

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“DISEÑO DE UN RADIOENLACE PARA EL MONITOREO DE
ENFERMEDADES CARDÍACAS ENTRE EL INCOR Y EL CENTRO DE
SALUD SAN MARTÍN DE PORRES DEL DISTRITO DE VILLA EL
SALVADOR”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
CABRERA MEZA, KATHERINNE LUZ**

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA

Este presente trabajo está dedicado a todos los estudiantes para que tengan conocimiento que si es factible realizar proyectos de telemedicina en los distritos jóvenes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por estar presente en cada paso que he dado, agradezco a la UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR por abrirme las puertas, por acogerme en sus aulas durante más de 5 años, por brindarme los conocimientos necesarios para ser un profesional y enfrentarme a la vida laborar.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2 Justificación de la Investigación	13
1.3 Delimitación del Proyecto	14
1.3.1 Delimitación Teórica.....	14
1.3.2 Delimitación Espacial	14
1.3.3 Delimitación Temporal	14
1.4 Formulación del Problema	14
1.4.1 Problema General	14
1.4.2 Problemas Específicos.....	14
1.5 Objetivos	15
1.5.1 Objetivo General	15
1.5.2 Objetivos Específicos.....	15
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO DISEÑO DEL RADIOENLACE	
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	16
2.1.1 Investigaciones Nacionales.....	16
2.1.2 Investigaciones Internacionales	18
2.2 Bases Teóricas.....	18
2.2.1 Elementos de redes de telecomunicación.....	18
2.2.2 Velocidad de transmisión de las redes.....	19
2.2.3 Clasificación según arquitectura y transporte de información	20

2.2.4 Medio de transmisión	21
2.2.5 Redes de comunicación usados en telemedicina	21
2.2.5.1 Red mediante radio enlaces IP	21
2.2.5.2 Red basada en tecnología HF y VHF La tecnología HF y VHF ...	22
2.2.5.3 Tipo de información transmitida en telemedicina.....	25
2.2.6 Factores a tomar en cuenta para planificación de un radioenlace	27
2.2.7 Evaluación de radioenlace	29
2.2.8 Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones.....	35
2.2.8.1 Aprobación de Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones.....	36
2.2.9 Programas utilizados en el radioenlace	38
2.3 Marco Conceptual	38
CAPITULO III: DISEÑO DEL RADIOENLACE VIA IP	
3.1 Descripción del Proyecto.....	44
3.1.1 Población	44
3.1.2 Ubicación	46
3.1.3 Muestra de la población	46
3.1.4 Técnicas e instrumentos	46
3.1.5 Plan de recolección de datos	47
3.1.6 Resultados de la encuesta	47
3.2 Diseño del Radioenlace	51
3.2.1 Herramientas de Diseño	51
3.2.1.1 Modelo de propagación	51
3.2.2 Software de simulación	52
3.3 Aplicaciones y Servicios de la Red.....	52
3.3.1 Navegación en Internet y correo electrónico.....	53

3.3.2 Telefonía VoIP	53
3.3.3 Transferencia de datos	54
3.3.4 Videoconferencia	54
3.4 Determinación del ancho de banda.....	54
3.4.1 Ancho de banda para teléfonos VoIP.....	55
3.4.2 Ancho de banda para sistema de video conferencia IP	58
3.4.3 Ancho de banda para equipos de telemedicina	60
3.4.4 Ancho de banda del enlace para Telecardiología	60
3.5 Diseño del Radio Enlace IP.....	63
3.5.1 Puntos de referencia	64
3.5.1.1 Simulación por Google Earth.....	64
3.5.1.2 Simulación por Airlink	66
3.5.1.3 Simulación en el Radio Mobile.....	69
3.5.1.4 Resultado de la Simulación	70
3.5.1.5 Cálculos de los Radio enlaces.....	71
3.5.2 Estructura general del proyecto	77
3.5.3 Alternativas para implementar Red IP.....	78
3.5.4 Equipamiento elegido para Red IP.....	79
3.5.5 Especificaciones técnicas para Red IP	83
3.5.6 Línea de vista y uso de repetidores	84
3.5.7 Instalación de Red IP	85
3.6 Diseño de la red VoIP	86
3.6.1 Diagrama de la red VoIP.....	88
3.7 Diseño de la red de Videoconferencia IP	89
3.8 Red para dispositivos de telemedicina.....	90
3.9 Red LAN dentro de los establecimientos de Salud	91
3.9.1 Diseño lógico de las LAN del radio enlace IP	92

3.9.2 Equipos de telemedicina para la red	93
3.9.3 Equipos de LAN de los establecimientos de salud	100
3.10 Análisis de Costos.....	101
3.10.1 Costos Radio Costos de inversión de la red de telemedicina	101
3.10.2 Costos de operación y mantenimiento de la red de telemedicina	106
3.11 Cronograma de Actividades	108
CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES	110
BIBLIOGRAFÍA	111
ANEXOS	113
ANEXO 1.....	113
ANEXO 2.....	114
ANEXO 3.....	115
ANEXO 4.....	116
ANEXO 5.....	117
ANEXO 6.....	118
ANEXO 7.....	122

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Zona Fresnel	29
Figura 2: Calculadora de las líneas necesarias a partir de los Erlang	56
Figura 3: Gráfica de cabeceras y voz para el códec G.726.....	58
Figura 4: Ubicación geográfica del lugar	64
Figura 5: Las marcas de posiciones para referir a los dos lugares.	65
Figura 6: Conexión de los puntos con línea de vista.	65
Figura 7: Verificación perfil de elevación	66
Figura 8: Ubicando los puntos en Airlink	67
Figura 9: Vista del simulador en Airlink	68
Figura 10: Ubicación del Centro Salud San Martín de Porres y el INCOR (Instituto Nacional de Cardiología)	69
Figura 11: Vista de perfil del Radioenlace.....	70
Figura 12: Esquema de una red de telemedicina	77
Figura 13: Arquitectura de sistema WINLINK 1000.....	80
Figura 14: Equipo IDU-C	80
Figura 15: Antenas externas de sistema WINLINK 1000	82
Figura 16: Instalación típica de un nodo del sistema WINLINK 1000.....	86
Figura 17: Diagrama de Red VOIP	89

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Banda de Frecuencia IEEE- UIT	27
Tabla 2: Valores de las constantes α y k por frecuencia.....	31
Tabla 3: Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red Inalámbrica	33
Tabla 4: Valores de la parte a y b.	34
Tabla 5: Para exposición ocupacional.....	36
Tabla 6: Para exposición poblacional.....	37
Tabla 7: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.....	37
Tabla 8: La salud en el distrito de V. E. S.....	45
Tabla 9: Población total por edades y género.....	46
Tabla 10: Género	48
Tabla 11: Edades.....	48
Tabla 12: Nivel Educativo.....	49
Tabla 13: Domicilio	49
Tabla 14: Hora de espera.....	50
Tabla 15: Criterio de atención.....	50
Tabla 16: Enfermedades Cardiacas	51
Tabla 17: Relación de códec de voz elegible para telefonía VoIP	56
Tabla 18: Relación de calidad de imagen con ancho de banda para el ojo humano.	58
Tabla 19: Resumen de ancho de banda para acceso a internet	63
Tabla 20: Valores de las constantes α y k por frecuencia.	72
Tabla 21: Valores obtenidos de las constantes α y k por frecuencia.....	73
Tabla 22: Valores de la parte a y b.	76
Tabla 23: Matriz comparativa de los sistemas inalámbricos.	78
Tabla 24: Alternativas de Series ODU	81
Tabla 25: Plan de direccionamiento IP para cada establecimiento de Salud.....	93
Tabla 26: Evaluación costos de radio enlace IP.....	102
Tabla 27: Evaluación costos de red VOIP	102
Tabla 28: Evaluación costos de videoconferencia IP	103
Tabla 29: Evaluación costos de equipos de telemedicina	103

Tabla 30: Evaluación costos de red LAN en centro de salud de Villa el Salvador	104
Tabla 31: Evaluación costos de equipos de área administrativa	104
Tabla 32: Evaluación costos de instalación de internet y telefonía fija.....	105
Tabla 33: Evaluación costos de sistema de protección.....	105
Tabla 34: Evaluación costos instalación red de telemedicina	105
Tabla 35: Costos totales iniciales de red de telemedicina	105
Tabla 36: Costos de servicios de telefonía e internet mensuales	106
Tabla 37: Costos de personal de mantenimiento y operación de la red de telemedicina	106
Tabla 38: Costos totales mensuales de mantenimiento y operación de la red de telemedicina	107
Tabla 39: Cronograma de Actividades	108

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título Diseño de un radioenlace para el monitoreo de enfermedades cardíacas entre el INCOR y el centro de salud San Martín de Porres del distrito de Villa el Salvador. El proyecto consiste en realizar una red de telemedicina que conecte el Centro de Salud San Martín de Porres de Villa El Salvador con el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR) en el distrito de Jesús María. El diseño consta de un radioenlace que comunica ambos establecimientos con el fin de brindar soporte médico a la población de Villa el Salvador.

Mediante la red de telemedicina, los doctores especialistas en Cardiología acceden a la información médica de un paciente mediante la computadora u otro dispositivo. De modo que se hará más rápido el proceso de atención de los pacientes.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo que describe el marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

El Autor

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Según el estudio del MINSA (Ministerio de Salud) manifestó que 28.77% de los habitantes del Perú sufren de enfermedades isquémicas del corazón debido a los malos hábitos en su alimentación, entre otros. Así mismo, en el distrito de Villa el Salvador se encontró que 21.74% habitantes sufren de obesidad, es por ello que están propensos a sufrir enfermedades cardiacas. Por esta razón, se elabora este proyecto enfatizado en el área de Telecardiología.

Siendo Villa el Salvador un distrito localizado en el área sur de Lima Metropolitana con una población de 381 790 habitantes, solo cuenta con 18 establecimientos de salud. Entre ellos está el Centro médico de San Martín de Porres ubicado en la zona central de Villa el Salvador a una cuadra de la Municipalidad, a pesar de ello no cuenta con las condiciones necesarias para una adecuada atención médica. Debido a esto se plantea el diseño de un radioenlace entre el Centro de Salud San Martín de Porres en el distrito

de Villa el Salvador y el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR) en el distrito de Jesús María con este radioenlace se tiene soluciones en VoIP, Videoconferencia y Telemedicina.

Mediante este enlace se disminuye el tiempo de espera de la atención médica en el centro de salud San Martín de Porres de Villa el Salvador. Para ello se utiliza el enlace microondas debido a que la fibra óptica aún no está implementado en los centros de salud de Villa el Salvador. Además esto permite a largo plazo establecer una red tipo malla conectando las 18 postas médicas de Villa el Salvador. En consiguiente permite tener a un profesional de salud especializado en cardiología al alcance del paciente y así tener una atención adecuada según el caso.

1.2 Justificación de la Investigación

Este proyecto está orientado a mejorar la atención médica de los pacientes, esto nos permite mejorar el tiempo en el traslado del paciente y un oportuno diagnóstico en la atención médica. Este proyecto está diseñado para ayudar a los pacientes que se encuentren alrededor del Centro medico de San Martín de Porres en el distrito de Villa el Salvador , que debido a sus bajos recursos, no pueden acceder a una atención médica especializada sin necesidad de viajar largas distancias.

El uso de la tecnología de radioenlace y de comunicaciones a distancia es posible gracias a la investigación teórica de las redes de datos, redes de VoIP además de otras tecnologías asociadas a una transmisión de datos. Este proyecto ayudara a resolver el problema de la falta de acceso de los médicos especializados en Cardiología.

Con la ayuda de la tecnología la atención médica será especializada, lo que permite al paciente tener un oportuno diagnóstico médico y por lo tanto una atención medica temprana.

1.3 Delimitación del Proyecto

Se diseña un radioenlace entre el Centro de Salud San Martín de Porres en el distrito de Villa el Salvador y el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR).

1.3.1 Delimitación Teórica

Se fundamenta el trabajo en la teoría de radioenlaces vía microondas sobre IP, teoría de redes de datos y teoría de VoIP.

1.3.2 Delimitación Espacial:

El radioenlace está ubicado entre el Centro de Salud San Martín de Porres en el distrito de Villa el Salvador y el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR) en el distrito de Jesús María.

1.3.3 Delimitación Temporal:

El presente proyecto de investigación se desarrolló en un periodo de cuatro meses, el cual se dio inicio en Marzo del 2017 y finalizó en junio del 2017.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

¿Cómo definir un radioenlace para el monitoreo de enfermedades cardíacas entre el INCOR y el centro de salud san Martín de Porres en el distrito de Villa El Salvador?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo diseñar un radioenlace que mejora la atención en telemedicina?

- ¿Cómo mejorar la calidad de vida de los habitantes de Villa El Salvador mediante el uso de las telecomunicaciones?
- ¿Cómo mejorar la atención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un radioenlace para el monitoreo de enfermedades cardíacas entre el INCOR y el centro de salud san Martín de Porres en el distrito de Villa El Salvador.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un radioenlace que mejore la atención utilizando la telemedicina.
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes de Villa El Salvador mediante el uso de las telecomunicaciones.
- Mejorar la atención en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO DISEÑO DEL RADIOENLACE

2.1 Antecedentes de la Investigación

A lo largo de la investigación, se encontraron varias tesis y trabajos que sirvieron de ayuda para el presente trabajo, entre ellas tenemos:

2.1.1 Investigaciones Nacionales

- (Galarza, F, 2011). En su Tesis: Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en el distrito de Sicaya perteneciente a la ciudad de Huancayo. Se concluye lo siguiente: El proyecto consiste en realizar una red de telemedicina que conecte el único centro de salud ubicado en el distrito de Sicaya con el hospital Daniel Alcides Carrión en la ciudad de Huancayo a 13 Kilómetros de distancia. El proyecto se realizó basándose en la necesidad y enfermedades recurrentes de los pobladores de Sicaya. Se realizó el diseño de redes VoIP, videoconferencia, equipos de telemedicina y de LAN dentro del establecimiento de salud y con el sistema de radio enlace

IP se cubre todo el ancho de banda necesario para que estas redes funcionen adecuadamente con una alta eficiencia.

