordenadas geográficas de los puestos de salud, con la finalidad de analizar las condiciones de la población, viabilidad y necesidad de continuar con el desarrollo futuro de la extensión de la red. También se ha utilizado la información brindada por el Ministerio de Salud (MINSA) donde constan las coordenadas de los establecimientos de salud y hospitales de la provincia de Puno. En primer lugar, se ubica los puntos donde se realizará el radio enlace que serán todos los establecimientos de salud de la MicroRed Capachica, para este fin se usará la herramienta Google Earth para ubicar casi de manera exacta la localización los establecimientos en mención.



FIGURA N° 22: Ubicación geográfica del lugar
Fuente: En Google Earth 2014

A partir de la ubicación de estos dos lugares se puede hacer una tabla donde se especifique la latitud y longitud de los establecimientos de salud.

TABLA N° 26: Puntos de referencia con sus latitudes y longitudes
Fuente: Elaboración propia

Establecimientos de Salud	COORDENADAS		Altura
	Latitud	Longitud	
Hospital Manuel Núñez B.	-15.84064	-70.02803	3848.9
Centro de Salud Capachica	-15.64542	-69.83203	3861.5
Puesto de Salud Yapura	-15.70478	-69.81497	3841.5
Puesto de Salud Escallani	-15.49906	-69.89733	3847.5
Puesto de Salud Ccotos	-15.66844	-69.78089	3842
Puesto de Salud Llachon	-15.72225	-69.7845	3877
Puesto de Salud Isañura	-15.52808	-69.94997	3821.1
Puesto de Salud Siale	-15.66494	-69.81011	3829.2
Centro de Salud Amantaní	-15.65792	-69.71736	3896
Repetidora	-15.71217	-69.77472	4048.1
Repetidora 2	-15.67036	-69.82081	4216.3

4.4.2 Simulación por Radio Mobile

Este programa está diseñado para el análisis de redes de microondas, donde se puede obtener aproximadamente, los niveles de potencia recibida y los puntos de reflexión de cada enlace, de igual forma permite trazar las trayectorias posibles para los enlaces, ya sea punto a punto o multipunto.

Radio Mobile es de uso libre y comúnmente usado para realizar simulaciones del área de cobertura de un sistema de radio frecuencia, utilizando mapas digitales que especifiquen las curvas de nivel del terreno.

Para realizar la simulación mediante este programa primero se configuraron valores como la potencia del transmisor, frecuencia de operación, sensibilidad del receptor, ganancias y tipo de antenas. Seguidamente, se establecieron los valores aproximados de los parámetros de las atenuaciones en el sistema como son los alimentadores y el tipo de terreno.



FIGURA N° 23: Ubicación de los nodos del radio enlace IP en el mapa del radio mobile

Fuente: diseño en el software Radio Mobile

4.4.2.1 Resultados de la Simulación

En cada uno de los perfiles estudiados mediante el software, se obtuvo los siguientes resultados para la banda no licenciada de 5,8 GHz.

Parámetros de simulación:

Potencia de transmisión: 23 dBm

Sensibilidad del receptor: -94 dBm

Ganancias de las antenas: 28 dBi.

Terreno templado

Perdidas en los alimentadores: 0.5 dB

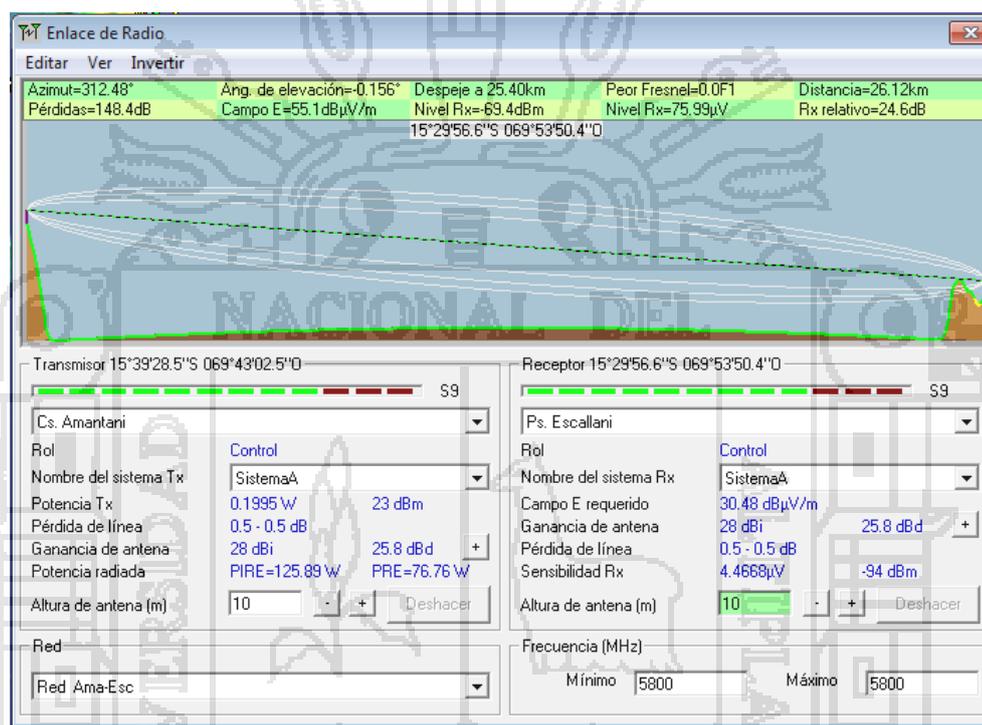


FIGURA N° 24: Enlace de C.s. Amantani – P.s. Escallani en el software radio mobile

Fuente: diseño en el software Radio Mobile

Como se aprecia claramente en el software Radio Mobile, el radioenlace es óptimo entre ambos puntos y no se necesitará ningún tipo de repetidores ya que hay línea de vista entre ambos lugares y cumple con todos los requisitos que se enunciaron en la parte de especificaciones técnicas. Mediante este software se analiza que las ganancias y pérdidas que se tiene para el radioenlace no impedirán una adecuada comunicación entre los nodos.

4.4.2.2 Cálculos de los Radio enlaces

i. Atenuación del espacio libre.

$$A_{el}(dB) = 20 * \log D(Km) + 20 * \log f(MHz) + 32.45 \quad \text{Ec 4.11}$$

$$A_{el}(dB) = 20 * \log 26.12 + 20 * \log 5800 + 32.45$$

$$A_{el}(dB) = 136.06$$

ii. Atenuación por absorción atmosférica.

$$A_{atm}(dB) = \gamma_a(dB/Km) * d(Km) \quad \text{Ec 4.12}$$

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w \quad \text{Ec 4.13}$$

Donde γ_a es la atenuación específica, la cual depende de la atenuación debida al oxígeno y al agua. Los parámetros γ_o y γ_w se determinan del siguiente figura, en la frecuencia de operación del enlace.

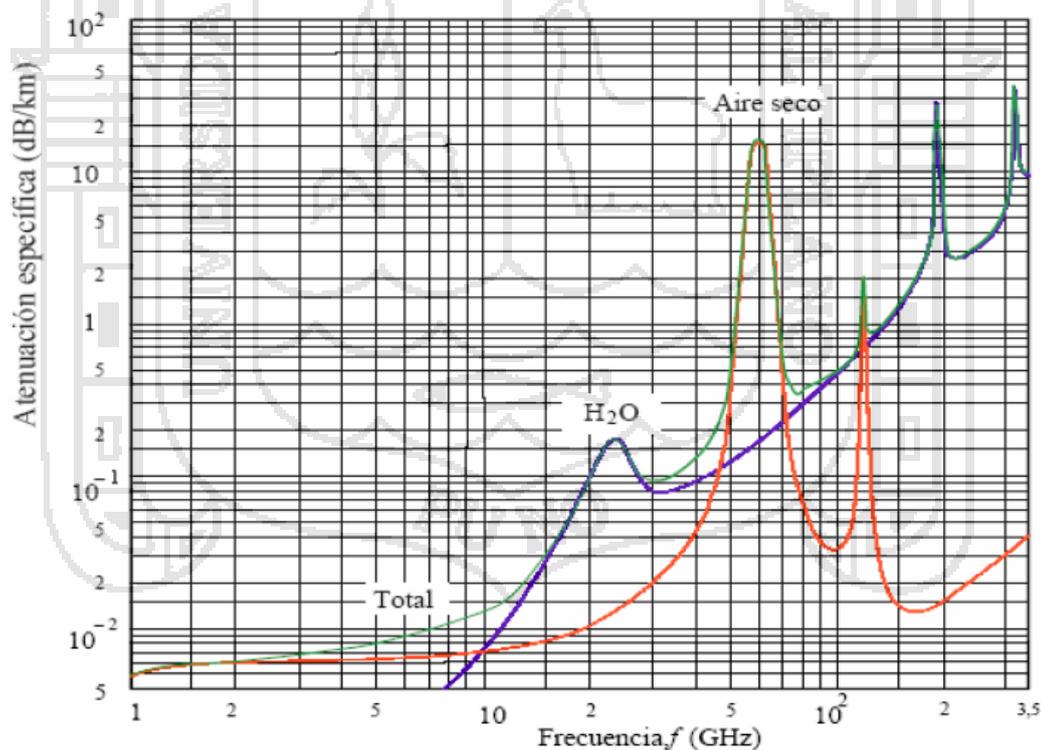


FIGURA N° 25: Atenuación Específica

Fuente: [EMAZA2007]

$$\gamma_a(5.8GHz) = 1 * 10^{-3} + 8 * 10^{-3} = 9 * 10^{-3} \text{ dB/Km}$$

$$A_{atm}(dB) = \gamma_a(dB/Km) * d(Km)$$

$$A_{atm}(dB) = 9 * 10^{-3} dB/Km * (26.12Km)$$

$$A_{atm}(dB) = 0.23508dB$$

iii. Atenuación en la línea de transmisión y recepción. La atenuación con cables del tipo coaxial es del tipo estándar por lo tanto estas pérdidas se consideran 4dB.

iv. Atenuación por lluvia. Debido a que es imprescindible determinar a fiabilidad de los enlaces en condiciones adversas se realizan los estudios de atenuación debida a las precipitaciones. Según las recomendaciones de la UIT-R P837-3 la intensidad de lluvias R durante el 0.01% del año en la zona correspondiente a Perú es de 120 mm/h. Con este valor y siguiendo los pasos para el cálculo de atenuación por precipitación indicado en las recomendaciones P838-3 y P530, se determinó la atenuación específica y para la intensidad de lluvia obtenida anteriormente, el porcentaje de tiempo $p(\%)$ y la longitud efectiva del trayecto $L_{efc}(Km)$.

$$A(R) = \gamma(R, f) * L_{efc} \quad \text{Ec 4.14}$$

$$L_{efc} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}} \quad \text{Ec 4.15}$$

Dónde:

$$d_0 = 35 * e^{-0.015 * R} \quad \text{Ec 4.16}$$

$$\gamma(R, f) = K * R^\alpha \quad \text{Ec 4.17}$$

Donde se debe tener la intensidad de lluvia R (mm/h) ocurrida durante diferentes porcentajes de tiempo (0.01%) de un año medio y los valores de las constantes α y k , obtenidas por medio de la Tabla N° 27.

TABLA N° 27: Valores de las constantes α y k por frecuencia.
Fuente: [EMEZA2007]

Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0.0000259	0.9691	0.0000308	0.8592
1.5	0.0000443	1.0185	0.0000574	0.8957
2	0.0000847	1.1664	0.0000998	0.9490
2.5	0.0001321	1.1209	0.0001464	1.0085
3	0.0001390	1.2322	0.0001942	1.0688
3.5	0.0001155	1.4189	0.0002346	1.1387
4	0.0001071	1.6009	0.0002461	1.2476
4.5	0.0001340	1.6948	0.0002347	1.3987
5	0.0002162	1.6969	0.0002428	1.5317
5.5	0.0003909	1.6499	0.0003115	1.5882
6	0.0007056	1.5900	0.0004878	1.5728
7	0.001915	1.4810	0.001425	1.4745
8	0.004115	1.3905	0.003450	1.3797
9	0.007535	1.3155	0.006691	1.2895
10	0.01217	1.2571	0.01129	1.2156
11	0.01772	1.2140	0.01731	1.1617
12	0.02386	1.1825	0.02455	1.1216

Se realizan interpolaciones entre 5,5 y 6 GHz, para la frecuencia de 5,8 GHz, en la frecuencia de 2.4 GHz el efecto de esta atenuación es despreciable.

$$\frac{\log 6 - \log 5.5}{\log 6 - \log 5.8} = \frac{\log 0.0004878 - \log 0.0003115}{\log 0.0004878 - \log kv}$$

$$kv(5.8GHz) = 4.09590 * 10^{-4}$$

$$\frac{\log 6 - \log 5.5}{\log 6 - \log 5.8} = \frac{1.5728 - 1.5882}{1.5728 - \alpha}$$

$$\alpha(5.8Ghz) = 1.57880$$

Con estos datos se calcula $\gamma(R,f)$:

TABLA N° 28: Valores obtenidos de las constantes α y k por frecuencia.

Frecuencia(GHz)	$\gamma(R,f)$
5.8	0.78516

v. Potencia recibida en espacio libre.

$$\text{Prel} = \text{Ptx} - \text{Ltx} + \text{Gtx} - \text{Ael} + \text{Grx} - \text{Lrx}$$

Ec 4.18

Ltx y Lrx=4dB (Atenuación considerada estándar)

Ael=136.06dB, Gtx=28dB, Grx=28dB, Ptx=23dBm

$$\text{Prel} = 23 + 28 + 28 - 4 - 136.06$$

$$\text{Prel} = -61.06\text{dBm}$$

vi. Margen de desvanecimiento Plano (flat fade margin). Es la diferencia entre la potencia recibida en espacio libre y la sensibilidad del receptor. Mientras mayor sea este valor se asegura que la comunicación no será interrumpida.

La sensibilidad de receptor se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$S(\text{dBm}) = -174\text{dBm} + \{ 10 * \log [(\text{Señal} + \text{Ruido}) / (\text{Ruido})] \} + \text{NF} (\text{dB}) + 10 * \log (B)$$

Dónde:

- -174dBm es lo que se considera como “piso” de señal existente en el éter.
- Señal es lo recibido por nuestro receptor con una antena de ganancia nula
- Ruido es lo que se conoce como actividad atmosférica, que varía de una banda a otra
- NF significa “Noise Figure”, que es el ruido electrónico generado por las etapas de entrada del mismo receptor, por la actividad electrónica dentro de los semiconductores.
- Y por último “B”, es el ancho de banda utilizable por nuestro receptor.

Debido a que se requiere de un radio con tasa de bit errado BER de

$S(\text{dBm}) \approx -94 \text{ dBm} (S_B)$ y el margen de desvanecimiento se obtiene de la siguiente expresión:

$$M_d = P_{rel} - S_B \tag{Ec 4.19}$$

$$M_d = (-61.06\text{dBm}) - (-94\text{dBm})$$

$$M_d = 32.94\text{dBm}$$

TABLA N° 29: Cálculos de los enlaces 5.8GHz.

Fuente: Elaboración propia

Enlace	Distancia (Km)	Ael(dB)	Aatm(dB)	Prel(dBm)	Md(dBm)
Red Hos-Rep	30.63	137.441	0.27567	-62.719	31.281
Red Rep2-Cco	4.28	120.348	0.03852	-45.348	48.652
Red Rep2-Yap	3.88	119.496	0.03492	-44.496	49.504
Red Cco-Ama	6.9	124.496	0.0621	-49.496	44.504
Red Rep-Lla	1.53	111.413	0.01377	-36.413	53.587
Red Rep2-Sia	1.29	109.931	0.01161	-34.931	59.069
Red Rep2-Isa	21	134.163	0.189	-59.163	34.837
Red Ama-Esc	26.12	136.06	0.23508	-61.06	32.94
Red Rep2-Cap	3.02	117.312	0.02718	-42.312	51.688
Red Rep-Rep2	6.77	124.331	0.06093	-49.331	44.669

vii. Indisponibilidad y confiabilidad de los enlaces. Estos parámetros permiten predecir la eficiencia del enlace, para ello se seleccionó el método de Viganz Barnett, el cual es un procedimiento muy robusto para predecir el comportamiento de los enlaces, tomando en consideración las características del terreno, las condiciones climáticas y topográficas de la zona y el margen de desvanecimiento de los enlaces.

Los porcentajes de indisponibilidad (P) y confiabilidad (C) se determinan a través de las ecuaciones 4.20 y 4.21. Para que el enlace digital sea aceptable la indisponibilidad no debe superar 0.036%.

$$P(\%) = 6 * 10^{-5} * a * b * f * d^3 * 10^{\frac{-Md}{10}} \tag{Ec 4.20}$$

$$P(\%) = 6 * 10^{-5} * 1 * 1/2 * 5.8 * (26.12)^3 * 10^{\frac{-32.94}{10}}$$

$$P(\%) = 0.015757$$

$$C(\%) = 100 - P(\%) \tag{Ec 4.21}$$

$$C(\%) = 0.98423173$$

Los valores de a y b se determinan según las características del terreno y el clima de la zona de acuerdo a la siguiente tabla.

TABLA N° 30: Valores de los parámetros a y b.

Fuente: [EMEZA2007]

a =	4 Superficies muy húmedas, paso sobre agua
	1 Terreno poco rugoso
	1/4 Paso por montañas, terreno rugoso o muy seco
b =	1/2 Áreas húmedas y calientes como golfos o costas
	1/4 Clima nórdico o temperatura natural
	1/8 Zona montañosa o clima seco

Obteniéndose los resultados expresados en la Tabla N° 31.

