

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES APLICADO
A LA TELEMEDICINA PARA EL ACCESO REMOTO A LOS
SERVICIOS MÉDICOS ESPECIALIZADOS DEL HOSPITAL REGIONAL
DE TACNA DESDE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD
UBICADOS EN LAS ZONAS RURALES DE LA REGIÓN TACNA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

Bach. HUMBERTO MAMANI GALARZA

Bach. JUNIOR ALEJANDRO RODRIGUEZ DOMINGUEZ

TACNA – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES APLICADO
A LA TELEMEDICINA PARA EL ACCESO REMOTO A LOS
SERVICIOS MÉDICOS ESPECIALIZADOS DEL HOSPITAL REGIONAL
DE TACNA DESDE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD
UBICADOS EN LAS ZONAS RURALES DE LA REGIÓN TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 13 de junio de 2022, estando el jurado calificador
integrado por:

PRESIDENTE: Mag. JOSÉ MARCIAL SUMARRIVA BUSTINZA

SECRETARIO: MSc. MILAGROS GLENY COHAILA GONZALES

VOCAL: Mtra. MARIA ELENA VILDOZO ZAMBRANO

ASESOR: Mag. TITO LEONCIO CORDOVA MIRANDA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Humberto Mamani Galarza, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI N° 46822306.

Declaro bajo juramento que:


1. Soy autor (a) de la tesis titulada:
“Diseño de un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina para el acceso remoto a los servicios médicos especializados del hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las zonas rurales de la región Tacna, la misma que presento para optar el: Título Profesional de Ingeniero Electrónico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi

acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 13 de junio de 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

Bach. Humberto Mamani Galarza

DNI N° 46822306.

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Junior Alejandro Rodriguez Dominguez, en calidad de bachiller de la Escuela de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI N° 70023922.

Declaro bajo juramento que:

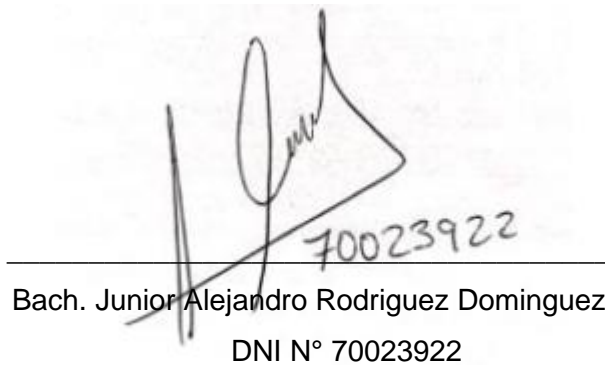
1. Soy autor (a) de la tesis titulada:
“Diseño de un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina para el acceso remoto a los servicios médicos especializados del hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las zonas rurales de la región Tacna, la misma que presento para optar el: Título Profesional de Ingeniero Electrónico.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi

acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 13 de junio de 2022



A handwritten signature in black ink is written over a horizontal line. To the right of the signature, the number 70023922 is handwritten. Below the line, the text "Bach. Junior Alejandro Rodriguez Dominguez" and "DNI N° 70023922" is printed.

Bach. Junior Alejandro Rodriguez Dominguez
DNI N° 70023922

DEDICATORIA

A mi madre Vilma, quien ha velado por el bienestar y educación de todos sus hijos, por su amor y apoyo incondicional.

A mi padre Alejandro, por su esfuerzo, enseñanzas y motivación permanente.

A mis hermanos Dalila y Junior, por ser una fuente de inspiración y ejemplo, por enseñarme permanentemente la camaradería y por tantos momentos felices.

Junior Alejandro Rodriguez Dominguez

A mis padres, hermano y hermanas por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con ciertas libertades, las cuales formaron un carácter en mí y gracias a ello pude desenvolverme como un buen profesional, por ayudarme a alcanzar mis anhelos.

A mis Docentes que durante toda la etapa universitaria en la que nos enseñaron poco a poco a parte de sus conocimientos sus anécdotas en el campo donde se desarrollan y así poder darnos esa pequeña ventana por el cual poder ver la vida de profesional que nos aguarda.

A mi persona favorita que me dio ese impulso involuntario a poder mejorar siempre indirectamente.

Humberto Mamani Galarza

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores escolares, por guiarme con paciencia y voluntad.

A mis docentes universitarios, por ayudarme a caminar por este sendero.

A mi tutor, por la ayuda, paciencia y dedicación.

A mi compañero de estudio Humberto, por el apoyo mutuo.

A mis compañeros de EPIE, por tantas aventuras.

Junior Alejandro Rodriguez Dominguez

A los docentes universitarios que me acompañaron a lo largo de mi estadía en la universidad, por compartir su conocimiento y experiencias.

A mis amigos de EPIE, con los que aun comparto gratos momentos.

A mi tutor, por la invaluable ayuda.