- (Cahui, J, 2015). En su Tesis: Diseño de una red de telemedicina para la micro-red de Capachica-Puno. Se concluye lo siguiente: 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 en Puno. 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 carpetas compartidas para el envío, historias clínicas y recepción de documentos administrativos. Este proyecto permitió una mejor atención de los pacientes, quienes debido a las lluvias tienen dificultad de poder acercarse a los Hospital Regional Manuel Núñez Butrón.
- (Díaz, E, 2015). En su Tesis: Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo-Campus PUCP para el proyecto Perú Magneto. Se concluye lo siguiente: El objetivo del proyecto es diseñar un modelo de radioenlace que se adecúe al contexto local limeño, el que presenta bandas de frecuencias saturadas, entornos con altos niveles de humedad y clima variable. Así, se busca aplicar este modelo para lograr un enlace confiable de comunicación entre la estación PM-06 en la Isla San Lorenzo y el Centro de Investigación del Instituto de Radioastronomía. Ayuda a la estación PM-06, ubicada en la Isla San

Lorenzo frente a la costa de la Provincia Constitucional del Callao para mejorar los problemas de pobre comunicación.

2.1.2 Investigaciones Internacionales

- (Méndez, J, 2009). En su Tesis: Diseño de un sistema de interconexión inalámbrica para proveer servicios de telemedicina en centros y puestos de salud en una zona rural de Cundinamarca. Se concluye lo siguiente: Este diseño de un sistema de telemedicina para una región Cundinamarca en Colombia. Se definió a las microondas terrestres como la opción más adecuada para el cumplimiento de los requerimientos determinados por las necesidades de los servicios. Se escogió Radio Mobile y OPNET como herramientas de simulación para la propagación de ondas y la capa de red. El diseño es una solución tecnológica que permite la inclusión de la población de los municipios considerados en el amplio campo de la telemedicina.
- (Salazar, B, 2007): En su Tesis: Diseño de un Modelo de interconexión de Ambulatorios Remotos a una Red de Telemedicina. El proyecto se basa en una red para un grupo piloto de ambulancias rurales ubicadas al sur del estado Guárico en la República Bolivariana de Venezuela. Este proyecto permite mejorar las condiciones de salud de la población rural. En vista que el suelo permanece 6 meses inundado se optó por utilizar redes inalámbricas.

2.2 BASES TEÓRICAS

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

- Terminal: Es un dispositivo no nos permite interactuar con un dispositivo final (teléfonos, computadoras, equipos médicos de medida, etcétera).
- Interfaz: Es un dispositivo capaz de transformar las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro.
- Medios de transmisión: Constituye el soporte físico a través del cual emisor y receptor pueden comunicarse en un sistema de transmisión de datos.
- 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 o 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 (Martínez, 2009).

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 (Martínez 2009):

- **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:
 - a) **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.
 - b) **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.
- **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 Medio de transmisión

Los medios de transmisión utilizados en el proyecto son:

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

2.2.5 Redes de comunicación usados en telemedicina

2.2.5.1 Red 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.

Opcionalmente para hacer un buen uso del rendimiento de radiofrecuencia y para el ahorro de energía eléctrica se puede utilizar

alimentación a través de un PoE, es decir, alimentación a través de la línea Ethernet (ICC, 2011).

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.

Entre las principales ventajas de los radios enlaces IP se puede mencionar los siguientes (ICC, 2011):

- 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.
- Mejora la utilización del espectro radioeléctrico.
- No requiere de mucho consumo eléctrico.

2.2.5.2 Red 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 (EHA, 2011).

1. 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, etcétera. 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 (EHA, 2011).

2. 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 (EHA, 2011).

3. 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) (EHA, 2011).

4. Limitaciones

- La comunicación de datos resulta siendo demasiado lenta limitando en muchos casos los servicios a los que se puedan acceder ya que 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.

2.2.5.3 Tipo de información transmitida en telemedicina

Los equipos utilizados en telemedicina son de varios tipos: equipos médicos de diagnóstico o laboratorio, equipos de captura de información médica, equipos de cómputo y equipos de comunicaciones. Los equipos médicos de diagnóstico o laboratorio son los equipos médicos de diagnóstico tradicionales. Aunque algunos ya tienen interfaces digitales, a muchos se les debe adaptar un mecanismo de captura que permita digitalizar la información en el formato nativo del equipo médico para poder introducirlo en el sistema

de cómputo, el cual estará conectado a un sistema de comunicación para transferir la información. La información médica utilizada suele ser de cuatro tipos (Padilla, 2010):

- **Texto**

En este grupo están los datos personales, antecedentes, resultados de examen físico, diagnóstico probable y prescripción de tratamiento. Esa información es pieza fundamental para el seguimiento de la evolución del paciente, la valoración de la efectividad del tratamiento y su utilización estadística con fines administrativos.

- **Imágenes Diagnósticas**

Se refiere a los Rayos X simples, la tomografía axial computarizada y la resonancia magnética, fotografías de lesiones cutáneas, endoscopias en especialidades como la otorrinolaringología, fondo del ojo en oftalmología, láminas de patología y procedimientos más sofisticados de visualización dinámica de las imágenes como la ecografía doppler e intervenciones quirúrgicas, entre otros.

- **Señales**

Suelen ser de tipo fisiológico o funcional como en el caso de los signos vitales entre otros. Tienen importancia para el diagnóstico precoz o de urgencia en pacientes a distancia.

- **Voz**

Consultas entre personal médico utilizando teléfonos, radios, telefonía IP, etcétera.

2.2.6 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, etcétera. Ya que debe ser capaz de transmitir la información con los niveles de servicios requeridos (Meza, 2007).

- **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, la necesidad de usar repetidoras.
- **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 muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Banda de Frecuencia IEEE- UIT

Band a	Nombre	Nombre	Longitud de Onda	Longitud de Onda
ELF	Extrémate 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	Navegación, Sonar
LF	Low Frecuency	30 – 300KHz	10 – 1 Km	Navegación, balizas
MF	Medium Frecuency	300 – 3000 KHz	1 – 0.1 Km	Radio difusión AM
HF	High Frecuency	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 – 300 MHz	100 – 10 cm	TV, móviles
SHF	Supra High Frecuency	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	Radioenlaces, Satélites
EHF	Extreme High Frecuency	30 – 300 GHz	10 – 1 mm	Radioenlaces, Satélites
	Decimilimétricas	300 – 3000 GHz	1 – 0.1 mm	Experimentación

Fuente: (Meza, 2007)

- **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 Fresnel.

La determinación de la zona de Fresnel es muy importante así como determinar la línea de vista del enlace. La primera zona de Fresnel 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 Fresnel

$$R_n = \sqrt{\frac{\lambda * n * d_1 * d_2}{d_1 + d_2}} \quad (1)$$

$$d_1, d_2 \gg R_n$$

Donde:

R_n : radio de la enésima zona Fresnel

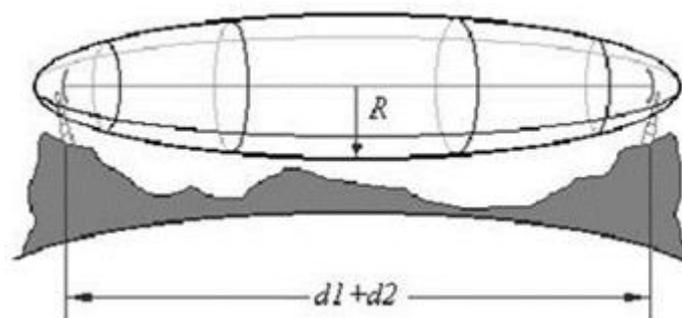
n: Numero de la zona a la cual pertenece el radio a calcular

λ : longitud de Onda

d1: distancia del transmisor al plano o al obstáculo

d2: distancia del receptor al plano

Figura 1: Zona Fresnel



Fuente: (Scribd, 2016)

2.2.7 Evaluación de radioenlace

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 San Martín de Porres en Vila el Salvador y tiene como lugar remoto al INCOR en Jesús María 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:

- Potencia de recepción

$$Pr = Pt - At \quad (2)$$

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, (Meza, 2007).

- Atenuación de espacio libre

$$A_{el}(dB) = 20 * \log D(Km) + 20 * \log f(MHz) + 32.45 \quad (3)$$

Esta fórmula es solo aplicable en campo lejano, es decir cuándo $d \gg \frac{2D^2}{\lambda}$ 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: (Meza, 2007).

- Atenuación por absorción atmosférica

$$A_{atm}(dB) = \gamma_a(dB \text{ Km} /) * d(Km) \quad (4)$$

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w$$

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: (Meza, 2007).

- Atenuación por lluvia

$$A(R) = \gamma(R, f) * L_{efc} \quad (5)$$

$$L_{efc} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}}$$

Donde:

$$d_0 = 35 * e^{-0.015 * R}$$

$$\gamma(R, f) = K * R^\alpha$$

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, como se muestra en la tabla N° 2.

Tabla 2: Valores de las constantes α y k por frecuencia.

Frecuencia (GHz)	K_H	α_H	K_V	α_H
1	0.0000259	0.9691	0.0000308	0.8592

1.5	0.0000443	1.0185	0.00005 74	0.8957
2	0.0000847	1.1664	0.00009 98	0.9490
2.5	0.0001321	1.1209	0.00014 64	1.0085
3	0.0001390	1.2322	0.00019 42	1.0688
3.5	0.0001155	1.4189	0.00023 46	1.1387
4	0.0001071	1.6009	0.00024 61	1.2476
4.5	0.0001340	1.6948	0.00023 47	1.3987
5	0.0002162	1.6969	0.00024 28	1.5317
5.5	0.0003909	1.6499	0.00031 15	1.5882
6	0.0007056	1.5900	0.00048 78	1.5728
7	0.00191 5	1.4810	0.00142 5	1.4745
8	0.00411 5	1.3905	0.00345 0	1.3797
9	0.00753 5	1.3155	0.00669 1	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

Fuente:(Meza, 2007)

Margen de desvanecimiento Plano: 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 muestra en la tabla 3.

Tabla 3: Valores típicos de la sensibilidad del receptor de las tarjetas de red Inalámbrica.

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

Fuente: (WILAC. NET, 2007)

- El margen de desvanecimiento

$$M_d = P_{r_{\text{rel}}} - S_B \quad (6)$$

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 6 y 5.

- Porcentaje de Indisponibilidad

$$P(\%) = 6 * 10^{-5} * a * b * f * d^3 * 10^{\frac{-Md}{10}} \quad (7)$$

Para que el enlace digital sea aceptable la indisponibilidad no debe superar 0.036%. (Meza, 2007).

- Porcentaje de confiabilidad Espacio Frecuencia

$$C(\%) = 100 - P(\%) \quad (8)$$

Los valores de a y b se determinan según las características del terreno y el clima de la zona muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Valores de la parte a y b.

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

Fuente: (Meza, 2007)

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 (Meza, 2007).

- Porcentaje de Disponibilidad

$$A = 1 - \left(B5 * \frac{Lenlace}{L_R} + C5 \right) = 1 - \left(0 * \frac{L}{2500} + 5 * 10^{-4} \right) = 0.9995 \quad (9)$$

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 utilizar la ecuación 8.

$$A = 1 - \left(B5 * \frac{Lenlace}{L_R} + C6 \right) = 1 - \left(0 * \frac{L}{2500} + 4 * 10^{-4} \right) = 0.9996$$

2.2.8 Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones

De acuerdo al Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, Decreto Supremo N° 044-98-PCM, se aprobó el Programa Anual 1999 para estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles, encargándose al Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción la elaboración de los Límites Máximos Permisibles de Emisión de Radiaciones No Ionizantes del sector de telecomunicaciones.

Que, habiendo presentado el Viceministerio de Comunicaciones el proyecto de norma y los estudios técnicos que la sustentan al Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, y luego de su revisión por la Comisión Ambiental Transectorial, fue publicado en el Diario Oficial El Peruano, el 24

de diciembre de 2002, el Proyecto de Límites Máximos Permisibles de Radiaciones No Ionizantes en Telecomunicaciones

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 (EMTC, 2003).

2.2.8.1 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, muestra en la tabla 5 y tabla 6:

Tabla 5: Para exposición ocupacional

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

Fuente: (MTC, 2003)

Tabla 6: Para exposición poblacional

Rango de Frecuencias	Intensidad de Campo Eléctrico (V/m)	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	$87/3f^{0.5}$	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

Fuente: (MTC, 2003)

- 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, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú

MAGNITUD física	UNIDAD DE MEDIDA	
	Designación o Denominación	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

Fuente: (MTC, 2003)

2.2.9 Programas utilizados en el radioenlace

El diseño de un radioenlace implica toda una serie de cálculos que pueden resultar sencillos o tremendamente complicados, dependiendo de las características del sistema y del tipo de problema al que nos enfrentemos, para ello se utilizan los siguientes software de simulación:

1. Google Earth
2. Airlink
3. RF Toolbox
4. RF Terrain Profiles
5. Radio Mobile

2.3 MARCO CONCEPTUAL

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

Atenuación: 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 eléctrico: 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 ($c = 300\,000\,000$ Km/s). Cuando en una región del espacio existe una energía electromagnética, se dice que en esa región hay un campo electromagnético, que se describe en términos de la intensidad de campo eléctrico (E) y/o la inducción magnética o densidad de flujo magnético (B) en esa posición. Para medir la intensidad del campo eléctrico se emplea la unidad “voltio/metro” mientras que para medir la densidad del flujo magnético se utiliza la unidad “tesla (T) y a veces el Gauss (G). Un Tesla equivale a 10 000 Gauss.

Campo Magnético: Región de espacio que rodea una carga en movimiento (i.e: en un conductor) 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.

Cardiología: La Cardiología es la especialidad médica dedicada al estudio de las enfermedades del corazón (las que afectan a las válvulas, al miocardio o a la circulación coronaria, los grandes vasos, los trastornos del ritmo cardíaco, y el pericardio), así como de las repercusiones que otras enfermedades sistémicas (vasculares o no) afectan al aparato cardiovascular.

Monitoreo: Es un proceso mediante el cual se reúne, observa, estudia y emplea información para luego poder realizar un seguimiento de un programa o hecho particular.

Densidad de potencia: La tasa de flujo de energía electromagnética por la unidad del área de superficie usualmente expresado en W/m² o mW/cm² o μ W/cm².

Diseño: Un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctico y a la vez estético en lo que se hace.

Enfermedades cardiacas: El término enfermedades cardiovasculares es usado para referirse a todo tipo de enfermedad de las arterias coronarias, que son relacionadas con el corazón o los vasos sanguíneos, (arterias y venas). Este término describe cualquier enfermedad que afecte al sistema cardiovascular (usado en MeSH), es utilizado comúnmente para referirse a aquellos relacionados con la arteriosclerosis (enfermedades en las arterias). Estas condiciones tienen causas, mecanismos, y tratamientos similares. En la práctica, las enfermedades cardiovasculares son tratadas por cardiólogos, cirujanos cardiorráxicos, (cirujanos vasculares), neurólogos, y radiólogos de intervención, dependiendo del sistema y órgano tratado. Existe un considerable enlace entre estas especialidades, y es común para ciertos procesos que estén diferentes especialistas en el mismo hospital.