TABLA N° 31: Cálculos de Indisponibilidad y Confiabilidad.

Fuente: Elaboración propia

Enlace	a	b	P(5.8GHZ)	C(5.8GHZ)
Red Hos-Rep	1	1/2	0.003723	0.9962770240
Red Rep2-Cco	1/4	1/2	4.651e-8	0.9999999534
Red Rep2-Yap	1/4	1/2	2.848e-8	0.9999999715
Red Cco-Ama	1	1/2	2.026e-6	0.9999979737
Red Rep-Lla	1/4	1/2	6.821e-10	0.9999999993
Red Rep2-Sia	1/4	1/2	1.157e-10	0.9999999998
Red Rep2-Isa	1/4	1/2	5.863e-36	0.9999999999
Red Ama-Esc	1	1/2	0.015757	0.9842431738
Red Rep2-Cap	1/4	1/2	8.122e-9	0.9999999918
Red Rep-Rep2	1/4	1/2	4.606e-7	0.9999995393

viii. Zona fresnel. Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En aplicaciones críticas, habrá que hacer el cálculo también para condiciones anómalas de propagación, en la cuales las ondas de radio se curvan hacia arriba y por lo tanto se requiere altura adicional en las torres. Para grandes distancias hay que tomar en cuenta también la curvatura terrestre que introduce una altura adicional que deberán despejar las antenas.

La siguiente fórmula calcula la zona de Fresnel:

$$r = 17.32\sqrt{\left(\frac{d1 * d2}{d * f}\right)}$$

$$r = 17.32\sqrt{((25.4 * 0.72)/(26.12 * 5.8))}$$

$$r = 6.018m$$

TABLA N° 32: Cálculos de r y altura de la torre.

Fuente: Elaboración propia

Enlace	Distancia (Km)	Zona Fresnel r(m)
Red Hos-Rep	30.63	14.052
Red Rep2-Cco	4.28	3.285
Red Rep2-Yap	3.88	10.737
Red Cco-Ama	6.9	7.040
Red Rep-Lla	1.53	1.859
Red Rep2-Sia	1.29	4.116
Red Rep2-Isa	21	1.338
Red Ama-Esc	26.12	6.018
Red Rep2-Cap	3.02	4.367
Red Rep-Rep2	6.77	7.79

4.4.3 Estructura general del proyecto

Con estos datos se puede hacer un pequeño diseño del sistema a implementar para que a partir de ahí se trabaje de una manera óptima, como está mencionado anteriormente se trabaja con un radio enlace sobre IP que se apreciará de la siguiente manera.

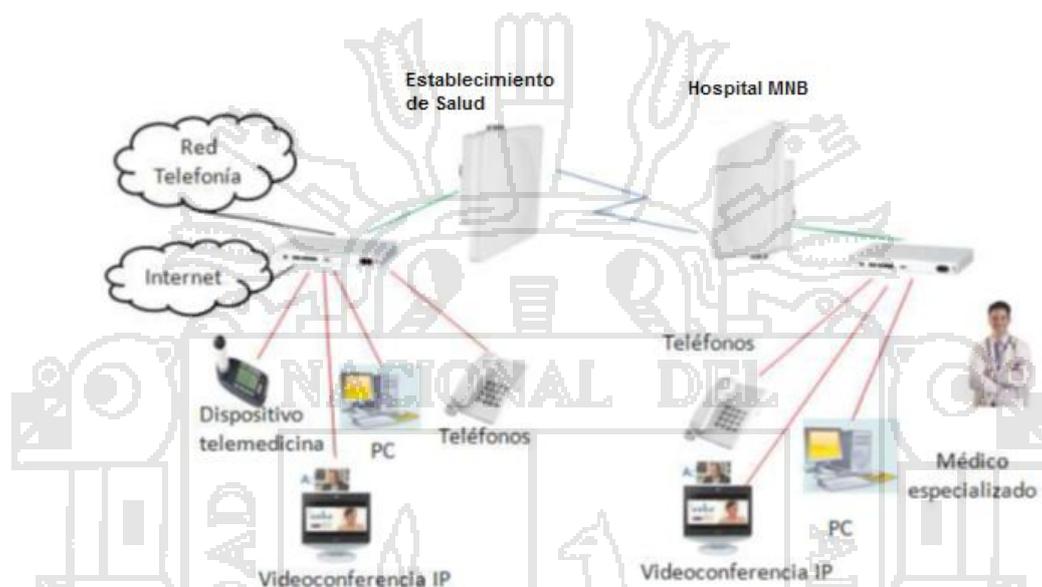


FIGURA N° 26: Esquema general de red de telemedicina
Fuente: [FRANS2011]

Como se puede apreciar en el gráfico anterior lo que se intenta es implementar no sólo la información del dispositivo de telemedicina sino también se busca brindar internet para las computadoras, así como telefonía para que se pueda dar una mejor comunicación entre partes y dado que la red se comunicará con este hospital que cuenta con mejor tecnología gracias a que se encuentra en un centro urbano se puede aprovechar la mejor calidad de servicio de telecomunicaciones que se tiene y tratar de trasladarla a la Micro Red de Capachica.

4.4.4 Alternativas para implementar Red IP

Los equipos utilizados, deberán cumplir lo que establece la ley (DECRETO SUPREMO N° 038-2003-MTC), en cuanto a los LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE RADIACIONES NO IONIZANTES EN TELECOMUNICACIONES. Con su modificatoria el D.S. N° 038-2006-MTC tal como se indica en el Capítulo II.

TABLA N° 33: Matriz comparativa de los sistemas inalámbricos.

Fuente: [EMEZA2007]

Características	Marca y Modelo de Equipo		
	Winlink 1000	Breeze Access con estación base	Red Line An-50e
Bandas de frecuencias (GHz)	2.3-2.4; 2.4-2.42; 5.725-5.850; 5.865-5.935	4.9-5.1; 5.15-5.35; 5.42-5.75; 5.725-5.850	5.470-5.850
Potencia de salida (dBm)	39	-10 a 21	20
Sensibilidad de receptor (dBm)	-84	-92 a -74 (Según nivel de modulación)	-86
Velocidad de transmisión	48 Mbps	54 Mbps	42-79 Mbps
Ancho de banda de canal (MHz)	5, 10, 20	10, 20	20
Esquema de modulación	OFDM, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM, BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM, BPSK, 64QAM
Tipo de conector de red	RJ45	RJ45	RJ45
Interfaz LAN	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet
Distancia máxima recomendada LOS	95 Km	30 Km	50 Km
Protocolo o estándar	802.11n	802.11a	802.11a
Acceso por telnet	Si	Si	Si
Gestión y actualización remota	Si	Si	Si
Mantenimiento requerido	Bajo	Bajo	Bajo
Características físicas del radio	Debe ser colocado en el shelter y requiere de un cable RF para llegar a la antena	Caja impermeable magnesio/aluminio, puede ser colocado al lado de la antena evitando perdida por el cable RF	Debe ser colocado en el shelter y requiere de un cable Rf para llegar a la antena
Características de la Antena	32.5 dBi @ 5.8 GHz, 24 dBi @ 2.4 GHz	16 dBi	20 dBi
Alimentación Eléctrica	100-240 VAC	100-240 VAC	100-240 VAC

4.4.5 Equipamiento elegido para Red IP

De la tabla anterior se pudo observar que de acuerdo a las necesidades de la red, el equipamiento que se ha elegido para realizar el radio enlace IP

será el proporcionado por WinLink 1000 dado que trabaja en banda no licenciada de 5800 MHz, tiene una buena velocidad de transmisión y posee antenas integradas con una buena ganancia necesaria para proveer de un buen radio enlace punto a punto y más en el tipo de clima y ambiente en donde se dará el radio enlace IP. Este equipo ya ha sido implementado en un sistema de radioenlace IP en la ciudad de Puno con un buen rendimiento, es por ello que se recurre a esta tecnología.

El equipamiento para el enlace se da de la siguiente manera para ambos lados, una unidad indoor (IDU), una unidad outdoor (ODU) y una antena. El enlace se configurará a través de una aplicación denominada WinLink 1000 Management [WIN2007]. Un ejemplo simple de la arquitectura que se usará se presentará en la Figura N° 27.

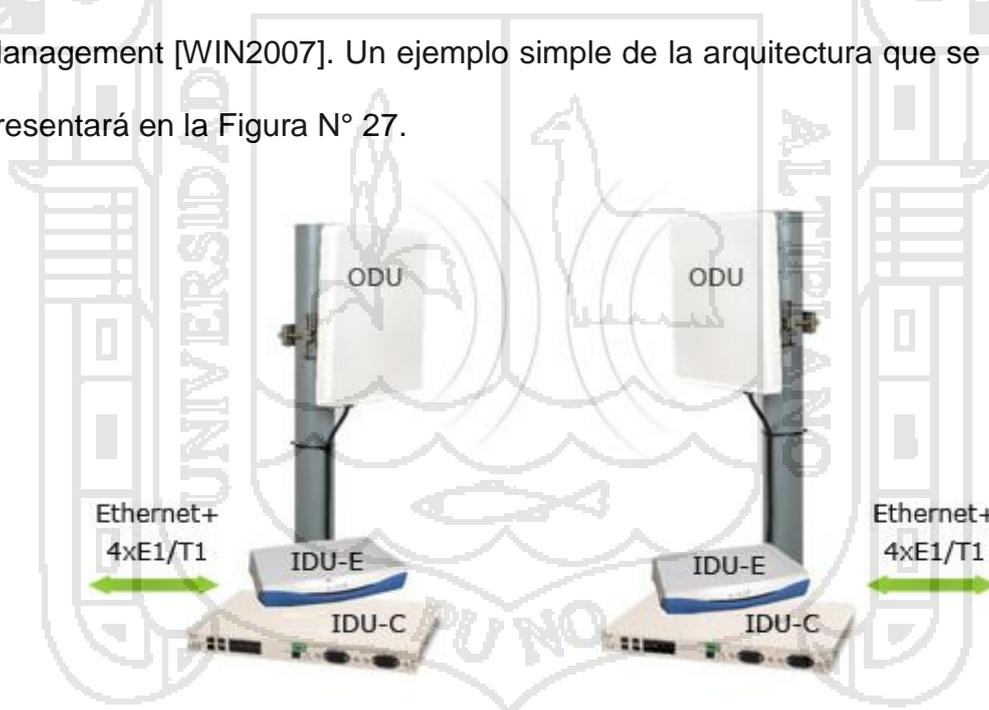


FIGURA N° 27: Arquitectura de sistema WINLINK 1000
Fuente: "Example of Link Architecture" [WIN2007]

Descripción de los elementos del sistema WinLink:

La IDU (Unidad Indoor) provee de puertos Ethernet así como E1/T1 para conectar al enlace. Además se encarga de proveer de energía a la unidad

ODU. La IDU de WinLink 1000 tiene cuatro diferentes configuraciones, pero para el radio enlace se usará la siguiente configuración:

IDU-C es una unidad de metal que provee dos puertos Ethernet e interfaces de 4xE1/T1 y alarma de contacto de conector seco.

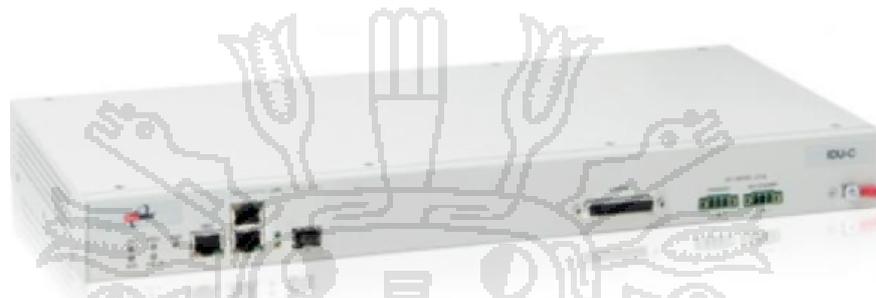


FIGURA N° 28: Equipo IDU-C
Fuente: "IDU-C Front Panel" [WIN2007]

Adicionalmente, se usará un PoE (Power Over Ethernet) para poder proveer de energía para servicios de Ethernet, exactamente se usará la unidad O-PoE que es similar al PoE pero con una carcasa a prueba a la intemperie y sellado de conectores que permite una más fácil conectividad al aire libre.



FIGURA N° 29: Equipo POE
Fuente: "O-PoE Unit" [WIN2007]

La ODU (unidad outdoor) es el radio transceptor del sistema WinLink y es el principal componente del sistema. La ODU se conecta con la antena que permite la radiocomunicación y que puede ser montada en un pequeño poste. Se conecta con la unidad IDU a través de un cable Cat5e. La unidad ODU viene en dos diferentes formas dependiendo del tipo de antena. Las 3 series que son usadas para ODU serán resumidas en la siguiente tabla [WIN2007]:

TABLA N° 34: Alternativas de Series ODU

	WinLink™ 1000 Access	WinLink™ 1000	WinLink™ 1000 High End
Max Ethernet Throughput	2Mbps	18Mbps	18Mbps
Max. Rango	20Km	80Km	80Km
Equipos de IDU que soporta	PoE	PoE and IDU	PoE and IDU
Servicios	Ethernet	Ethernet and TDM	Ethernet and TDM
Poder de Transmisión	18 dBm	18 dBm	23 dBm

Se cuenta con la serie WinLink™ 1000 High End dado su buena capacidad máxima de transmisión aunque esto dependerá del ancho de banda que se usará y también se elige esta opción gracias a que cuenta con un alto poder de transmisión y que este sistema gracias a su máximo rango de distancia a transmitir también podría ser usado en otros sistemas de radio enlaces IP parecidos [WIN2007].

El ODU viene con un conector tipo N. La antena externa debe ser puesta al rango de frecuencias en el que se trabaja y muchas veces puede ser beneficiosa para evitar interferencias debido a factores medio ambientales. Las antenas externas que pueden usarse son las siguientes [WIN2007]:



FIGURA N° 30: Antenas externas de sistema WINLINK 1000
Fuente: “Typically used External Antennas” [WIN2007]

Se elige antena de Flat Panel que cuenta con una ganancia de 28 dBi que provee de una buena ganancia necesaria para realizar el radio enlace IP teniendo en cuenta que se trabaja en la frecuencia de 5.8 GHz.

Es importante recordar que se debe realizar un sistema de protección ante cualquier problema energético que se tenga ya sea por un problema de energía del sistema de alimentación o ya sea por alguna descarga atmosférica que pueda afectar el performance dichas antenas y del sistema en general. Este sistema de protección básicamente constará de un pararrayos y un sistema de puesta a tierra. No se tocará mucho este tema dado que estos sistemas son comunes y son fáciles de implementar pero siempre son necesarios de ser tomados en cuenta tanto en el diseño como en el presupuesto del proyecto y es por eso que me menciona escuetamente sobre este sistema.

El sistema WinLink cuenta con un software llamado WinLink 1000 Management que sirve para instalar y configurar el sistema WinLink apropiadamente.

El Winlink 1000 Management es un elemento basado en SNMP y su aplicación sirve para la proveer radio enlaces a través de una simple dirección IP. Identifica la dirección IP, máscara de subred y el destino a seguir para cada sitio; adicionalmente, monitorea la interfaz de radio- RSS y los servicios sobre Ethernet- tasa de recepción y tasa de transmisión. El software proporciona facilidades para la instalación y configuración del radio enlace entre las unidades ODU. Es un software de fácil uso que tiene una interfaz gráfica MS-Windows y que puede ser utilizado tanto localmente como remotamente [WIN2007].

El WinLink 1000 Management proveerá de los siguientes recursos:

- Herramienta para planeamiento de enlaces como Link Budget Calculator para calcular la performance de un posible radio enlace así como las posibles configuraciones para un rango específico de radio enlace.
- Asistente para la instalación
- Permite al administrador monitorear el servicio y estatus de cada enlace
- Monitoreo mediante alarmas para equipos y monitoreo de QoS
- Pruebas de bucle local y remoto
- Ajustes de configuración
- Manual de usuario on-line y archivos de ayuda
- Actualizaciones de software sobre el aire

4.4.6 Especificaciones técnicas para Red IP

WinLink está configurado para ser usado en diferentes frecuencias, para el radio enlace a diseñar será usada la banda licenciada de 5800 MHz que está regulada bajo el estándar FCC y que según norma peruana está destinada a aplicaciones ICM (Industriales, científicas y médicas). Además, es bueno mencionar que se usa esta frecuencia y no la de 2400 MHz dado que esta frecuencia pese a tener mejores propiedades viene siendo muy usada para muchas aplicaciones por lo que se podrían ocasionar muchos problemas de interferencia de señal al transmitir a dicha frecuencia y por eso se transmite a 5800 MHz el cual no se encuentra muy usado y si en caso llegará a existir un problema de interferencia, este equipo cuenta con una selección automática de canal y cambia a otro canal donde no ocurra interferencia ya que se usarán canales de 5 MHz para la transmisión entre ambos puntos y se tienen otros canales de respaldo ante problemas en el canal actual en el que se transmite:

- Banda de frecuencia: 5725 – 5850 MHz
- Ancho de banda de canal: 5 MHz
- Técnica de duplexaje: TDD (Duplexaje por división de tiempo)
- Modulación OFDM (adaptativa): Se escogerá QPSK
- Tasa de transmisión: 4.5 Mbps para 5 MHz
- Selección automática de canal
- Máxima transmisión de potencia: 23 dBm
- Corrección de errores: FEC K = 1/2, 2/3 y 3/4
- Encriptación: AES 128

4.4.7 Línea de vista y uso de repetidores

Como primer paso para el diseño del radio enlace, se ha buscado enlazar aquellos puntos que tienen línea de vista directa entre ellos, evitando al máximo que el enlace pase por zonas montañosas, ya que éstas representan obstrucción y atenúan la señal, degradando la comunicación; y aunque en el momento de la simulación, los resultados indiquen un nivel de recepción aceptable; se ha asegurado el correcto funcionamiento del enlace, comprobando que en el punto más crítico del trayecto la claridad mínima sea de 20m, que corresponde a la altura estimada de los árboles y que al menos el 60% del radio de la primera Zona de Fresnel se encuentre despejado.[VAPOLO2011]

En los enlaces con línea de vista que no cumplan las características de recepción nombradas en el párrafo anterior, se han de colocar equipos con mayores potencias o antenas con ganancias más elevadas y a mayores alturas, de modo que se garantice la comunicación.

Para los enlaces donde no existe línea de vista se han colocado estaciones repetidoras, tratando siempre de ubicarlas en cerros ya inaugurados o en zonas de fácil acceso que cuenten con energía eléctrica; para evitar gastos de implementación de sistemas energéticos adicionales y para facilitar al personal encargado el mantenimiento de equipos. En los casos especiales donde no existen cerros inaugurados se han colocado estaciones repetidoras autónomas con su propio sistema de energía solar. [VAPOLO2011]

4.4.7.1 Diseño del subsistema de energía

La geografía irregular de la zona nos obliga a hacer uso de repetidores en lugares donde no se da una línea de vista directa entre los establecimientos de salud, donde es necesaria la implementación de sistemas de energía autónoma que permita la alimentación de los equipos de comunicación; por tanto, para el diseño de la red de telemedicina de la Micro Red Capachica, se plantea el uso de sistemas de energía fotovoltaica. [VAPOLO2011]

Tiempos de consumo. En las estaciones repetidoras se trabaja con el modelo de consumo WRAP que corresponde a un enrutador inalámbrico que consta de un IDU de WinLink 1000 que debe funcionar las 24 horas del día para proceder al encaminamiento de la información.

Como en las estaciones repetidoras donde se necesita energía fotovoltaica únicamente se encuentran equipos RB433AH el consumo por día es de 432 W/h, esto debido a que el RB tiene un consumo de 18 W y se encuentran encendido las 24 horas. [VAPOLO2011]

Cálculo de banco de baterías. Para llevar a cabo el cálculo de la capacidad de la batería (en A-h), se debe considerar:

A la carga total por día se le debe agregar un factor de corrección de 1.2, es decir, el sistema debe ser capaz de generar al menos un 20% más de lo que en realidad se consume; por tanto:

$$L = 432 \frac{W-h}{dia} \times 1.2$$

$$L = 518.4 \frac{W-h}{dia}$$

Ec 4.5

Tener entre 2 a 5 días de autonomía:

$$N_{da} = 2 \text{ días} \quad \text{Ec 4.6}$$

No descargar las baterías por encima del 80%

$$Pd_{max} = 0.80 \quad \text{Ec 4.7}$$

En resumen las baterías deben ser capaces de entregar a los equipos la carga que necesiten, además de tener 2 días de autonomía, teniendo en cuenta que solo se deben descargar un 80%. De modo que la capacidad de la batería que se requiere para este caso viene dado por:

$$C_{mod}(W - h) = \frac{N_{da} * L}{Pd_{max}} \quad \text{Ec 4.8}$$

$$C_{mod} = 1296$$

Para obtener la capacidad en A-h, se debe dividir el resultado para el voltaje nominal de las baterías, que son 12 voltios. Por lo tanto, se necesita un banco de baterías de 108 A-h; y el uso de una batería ACDelco24 con capacidad de 115 A-h en cada repetidor, es suficiente para cubrir esta necesidad.

Dimensionamiento de panel solar. Para el dimensionamiento del panel solar es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

[VAPOLO2011]

- Se asume un factor de corrección (f_c) de 1,2 (generar al menos 20% más de lo que se consume).
- Se toma en cuenta la radiación diaria media del peor mes en la zona, que es $W-h/m^2$: ($G_{dm}(18^\circ) = 4000 \text{ W-h/m}^2$).
- Se consideran pérdidas adicionales de 10% sobre el consumo de cargas ($n_G = 0.1$).

- Se considera que la potencia nominal generada por los paneles a usarse se ha medido con una radiación en condiciones estándar de 1000 W/m².
- Se ha de tomar en cuenta la potencia nominal (P_{nom}) del panel; para este diseño se ha considerado trabajar con paneles solares de marca ISOFOTON modelo I165
- Basándose en el criterio de que la energía necesaria (E_{GFV}) debe ser igual al consumo de las cargas (afectada por el porcentaje de pérdidas) multiplicado por el factor de corrección se obtiene:

$$E_{GFV} = L * (1 + n_G) * f_c \quad \text{Ec 4.9}$$

$$E_{GFV} = 570.24 \left(\frac{W - h}{\text{dia}} \right)$$

Para obtener el número de paneles:

$$\#paneles = \frac{E_{GFV}}{P_{nom} * G_{dm}} \quad \text{Ec 4.10}$$

$$\#paneles = 0.9504 \approx 1$$

El subsistema encargado de brindar energía eléctrica para el sistema WinLink de los repetidores autónomos comprende un panel solar, una batería, un regulador, termo magnéticos y cables de conexión internos y externos.



FIGURA N° 31: Esquema básico de subsistema de energía fotovoltaica
Fuente: [VIVI2011]

4.4.7.2 Diseño del subsistema de protección eléctrica

La IDU debe ir permanentemente conectado a tierra ante cualquiera problema que pueda haber como alguna sobrecarga o algún problema atmosférico. La conexión debe hacerse mediante un cable a tierra de 18AGW.

Las zonas involucradas en este diseño al ser del tipo rural, están expuestas a una diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico capaces de afectar el buen funcionamiento de los equipos de telecomunicaciones. Por esto, es necesario llevar a cabo el diseño de un sistema de protección eléctrica que debe ser instalado en cada estación. El sistema integral de protección eléctrica que ha sido diseñado consta de un pozo de puesta a tierra (PAT) que rodeará a toda la instalación; un pararrayos

pasivo ionizante Franklin que se encargará de capturar la descarga atmosférica; una barra máster para poner al mismo potencial los equipos de comunicación, energía y el PAT; y protectores de línea. [VAPOLO2011]

La estructura del subsistema de protección eléctrica, entre los elementos cuenta con el uso de un pararrayos tipo Franklin para cada torre, el soporte para éste deberá cumplir lo siguiente:

- Un tubo inferior de acero ISO 65 de Φ 1½" de 1.5 metros de longitud con las siguientes características
- Un ángulo de 2"x3/16"x 600mm para soporte de luces de balizaje, esto incluye una abrazadera U-bolt para tubo de Φ 1½".
- Una plancha base triangular de 359mm de lado, soldado al tubo inferior.
- Un tubo superior de acero ISO 65 de Φ 1¼" de 1.3 metros de longitud.
- Perno de embone de ½" galvanizado, para la unión del tubo inferior y superior.

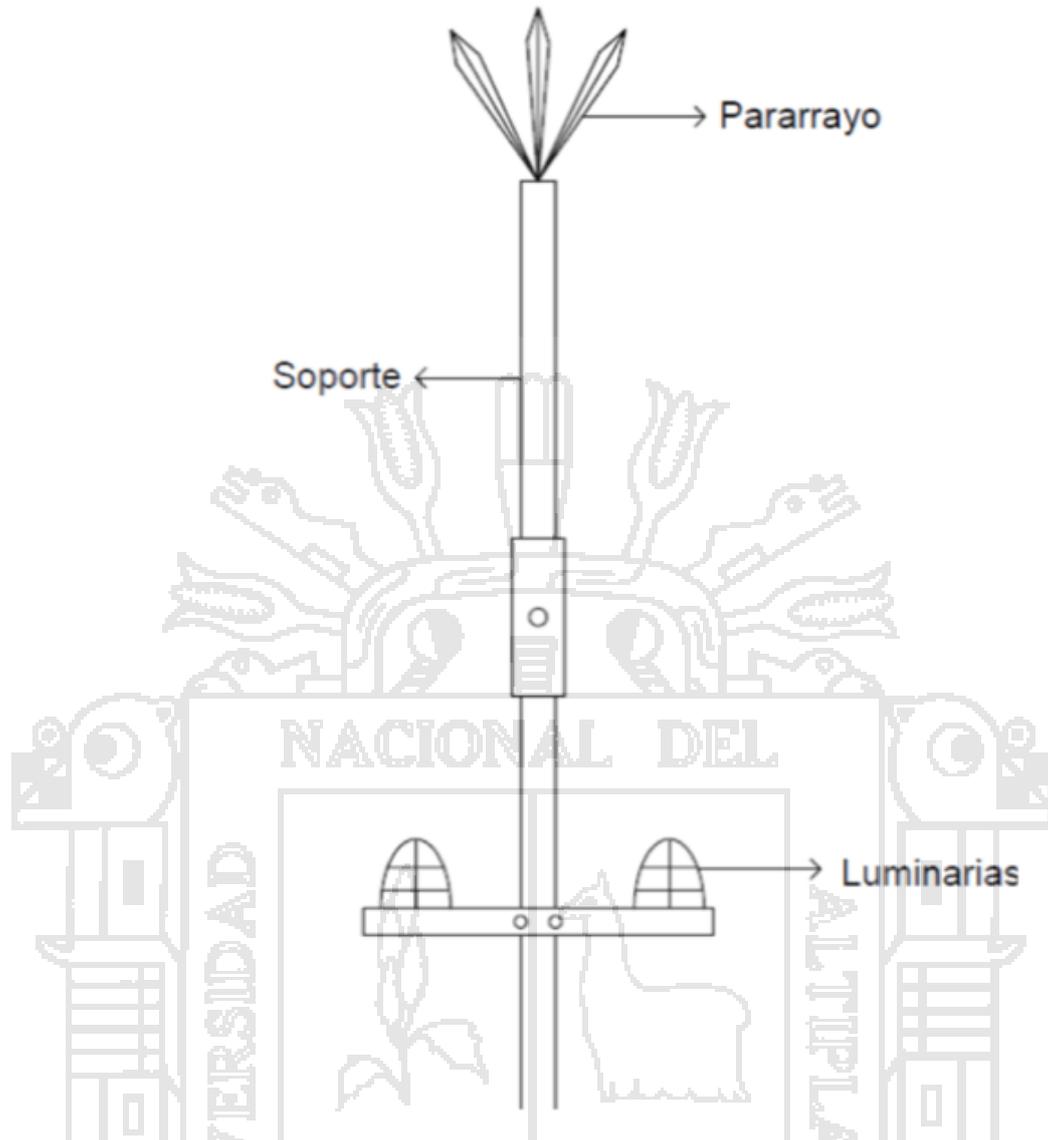


FIGURA N° 32: Esquema soporte de pararrayo
Fuente: [VAPOLO2011]

4.4.7.3 Diseño del subsistema de infraestructura

Los elementos básicos que forman el subsistema de infraestructura son, la torre metálica, los cables para sujetar las bases de concreto. Dependiendo del diseño de la red se pueden requerir torres de mayor o menor altura, con el fin de asegurar los enlaces. Para este diseño se plantea trabajar con torres venteadas, esto por su bajo costo respecto a las auto soportadas y porque brindan prestaciones suficientes para los requerimientos de la red en cuestión. Cabe recalcar que la altura mínima sobre el nivel del suelo a la que ha de

colocarse cualquier antena debe ser 15 metros, excepto en el caso en que una estación final esté apuntando a un repetidor colocado en un cerro y se tenga la certeza de que la línea de vista está despejada, en este caso las alturas mínimas en estaciones finales y repetidores serán de 6 metros. En general, la altura máxima de torre puede ser de 25 metros, debiendo evitarse llegar a este valor; en la red de telemedicina diseñada para la Micro Red de Capachica, la altura máxima de la torre es de 25m.

4.4.8 Instalación de Red IP

En los diagramas se ilustrará una clásica instalación del equipo WinLink 1000 en uno de los lados del enlace, se entiende también que a los otros extremos el sistema se montará de la misma manera, para este caso se cuenta con antena externa, esto es opcional ya que también existen varias presentaciones vienen con antenas integradas [WIN2007].

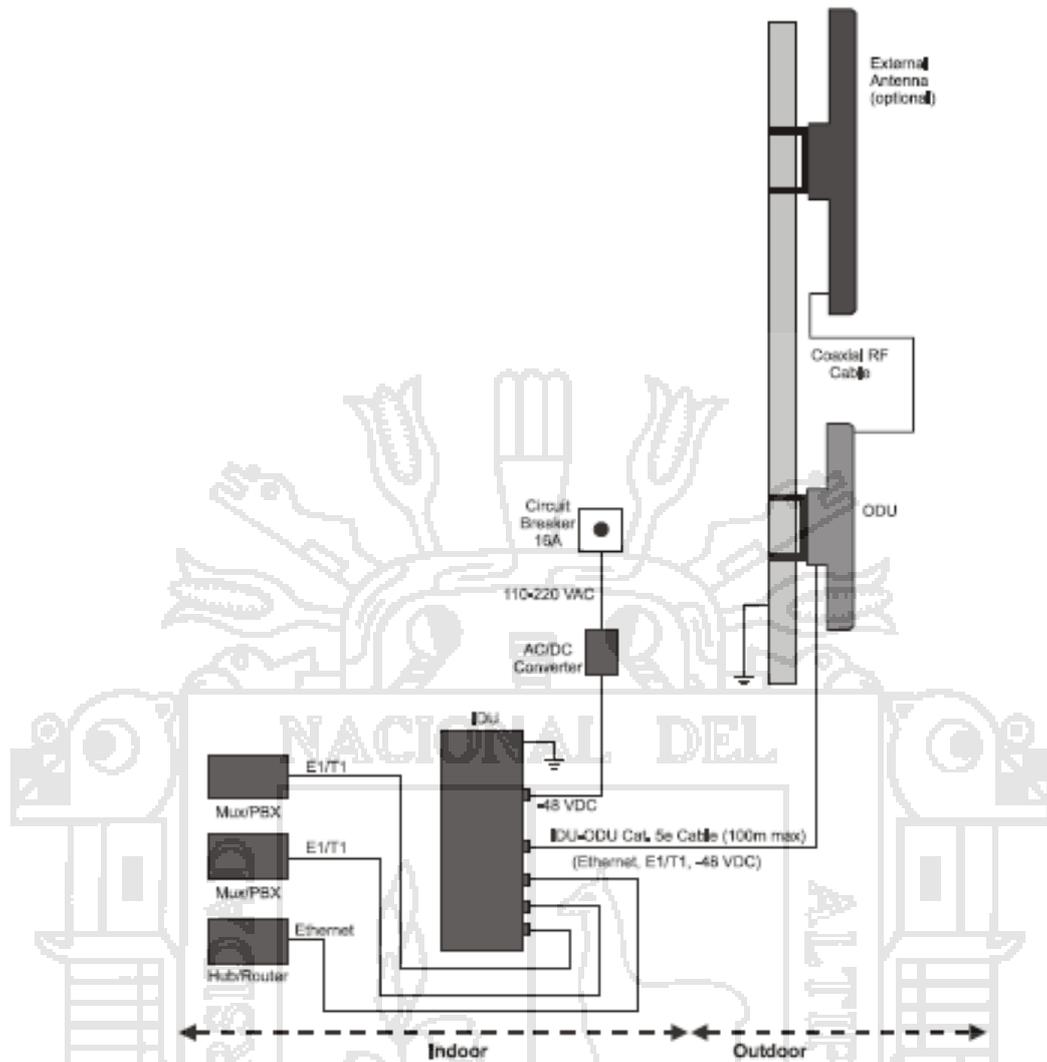


FIGURA N° 33: Instalación típica de un nodo del sistema WINLINK 1000
Fuente: “Typically installation diagram” [WIN2007]

La estructura del subsistema de telecomunicaciones de una estación final difiere del de una estación repetidora únicamente por la presencia de un mayor número de antenas en ésta última, las figuras que se presentan a continuación son los esquemas típicos que se encontrarán en las estaciones:

Para una estación final:

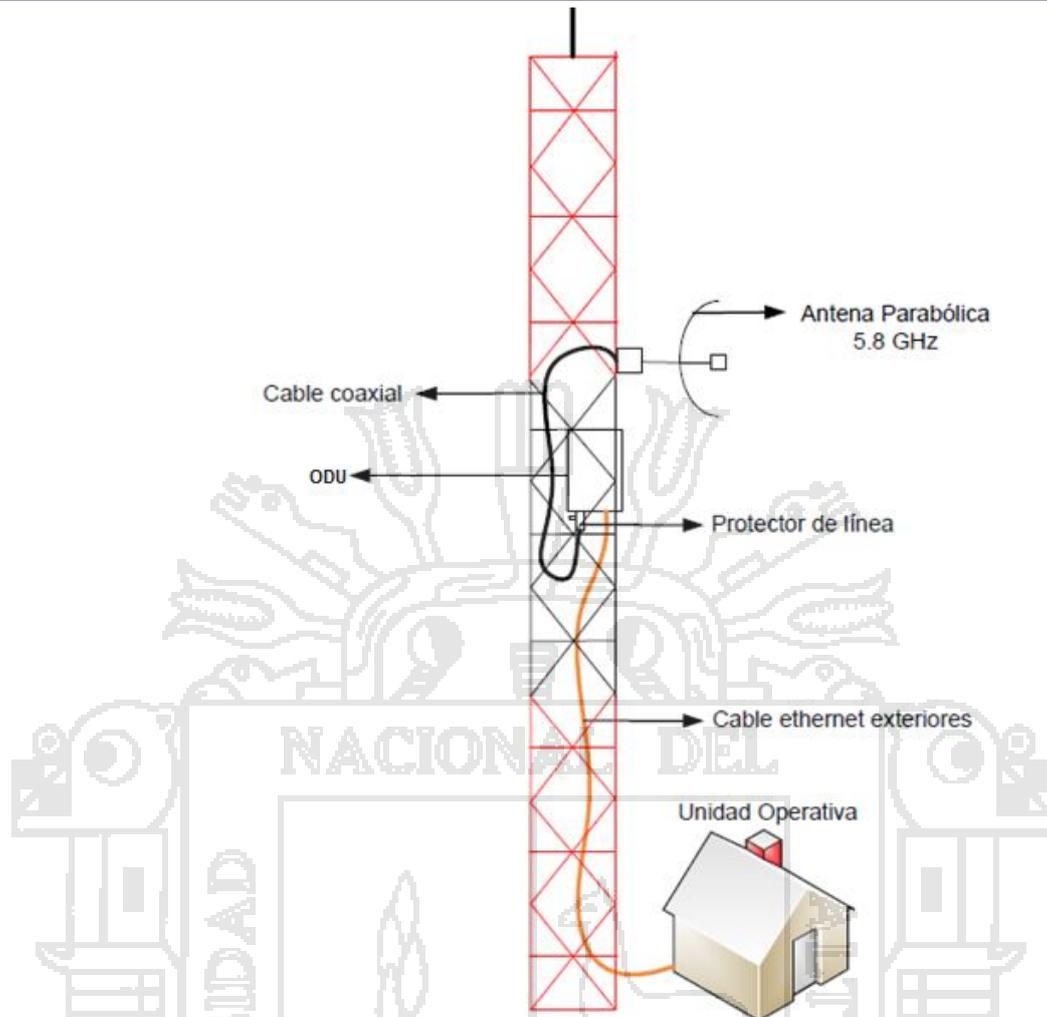


FIGURA N° 34: Esquema de una estación final A
Fuente: [VAPOLO2011]

Como se puede apreciar en la figura, el subsistema de telecomunicaciones se inicia con la antena direccional la misma que se encuentra adherida a la torre a través de un soporte; de la antena sale el cable coaxial que antes de llegar al ODU pasa por un protector de línea. Del ODU baja el cable ethernet (del tipo para exteriores) para de este modo llegar al cliente.

En el caso que el cliente se encuentre a una distancia mayor a 100 m desde la torre, será necesario implementar otro sistema Wi-Fi (con menores

requerimientos) que permita llegar a la estación cliente a través del radio enlace, quedando el esquema anterior de la siguiente manera:

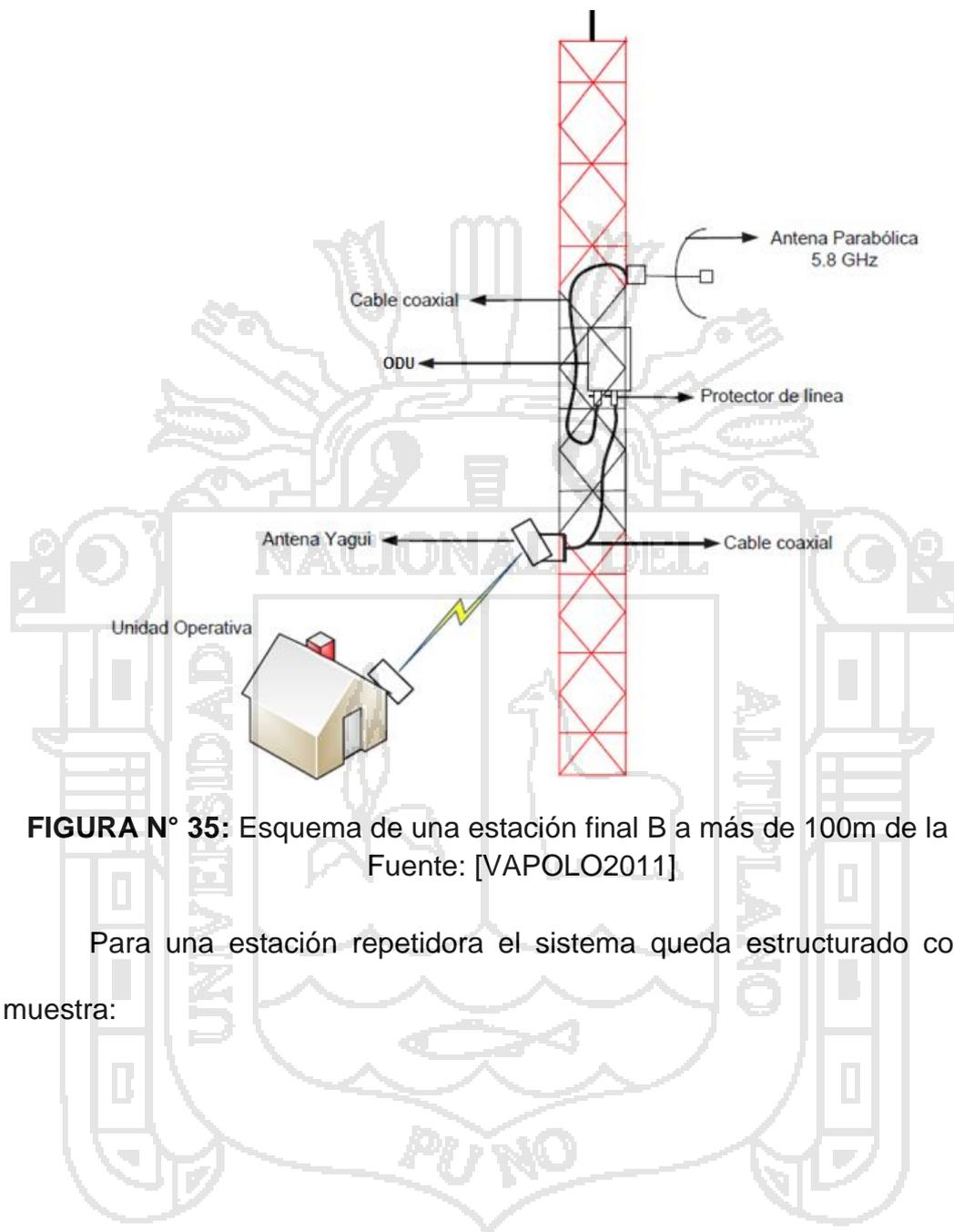


FIGURA N° 35: Esquema de una estación final B a más de 100m de la torre
Fuente: [VAPOLO2011]

Para una estación repetidora el sistema queda estructurado como se muestra:

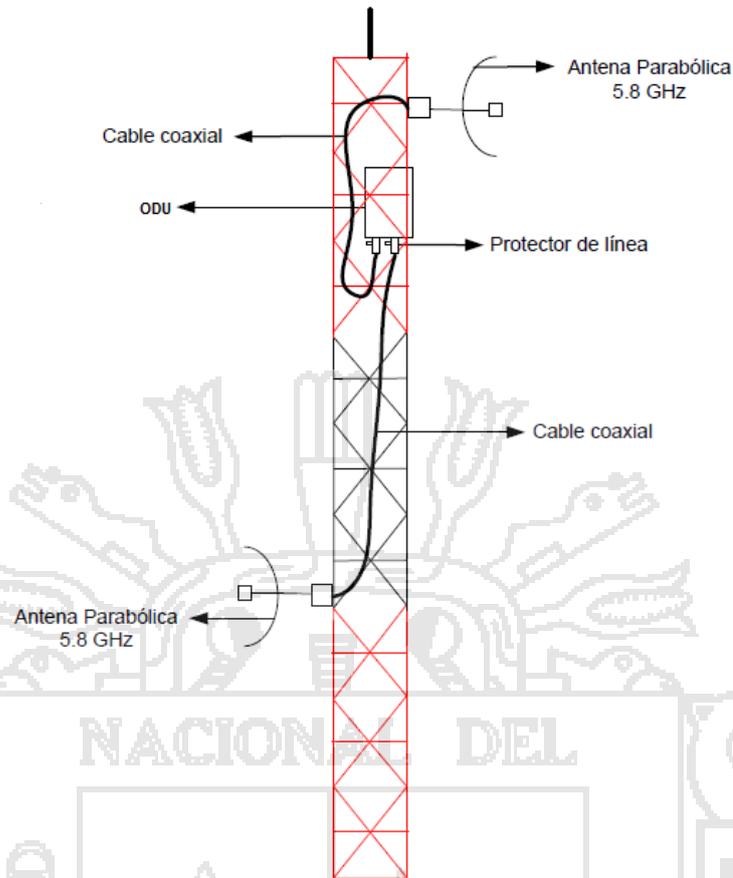


FIGURA N° 36: Esquema de una estación repetidora
Fuente: [VAPOLO2011]

La instalación del radio enlace IP se dividirá en las siguientes fases:

Instalar el Software WinLink 1000 Management

Este software vendrá incluido en un CD-ROM con el sistema WinLink 1000, los requerimientos de la computadora que alojará este software serán los siguientes [WIN2007]:

- Memoria: 128 MB RAM
- Disco: 1 GB de espacio libre en disco duro
- Procesador: Pentium 3 o más reciente
- Red: 10/100BaseT NIC
- Gráficos: Tarjeta y monitor que admitan 1024 X 768 y resolución con color de 16 bits

- Sistema operativo: Windows 2000/XP
- Microsoft Explorer 5.01 o más reciente

Montar la unidad ODU. La unidad ODU es el elemento transceptor del sistema WinLink 1000 ya que se encarga de recibir y transmitir señales. La ODU podrá ser montada hacia una pared o un mástil. También se debe tener en cuenta que si la instalación debe ser hecha en algún poste alto o torre instalada, se debe contar con ayuda de un torrero profesional para evitar accidentes [WIN2007].

Conectar la unidad ODU a la unidad IDU. El cable puesto entre ODU e IDU conduce todo el tráfico de los usuarios. El cable ODU-IDU además proporciona -48 DVC y Ethernet a la ODU. La máxima distancia para conectar un cable ODU-IDU es de 100 metros de acuerdo a las normas de 10/100BaseT.

Para el caso de usar un OPoE, la distancia máxima de las dos piernas del cable de OPoE es de 100 metros de acuerdo también a las normas de 10/100BaseT. El cable ODU-IDU es suministrado antes de algún ensamblaje con conectores RJ-45. En el caso de que faltara el cable ODU-IDU, se debe usar el cable blindado Cat. 5e 24AWG [WIN2007].

Instalación del enlace. Durante el proceso de instalación, la definición de todos los parámetros es aplicado automáticamente a ambos lados del enlace.

Se deberán seguir los siguientes pasos para la configuración del enlace:
Verificar que haya conectividad IP entre la estación base o laptop donde esté instalado el WinLink 1000 Management y la unidad IDU y que el software esté funcionando sin problema alguno.

En la barra de herramientas del WinLink 1000 Management, se deberá hacer acceder al botón de instalación de enlace. Este botón sólo será accesible cuando las antenas de ambos lados del enlace estén alineadas correctamente. Cuando estén alineadas habrá indicadores de RSS [dBm] que se podrán ver verdes tal como se muestra en el siguiente gráfico [WIN2007].

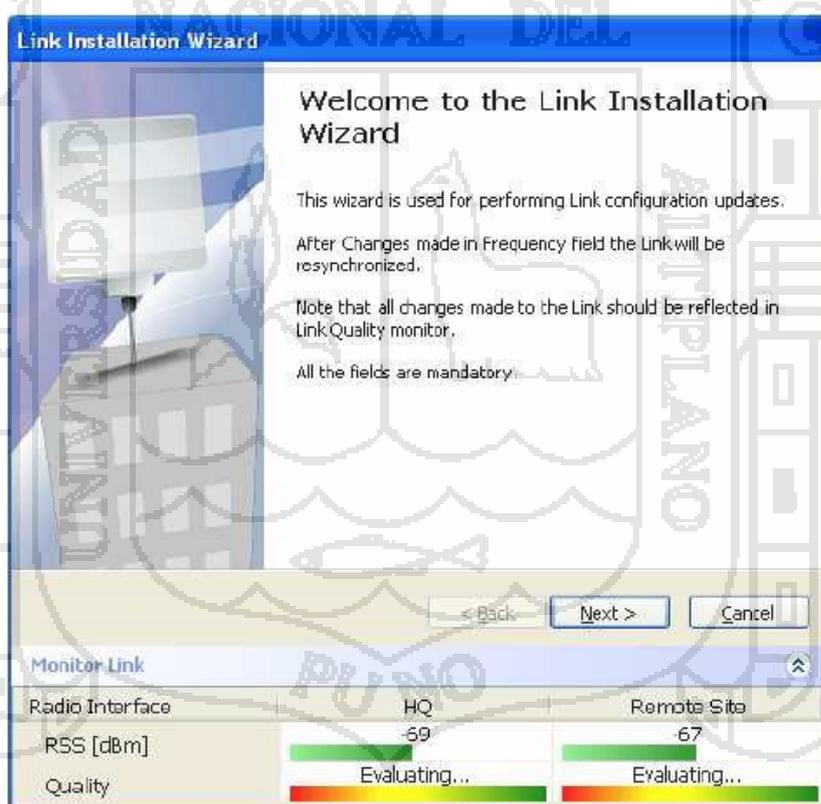
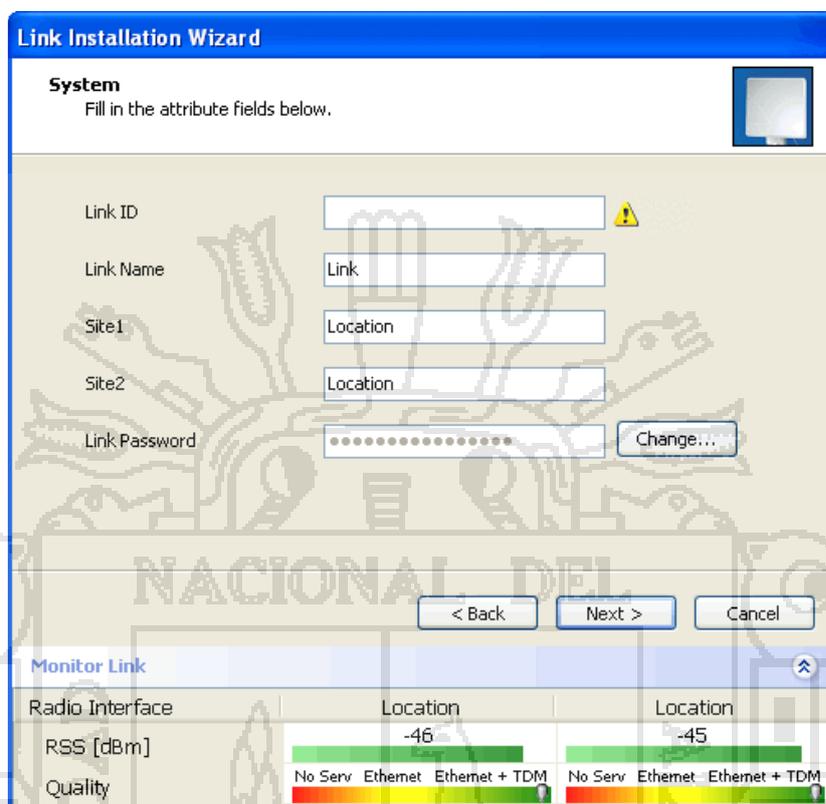


FIGURA N° 37: Alineación de antenas apreciado en WINLINK 1000 MANAGEMENT

Fuente: "Link installation Wizard" [WIN2007]

Posteriormente, mediante la opción Next se accederá a la siguiente interfaz:



Link Installation Wizard

System
Fill in the attribute fields below.

Link ID ⚠

Link Name

Site1

Site2

Link Password

< Back Next > Cancel

Monitor Link

Radio Interface	Location	Location
RSS [dBm]	-46	-45
Quality	No Serv. Ethernet Ethernet + TDM	No Serv. Ethernet Ethernet + TDM

FIGURA N°38: Interfaz de instalación de WINLINK 1000 MANAGEMENT
Fuente: "Installation Wizard, System dialog box" [WIN2007]

En el lugar del SSID se debe ingresar un identificador del enlace que sea único en el área. Este ID debe estar compuesto de por lo menos 8 caracteres alfanuméricos y puede llegar a ser configurado con 24 caracteres. El nombre del enlace identificará al radio enlace que se pone más no deberá ser único en la zona como si ocurre con el SSID.

En el nombre del sitio 1, se coloca el nombre del lugar desde donde accedes con tu laptop mientras que en el nombre del sitio 2, se colocará el nombre del sitio remoto.

Luego de presionar el botón Next, el radio enlace por defecto será evaluado con una tasa de transmisión de 9 Mbps [WIN2007]. Después de este procedimiento aparecerá la ventana de configuración de canales.

Esta ventana cambia de acuerdo a la versión del software con el que se cuente. Adicionalmente, la clave del enlace puede ser cambiado de manera fácil tal y como se hace normalmente poniendo la clave actual y la nueva clave del enlace.