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. A diferencia de las fibras multimodo, las fibras monomodo permiten alcanzar grandes distancias (hasta 100 km máximo, mediante un láser de alta intensidad) y transmitir elevadas tasas de información (10 Gbit/s).

Fibra Multimodo: La fibra óptica multimodo es un tipo de fibra óptica mayormente utilizada en el ámbito de la comunicación en distancias cortas, como un edificio o un campus. Los enlaces multimodo típicos tienen un ratio de datos desde los 10 Mbit/s a los 10 Gbit/s en distancias de hasta 600 metros (2000 pies) más que suficiente para cumplir las premisas de distintas aplicaciones.

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.

INCOR: El Instituto Nacional Cardiovascular–INCOR es un Órgano Desconcentrado de EsSalud con autonomía de gestión, integrante de la Red de Prestaciones de Salud y perteneciente al III nivel de atención. Brinda prestaciones de salud altamente especializadas mediante la promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud de los asegurados con patología cardiovascular referidos de los centros asistenciales de menor nivel resolutivo integrantes de la indicada red. Propone normas, estrategias e innovación científico tecnológica en salud cardiovascular a través de la investigación, docencia y capacitación.

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.

PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente): Es el producto de la potencia suministrada a una antena por la ganancia de la antena, en una dirección dada, relativa a un radiador isotrópico.

Red: Es un conjunto de equipos informáticos y software conectados entre sí por medio de dispositivos físicos que envían y reciben impulsos eléctricos, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio para el transporte de datos, con la finalidad de compartir información, recursos y ofrecer servicios.

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

Radioenlace: Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

Telemedicina: La telemedicina consiste en el uso de la tecnología, principalmente de las telecomunicaciones, con el fin de realizar un intercambio de información que facilite la prevención, diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades.

Esta herramienta permite el intercambio de imágenes, voz, datos y video, por algún medio electrónico, haciendo posible el realizar consultas e interconsultas; además de facilitar el acceso a información proveniente de un servicio más especializado. Así un servicio básico puede nutrirse de otro experto sin importar que no compartan el mismo espacio físico.

Velocidad de transmisión: La velocidad de transmisión de datos mide el tiempo que tarda un host o un servidor en poner en la línea de 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) 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, etcétera, y un receptor. De modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180° .

CAPITULO III: DISEÑO DEL RADIOENLACE VIA IP

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de diseño de una red de telemedicina mediante un radioenlace para el monitoreo de enfermedades cardíacas entre el INCOR y el centro de salud San Martín de Porres en el distrito de Villa El Salvador, Lima consiste en un enlace vía microondas que optimizará la atención de los pacientes en el centro de salud mencionado. La red de telemedicina planteada ofrecerá soluciones en VoIP, videoconferencias y la transferencia de datos.

3.1.1 POBLACIÓN

Según el censo del año 2007 realizado por el INEI la población de Villa el Salvador es de 381 790 habitantes.

1. La salud en el distrito de Villa El Salvador

De acuerdo a la tabla N°8 según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, se aprecia que en el distrito de Villa el Salvador no existen Hospitales especializados en el área de Cardiología.

Tabla 8: La salud en el distrito de V. E. S.

SUB FACTOR	CANTIDAD	FUENTE
B. SALUD (MINISTERIO DE SALUD)		
Hospital / Institutos Especializados	0 / 0	<i>Ministerio de Salud del Perú - Directorio Lima y Callao (Página Web) Visualizado 16-03-2015</i>
Centro de Salud	4	<i>Instituto Nacional de Estadística e Informática Censo 2011-2012 (Período 2011)</i>
Puesto de Salud	14	
Profesionales de Salud	685	<i>Instituto Nacional de Estadística e Informática Censo 2011-2012 (Período 2010)</i>

Fuente: INEI

2. Establecimientos de salud en el distrito de Villa El Salvador

1. Brisas De Pachacamac - Villa El Salvador
2. Centro Materno Infantil Juan Pablo II - Villa El Salvador
3. Centro Materno Infantil San José - Villa El Salvador
4. Cesar López Silva - Villa El Salvador
5. Cristo Salvador - Villa El Salvador
6. Oasis De Villa - Villa El Salvador
7. Puesto De Salud Príncipe de Asturias – Villa EL Salvador
8. Puesto De Salud Edilberto Ramos – Villa El Salvador
9. Puesto De Salud Fernando Luyo Sierra - Villa El Salvador
10. Puesto De Salud Héroes del Cenepa - Villa El Salvador
11. Puesto De Salud Llanavilla - Villa El Salvado
12. Puesto De Salud Pachacamac - Villa El Salvador
13. Puesto De Salud Señor De Los Milagros - Villa El Salvador
14. Puesto De Salud Virgen De La Asunción - Villa El Salvador
15. Sagrada Familia - Villa El Salvador
16. San Martín De Porres - Villa El Salvador
17. Sarita Colonia - Villa El Salvador

18. Sasbi - Villa El Salvador

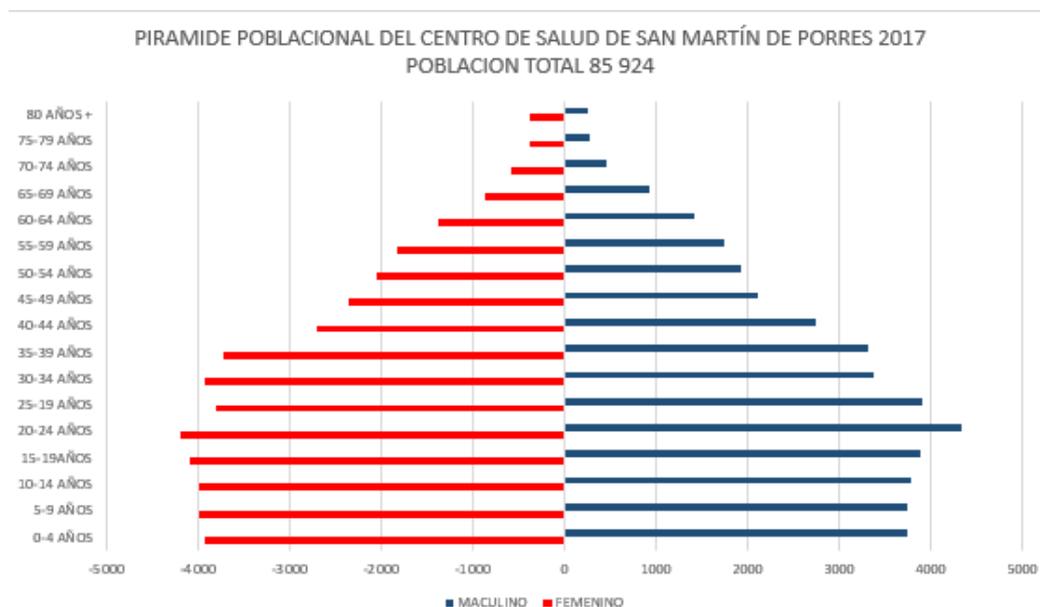
3.1.2 UBICACIÓN

El distrito de Villa el Salvador es uno de los 43 distritos que conforman la Provincia de Lima, en el Perú. Localizado en el área sur de Lima Metropolitana, limita al norte con el distrito de San Juan de Miraflores, al este con el distrito de Villa María del Triunfo, al sur con el distrito de Lurín y al oeste con el distrito de Chorrillos y con el Océano Pacífico.

3.1.3 MUESTRA DE LA POBLACIÓN

En la tabla N°9 se puede apreciar la población que ha tenido el centro de Salud San Martín de Porres desde 1993 y 2017 está dividido por género y edades.

Tabla 9: Población total por edades y género



Fuente: Centro de Salud San Martín de Porres

3.1.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

A) Técnicas

Las técnicas utilizadas fueron:

- La observación: Es la adquisición activa de información a partir del sentido de la vista.
- La encuesta: Es el método de recopilación de datos te puede ayudar a obtener la información sobre diversos temas.

B) Instrumentos

- Guía de observación de campo: Es una lista de puntos importantes que son observados para realizar una evaluación de acuerdo a los temas que se estén analizando.
- Cuestionario: Es un conjunto de preguntas escritas utilizadas para obtener información indistintamente para evaluar a una sola persona. Con este instrumento se recogen los datos que sirven para probar las hipótesis

3.1.5 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 INEI
- Encuestas realizadas a los encargados de los establecimientos de Salud

1. Plan de Procesamiento de Datos

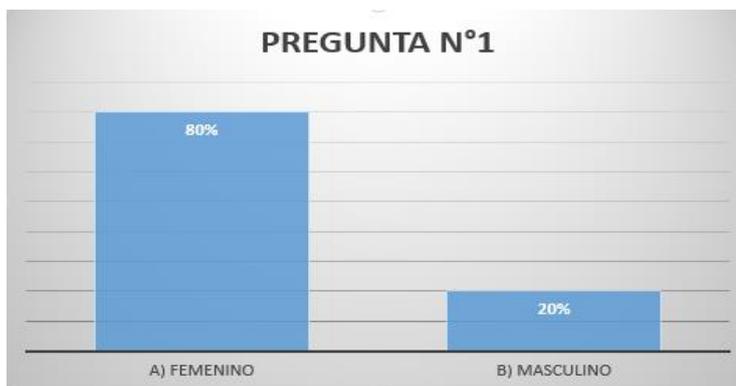
Los datos de campo obtenidos acerca del diseño de una red de Telemedicina, van a ser analizados e interpretados a través del programa elaborado. Los datos de las encuestas serán tabulados y elaborados en cuadros Estadísticos y gráficos.

3.1.6 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Para la muestra de la encuesta se tomó una muestra de 100 personas de diferentes géneros.

En la tabla N°10 se muestra el resultado de la pregunta N°1 el cual indica el género de la persona. Verificamos que el 80% de población es del género femenino y el 20% es del género masculino.

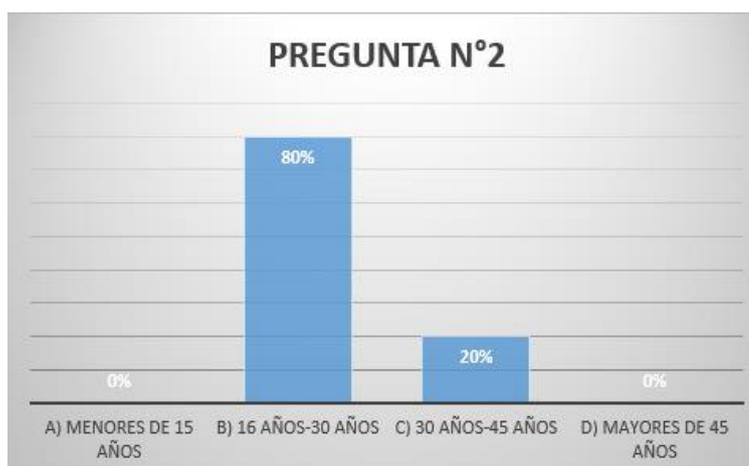
Tabla 10: Género



Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°11 es el resultado de la pregunta N°2, el cual indica las edades de la población recurrente al centro de salud San Martín de Porres. Resultando que el 80% de la población se encuentra en el intervalo de 16 años a 30 años y el 20% entre los 30 años a 45 años.

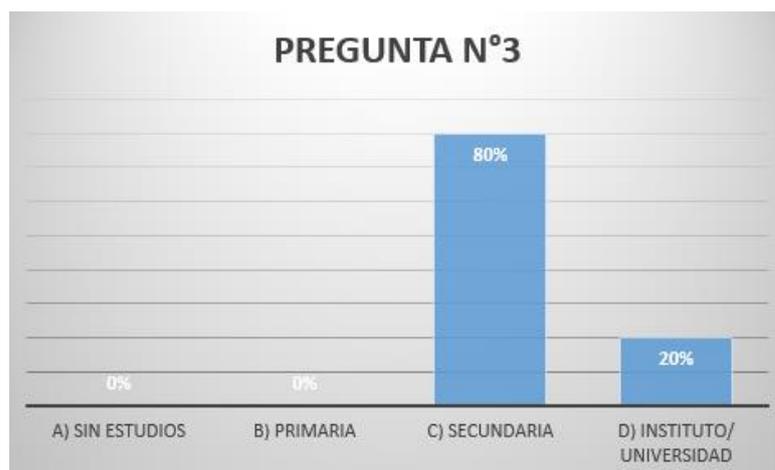
Tabla 11: Edades



Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°12, es el resultado de la pregunta N°3, el cual indica el nivel educativo de la población que acude al centro de salud de San Martín de Porres, se verifica que el 80% de la población tiene estudios secundarios y el 20% tiene estudios universitarios o técnicos.

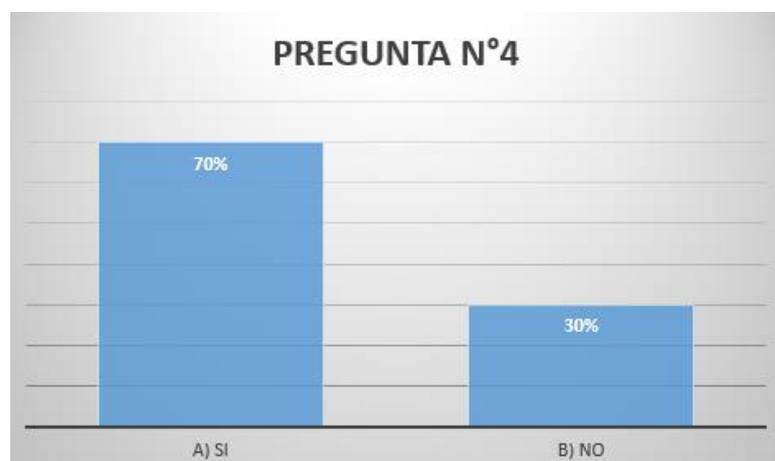
Tabla 12: Nivel Educativo



Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°13, es el resultado de la pregunta N°4. El cual indica la cerca cercanía del lugar de residencia al centro de salud San Martín de Porres. Resultando que el 70% vive en las zonas aledañas al centro de salud y el 30% provienen de zonas más alejadas.

Tabla 13: Domicilio



Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla N°14, es el resultado de la pregunta N°5, indica el tiempo de espera para la atención médica en el centro de salud San Martín de Porres. Resultando que el 30% de los pacientes espera alrededor de 30 minutos para ser atendido, el 40% de los pacientes espera en el rango de 1 hora, el 20% de los pacientes espera entre 1 hora y 2 horas y el 10% de los pacientes espera más de 2 horas.