Conectar al equipo de usuario. La unidad IDU irá en un escritorio aparte, o montado en una pared o instalado en un rack. Para conectar el equipo de usuario a la IDU se seguirán los siguientes pasos:

- Conectar el tráfico E1/T1 del usuario al puerto RJ 45 del panel de la IDU. Este puerto esta designado con el nombre TRUNK.
- Conectar el Hub o Router u otro dispositivo del usuario compatible al IDU al puerto RJ 45 del panel de IDU llamada LAN [WIN2007].

Seleccionar canales. El sistema WinLink 1000 tiene una característica llamada selección automática de canal, el cual permite definir muchos canales de frecuencias alternativas si alguna interferencia es detectada en el canal en uso [WIN2007].

Esta función ACS (Automatic Channel Select) tendrá la siguiente interfaz gráfica:

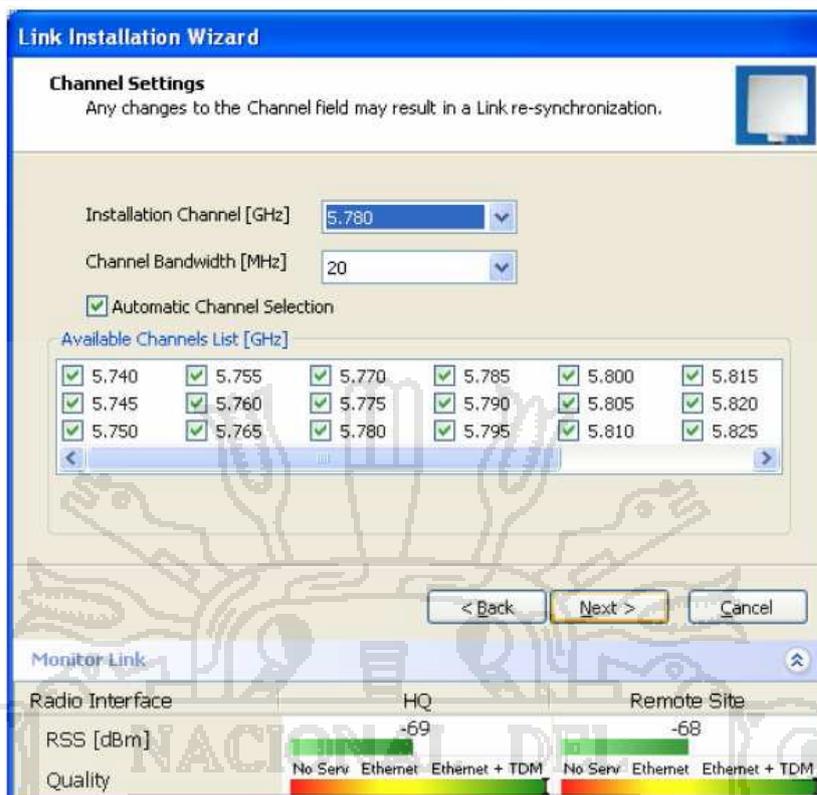


FIGURA N° 39: Interfaz de selección de canales de WINLINK 1000 MANAGEMENT

Fuente: “Channel Select dialog box – Automatic Channel Select” [WIN2007]

El procedimiento para poder implementar de manera correcta esta función se detalla paso a paso a continuación [WIN2007]:

- Seleccionar la frecuencia principal del menú de instalación de canal
- El canal de instalación será puesto a 5725 MHz para que trabaje hasta 5850 MHz
- Señalar el ancho de banda requerido del canal que puede ser de 5, 10 o 20 MHz. Por defecto, se encuentra en 20 MHz pero este será cambiado a 5 MHz que es lo que necesitamos para el radio enlace.
- Poner check para que el cambio automático de canales ocurra.
- Poner check a las frecuencias de los canales que son permitidas para ser elegidas automáticamente. Seleccionar un nuevo canal ocasionará

un cambio en la calidad del sistema a ser cambiado. La barra de calidad mostrará el ajustamiento que se hace hasta que el sistema encuentre la mejor calidad de señal.

- Si no se encuentra satisfecho con el canal que se seleccionó automáticamente, se tiene la opción de volver a seleccionar el canal con la opción de Reselect Channel.
- Verificar que se obtiene la tasa de transmisión necesaria para los fines del enlace y proseguir con la siguiente configuración.

Seleccionar los parámetros de servicio

Se debe definir qué servicios se brindarán con el radio enlace ya sea solo Ethernet o Ethernet con TDM de manera como se muestra en la siguiente interfaz [WIN2007].

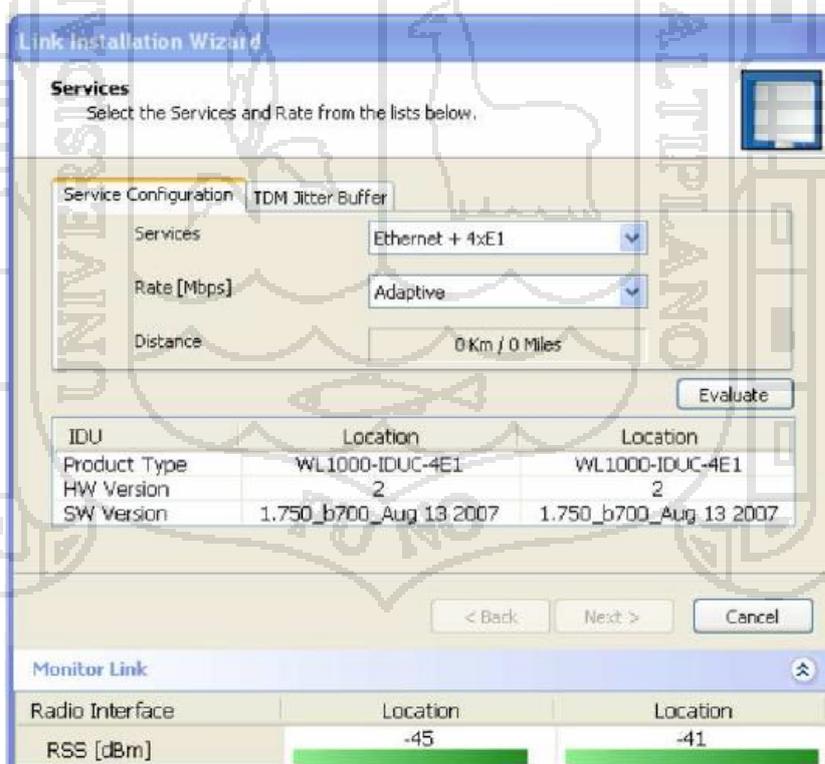


FIGURA N° 40: Interfaz de selección de parámetros de servicios del WINKINK 1000 MANAGEMENT

Fuente: "Installation Wizard, Service dialog box" [WIN2007]

A continuación se detalla la como se procede a hacer la configuración de los servicios a brindar:

En primer lugar se debe escoger entre los siguientes servicios [WIN2007]:

- Solo Ethernet
- Ethernet + E1/T1

El ancho de banda disponible depende del número de puertos E1/T1 seleccionados. En la parte de seleccionar la tasa de transmisión [Mbps] se selecciona la tasa requerida. Así mismo, si es seleccionada la opción adaptativa, WinLink constantemente monitoreará y ajustará la tasa de transmisión para asegurar la máxima transmisión de información por el enlace en la mayor calidad posible.

Se presiona el botón de evaluación, la óptima tasa de transmisión para los servicios seleccionados son evaluados [WIN2007].

En el siguiente cuadro, se presenta la tasa de transmisión seleccionada basado en el ancho de banda elegido [WIN2007].

TABLA N° 35: Tasa de transmisión según ancho de banda de canal

Modulación/FEC	5 MHz	10 MHz	20 MHz
BPSK/ $\frac{3}{4}$	2.25 Mbps	4.5 Mbps	9 Mbps
QPSK/ $\frac{1}{2}$	3 Mbps	6 Mbps	12 Mbps
QPSK/ $\frac{3}{4}$	4.5 Mbps	9 Mbps	18 Mbps
16QAM/ $\frac{1}{2}$	6 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
16QAM/ $\frac{3}{4}$	9 Mbps	18 Mbps	36 Mbps
64QAM/ $\frac{2}{3}$	12 Mbps	24 Mbps	48 Mbps
64QAM/ $\frac{3}{4}$	13.5 Mbps	27 Mbps	

Se escoge la Modulación de QPSK con un FEC de $\frac{3}{4}$ ya que con estos valores se alcanza una tasa de transmisión de alrededor de 4.5 Mbps para un canal de 5 MHz que es más que suficiente para la información a transmitir a través de la red de telemedicina.

4.4.9 Diseño Lógico de la Red IP

Para el direccionamiento de la red se ha creído conveniente trabajar con direcciones IPv4 privadas, ya que el empleo de éstas no requiere permisos ni justificación de uso. Este tipo de direcciones se agrupan de la siguiente manera:

- Clase A: 10.0.0.0 a 10.255.255.255 (8 bits red, 24 bits hosts).
- Clase B: 172.16.0.0 a 172.31.255.255 (12 bits red, 20 bits hosts).
- Clase C: 192.168.0.0 a 192.168.255.255 (16 bits red, 16 bits hosts).

La asignación de direcciones IP puede ser diseñada con la clase A, ya que permite hasta 256 host, y mediante subneteo por VLSM se puede dimensionar una subred para cada estación.

Cabe mencionar que los dispositivos en internet normalmente se configuran de manera tal que descarten cualquier tráfico dirigido a direcciones IP privadas, por tanto para que una estación configurada con dirección IP privada pueda salir a internet es necesario que lo haga a través de una dirección pública. El proceso de lograr que todo un conjunto de direcciones privadas salgan a la red externa por medio de una única dirección pública se conoce como NAT y es llevado a cabo por un dispositivo de traducción de dirección de red o un servidor proxy.

TABLA N° 36: Direccionamiento de Subredes para los establecimientos de Salud.

Fuente: Elaboración propia.

Establecimientos de Salud	Red
Hospital Manuel Núñez B.	192.168.1.0/27
Centro de Salud Capachica	192.168.2.0/27
Centro de Salud Amantani	192.168.3.8/27
Puesto de Salud Escallani	192.168.4.0/27
Puesto de Salud Ccotos	192.168.5.0/27
Puesto de Salud Llachon	192.168.6.0/27
Puesto de Salud Isañura	192.168.7.0/27
Puesto de Salud Siale	192.168.8.0/27
Puesto de Salud Yapura	192.168.9.0/27
Repetidora	192.168.10.0/30
Repetidora 2	192.168.10.8/30

4.4.9.1 Configuración de cada sitio del radio enlace IP

Se puede configurar los parámetros de cada lado de los radio enlaces usando las funciones que salen en la ventana de diálogo, estas funciones serán explicadas a detalle a continuación.

Editar parámetros de configuración. Editar la persona de contacto y los detalles de la locación tal como se muestra a continuación [WIN2007]:

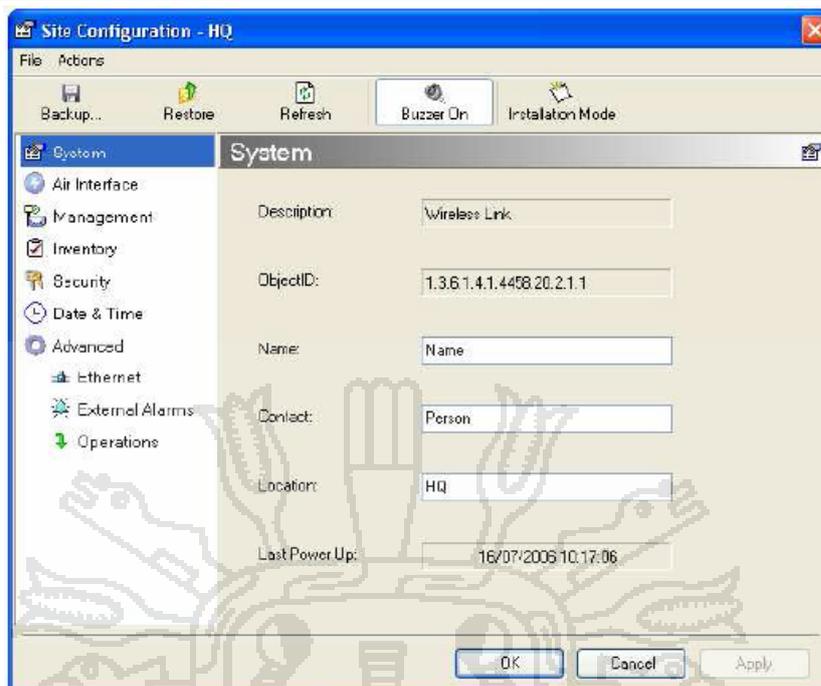


FIGURA N° 41: Interfaz de configuración de nodo del sistema WINKINK 1000
Fuente: "Configuration Dialog box" [WIN2007]

Cambiar la potencia de transmisión. Se debe seleccionar el sitio a configurar; posteriormente, se selecciona la opción interfaz de aire y se elige el nivel de potencia de transmisión requerida. Para utilizar dicha configuración, se debe tener en cuenta el límite de la potencia de transmisión.

Definición de gestión de direcciones. Se selecciona la opción de gestión y luego se procederá a poner la IP de la ODU en el campo de dirección IP así como se colocará la máscara de subred y el Gateway por defecto. Por otro lado, se configurará el destino de captura que será la dirección IP de la PC donde se corre la aplicación de gestión.

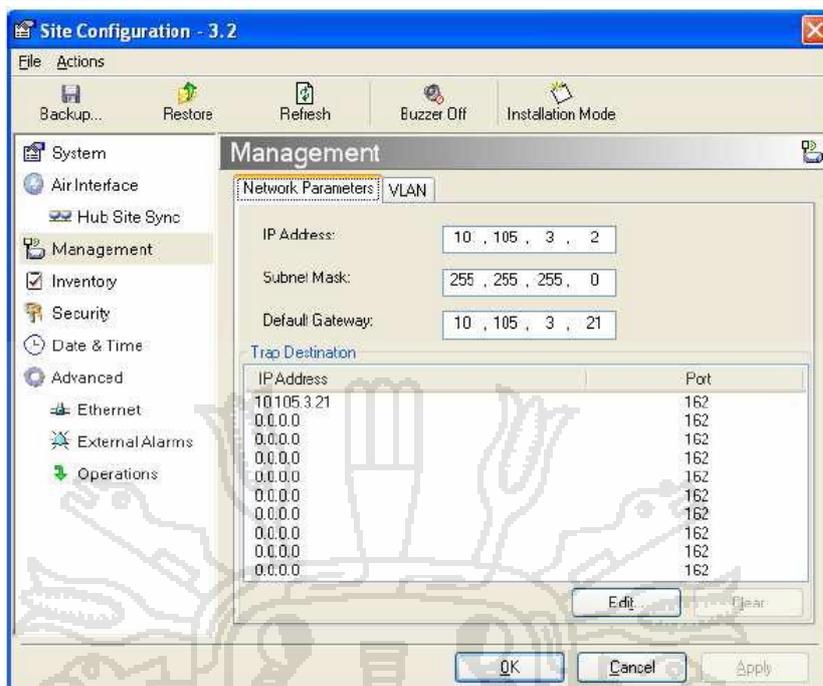


FIGURA N° 42: Interfaz de configuración del nodo del sistema WINKINK 1000
Fuente: “Management Addresses – Site configuration dialog box” [WIN2007]

Configuración de las opciones de VLAN. La administración de VLAN permite la separación de tráfico de usuario del tráfico NMS. El usuario decidirá si se realiza tal separación. Ambos lados del radio enlace pueden ser configurado con administración de VLAN. En esta opción, se introducirá un VLAN ID, el cual hará que solo paquetes con el VLAN ID especificado serán procesadas por la ODU. Esto incluye todos los protocolos soportados por la IDU tales como son ICMP, SNMP, TELNET y NTP. La prioridad de VLAN es usado para enviar el tráfico desde la ODU hacia la administración de la estación de trabajo.

Si el VLAN ID es olvidado o no existe una red VLAN conectada a la ODU, se debe reiniciar el equipo [WIN2007].

4.5 Diseño de la red VoIP

4.5.1 Equipos de Red VoIP

Los equipos necesarios para hacer una red VoIP es necesario equipos terminales, servidores (para registro o IP-PBX), un Gateway de voz para conmutar la red Telefónica Pública o PSTN y los equipos de networking para poder transmitir voz y datos entre los establecimientos de salud y el hospital Manuel Núñez Butrón en la ciudad de Puno. La interconexión entre ambos lugares para transmisión de voz y datos y sus equipos fue definido en la parte de diseño del radio enlace IP. Por ahora, solo se definirán los equipos de la red VoIP [FER2008].

Servidor. Su función principal es implementar la señalización de llamadas. Básicamente, se debe tener un dispositivo que soporte un buen procesamiento de llamadas y poder conectarse a la red de datos. El parámetro más importante para la elección del hardware es el número máximo de llamadas que se pueden dar al mismo tiempo. A parte de ello se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros para elegir el servidor:

- El porcentaje de procesamiento que se requiere para codificar/decodificar la señal de voz
- Complejidad para la marcación
- Los procesos adicionales que se ejecuten

En cuanto a la parte de software, se deben definir dos parámetros importantes como son el sistema operativo bajo el cual trabajará el servidor IP y el software IP/PBX.

La función principal del sistema operativo es levantar interfaces y archivos de sistema necesarios para operar correctamente el software de comunicaciones y otros programas que se instalarán en el servidor como Web Servers, FTP servers, etc. Se debe optar por un sistema operativo como Linux dado que es libre y que posee menos riesgos de seguridad que Windows y se le puede instalar software libre y trabajará eficientemente.