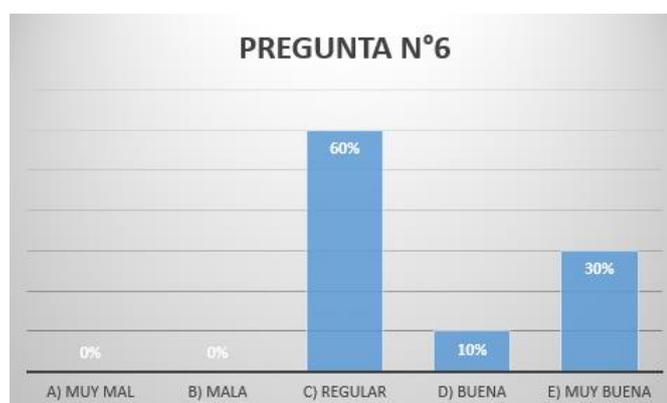
Tabla 14: Hora de espera



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N°15, es el resultado de la pregunta N°6, indica si el horario de atención del centro de salud San Martín de Porres le parece adecuado. Resultando que el 60% de los encuestados indica que es regular el horario de atención. Mientras que el 20 % indica que es bueno y el 10% es muy bueno el horario de atención.

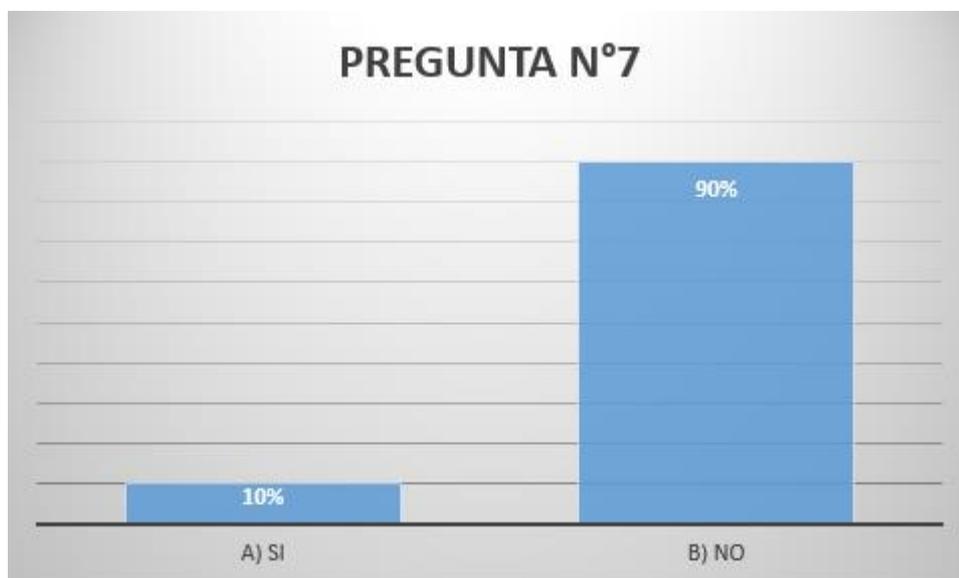
Tabla 15: Criterio de atención



Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 16, es el resultado de la pregunta N°7, indica si los pacientes presentan alguna enfermedad cardiaca. Resultando que el 90% de los pacientes no presenta males cardiacos. Mientras que hay un 10% de los pacientes que si presenta este mal, pero no pueden ser atendidos en centro de salud San Martín de Porres porque no hay áreas especializadas en cardiología.

Tabla 16: Enfermedades cardiacas



Fuente: Elaboración Propia.

3.2 DISEÑO DEL REDIOENLACE

3.2.1 Herramientas de Diseño

3.2.1.1 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, etcétera. Esto se logra a través de la aplicación de modelos de propagación, cuya elección depende de las características del enlace, el tipo de medio (urbano, semi-urbano o rural), las

distancias entre las estaciones, alturas de las antenas, frecuencias de operación.

3.2.2 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 del distrito de Villa el Salvador 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.

3.3 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 teleconsulta y telediagnóstico 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 teleconsultorio de una unidad operativa.
- c) Telemonitorización: Consiste en la monitorización continua o intermitente de los pacientes permitiendo un adecuado control de los mismos.

3.3.1 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, etcétera, 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 (Apolo, 2011).

3.3.2 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 (Apolo, 2011).

3.3.3 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 de la telediagnóstico 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.

3.3.4 Videoconferencia

Este servicio permite la comunicación directa médico-paciente para tele consulta, telediagnóstico, y telemonitorización, 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.

3.4 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 el centros de Salud San Martín de Porres y el Instituto Cardiovascular.

3.4.1 Ancho de banda para teléfonos VoIP

En total se tiene 10 abonados para los teléfonos VoIP, 6 serán de la parte de telemedicina y 4 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 (Fernández, 2008)

- Parte de telemedicina = $1800 \times 6 = 10800$ minutos / mes
- Parte administrativa = $800 \times 4 = 3200$ minutos / mes
- Total de minutos x mes = 14000 minutos / mes
- Minutos por día = $14000 / 20 = 700$
- Minutos por día (8 horas de día laborable) = $700 + 10\% = 770$

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.

$$\text{Erlangs} = (\text{Minutos por día}) \times (\text{Factor de hora ocupada}) / 60 = 3.85 \text{Erlangs}$$

Ahora usando la calculadora de Earlang 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 (Fernández, 2008), como se muestra en la figura 3.1.

Figura 2: Calculadora de las líneas necesarias a partir de los Erlang

Fuente: “Erlang B Calculator”

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 (Fernández, 2008).

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 (CHR, 2004), como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17: Relación de códec de voz elegible para telefonía VoIP

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 (Adaptive differential)	8	0,125	32	55.2	3.2

	pulse-code modulation)					
G.729	CS-ACELP (Conjugat estructura ACELP)	8	15	8	31.2	16

Fuente: (Chr, 2004)

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). En la figura 3.2 se muestra 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 (Fernández, 2008).

Figura 3: Gráfica de cabeceras y voz para el códec G.726



Fuente: "Trama Ethernet" (Fernández, 2008)

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 10 líneas = 552 Kbp

3.4.2 Ancho de banda para sistema de video conferencia IP

En la tabla 18 se muestra el ancho de banda mínimo para tener buena calidad de imagen ante el ojo humano (Grupo ACT, 2011).

Tabla 18: Relación de calidad de imagen con ancho de banda para el ojo humano.

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

Fuente: (Grupo ACT, 2011)

Las videoconferencias se clasifican de acuerdo al ancho de banda que utilicen y a la aplicación a la que vayan a implementarse (Grupo ACT, 2011):

Videoconferencia personal de baja calidad: Sirve para conversaciones entre dos personas. Se transmite en un rango de 28.8Kbps y 64Kbps sobre líneas telefónicas. **Videoconferencia de escritorio:** Usado para un pequeño grupo de individuos, por lo general, hasta cuatro personas. Opera entre el rango de 64Kbps 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 Kbps 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 (Joskowicz, 2009):

- 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 (Joskowicz, 2009):

- 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) (Joskowicz, 2009).

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 (Acuña, 2010).

3.4.3 Ancho de banda para equipos de telemedicina

Loaiza (2011) afirma que 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.

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

3.4.4 Ancho de banda del enlace para Telecardiología

Tiempo de espera promedio (usuario): 15 minutos

Tipos de datos a enviar:

- Imágenes
- Audio
- Textos y datos
- Señales biomédicas
- Video
- Navegación en Internet

1. IMÁGENES

Se requiere imágenes de radiografía al Tórax cuyo peso aproximado es de 32 MB.

Resolución: 4096*4096 (12 bits)

$$BW = \frac{32 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{1 \text{ Envío}}{1 \text{ Usuario} * 15 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \\ * 1 \text{ usuario}$$

$$BW = 284.44 \text{ Kbps}$$

2. AUDIO

Archivos de audio de los sonidos corporales (latido cardiaco), con un peso aproximado de 7 MB.

Tiempo de grabación : 20 segundos

Tasa de bits : 16 bits

Frecuencia : 44.1 KHz

Formato : WAV

$$BW = \frac{7 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{1 \text{ Envío}}{1 \text{ Usuario} * 15 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \\ * 1 \text{ usuario}$$

$$BW = 62.22 \text{ Kbps}$$

3. TEXTO Y DATOS

Archivos de tipo PDF, WORD en el cual se envía información adicional (observaciones) sobre el examen realizado, con un peso aproximado de 1 MB.

$$BW = \frac{1 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{1 \text{ Envío}}{1 \text{ Usuario} * 15 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

* 1 usuario

$$BW = 8.88 \text{ Kbps}$$

4. SEÑALES BIOMEDICAS

Señales biomédicas son pre-adquiridas por medio del monitor Holter, teniendo un peso aproximado de 40 MB.

$$BW = \frac{40 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{1 \text{ Envío}}{1 \text{ Usuario} * 15 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

* 1 usuario

$$BW = 355.5 \text{ Kbps}$$

5. VIDEO

Ancho de banda recomendado para Streaming:

$$BW = 600 \text{ Kbps}$$

6. NAVEGACIÓN EN INTERNET

El peso promedio (actual) de una página web es aproximadamente 2MB, considerando una visita promedio de 10 páginas web en 15 min. (Páginas de envío de correo, contacto con el destinatario, etcétera.). En la tabla 19 se muestra el resumen del ancho de banda para acceso a internet.

$$BW = \frac{2 \text{ Megabytes}}{1 \text{ Envío}} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{10 \text{ Envío}}{1 \text{ Usuario} * 15 \text{ minutos}} * \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}}$$

* 1 usuario

$$BW = 177.7 \text{ Kbps}$$

Tabla 19: Resumen de ancho de banda para acceso a internet

Tipo de Datos	BW (Kbps)
Imágenes	284.44
Audio	62.22
Texto y datos	8.88
Señales Biomédicas	355.5
Video	600
Navegación en Internet	177.7
TOTAL	1488.74

Fuente: Elaboración Propia.

3.5 Diseño del Radio Enlace IP

En este proyecto, se debe comunicar el centro de Salud de San Martín de Porres con el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR) en Jesús María, para tal fin se realiza un radio enlace sobre IP ya que es una tecnología para este uso ya que puede viajar en bandas libres y es una tecnología que permite una futura expansión para transmisión de datos. En primer lugar, se ubica los dos puntos donde se realiza el radio enlace que son el centro de Salud de San Martín de Porres y el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR), para este fin se usa la herramienta Google Earth

para ubicar exactamente la localización de ambos lugares y su respectiva latitud y longitud, como se muestra en la figura 4.

Figura 4: Ubicación geográfica del lugar



Fuente: Google Earth 2017

3.5.1 Puntos de referencia

- Centro de salud San Martín de Porres V.E.S

Latitud: 12°12'43.36"S

Longitud: 76°56'21.27"O

- Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR)

Latitud: 12° 4'38.06"S

Longitud: 77° 2'24.01"O

3.5.1.1 Simulación por Google Earth

Ubicación:

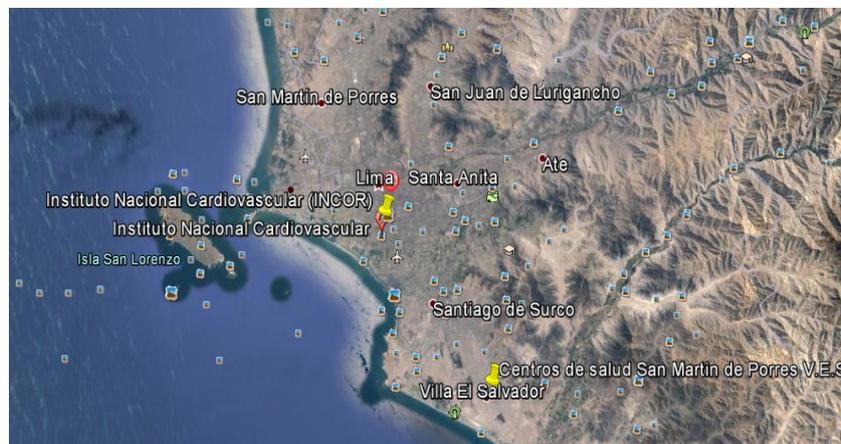
- a) Centro de salud de San Martín de Porres: Calle Los Bomberos S/N St. 2
Gr. 15

Lima - Lima - Villa El Salvador

- b) Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR): Jirón Coronel Zegarra, Lince
Lima 14, Perú.

En la figura 5 se muestra las marcas de las posiciones geográficas en Google Earth.

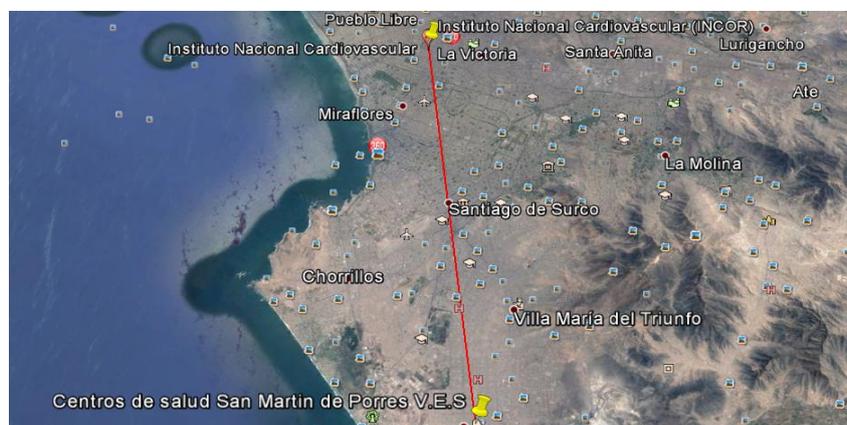
Figura 5: Las marcas de posiciones para referir a los dos lugares



Fuente: Google Earth 2017

En la figura 6 se muestra unión de los puntos de conexión con línea de vista en Google Earth.

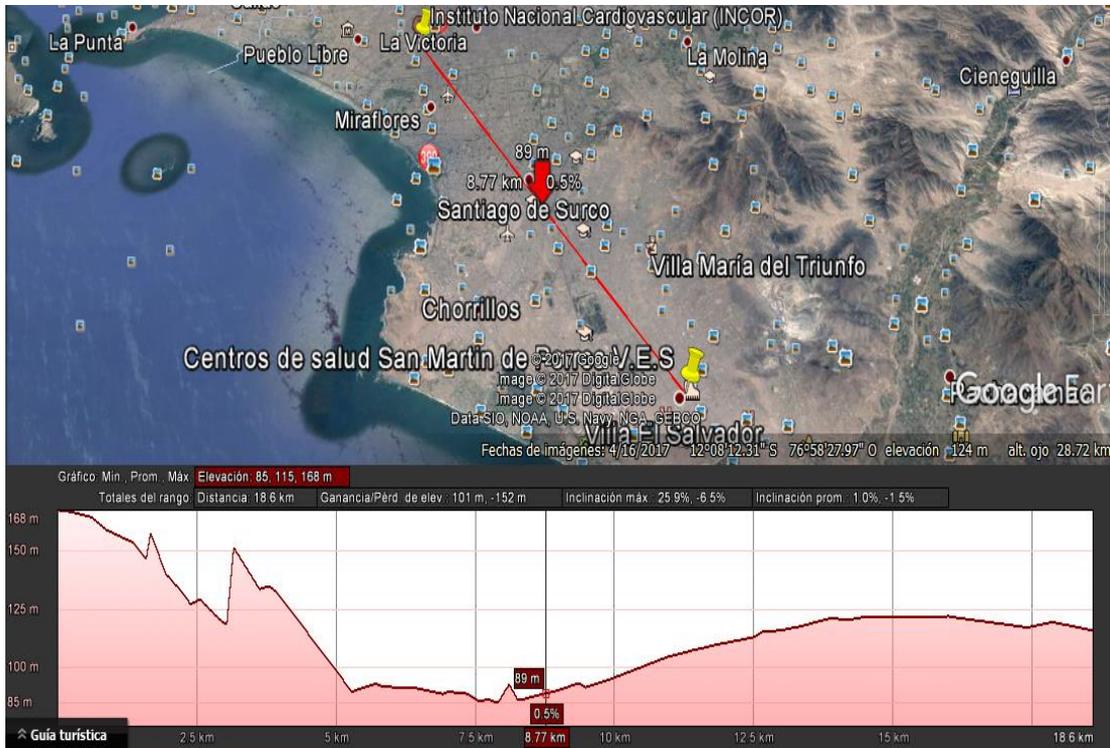
Figura 6: Conexión de los puntos con línea de vista



Fuente: Google Earth 2017

En la figura 7 se muestra el perfil de la elevación en Google Earth

Figura 7: Verificación del perfil de elevación

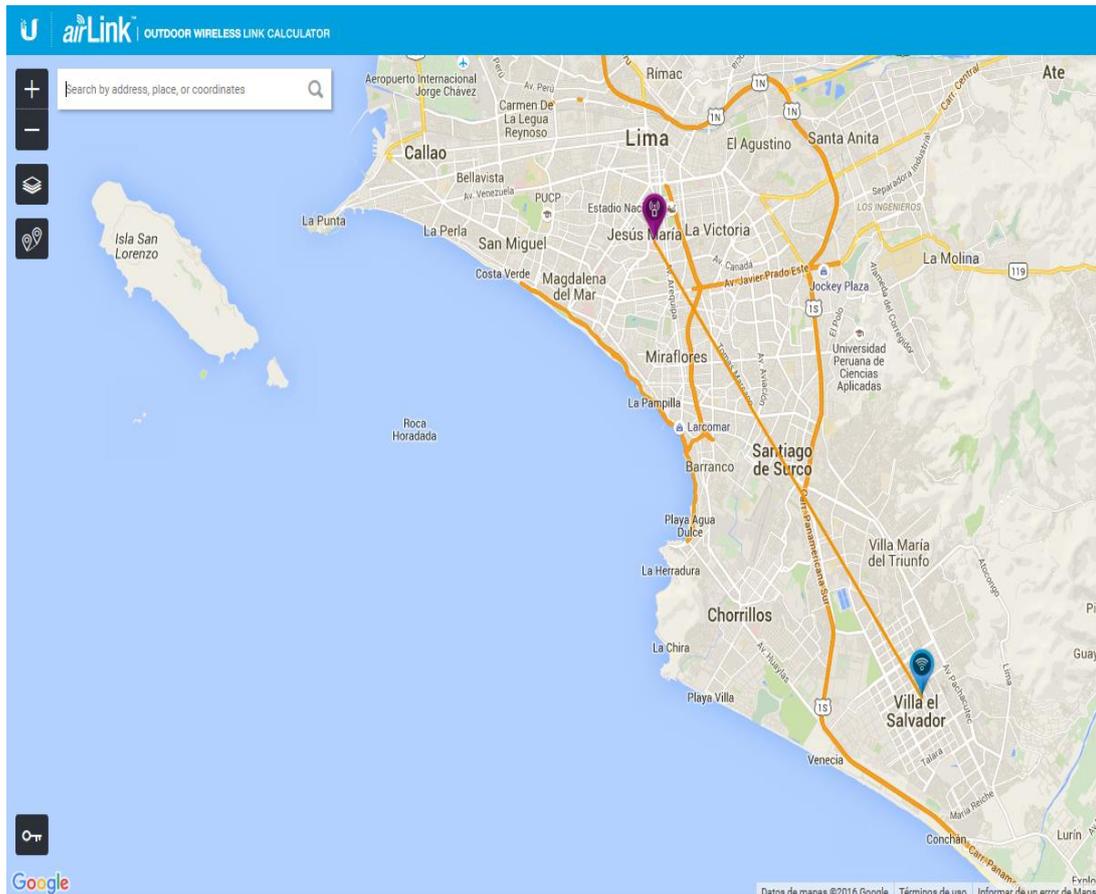


Fuente: Google Earth 2017

3.5.1.2 Simulación por Airlink

En la figura 8 se muestra la simulación del radioenlace microondas entre el centro de salud de San Martín de Porres y el Instituto Nacional Cardiovascular (INCOR), utilizando el software de simulación denominado Airlink.

Figura 8: Ubicando los puntos en Airlink

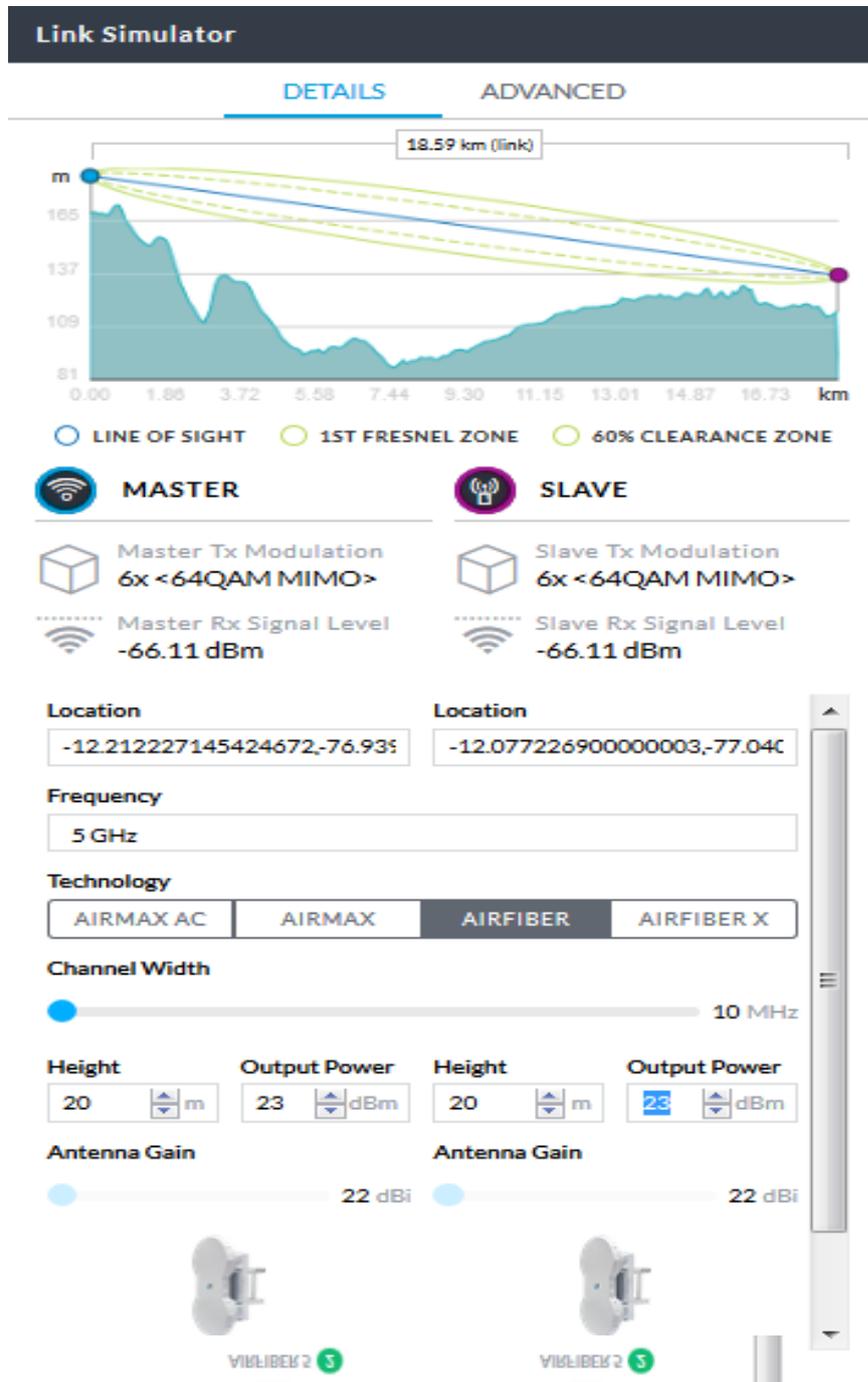


Fuente: Elaboración propia.

1. VISTA DEL LINK SIMULATOR

En la figura 9 se muestra la simulación del radioenlace, donde se obtiene los parámetros de las antenas que se van a utilizar.