El software IP/PBX es el elemento principal del sistema ya que se encarga de realizar la comunicación extremo a extremo y ofrecer todas las funciones que realizaría una centralita telefónica tradicional. Sobre este software se configura el plan de marcación y si se desea algunos otros servicios. Dentro de los software libres más destacados se encuentra Asterisk que es una centralita software (PBX). Dentro del paquete básico de Asterisk, se encuentran características como creación de extensiones, envío de mensajes de voz, llamadas en conferencia, menú de voz interactiva y distribución automática de llamadas. Adicionalmente, también se pueden crear nuevas funcionalidades mediante el lenguaje de Asterisk, módulos escritos en C o en otros lenguajes. Dado que el software con licencia resulta siendo más caro; entonces, se debe optar por un servidor que trabaje con Asterisk.

Gateway de voz. Dispositivo que se encarga de realizar la conmutación hacia la red telefónica pública. Si en caso se necesitaría realizar una llamada hacia un abonado externo de la red PSTN, el servidor VoIP se encargará de realizar la llamada hacia el Gateway, que realizará la conmutación con la PSTN y viceversa si es que se diera el caso.

El Gateway que debe elegirse debe tener entradas analógicas (línea FXO) que serán utilizadas de salida hacia la PSTN. Adicionalmente, se debe tener en cuenta el códec elegido para que se pueda realizar adecuadamente la decodificación de paquetes de voz y que sean convertidos en señales analógicas.

Dispositivos terminales. Se usarán hardphones que son teléfonos VoIP con un conector RJ45 para ser conectados directamente hacia la red de datos. Como se definió en el capítulo anterior, se usarán seis teléfonos en total en cada establecimiento de Salud que estarán repartidos dos para el área de atención médica y cuatro para el área administrativa.

Es necesario recalcar que en el hospital Manuel Núñez Butrón de la ciudad de Puno se cuentan con dos teléfonos IP que serán usados para la comunicación con los establecimientos de salud de la MicroRed Capachica, estos dos teléfonos se encontrarán en un ambiente especial del hospital destinado a descanso pero que será aprovisionado para la atención médica remota a través de la red de telemedicina.

4.5.2 Diagrama de la red VoIP

Una vez definidos los equipos y diseñada la red del radio enlace IP en el punto anterior; entonces, el diagrama de la red VoIP es el siguiente [FER2008]:

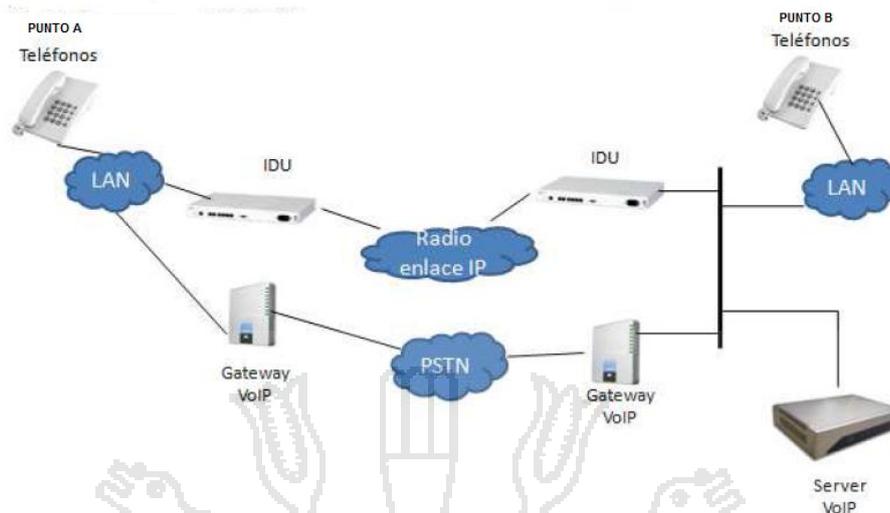


FIGURA N° 43: Diagrama de Red VOIP

Fuente: [FRANS2011]

4.6 Diseño de la red de Videoconferencia IP

Los sistemas de videoconferencia sirven para comunicar dos o más personas de forma remota y así estas puedan tener una comunicación más directa ya que se pueden ver mientras están conversando; a la misma vez, algunos sistemas permiten intercambio imágenes, datos o archivos que pueden ser útiles sobre todo en servicios como telemedicina. Se puede intercambiar información como la siguiente [CAB2011]:

- Presentaciones PowerPoint
- Pizarra electrónica
- Proyector de documentos

Las videoconferencias IP en nuestros días ofrecen una solución más adecuada y barata para prestar servicios de calidad con un buen audio e imagen que es muy útil para sistemas modernos de telemedicina que serán de gran ayuda para los médicos que usarán dicha tecnología.

Las videoconferencias se dividen de acuerdo a la tecnología que usan, para el caso de tecnología IP, se usa el estándar H.323. Dicho protocolo establece una base para comunicaciones tanto de audio, video y datos a través de una red IP. Los dispositivos que trabajan bajo el estándar puede operar junto con dispositivos de otros estándares y así no exista problemas de falta de compatibilidad. Esta recomendación cubre los requerimientos técnicos para servicios de comunicaciones entre redes basadas en paquetes (PBN) que pueden proporcionar calidad de servicio (QoS). Dichas redes de paquetes pueden incluir redes LAN, WAN, Intranets o incluso Internet. Adicionalmente, puede incluir conexiones telefónicas o punto a punto sobre la red telefónica conmutada o ISDN que usan debajo un transporte basados en paquetes [CAB2011].

La recomendación para un sistema H.323 incluye los siguientes componentes: Terminales, Gateways, Gatekeepers, Controladores Multipunto (MC), Procesadores Multipunto (MP) y Unidades de Control Multipunto (MCU). Sin embargo para sistemas de teleconferencias punto a punto, se puede utilizar básicamente terminales simples que mediante ciertas configuraciones no tan complejas pueda realizar adecuadamente la videoconferencia IP sin problemas y con una muy alta calidad [CAB2011].

En la red de telemedicina se usarían dos terminales simples en cada nodo de la red para que se puedan conectar directamente a la red de datos y de esta manera se pueda transmitir imagen, voz y datos a través del radio enlace IP desde los establecimientos de salud hasta el hospital Manuel Núñez

Butrón de Puno usando el protocolo H.323. El sistema a implementarse resultaría de la siguiente manera:



FIGURA N° 44: Diagrama de Red Videoconferencia IP
Fuente: [FRANS2011]

4.7 Red para dispositivos de telemedicina

El sistema está basado en una estación de telemedicina realizada en otro país de Sudamérica. Básicamente, se contará con dos equipos espirómetros para medir el rendimiento de los pulmones así como poder detectar que tan avanzado o complicado se encuentra alguna enfermedad de relacionada las vías respiratorias. Por otro lado, también se cuenta con dos estetoscopios electrónicos que sirven para auscultaciones básicas tanto para problemas de vías respiratorias como para otro tipo de enfermedades [PER2000].

Para la interconexión con la red de telemedicina, se tiene que tomar en cuenta que ambos elementos estarán conectados a la computadora del doctor desde donde se enviarán los datos a los establecimientos de salud y donde se

recibirá los datos para que sean analizados por el médico especialista y se pueda brindar un diagnóstico más acertado o un tratamiento más efectivo si la enfermedad fue detectado con anterioridad. El equipo espirómetro estará conectado a la computadora a través del puerto USB mientras que el equipo estetoscopio digital estará conectado a la computadora a través de un puerto serial del CPU [PER2000].

Es necesario recalcar que en el hospital Manuel Núñez Butrón de Puno se cuentan con suficientes computadoras que serán usados para la comunicación con los establecimientos de salud, estas computadoras se encontrarán en un ambiente especial del hospital destinado a descanso pero que será aprovisionado para la atención médica remota a través de la red de telemedicina.

El diagrama para estos equipos y su conexión a la red se dará de la siguiente manera:

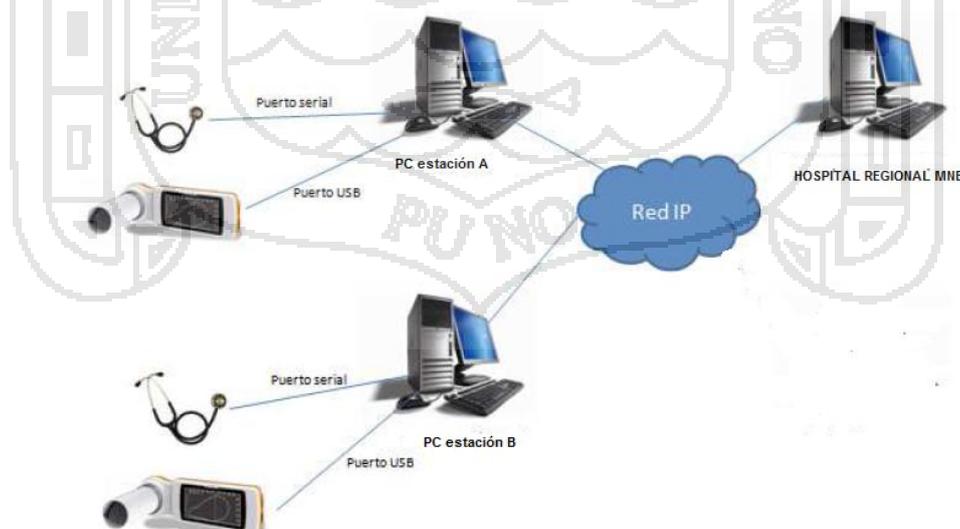


FIGURA N° 45: Diagrama de red de dispositivos de telemedicina
Fuente: [FRANS2011]

4.8 Red LAN dentro de los establecimientos de Salud

En el caso de la LAN dentro de los telecentros se establecerá teniendo en cuenta los dispositivos que estarán conectados a la red y dependiendo de su ubicación de las mismas dentro del telecentro. En este caso, se contarán con los siguientes elementos para formar la LAN dentro de los establecimientos de salud [MAL2011]:

Router. Dispositivo de capa 3 que sirve para interconectar la red de radio enlace IP con la red local LAN y sus VLANs internas. En el caso de la red no se necesitará un Router con características muy complejas solamente que brinde una buena distribución a los diversos elementos con los que contamos en la red y deberá soportar las siguientes características:

- Mínimo dos puertos Ethernet 10/100/1000 Base T
- Servicios integrados de voz y seguridad
- Soporte de VoIP y videoconferencia

Switch. Para el diseño del LAN se utilizará este dispositivo de capa 2 para poder distribuir diversos puntos de red a cada uno de los dispositivos que se conectarán a la red. Este dispositivo debe contar con las siguientes características:

- Por lo menos unos 16 puertos 10/100 Mbps
- Velocidad de conexión 10 Base T y 100 Base T
- Transmisión en full duplex
- Control de pérdidas de datos

Firewall. Es un cortafuego de la red que brindará un mayor grado de seguridad a la red en cuanto a ataques externos provenientes de internet. Se desea bloquear contenido amenazante para brindar protección contra contenido además que establece altas políticas de seguridad.

Dados los elementos mencionados anteriormente tanto para la red LAN como para las diversas redes a instalarse en el establecimiento de salud, el diagrama de red LAN quedará de la siguiente manera [MAL2011]:

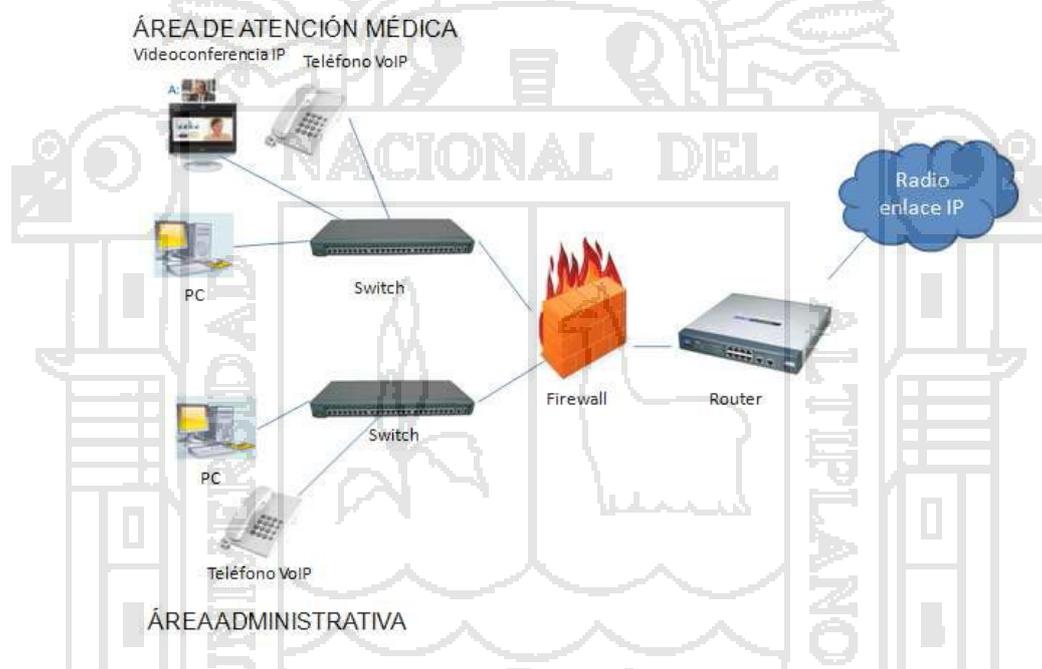


FIGURA N° 46: Diagrama de Red LAN Dentro de cada establecimiento de Salud de la Micro Red de Capachica
Fuente: [FRANS2011]

4.8.1 Diseño lógico de las LAN del radio enlace IP

Cada una de las subredes que forman el proyecto necesita de un rango de direcciones para posibilitar la conexión de los dispositivos asignados.

Para facilidad de administración se ha elegido utilizar los rangos de direcciones siguiendo una secuencia de numeración que en caso de problemas permita identificar rápidamente la ubicación de una estación según la dirección IP, así pues el formato de las direcciones será:

192.168.X.Y (X= el número de subred al que pertenece el nodo o el cliente)

El subneteo se ha realizado de manera que para los enlaces entre nodos la máscara de subred de las direcciones sea 255.255.255.252 (/27), lo cual representa 30 direcciones IP útiles; cantidad suficiente para cubrir las necesidades de asignación de direcciones en los establecimientos de salud tal como se muestra en la Tabla N° 37.

TABLA N° 37: Plan de direccionamiento IP para cada establecimiento de Salud
Fuente: Elaboración propia

Descripción	N° de Host	Subred	Mascara de sub red	Direcciones IP de Hosts
Teléfonos – Área de atención médica	2	192.168.X.0	255.255.255.224	192.168.X.2 – 192.168.X.3
Videoconferencia – Área de atención médica	2	192.168.X.32	255.255.255.224	192.168.X.34 – 192.168.X.35
Computadoras - Área de atención médica	2	192.168.X.64	255.255.255.224	192.168.X.66 – 192.168.X.67
Teléfonos – Área administrativa	4	192.168.X.96	255.255.255.224	192.168.X.98 – 192.168.X.101
Computadoras – Área administrativa	6	192.168.X.128	255.255.255.224	192.168.X.130 – 192.168.X.133

4.8.2 Equipos de telemedicina para la red

Para escoger el equipo espirómetro se cuentan con diferentes alternativas de entre las que se puede mencionar los siguientes como buenas alternativas para la red de telemedicina [MED2011].

TABLA N° 38: Comparación de alternativas de Espirómetros

	Spirobank	Minispir	Spirodoc
Funcionalidad	- Espirómetro para soluciones configurables y personalizables - Cuenta con Software especial para poder obtener informes del paciente.	- Espirómetro basado en PC - Cuenta con oximetría en línea - Cuenta con Software especial para poder obtener informes del paciente.	- Espirómetro - Pulsioxímetro - Acelerómetro en 3D - Cuestionario para control de síntomas - Cuenta con Software especial para poder obtener informes del paciente.
Conectividad	USB y Bluetooth	USB	USB y Bluetooth
Pantalla	Gráfica LCD – FSTN 128 x 48 píxeles	No cuenta, los datos son mostrados directamente en la computadora	Táctil retro iluminada 128x64 píxeles
Alimentación	Pila de 9v DC	Alimentado por puerto USB	Batería recargable de Ion-Litio 3,7V, 1100 mA

De estos equipos espirómetros, se descarta en primer lugar el primer equipo dado que tiene solo funcionalidad de espirómetro y siempre es necesario tener un análisis de oximetría para tener un buen informe de rendimiento de las vías respiratorias. En segundo lugar, se descarta el Minispir dado que es dependiente de las computadoras y si es que se llegará a malograr la computadora sobre la cual trabaja este Minispir; entonces, el dispositivo quedaría totalmente fuera de uso. Por lo tanto, se usará el equipo Spirodoc dado que es el equipo más completo, que cuenta con la mayor cantidad de funcionalidades, óptima para la red en la cual se tratarán en mayor cantidad enfermedades relacionadas a las vías respiratorias y no será dependiente de una computadora para poder obtener rendimiento de vías respiratorias.