Figura 9: Vista del Simulador en Airlink

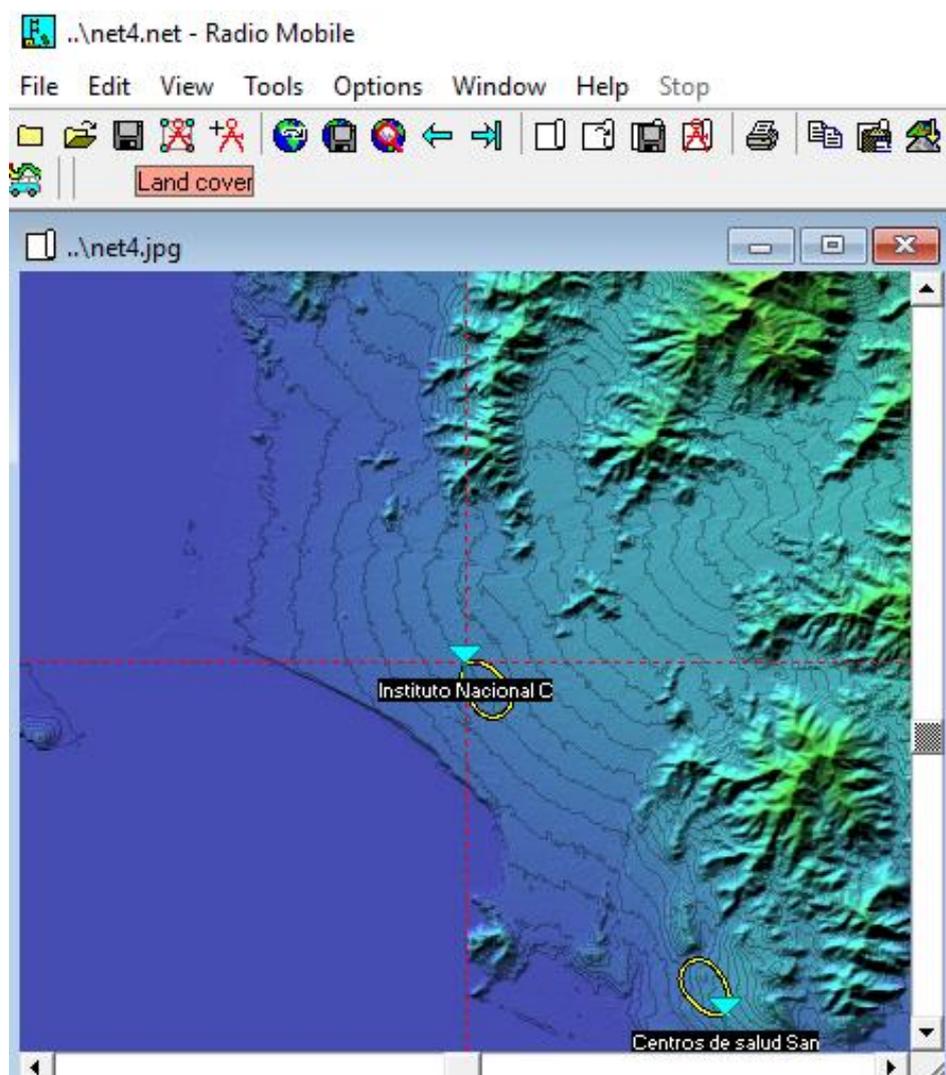


Fuente: Elaboración propia

3.5.1.3 Simulación en el Radio Mobile

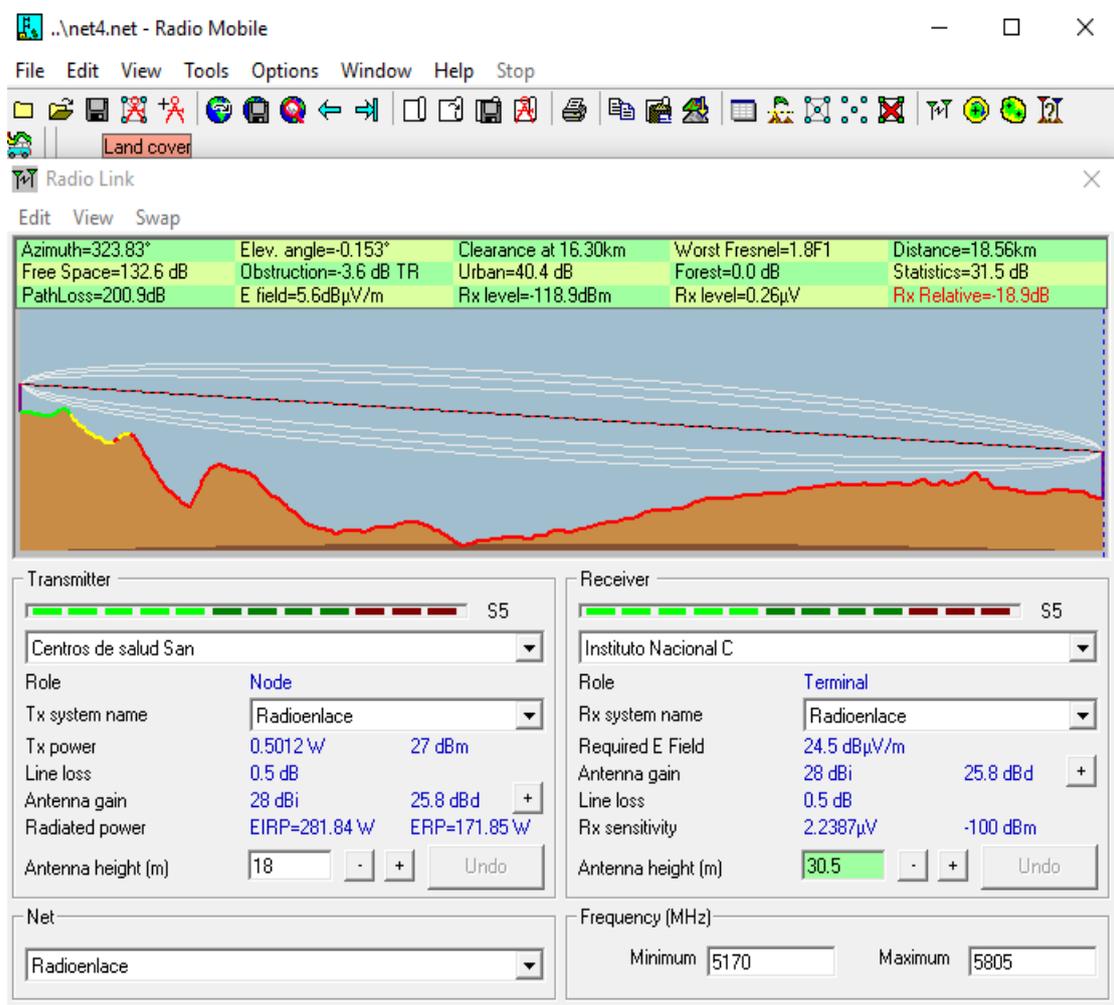
En la figura 10 se muestra la simulación del radioenlace vía microondas utilizando el software denominado Radio Mobile, en la figura 11 se muestra la vista del perfil del radioenlace.

Figura 10: Ubicación del Centro Salud San Martín de Porres y el INCOR (Instituto Nacional de Cardiología).



Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Vista de perfil del Radioenlace



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.4 Resultados de la Simulación

Como se muestra en el software Airlink, el radioenlace es aceptable 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 las ganancias de antena, la frecuencia, la altura de torre en metro para el radioenlace.

3.5.1.5 Cálculos de los Radio enlaces

i. Atenuación del espacio libre.

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

$$A_{el}(dB) = 20 * \log 18.6 + 20 * \log 5800 + 32.45$$

$$A_{el}(dB) = 133.1$$

ii. Atenuación por absorción atmosférica.

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

$$\gamma_a = \gamma_o + \gamma_w$$

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 de la siguiente figura, en la frecuencia de operación del enlace.

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

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

$$A_{atm}(dB) = 9 * 10^{-3} * \frac{3dB}{Km} * (18.6Km)$$

$$A_{atm}(dB) = 0.1674dB$$

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 la fiabilidad de los enlaces en condiciones adversas se realizan los estudios de atenuación debida a las precipitaciones. Según las recomendaciones de la UITR 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 γ y para la intensidad de lluvia obtenida anteriormente, el porcentaje de tiempo $p(\%)$ y la longitud efectiva del trayecto $L_{efc}(\text{Km})$.

$$A(R) = \gamma(R, f) * L_{efc}$$

$$L_{efc} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}}$$

Dónde:

$$d_0 = 35 * e^{-0.015 * R}$$

$$\gamma(R, f) = K * R^\alpha$$

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° 20.

Tabla 20: Valores de las constantes α y k por frecuencia.

Frecuencia (GHz)	K_H	K_α	K_V	α_H
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
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

Fuente: (Meza, 2008)

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 $\gamma(R, f)$:

En la tabla 21 se muestra el resultado del cálculo de la ecuación $\gamma(r, f)$

Tabla 21: 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.

$$P_{rel} = P_{tx} - L_{tx} + G_{tx} - A_{el} + G_{rx} - L_{rx}$$

L_{tx} y L_{rx} =4dB (Atenuación considerada estándar)

A_{el} =136.06dB, G_{tx} =28dB, G_{rx} =28dB, P_{tx} =23dBm

$$P_{rel} = 23 + 28 + 28 - 4 - 136.06$$

$$P_{rel} = -61.06dBm$$

vi. Margen de desvanecimiento Plano.

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:

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

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 (dBm) ≈ -94 dBm (SB) y el margen de desvanecimiento se obtiene de la siguiente expresión:

$$Md = Prel - SB$$

$$Md = (-61.06dBm) - (-94dBm)$$

$$Md = 32.94dBm$$

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) Para que el enlace digital sea aceptable la indisponibilidad no debe superar 0.036%.

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

$$P(\%) = 6 * 10^{-5} * 1 * 1/2 * 5.8 * (18.6)^3 * 10^{\frac{-32.94}{10}}$$

$$P(\%) = 0.00568$$

$$C(\%) = 100 - P(\%) \quad C(\%) = 0.99432$$

Los valores de a y b se determinan según las características del terreno y el clima de la zona como se muestra tabla 22.

Tabla 22: Valores de la parte a y b.

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

Fuente: (Meza, 2007)

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:

$$r = 17.32 \sqrt{(d1 * d2 / d * f)}$$

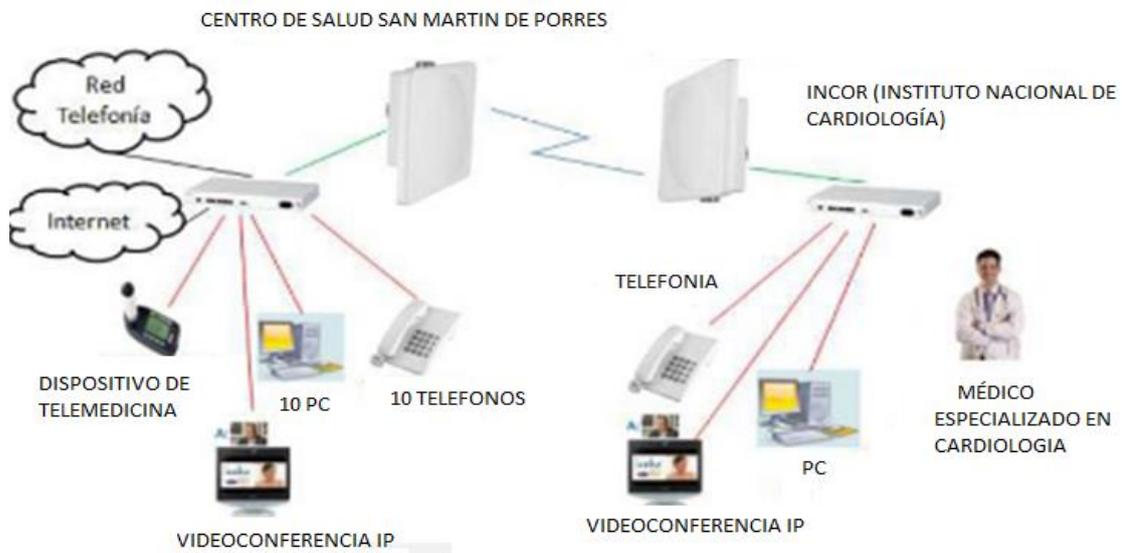
$$r = 17.32 \sqrt{((3.1 * 15.5) / (18.6 * 5.8))}$$

$$r = 11.55m$$

3.5.2 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 mejor manera, como está mencionado anteriormente se trabaja con un radio enlace sobre IP como se muestra en la figura 12.

Figura 12: Esquema de la red de telemedicina



Fuente: Propia

Como se puede apreciar en el gráfico anterior lo que se pretende 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 San Martín de Porres.

3.5.3 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, como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23: Matriz comparativa de los sistemas inalámbricos.

Características	Marca	Equipo	Modelo
	y		
	Winlink 1000	Breeze Access con estación base	Red Line An-50e
Bandas de frecuencias (GHz)	2.3-2.4; 2.4-2.42; 5.7255.850; 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	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

Fuente: (Meza, 2007)

3.5.4 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.

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 (WIN, 2007). Una arquitectura común que se utiliza, se muestra en la figura N° 13.

Figura 13: Arquitectura de sistema WINLINK 1000



Fuente: “Example of Link Architecture” (WIN, 2007)

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, como se muestra en la figura 14.

Figura 14: Equipo IDU-C



IDU-C

Fuente: Radwin

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 (WIN, 2007): como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24: 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

Fuente: (Cahui, 2015)

Se cuenta con la serie WinLink TM 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 (WIN, 2007).

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 (WIN, 2007), como se muestra en la figura 15.

Figura 15: Antenas externas de sistema WINLINK 1000



Fuente: "Typically used External Antennas" (WIN, 2007)

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 (WIN, 2007).

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

3.5.5 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

3.5.6 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 (VAPOLO, 2011).

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 (VAPOLO, 2011).

3.5.7 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 (WIN,2007), como se muestra la figura 16.

Figura 16: Instalación típica de un nodo del sistema WINLINK 1000



Fuente: Moseley

3.6 Diseño de la 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 INCOR. 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

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 máximos 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, etcétera. 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 6 para el área de atención médica y 4 para el área administrativa.

3.6.1 Diagrama de la red VoIP

Una vez definidos los equipos y diseñada la red del radio enlace IP en el punto anterior. El diagrama de la red VoIP, se muestra en la figura 17.

Figura 17: Diagrama de Red VOIP



Fuente: Isinet

3.7 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 (Cabo, 2011).

- Presentaciones PowerPoint
- Pizarra electrónica
- Proyector de documentos

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 (Cabo, 2011).

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 (Cabo, 2011).

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 INCOR.

3.8 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 (Pérez, 2000).

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 (Pérez, 2000).

Es necesario recalcar que en INCOR del Jesús María 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 provisionado para la atención médica remota a través de la red de telemedicina.

3.9 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 (Maldonado, 2011):

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 dúplex
- 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 estableces altas políticas de seguridad.

3.9.1 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 subnateo 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° 25.

Tabla 25: Plan de direccionamiento IP para cada establecimiento de Salud

Descripción	N° de Host	Subred	Mascara de sub red	Direcciones IP de Hosts
Teléfonos – Área de atención medica	2	192.168.X.0	255.255.255.224	192.168.X.2 – 192.168.X.3
Videoconferencia – Área de atención medica	2	192.168.X.32	255.255.255.224	192.168.X.34 – 192.168.X.35
Computadoras - Área de atención medica	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

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2 Equipos de telemedicina para la red

1.Estetoscopio:Para la elección del estetoscopio electrónico no se encontró muchos buenos equipos, por lo que se eligió TR-1/EF Telephonic Stethoscopeque de la empresa Telehealth Technologies que cuenta con características adecuadas para la red de telemedicina como son las que se mencionan a continuación (TEL, 2011):

- 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 cardiacas 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.

2. Electrocardiógrafo: Es un dispositivo electrónico que capta y amplía la actividad eléctrica del corazón a través de electrodos. El registro de un electrocardiógrafo se denomina electrocardiograma y es el registro continuo de impulsos eléctricos del corazón, los cuales son generados por un pequeño grupo de células conocidas como nodo sinusal.

El funcionamiento del electrocardiógrafo, como equipo de diagnóstico clínico, se basa en la instalación de una serie de electrodos en la superficie de la piel del paciente a nivel de la región torácica. Estos electrodos permiten capturar la señal electrocardiográfica generada por la actividad del músculo cardíaco del paciente

Un electrocardiograma se emplea para medir:

- Cualquier daño al corazón
- Qué tan rápido está palpitando el corazón y si lo está haciendo normalmente
- Los efectos de fármacos o dispositivos utilizados para controlar el corazón (como un marcapasos)
- El tamaño y la posición de las cámaras del corazón

Para el uso de los instrumentos se requieren accesorios como son los Adaptadores multclip, Cables de Paciente, Perillas Precordiales, Pinzas, funcionales con todo tipo de electrocardiógrafos.

i. Partes de un electrocardiógrafo:

Las partes de las que consta un electrocardiógrafo se enumeran a continuación, donde las primeras cinco etapas corresponden a un amplificador de biopotenciales:

1. Circuito de protección.

2. Señal de calibración. Es importante una señal de calibración de 1 mV

3. Preamplificador.

4. Circuito de aislamiento.

5. Amplificador manejados.

6. Circuito manejados de pierna derecha. Este circuito es capaz de crear una tierra o referencia virtual para la pierna derecha del paciente, con el propósito de reducir los voltajes en modo común. La disminución de los voltajes comunes provocados por una corriente filtrada al paciente se obtiene al reducir la impedancia del electrodo de tierra.

7. Selector de derivaciones. El selector de derivaciones es un módulo que puede acoplarse fácilmente a un sistema de amplificación de biopotenciales. Este módulo consiste en un arreglo de resistencias que obtiene el contenido de las señales de cada electrodo, ponderando la contribución de cada uno por medio de resistencias y obteniendo de esta manera la derivación de interés.

8. Sistema de memoria. Los sistemas modernos de electrocardiografía guardan la señal en una memoria para después imprimirse junto con la información introducida vía un teclado digital. Para esto es necesario un convertidor analógico digital que convierta la señal del dominio analógico al dominio discreto.

9. Microcontrolador. El microcontrolador maneja todos los procedimientos llevados a cabo por el electrocardiógrafo. El operador puede seleccionar diversos modos de operación con procedimientos

previamente programados. También puede efectuar un análisis entre el tiempo de las ondas R para determinar la frecuencia cardiaca, además de que puede reconocer arritmias y patrones característicos de cardiopatías.

10. Registrador. Este módulo proporciona un registro impreso de la señal detectada, generalmente empleando plumillas y papel térmico, aunque también se sigue utilizando la inyección de tinta.

Para una mejor comprensión del sistema global se representa el siguiente diagrama, en el que se puede observar, que las señales eléctricas generadas por el corazón del paciente, mediante los electrodos, son acopladas a los amplificadores de ECG con esto conseguimos que las señales de milivoltios (mV) pasen a voltios (V) mil veces. Una vez amplificadas las señales se pasan al convertidor analógico digital (tarjeta de adquisición de datos), se transforma la señal analógica generada por el corazón en señales digitales para ser procesadas y muestreadas por el ordenador en tiempo real

3. Fono cardiograma: es un registro gráfico en forma de onda en el cual se puede observar los sonidos cardíacos obtenidos con un fonendoscopio.