Para la elección del estetoscopio electrónico no se encontró muchos buenos equipos, por lo que se eligió TR-1/EF Telephonic Stethoscope de la empresa Telehealth Technologies que cuenta con características óptimas para la red de telemedicina como son las que se mencionan a continuación [TEL2011]:

- Se conecta a un equipo PC-1 que es una pieza de pecho que sirve para la auscultación del pecho tanto para estetoscopios analógicos como estetoscopios digitales.
- Auscultación de ancho de banda de 20 Hz a 1400 Hz con los ancho de banda más bajos como 19.6 Kbps
- El mismo modulo puede ser usado como unidad de transmisión o recepción.
- Se puede controlar el volumen a la hora de hacer la auscultación.
- Cuenta con un Bell/Diafragma Switch que sirve para mejorar los exámenes de auscultaciones tanto cardíacas como pulmonares.
- Posición Bell: 20 Hz a 250 Hz, para mejorar bajas frecuencias para un buen énfasis en sonidos cardíacos.
- Posición diafragma: 1400 Hz para mejorar los sonidos pulmonares
- Se puede conectar a la videoconferencia a través de un canal de datos (envía ancho de banda de los sonidos de auscultación mientras transporta el video).
- Se puede conectar a la red IP (Usa un puerto serial para conectar a la PC conectada a la red IP).
- También se puede conectar a líneas telefónicas usando un módem común.

Para el caso de las computadoras en la red de telemedicina se debe definir también las PCs a usarse, dado que no se necesitará mucho

procesamiento de datos y mucha complejidad que tenga como funciones principales las computadoras deben ser de bajo precio y eficientes. Tomando en cuenta estas características, se definió Compaq Desktop CQ1506LA Intel Atom D525 como la computadora a usarse en la red, esta computadora cuenta con las siguientes características [SAG2011]:

- Computador ultra compacto.
- Procesador Intel Atom D525 de 1,8 GHZ
- Memoria caché de 1 MB
- Memoria RAM de 2 GB, expandible hasta 4 GB
- Disco duro de 500 GB
- Pantalla LED de 18,5"
- Tarjeta gráfica UMA Graphics Intel Pineview D525 integrada
- Conexión USB
- Sistema operativo Windows 7 Starter (32 bit)

Estas mismas computadoras serán usadas por el área administrativa de los establecimientos de Salud; asimismo, dos computadoras serán instaladas el hospital Manuel Núñez Butrón para que se reciban los datos enviados desde los establecimientos de Salud y se pueda realizar el tratamiento y monitoreo adecuado.

4.8.3 Equipos de LAN de los establecimientos de salud

Para el caso de los elementos de la red LAN dentro de los establecimientos de salud, se tiene que escoger entre diversas alternativas de equipos ya sea para firewalls, routers y switches. Como se saben los equipos más conocidos son los de las marcas Cisco y D-Link. Dado que se busca el

ahorro en costos; entonces, se usarían solo equipos DLink para los dispositivos mencionados anteriormente ya que esta marca ofrece sus productos a bajo precio; sin embargo, el router es un elemento principal dentro de la red y se debe asegurar un excelente equipo en este caso sin importar mucho el precio; entonces, para el router si se elegirá un equipo de la marca Cisco mientras en el caso de el firewall y los switches se eligen equipos D-Link dado su bajo costo. Para precisar, a continuación, se mencionan los equipos que se usarán y sus características principales que se apreciará claramente que cumple con los requisitos solicitados según el diseño de red LAN establecido anteriormente [MAL2011].

Router Cisco 2821. Este router cuenta con las siguientes características [CIS2011]:

- Alto rendimiento para servicios simultáneos de seguridad y voz, y servicios avanzados de múltiples tasas de T1/E1/xDSL y WAN
- Protección mejorada contra alta modularidad
- Cuenta con 2 puertos Ethernet 10/100/1000
- Sistema de seguridad con encriptación
- Antivirus de defensa para ayuda del NAC (Control de admisión de red)
- Soporta llamadas de voz analógica y digital
- Soporta correo de voz
- De forma opcional, soporta procesamiento de llamada local de una empresa que tengan hasta 48 teléfonos IP.

D-Link DSS-16+ 16-Port 10/100 Desktop/Rackmount Switch. Este

switch cuenta con las siguientes características [DLI2010]:

- 16 puertos 10/100 TX
- Es ideal para VoIP y sistemas con alta calidad de imagen como juegos en línea
- Cuenta con una tasa de transferencia de datos en la red de hasta 200 Mbps en modo full dúplex
- Se conectan a través de conectores RJ-45 para 10Base-T
- Consume 6 Watts de potencia

D-Link DFL-210 NetDefend Network Security UTM Firewall

Este firewall cuenta con las siguientes características de seguridad [DLI2009]:

- SPI (Inspección de paquetes de estado)
- Protección de ataque DoS/DDoS
- Soporta RADIUS, LDAP, IAS
- Filtra tráfico HTTP: Palabras clave, URL, lista de exentos
- Filtros de script: Scripts Java, scripts VB, Cookies y ActiveX

CONCLUSIONES

PRIMERA: El sistema de red de telemedicina presentado es un proyecto que permitirá una buena atención médica a partir de sistemas de videoconferencias. Puesto que se hicieron estudios de la población de Capachica y Amantani, sus necesidades tanto sociales como tecnológicas para determinar los equipos que usaríamos en la red en beneficio de la población y de esta manera reciban una mejor atención médica.

SEGUNDA: Se realizaron diseños de redes VoIP, videoconferencia, equipos de telemedicina y de LAN dentro de los establecimientos de salud, todas estas fáciles de implementar y con el sistema de radio enlace IP se cubre todo el ancho de banda necesario para que estas redes funcionen adecuadamente.

TERCERA: Las bandas libres serán usadas correctamente sobre todo en el caso de la banda de 5.8 GHz que no viene siendo muy usada y no está demasiado congestionada todo lo contrario a la banda de 2.4 GHz la cual es muy usada en empresas para diversos fines y según ley estas bandas libres pueden ser aplicadas para usos médicos y en este caso se haría el uso correcto.

CUARTA: Se obtuvo una buena aceptación por parte del personal encargado de los establecimientos de salud, demostrando así que es posible mejorar el servicio de atención a los pacientes del distrito de Capachica y la isla Amantani, a través de la red de telemedicina diseñada.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda que se realicen pruebas de conectividad de manera adecuada durante la instalación del equipo de Radio enlace IP; además de evaluar adecuadamente la línea de vista entre los establecimientos de salud y el hospital Manuel Núñez Butrón dado que el Radio Mobile evalúa solo la superficie terrestre y no casas o edificios que puedan interferir entre los nodos.

SEGUNDO: Se recomienda que se evalúe la red VoIP, videoconferencia y los equipos de telemedicina al mismo tiempo para comprobarse que la red soporta dichos servicios tal como en teoría debería hacerlo y calcular cuánto ancho de banda usa dicha red y que posibles dificultades podría tener durante su funcionamiento dado el clima de la zona.

TERCERO: Se recomienda darle una capacitación adecuada tanto al personal administrativo de los establecimientos así como a los médicos que sean parte de la red de telemedicina para que sepan usar los equipos de los cuales se les ha dotado y que la red de telemedicina sea aprovechada de manera óptima.

CUARTA: Se recomienda implementar un sistema de puesta a tierra para los equipos que se usen en los establecimientos de salud dado que de alguna manera estarán expuestos a lluvias, granizadas, rayos, truenos y otros factores climatológicos que pueden afectar el rendimiento de la electricidad y que pueda afectar a dichos equipos.

BIBLIOGRAFIA

[ACU2010] ACUÑA USTUA, Katty Marilia. Diseño de la red para un minitelecentro en la localidad de Santa María en la región de Madre de Dios. Tesis para optar el título de Ingeniero electrónico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

[ALB2008] Albentia Systems. ALB-250 Series – 5 GHz band. <http://www.albentia.com/Docs/ALB-250%20Datasheet.pdf>

[ARC2010] ARCILA, Carlos y Mailyn LOAIZA. Diseño de un enlace de telemedicina para el hospital universitario san Juan de dios del Quindío. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero electrónico. Armenia: Universidad de Quindío, Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Electrónica. ourproject.org/frs/download.php/372/EnlaceTelemedicina.pdf

[CHR2004] CHRISTIANSEN, Tom, Ioannis GIOTIS y Shobhit MATHUR. “Performance Evolution of VoIP in Different Settings”. Project Papers of University of Washington. <http://www.cs.washington.edu/education/courses/cse561/04au/projects/papers/Mathur-Giotis-Christiansen.pdf>

[CAB2011] CABO SALVADOR, Javier. “Gestión Sanitaria Integral: Pública y Privada”. Capítulo 12: Telemedicina y sistemas de información sanitaria. <http://www.gestion-sanitaria.com/3-telemedicina.html>

[CAN2000] CANTO, R. Telemedicina: Informe de evaluación y aplicaciones en Andalucía – Sevilla: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía, 2000.

[CIS2011] Cisco. Cisco 2821 Integrated Services Router.

<http://www.cisco.com/en/US/products/ps5880/index.html>

[COM2010] Comisión multisectorial temporada encargada de elaborar “Plan nacional para el desarrollo de la banda ancha en el Perú”. Diagnóstico sobre el desarrollo de la banda ancha en el Perú. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

http://www.mtc.gob.pe/portal/proyecto_banda_ancha/INFORME%2001%20BANDA%20ANCHA.pdf

[CUA2005] CUANTO: Encuesta Nacional de Niveles de Vida 2004. Lima, 2005.

[DAZ2011] DIEGO ARMANDO ZAVALA BRAVO, Diseño de una Red De Telemedicina para una Red Asistencial en la Ciudad de Lima, Lima, Octubre del 2011

[DLI2009] DLink. D-Link DFL-210 NetDefend Network Security UTM Firewall. Consulta: 05 de Noviembre de 2011

<http://www.dlink.com/products/?pid=512>

[EHA2011] EHAS Enlace hispano americano de salud.

<http://www.ahas.org/>

[EMEZA2011] Erika Meza, Propuesta de Diseño de un Sistema de Comunicaciones Alterno para la Interconexión del Sistema de Radars Meteorológicos a la Sede del INAMEH, Caracas, 2007

[ESA2005] ESSALUD. 2005. Manual Institucional. Lima: Defensoría del asegurado. pp. 6- 22.

[FRANS2001] FRANS ARMANDO, Galarza Canchucaja. Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en el distrito de Sicaya perteneciente a la ciudad de Huancayo. Lima, Diciembre del 2011

[FER2005] Ferrer-Roca, O. Telemedicina, Editorial Médica Panamericana, Madrid, España 2005.

[FER2008] FERNÁNDEZ ZARPÁN, Juan Carlos. Diseño de una red de voz sobre IP para una empresa para una empresa que desarrolla proyectos de ingeniería de comunicaciones. Tesis para optar el título de Ingeniero electrónico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

[GRU2011] Grupo ACT. Consideraciones para implementación de videoconferencia vía IP.
<http://www.grupoact.com.mx/archivos/Consideraciones%20para%20Videconferencia%20IP.pdf>

[ICC2011] ICC Broadcast Streaming Services. Radio enlaces IP.
<http://www.iccbroadcast.com/index.php/template/radio-enlaces-ipmultimedia.html>

[INE2001] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). “Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 2000”. Lima, Perú. 2001.

[INE2006] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Condiciones de vida en el Perú: evolución 1997–2004; 2006.

[JOS2009] JOSKOWICZ, José. “Voz, video y telefonía sobre IP”. Comunicaciones Corporativas Unificadas. Montevideo, 2009, Universidad de la República.

<<http://iie.fing.edu.uy/ense/assign/ccu/material/docs/Voz%20Video%20y%20Telefonía%20sobre%20IP%202009.pdf>>

[MAL2011] MALDONADO SIFUENTES, Pedro César. Diseño de la red interna de un telecentro Polivalente para el distrito de Huetuhe en la Región de Madre de Dios. Tesis para optar el título de Ingeniero electrónico. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

[MAR2009] MARTÍNEZ-RAMOS, Carlos. “Redes de telecomunicación. PLC. Fibra Óptica. Satélites.”. Bases tecnológicas de la telemedicina. Madrid, 2009, pp. 80-97.

[MED2011] Medical International Research. Prodcuts.
<http://www.spirometry.com/>

[MON2008] MONTES, Abel. Informe n° 000108-2008-EsSalud. Requerimientos técnicos para el soporte técnico de la Red Asistencial Almenara. Lima, Perú. 15 de Enero del 2008.

[MOT2010] Motorola Wireless Broadband. PTP 100 Series.
http://wirelessnetworksasia.motorola.com/products/images/ptp100/downloads/Overview/MWB_PTP100_SpecFnl_110610_2.pdf

[MTC2003] DECRETO SUPREMO N° 038-2003-MTC, Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones

[PER2000] PÉREZ, Egilda, Guillermo MONTILLA y Hyxia VILLEGAS. "Diseño de una estación de Telemedicina". XV Congreso Argentino de Bioingeniería.

http://www.sabi.org.ar/anales/cd_2005/pdf/082IC.pdf

[RAD2011] RADWIN. WinLink 1000 Portfolio.

http://www.radwin.com/Content.aspx?Page=winlink_1000_series

[TEL2011] Telehealth technologies. TR1/EF Telephonic Stethoscope.

<http://www.telehealthtechnologies.com/TR-1%20EF%20Page.htm>

[VAPOLO2011] Viviana Mishel Apolo Márquez y Gabriela Virginia Vidal Barba, Diseño de una Red de Telecomunicaciones en la Banda ISM para brindar Servicios de Telemedicina a la Provincia de Loja, Loja - Ecuador 2011

[WIN2007] WinLink™ 1000. Broadband Wireless Transmission System: User Manual and Installation Guide Version 1.750.

http://www.polixel.pl/doc/winlink/1750/WinLink_1000_Release_1-750_User_Manual.pdf

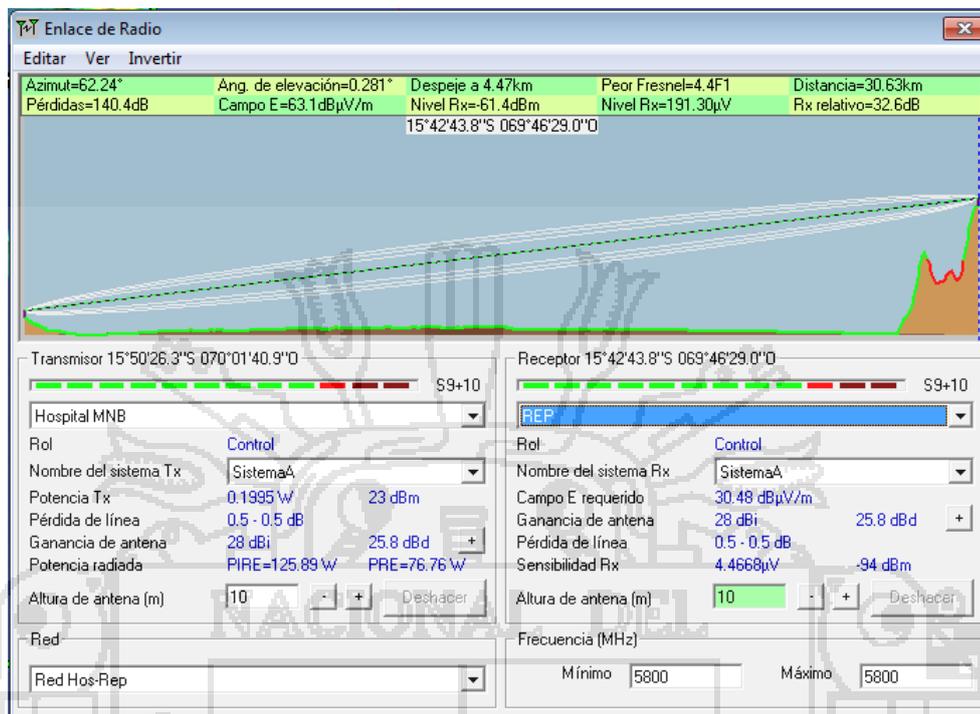
ANEXOS

ENTREVISTAS

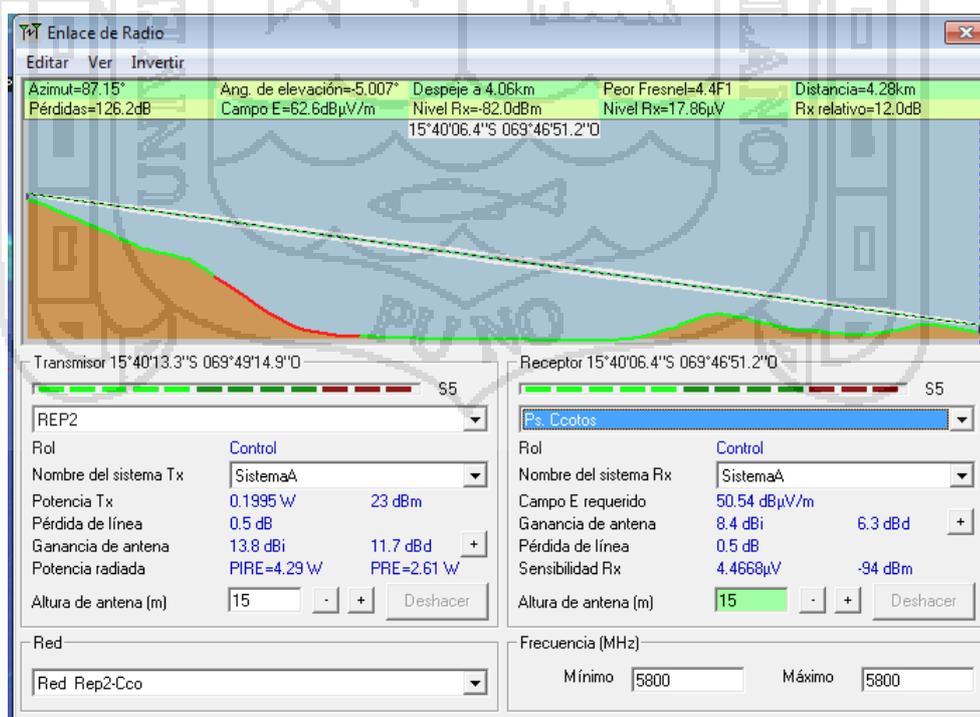
1. La telemedicina es una muy buena alternativa para nuestra población.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
- 2.- Creo que la telemedicina trae beneficios para el campo de la salud.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
3. Confío en la asistencia médica aplicada a distancia a través de la tecnología que ofrece la telemedicina.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
4. Se puede interactuar con los colegas y los pacientes.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
5. Se puede recibir capacitación constante a través de sistema de telemedicina.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
6. La atención médica que se ofrece durante la telemedicina es comparable a la atención presencial.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
7. Pienso que la telemedicina trae riesgos para la salud.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
8. La telemedicina es un proyecto que se debería implementar en las zonas rurales de país.
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo
9. Recomendaría la telemedicina a mis colegas
1. Muy de acuerdo 2. De acuerdo 3. Desacuerdo 4. Muy en desacuerdo

ENLACES

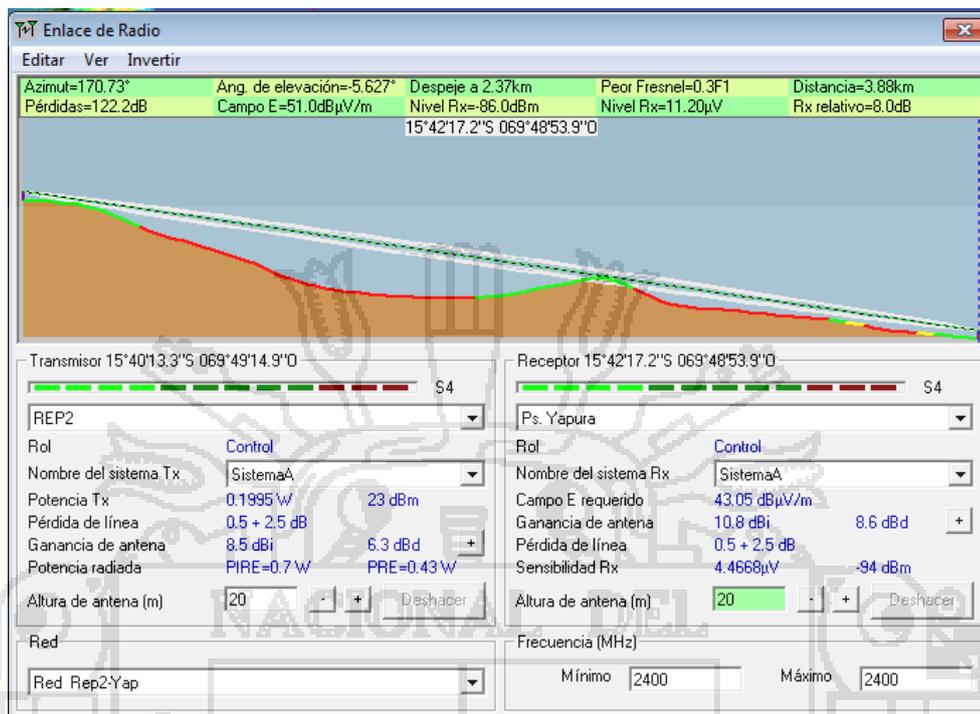
Enlace del Hospital Manuel Nuñez Butron a la Repetidora 1



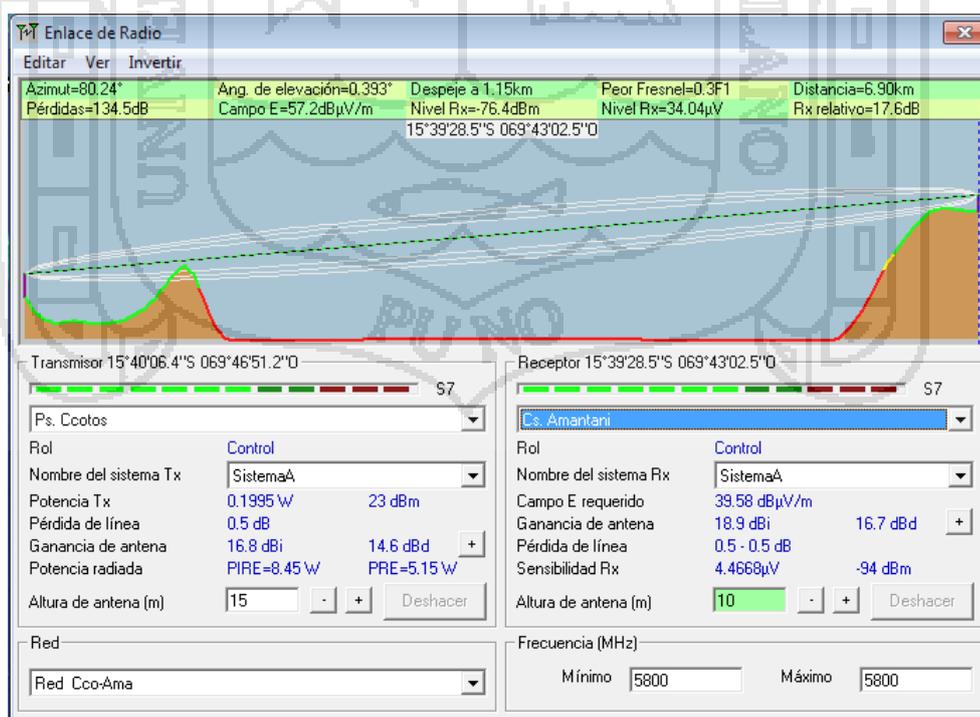
Enlace de la Repetidora 2 al Puesto de Salud de Ccotos



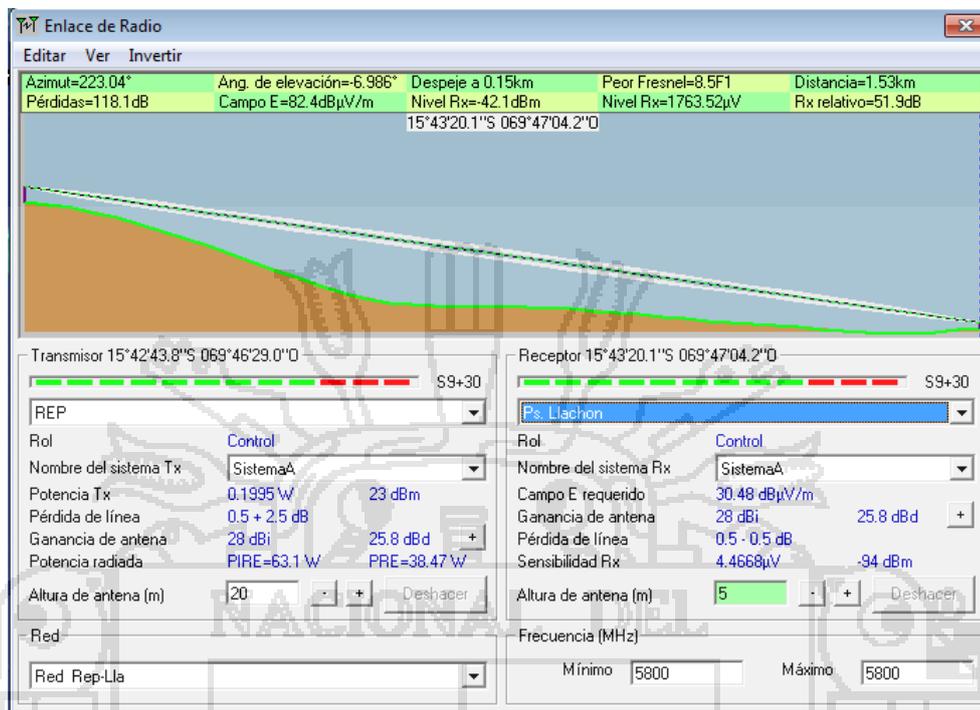
Enlace de la Repetidora 2 al Puesto de Salud de Yapura



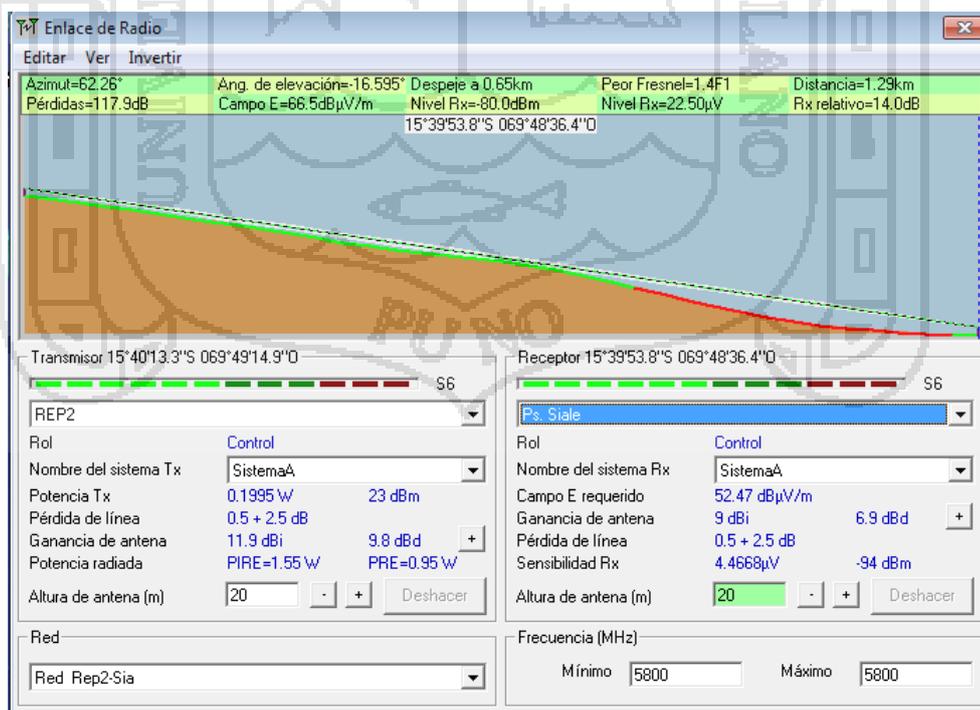
Enlace del Puesto de Salud de Ccotos al Centro de Salud de Amantaní



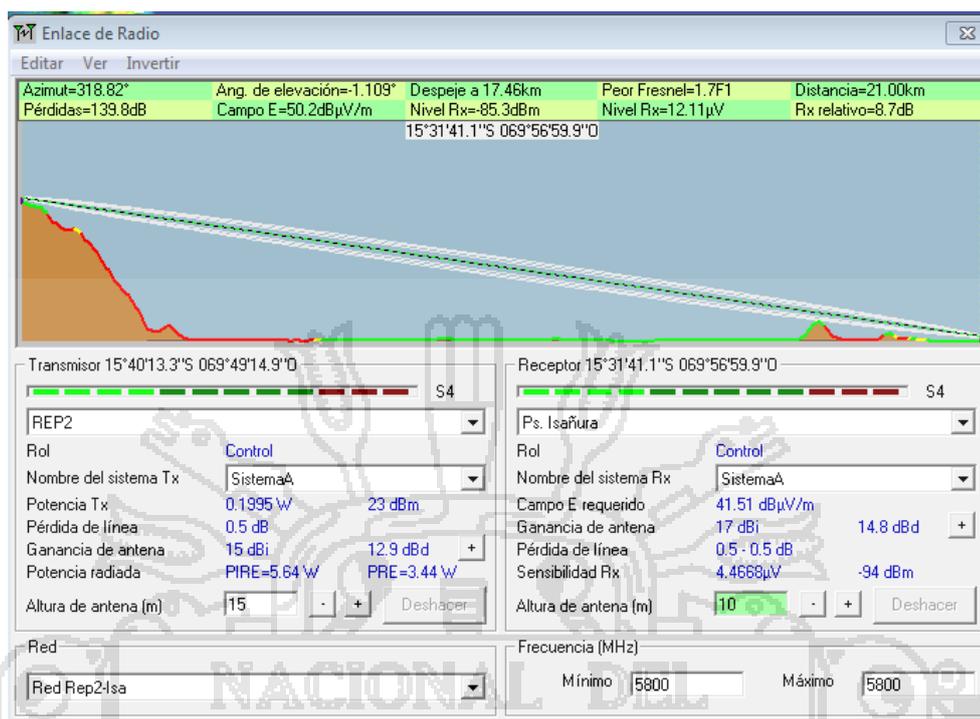
Enlace de la Repetidora 1 al Puesto de Salud de Llachon



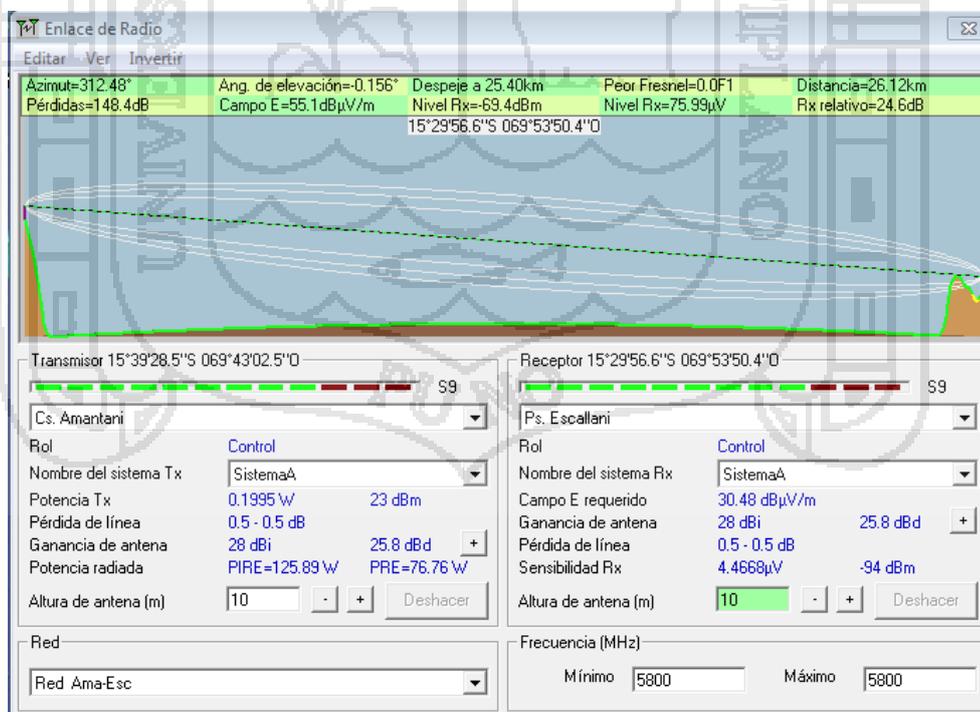
Enlace de la Repetidora 2 al Puesto de Salud de Siale



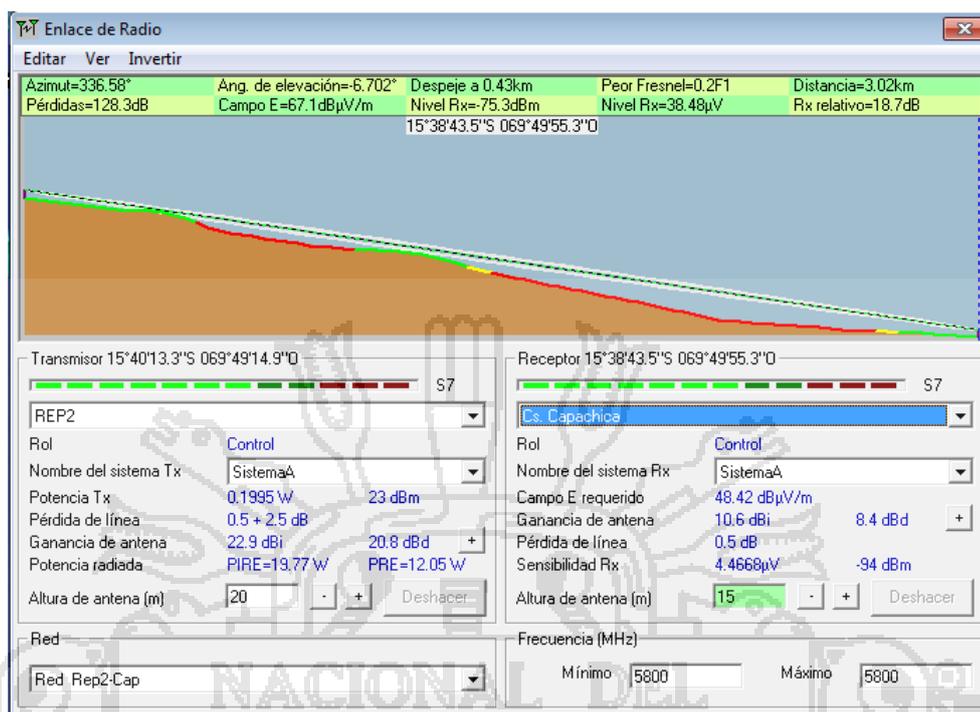
Enlace de la Repetidora 2 al Puesto de Salud de Isañura



Enlace del Centro de Salud de Amantani al Puesto de Salud de Escallani



Enlace de la Repetidora 2 al Centro de Salud de Capachica



Enlace de la Repetidora 2 a la Repetidora 1