- ¿Qué datos aporta el fono cardiograma?

El fono cardiograma permite aportar datos sobre la temporización, la intensidad relativa, frecuencia, calidad, tono, timbre y localización precisa de los diferentes componentes del sonido cardíaco, de una

forma objetiva y repetible. De ese modo el especialista puede identificar y analizar los ruidos que componen el sonido cardíaco de forma separada para realizar después una síntesis de las características que se han extraído.

¿Qué señal registra un FCG?

El sonido que se recoge en un FCG viene dado por la vibración que realiza el corazón durante su ciclo cardíaco. Esta vibración es la que produce la onda acústica que es propagada a través de la pared torácica.

El ritmo cardíaco es el componente principal de la onda acústica, pero además cada parte del corazón mismo tiene una constitución particular con sus propias características biomecánicas: frecuencias naturales, elasticidad, amortiguamiento e impedancias mecánica y acústica.

Esto hace que, tanto la vibración del corazón, como la onda acústica que produce, abarquen un amplio espectro de frecuencias, que puede ir desde 1 Hz o menos hasta superar los 1500 Hz. La amplitud de la señal acústica está en torno a los 80 dB.

En la auscultación del corazón normal descubrimos principalmente dos ruidos: el S1 (“dumb”), que es una vibración amplia que se debe al movimiento de la sangre durante la sístole ventricular, al cierre de las válvulas mitral y tricúspide y a la apertura posterior de las válvulas pulmonar y aórtica; y el S2 (“tub”) que se debe a la deceleración y flujo reverso de sangre en aorta y arteria pulmonar, por cierre de arteria

aorta y pulmonar y apertura de tricúspide y mitral. Éste sonido es más breve y agudo, y coincide con el final de la onda T.

4. Computadoras

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 Computadora HP Compaq 8200 Elite XZ989UT Desktop PC - 2nd generation Intel Core i5-2400 3.10GHz, 4GB DDR3, 500GB HDD, DVDRW como la computadora a usarse en la red, esta computadora cuenta con las siguientes características:

- Computador ultra compacto.
- Procesador Intel 2nd generation Intel Core i5-2400 3.10GHz
- Memoria caché de 2 MB
- Memoria RAM de 4 GB, expandible hasta 8 GB
- Disco duro de 500 GB
- Pantalla LED de 18,5"
- Conexión USB
- Sistema operativo Windows 7 Professional (64 bit)

Estas mismas computadoras serán usadas por el área administrativa de los establecimientos de Salud; asimismo, dos computadora Nacional Cardiovascular que se reciban los datos enviados desde los establecimientos de Salud y se pueda realizar el tratamiento y monitoreo adecuado.

3.9.3 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 (Maldonado, 2011).

Router Cisco 2821. Este router cuenta con las siguientes características (CIS, 2011):

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 (DLI, 2010):

- 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 (DLI, 2009):

- 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

3.10 Análisis de Costos

3.10.1 Costos Radio Costos de inversión de la red de telemedicina

- Enlace IP se muestra en la tabla 26.

Tabla 26: Evaluación costos de radio enlace IP

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Equipo ODU: WL1000-ODUHE/F58/FCC/EXT	2690	2	5380
Equipo ODU: WL1000-ODUHE/F58/FCC/EXT	900	2	1800
Antena externa de 5.8 GHz Flat Panel	550	2	1100
		Costo total	8280

Fuente: Elaboración propia

- Costos Red VoIP para atención sanitaria como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27: Evaluación costos de red VOIP

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Servidor VoIP : Microtech Desktop Intel Core i5 de 3,2 GHz	250	1	250
Gateway de voz Patton Smartnode 4520	551	2	1102
Teléfono VoIP GrandStream GXP-2000	133	6	798
		Costo total	2150

Fuente: Elaboración propia

- Costos Red Videoconferencia IP como se muestra la tabla 28.

Tabla 28: Evaluación costos de videoconferencia IP

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Videoconferencia IP: Sony PCS-TL30	3450	2	6900
		Costo total	6900

Fuente: Elaboración propia

- Costos de equipos de telemedicina y cómputo como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29: Evaluación costos de equipos de telemedicina

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Estetoscopio Digital	51.43	6	308.58
Electrocardiograma	920	6	5520
Fonocardiograma	625	6	3750
Computadora HP Compaq 8200 Elite XZ989UT Desktop PC - 2nd generation Intel Core i5-2400 3.10GHz, 4GB DDR3, 500GB HDD, DVDRW.	650	6	3900
		Costo total	13478.58

Fuente: Elaboración propia

- Costos de red LAN en el centro de salud de Villa el Salvador como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30: Evaluación costos de red LAN en centro de salud de Villa el Salvador

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Router Cisco 2821	2185	1	2185
D-Link DSS-16+ 16-Port 10/100 Desktop/Rackmount Switch	90	2	180
D-Link DFL-210 NetDefend Network Security UTM Firewall	500	1	500
		Costo total	680

Fuente: Elaboración propia

- Costos de equipos para el área administrativa como se muestra en la tabla 31.

Tabla 31: Evaluación costos de equipos de área administrativa

Ítem	Precio unitario (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Teléfono VoIP GrandStream GXP-2000	133	4	532
Computadora HP Compaq 8200 Elite XZ989UT Desktop PC - 2nd generation Intel Core i5-2400 3.10GHz, 4GB DDR3, 500GB HDD, DVDRW.	650	4	2600
		Costo total	3132

Fuente: Elaboración propia

- Costos de instalación de servicios de internet y telefonía fija- Operador Claro, plan con Claro Empresas, como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32: Evaluación costos de instalación de internet y telefonía fija

Servicios	Costo (\$)
Instalación del servicio de Internet de 16 Mbps y Telefonía 10 líneas fijas	178.2

Fuente: Elaboración propia

- Costos de sistema de protección como se muestra en la tabla 33.

Tabla 33: Evaluación costos de sistema de protección

Ítem	Costo (\$)
Sistema de puesta a tierra	215
Sistema de pararrayos	350

Fuente: Elaboración propia

- Costos de instalación, configuración y puesta en operación de la red de telemedicina, como se muestra en la tabla 34.

Tabla 34: Evaluación costos instalación red de telemedicina

Servicios	Costo (\$)
Instalación, configuración y puesta en servicio de la red de telemedicina	4000

Fuente: Elaboración propia

- Costos totales iniciales se muestran en la tabla 35.

Tabla 35: Costos totales iniciales de red de telemedicina

Costos de instalación	Costo (\$)
Costo de radio enlace IP	8280
Costo de red VoIP	2150
Costo de red de videoconferencia IP	6900
Costos de equipos de telemedicina y cómputo	13478.58
Costos de red LAN en centro de salud de V.E.S.	680
Costos de equipos para el área administrativo	3132
Costos de instalación de internet y telefonía fija	178.2
Costos de sistema de protección	565

Instalación, configuración y puesta en servicio de la red de telemedicina	4000
Costo total de instalación de la red de telemedicina (\$)	39363.78

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Costos de operación y mantenimiento de la red de telemedicina

- Costos de servicios de telefonía e internet como se muestra en el la tabla 36.

Tabla 36: Costos de servicios de telefonía e internet mensuales

Costos de instalación	Costo (\$)
Internet 16 Mbps	337
10 Líneas Fijas	50
Costo total	387

Fuente: Elaboración propia

- Costos de personal de mantenimiento y operación de la red de telemedicina como se muestra en la tabla 37.

Tabla 37: Costos de personal de mantenimiento y operación de la red de telemedicina

Cargo	Costo mensual (\$)
Administrador de red	600
Personal para administrar red	400
Personal de seguridad	250
Mantenimiento de equipos	100
Costo total	1350

Fuente: Elaboración propia

- Costos totales mensuales de mantenimiento y operación de la red de telemedicina como se muestra en la tabla 38.

Tabla 38: Costos totales mensuales de mantenimiento y operación de la red de telemedicina

Operación y mantenimiento	Costo mensual (\$)
Pago de servicio de Internet y telefonía fija	337
Costo de personal de operación y mantenimiento	1350
Costo total	1687

Fuente: Elaboración propia

3.11 Cronograma de Actividades

En la tabla 39 se muestra el cronograma de actividades elaboradas en el año 2017 para la elaboración el proyecto.

Tabla 39: Cronograma de Actividades

	ACTIVIDADES	Fecha de INICIO	Fecha final	TIEMPO DE DURACION															
				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
				1ra semana	2da semana	3ra semana	4ta semana	1ra semana	2da semana	3ra semana	4ta semana	1ra semana	2da semana	3ra semana	4ta semana	1ra semana	2da semana	3ra semana	4ta semana
1	Revisión bibliográfica: libros y tesis, artículos y	1ra semana de Marzo	3ra semana de Marzo																
2	Planificación, diseño y cálculos preliminares:	4ta semana de Marzo	2da semana de Abril																
3	Modelo, simulación	3da semana de Abril	2ta semana de Mayo																
4	Pruebas finales y presentación de artículos	3da semana de Mayo	1ra semana de Junio																
5	Redacción de Informe final: impresión de informes y	2da semana Junio	4ra semana Junio																

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Se tomaron en cuenta los estudios de población de Villa El Salvador y sus necesidades tanto sociales como tecnológicas para determinar los equipos de telemedicina que se utilizaran en la red en beneficio de la población local y de esta manera reciban una mejor atención médica.
- Según la encuesta realizada la mayoría de pacientes que se tratan en el centro de salud son del género femenino, de mediana edad, el 70% viven cerca del centro de salud San Martín de Porres y el tiempo de espera para la atención, es en promedio de una hora, este tiempo será reducido al implementarse el sistema de radioenlace que utilizara videoconferencia, VoIP además de los equipos de telemedicina.
- El sistema de red de telemedicina desarrollado es un proyecto de costo económico en comparación con otras alternativas de redes de telemedicina esto permitirá brindar un servicio de calidad a bajo costo que es lo que se busca en proyectos de gran impacto social.
- El presente trabajo se realizaron los cálculos necesarios para que al final se implemente una red de Voip, videoconferencia, equipos de telemedicina y de LAN dentro del establecimiento de salud San Martín de Porres, estas tecnologías son factibles de instalar y usar, con el radioenlace se cubre las necesidades de ancho de banda.

RECOMENDACIONES

- Respecto a futuros despliegues de redes HFC en los Hubs del Operador de Telecomunicaciones, se recomienda planificar con más de un mes de anticipación la provisión de dispositivos y materiales comúnmente utilizados. Esto disminuiría los problemas presentados por la falta de dispositivos ante nuevos despliegues.
- 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.
- Se recomienda realizar una capacitación adecuada tanto del personal administrativo, médicos y enfermeras del establecimiento de salud que son parte de la red de telemedicina, para que ellos trabajen con los equipos médicos de la red de telemedicina de manera apropiada.
- Se debe evaluar tener una red de respaldo en caso de averías o fallas para que el servicio sea disponible las 24 horas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, K. (2010). Diseño de la red para un mini telecentro en la localidad de Santa María en la región de Madre de Dios.
- Cahui, J. (2015). Diseño de una red de telemedicina para la micro-red de Capachica, Puno.
- Cardama, A. (2da Edición). (2002). Antenas. Barcelona: UPC
- Fernández, J. (2008). Diseño de una red de voz sobre IP para una empresa para una empresa que desarrolla proyectos de ingeniería de comunicaciones.
- Ferrer, O. (2001). Telemedicina. Madrid: Panamericana.
- Galarza, F. (2011). Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en el distrito de Sicaya perteneciente a la ciudad de Huancayo.
- Loaiza, A (2010). Diseño de un enlace de telemedicina para el hospital universitario san Juan de dios del Quindío.
- Medical International Research Prodcuts. (2011). Recuperado por: <http://www.spirometry.com/>
- MTC. decreto supremo nº 038-2003-MTC. Recuperado por: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_902.pdf
- OBNASEC. Ficha informativa sobre seguridad ciudadana en el distrito de villa el salvador. Recuperado por: <http://conasec.mininter.gob.pe/obnasec/pdfs/Nro.01DistritoVillaSalvador.pdf>
- Padilla, D. (2010). Diseño de una red de telemedicina para el hospital materno infantil del este "Joel Valencia Parpacén".
- Rey, E. (1998). Telecomunicaciones Móviles. Barcelona: Marcombo

- Salazar, B. (2007). Diseño de un modelo de interconexión de ambulatorios Remotos a una red de telemedicina.
- WinLinkTM 1000. Broadband Wireless Transmission System: User Manual and Installation Guide Version 1.750. Consulta: 15 de Septiembre de 2011.
Recuperado por:
<http://www.telehealthtechnologies.com/TR1%20EF%20Page.htm>
- EHAS Enlace hispano americano de salud. (2011). Recuperado por:
<http://www.ehas.org/>

ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTA

1. SEXO:

a) Femenino:

b) Masculino

2. EDAD:

a) Menores de 15 años

b) 16 años-30 años:

c) 30 años-45 años:

d) Mayores de 45 años

3. ESTUDIOS:

a) Sin estudios

b) Primaria:

c) Secundaria:

d) Instituto/ Universidad

4. ¿VIVES CERCA DEL CENTRO DE SALUD SAN MARTÍN DE PORRES?

a) SI:

b) NO:

4. ¿CUANTAS HORAS ESTÁ ESPERANDO EN LA COLA PARA QUE PUEDES HACER ATENDIDO?

a) Menos de 30 minutos

b) Menos de 1 Hora:

c) Entre 1 hora y 2 hora

d) Mas de 2 horas:

5. ¿EL HORARIO DE ATENCIÓN DE LA POSTA LE PARECE ADECUADO?

a) Muy mal:

b) Mala:

c) Regular:

d) Buena:

e) Muy buena:

6. ¿SUFRE ENFERMEDADES CARDIACAS Y DONDE SE ATIENDE?

a) SI:

b) NO:

ANEXO 2

Centro de salud San Martín de Porres V.E.S



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 3

Servicios de atención del Centro de Salud San Martín de Porres



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 4

Mapa de la jurisdicción de San Martín de Porres



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 5

Pacientes del Centro de salud San Martín de Porres realizando la encuesta



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 6

Datasheets de la antena Airfiber 5



Specifications

airFiber AF-5/AF-5U	
Dimensions	
Radio	938.4 x 468.4 x 281.4 mm (36.94 x 18.44 x 11.08")
Box	1042 x 573 x 502 mm (41.02 x 22.56 x 19.76")
Weight	
Radio (Mount Included)	16 kg (35.27 lb)
Box	26.5 kg (58.42 lb)
Max. Power Consumption	40 W
Power Supply	50V, 1.2A PoE GigE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet
Supported Voltage Range	42-58VDC
Automatic Transmit Power Control (ATPC)	Yes
Certifications	CE, FCC, IC
Mounting	Pole Mount Kit (Included)
Wind Loading	863 N @ 200 km/hr (194 lbf @ 125 mph)
Wind Survivability	200 km/hr (125 mph)
Operating Temperature	-40 to 55° C (-40 to 131°F)
LEDs	(12) Status LEDs: Data Port Link/Activity Data Port Speed Management Port Link/Activity Management Port Speed GPS Synchronization Master/Slave Link Status Modulation Mode 0.25x to 4x, 6x, 8x, 10x (Unlabeled), Overload Remote and Local Displays (Calibrated Signal Strength)

Fuente : AirFiber

Operating Frequency	
AF-5	
FCC 15.247, 15.407, IC RSS-210	5470 - 5600 MHz, 5650 - 5850 MHz
ETSI EN 301 893, EN 302 502	5470 - 5875 MHz
Other Regions	5470 - 5950 MHz
AF-5U	
FCC 15.247, IC RSS-210	5725 - 5850 MHz
ETSI EN 302 502	5725 - 5875 MHz
Other Regions	5725 - 6200 MHz
Interface	
Data Port	(1) 10/100/1000 Ethernet Port
Management Port	(1) 10/100 Ethernet Port
Auxiliary Port	(1) RJ-12, Alignment Tone Port
System	
Maximum Throughput	1.2+ Gbps
Maximum Range	100+ km (Dependent on Regulatory Region)
Packets per Second	1+ Million
Encryption	128-Bit AES
Uplink/Downlink Ratio	50% Fixed
Radio Frame Synchronization	GPS
Dynamic Frequency Selection	
AF-5	CE, FCC/IC
AF-5U	CE, (FCC/IC Not Applicable)

airFiber AF-5/AF-5U Suggested Max. TX Power	
10x	39 dBm
8x	43 dBm
6x	45 dBm
4x and below	47 dBm

airFiber AF-5/AF-5U Receive Sensitivity								
Rate	Modulation	Sensitivity (10 MHz)	Sensitivity (20 MHz)	Sensitivity (30 MHz)	Sensitivity (40 MHz)	Sensitivity (50 MHz)	FDD Capacity*	TDD Capacity*
10x	1024QAM	-63 dBm	-60 dBm	-59 dBm	-58 dBm	-57 dBm	1280 Mbps	640 Mbps
8x	256QAM	-70 dBm	-67 dBm	-66 dBm	-65 dBm	-64 dBm	1024 Mbps	512 Mbps
6x	64QAM	-77 dBm	-74 dBm	-73 dBm	-72 dBm	-71 dBm	768 Mbps	384 Mbps
4x	16QAM MIMO	-84 dBm	-81 dBm	-80 dBm	-79 dBm	-78 dBm	512 Mbps	256 Mbps
2x	QPSK MIMO	-90 dBm	-87 dBm	-86 dBm	-85 dBm	-84 dBm	256 Mbps	128 Mbps
1x	½ Rate QPSK xRT	-93 dBm	-90 dBm	-89 dBm	-88 dBm	-87 dBm	128 Mbps	64 Mbps
¼x	¼x QPSK xRT	-95 dBm	-93 dBm	-93 dBm	-92 dBm	-91 dBm	32 Mbps	16 Mbps

* FDD = (2) 50 MHz channels and TDD = (1) 50 MHz channel

Fuente : AirFiber

airFiber AF-5/AF-5U Radio Frequency	
GPS	GPS Clock Synchronization
Transceiver	
EIRP	~50 dBm (Dependent on Regulatory Region and Frequency Band)
Frequency Accuracy	±2.5 ppm without GPS Synchronization ±0.2 ppm with GPS Synchronization
Channel Bandwidth	10/20/30/40/50 MHz
Modulation	1024QAM MIMO 256QAM MIMO 64QAM MIMO 16QAM MIMO QPSK MIMO ½ Rate QPSK xRT ¼ Rate QPSK xRT
Integrated Split Antenna	
TX Gain	23 dBi
RX Gain	23 dBi
Beamwidth	6°
Front-to-Back Ratio	70 dB
Polarity	Dual-Slant Polarization
Cross-Polarity Isolation	> 28 dB

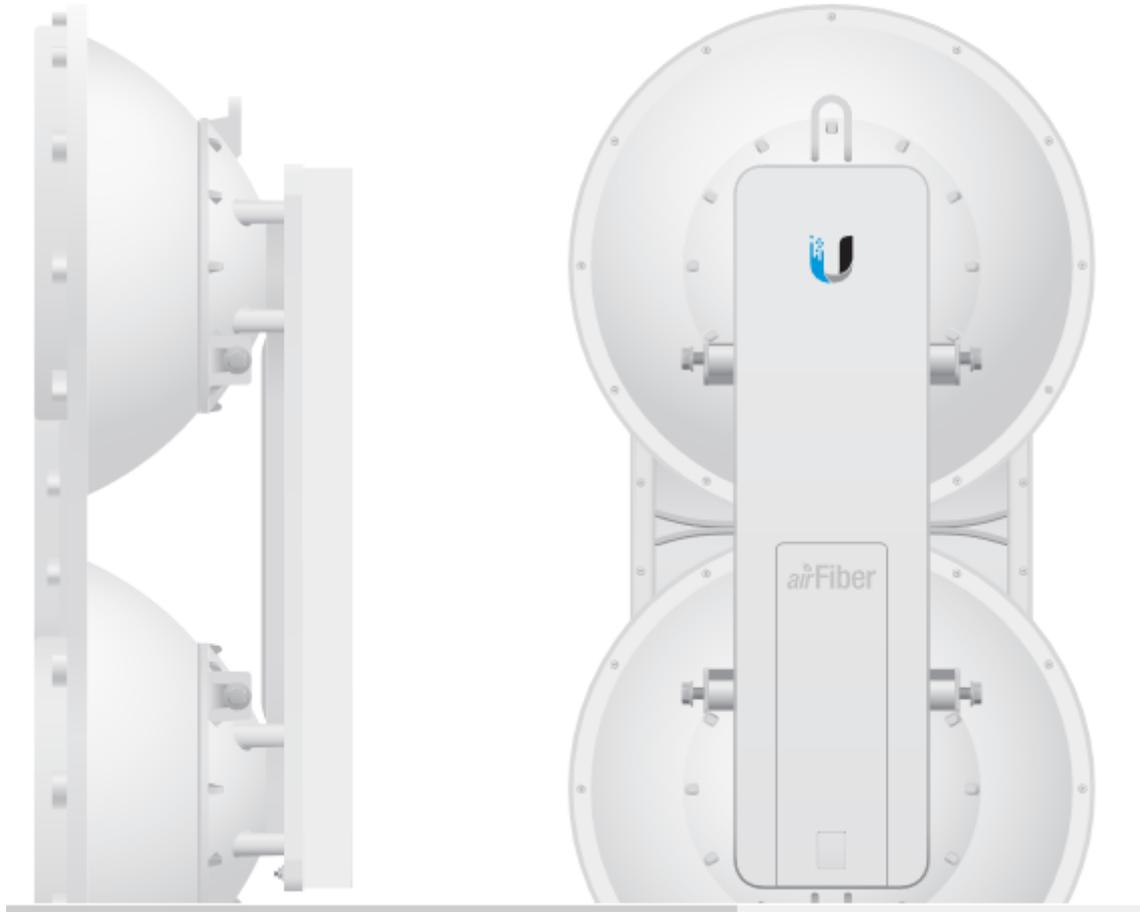
airFiber AF-5/AF-5U Capacity (Mbps)						
Rate	Modulation	Channel Width (MHz)				
		10	20	30	40	50
10x	1024 QAM MIMO	256.0	512.0	768.0	1024.0	1280.0
8x	256 QAM MIMO	204.8	409.6	614.4	819.2	1024.0
6x	64 QAM MIMO	153.6	307.2	460.8	614.4	768.0
4x	16 QAM MIMO	102.4	204.8	307.2	409.6	512.0
2x	QPSK MIMO	51.2	102.4	153.6	204.8	256.0
1x	½ Rate QPSK xRT	25.6	51.2	76.8	102.4	128.0
¼x	¼ Rate QPSK xRT	6.4	12.8	19.2	25.6	32.0

Fuente : AirFiber

airFiber[®] 5U

There are two airFiber models available for the 5 GHz spectrum. The mid-band model, AF-5, features the popular mid-band frequencies, which are freely used in many parts of the world.

The high-band (5.7 - 6.2 GHz) model, AF-5U, has robust filtering to enable co-location with devices operating in the lower 5 GHz bands while allowing operation at a higher output power in many areas of the world.



Fuente : AirFiber

ANEXO 7

Datasheets de la antena WinLink 1000

Configuración	
Arquitectura	ODU: Unidad de exteriores ODU (Outdoor Unit) con antena integrada o unidad conectorizada para antena externa IDU: Unidad de interiores IDU (Indoor Unit) o dispositivo PoE
Interfaz IDU a ODU	Cable de exteriores CAT-5e; longitud máxima del cable: 100m
Radio	
Alcance	Hasta 80 km/50 millas
Bandas de frecuencia	2,302-2,900 GHz y 4,940-6,030 GHz Radios multibanda soportadas
Capacidad	Rendimiento neto hasta 22 Mbps full dúplex
Ancho de banda del canal	5/10/20 MHz*
Potencia de Tx máxima	Hasta 27 dBm*
Codificación y modulación adaptativa	Soportada
Selección automática de canales	Soportada
Tecnología dúplex	TDD
Corrección de errores FEC.	FEC; k=1/2, 2/3, 3/4
Cifrado	AES 128
Sincronización TDD	Sincronización en el sitio Sincronización entre sitios mediante la unidad GSU
Modulación	OFDM - BPSK/QPSK/16QAM/64QAM
Rango dinámico recibido	>60 dB
Interfaz Ethernet	
Número de puertos	2 en IDU-C e IDU-E; 1 en dispositivo PoE 10/100/1000 BaseT con autonegociación (IEEE 802.3u) Entramado/Codificación IEEE 802.3
Puerto SFP	Soportado en IDU-C (tipo FE/GbE)
Puenteado	Autoaprendizaje, hasta 2047 direcciones MAC Modo concentrador/puente (Hub/Bridge) configurable*
VLAN	802.1 Tagging Q y QinQ (soportado en IDU-C e IDU-E RW-71XX)
Máxima velocidad de información	Configurable en pasos de 1 Kbps
Conector	RJ-45
Tamaño máximo de trama	2048 Bytes*
Latencia	3 ms (típica)
Protección de servicio	topología 1+1 y anillo

Fuente : AirFiber

Interfaz TDM	
Número de puertos	4 E1s/T1s en IDU-C; hasta 2 E1s/T1s en IDU-E
Tipo	E1/T1 configurable por RADWIN Manager
Tramado	No tramado (transparente)
Temporización	Temporización independiente por puerto, Tx y Rx
Conector	RJ-45
Cumplimiento de normas	ITU-T G.703, G.826
Código de líneas	E1: HDB3 @ 2,048 Mbps, T1: B8ZS/AMI @ 1,544 Mbps
Latencia	Configurable: 5-20 ms (predeterminada: 8 ms)
Impedancia	E1 120 Ω, balanceada, T1 100 Ω, balanceada
Jitter & Wander	Según ITU-T G.823, G.824
Protección de servicio	"Hot Standby" Monitoreado (MHS) 1+1 en IDU-C
Gestión	
Aplicación de gestión de enlaces	RADWIN Manager
Protocolo	SNMP y Telnet
Aplicación NMS	RNMS (RADWIN NMS)
Mecánico	
ODU	Con antena integrada de 1 pie 30,5 cm (W) x 30,5 cm (H) x 5,8 cm (D) Peso: 1,5 kg / 3,3 lbs Sin antena: 13,5 cm (W) x 24,5 cm (H) x 4,0 cm (D), Peso: 10 kg/2,2 lbs
IDU-C	43,6 cm (W) x 4,4 cm (H) x 21 cm (D), Peso: 15 kg / 3,3 lbs
IDU-E	22 cm (W) x 4,4 cm (H) x 17 cm (D), Peso: 0,5 kg/1,1 lbs
Potencia	
Suministro de potencia	-20 a -60 Vcc (alimentación doble en IDU-C) 100-240 Vca, 50/60 Hz
Consumo de potencia	< 20 W (ODU+IDU) < 10 W (dispositivo ODU+PoE)

Fuente : AirFiber

Ambiental	
Temperatura de funcionamiento	ODU: -35°C a 60°C/-31°F a 140°F IDU: 0°C a 50°C/32°F a 122°F
Humedad	ODU: condensación 100%, IP67 (totalmente protegido contra polvo e inmersión hasta 1 m) IDU: 90% no condensada
Golpe y vibración	EN 300 019-2-4 IEC 60068-2 Clase 4M5
Regulaciones de radio	
FCC	47CFR, Parte 15 Subpartes C&E, Partes 27 y 90
IC (Canadá)	RSS-210, RSS-111
ETSI	EN 301 893, EN 302 502
RU	VNS 2107
Australia	AS/NZS 4771
WPC (India)	GSR-38
MII (China)	Regulación de banda 5,8 GHz
Seguridad	
FCC/IC (cTUVus)	UL 60950-1, UL 60950-22, CAN/CSA C22.2 60950-1, CAN/ CSA C22.2 60950-22
ETSI	EN/IEC 60950-1, EN/IEC 60950-22
EMC	
FCC	47CFR Clase B, Parte 15, Subparte B
ETSI	EN 300 386, EN 301 489-4
CAN/CSA	CISPR 22-04 Clase B
AS/NZS	CISPR 22:2006 Clase B

Antenas			
	Ganancia	Ancho de haz	Factor de forma
Antena integrada o externa de 1 pie	Hasta 22 dBi	20º o 9º	Panel plano
Antena externa 2 pies	Hasta 29 dBi	4,5º	Plato/Rejilla/Panel plano
Antena externa 3 pies	Hasta 32 dBi	4,5º	Plato
Se dispone de antenas adicionales en el catálogo RADWIN			



Unidad externa con antena integrada



IDU-E



IDU-C

Fuente : AirFiber