Humberto Mamani Galarza

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Descripción del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	6
1.2.1. Formulación del Problema General.....	6
1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos.....	7
1.3. Justificación e Importancia.....	7
1.4. Objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8
1.5. Hipótesis.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes del Estudio.....	9
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Concepto de Telemedicina.....	10
2.2.2. Clasificación de la Telemedicina por Tipo de Servicio	11
2.2.2.1. Tele-consulta	11

2.2.2.2.	Tele-interconsulta	11
2.2.2.3.	Tele-diagnóstico.....	11
2.2.2.4.	Tele-cuidado	11
2.2.2.5.	Tele-urgencias.....	12
2.2.2.6.	Telemetría	12
2.2.2.7.	Tele-educación.....	12
2.2.2.8.	Tele-administración	12
2.2.2.9.	Teleterapia	13
2.2.3.	Clasificación de la Telemedicina por especialidad.....	13
2.2.3.1.	Tele-radiología.....	13
2.2.3.2.	Telenutrición	13
2.2.3.3.	Tele-patología.....	14
2.2.3.4.	Telecardiología	14
2.2.3.5.	TeleORL – Tele-endoscopía.....	14
2.2.3.6.	Tele-dermatología.....	14
2.2.3.7.	Tele-oftalmología.....	15
2.2.4.	Redes de datos.....	15
2.2.5.	Topologías de redes de datos	16
2.2.5.1.	Topología en Bus	16
2.2.5.2.	Topología en Anillo.....	17
2.2.5.3.	Topología en estrella	18
2.2.5.4.	Topología en malla.....	18
2.2.5.5.	Topología en árbol.....	18
2.2.6.	Red de Área Local (LAN).....	18
2.2.7.	Red de Área Metropolitana (MAN).....	20
2.2.8.	Redes de Área Amplia (WAN)	20
2.2.9.	Tipos de redes WAN.....	22
2.2.9.1.	Conmutadas por circuitos	23
2.2.9.2.	Conmutadas por mensaje.....	23

2.2.9.3. Conmutadas por paquetes	23
2.2.10. Tecnologías de última milla (acceso).....	26
2.2.10.1. Tecnologías de acceso más extendidas.....	27
2.2.10.2. Tecnologías de acceso minoritario.....	27
2.3. Definición de términos.....	28
2.3.1. Telemedicina.....	28
2.3.2. Acceso remoto.....	28
2.3.3. Tecnología de última milla.....	28
2.3.4. Red WAN.....	28
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	29
3.1. Diseño de la investigación.....	29
3.2. Acciones y actividades.....	30
3.3. Materiales y/o instrumentos.....	32
3.4. Operacionalización de variables.....	32
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	35
4.1. Descripción del Proceso.....	35
4.2. Determinación de Requerimientos y Planeación.....	35
4.2.1. Planeación.....	35
4.2.1.1. Determinar el Sistema de Telecomunicaciones a Diseñar.....	35
4.2.1.2. Determinar los Servicios que Prestara el Sistema.....	40
4.2.1.3. Requerimientos Iniciales del Sistema de Comunicaciones.....	43
4.2.1.4. Requerimientos Iniciales de Equipamiento del Sistema.....	47
4.2.1.5. Determinar el ciclo de vida del producto.....	52
4.2.2. Requerimientos.....	53
4.2.2.1. Parámetros de Operación.....	53
4.2.2.2. Requerimientos para el Diseño Físico.....	56
4.2.2.3. Requerimientos para el Diseño Lógico.....	63
4.2.2.4. Composición de hardware.....	65

4.2.2.5. Composición de Software.....	73
4.3. Análisis y Diseño.....	79
4.3.1. Diseño Físico.....	79
4.3.2. Diseño Lógico.....	85
4.4. Simulación.....	99
CAPÍTULO V: DISCUSIONES.....	104
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES.....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Sala Situacional Covid-19 Perú.....	03
Tabla 2.	Establecimientos de salud de la Microred Alto Andino - Tacna	05
Tabla 3.	Variable independiente	33
Tabla 4.	Variable dependiente	33
Tabla 5.	Microredes de salud de la región Tacna	36
Tabla 6.	Centros de salud ubicados en zonas rurales de Tacna	37
Tabla 7.	Puestos de salud ubicados en zonas rurales de Tacna	38
Tabla 8.	Conocimiento del diagnóstico (consultas externas).....	41
Tabla 9.	Servicios de telemedicina y aplicaciones usadas	43
Tabla 10.	Listado de nodos de la RDNFO en la región Tacna	44
Tabla 11.	Dispositivos del nodo de acceso	70
Tabla 12.	Dispositivos del NOC	71
Tabla 13.	Dispositivos de la oficina de gestión de la red	72
Tabla 14.	Asignación de direcciones IP por ambiente.....	97
Tabla 15.	Registro de direccionamiento de red	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escalamiento por cobertura de las redes de datos.....	15
Figura 2. Tipos de topologías de redes de datos	16
Figura 3. Topología en anillo	17
Figura 4. Esquema básico de una red de área local (LAN)	19
Figura 5. Arquitectura básica de una red de área metropolitana (MAN)	20
Figura 6. Arquitectura básica de una red de área amplia (WAN)	21
Figura 7. Señalización de una llamada de voz	22
Figura 8. Red de conmutación por paquetes.....	24
Figura 9. Conmutación de paquetes orientado a la no conexión	25
Figura 10. Conmutación de paquetes orientado a la conexión	26
Figura 11. Propuesta de la investigación.....	29
Figura 12. Ubicación del Hospital Regional de Tacna.....	36
Figura 13. Ubicación de los nodos de la RDNFO de la región Tacna.....	44
Figura 14. Esquema de la red con soporte de la RDNFO	45
Figura 15. Esquema básico de la topología física	46
Figura 16. Esquema básico de la topología lógica	47
Figura 17. Ciclo de vida del proyecto	52
Figura 18. Herraje terminal.....	57
Figura 19. Herraje de suspensión	58
Figura 20. Amortiguador de vibración de espiral preformado.....	59
Figura 21. Cruceta guarda cable ADSS	59
Figura 22. Caja de empalme para exteriores	60
Figura 23. Distribución del nodo de acceso.....	61
Figura 24. Topología física de la red de acceso	63
Figura 25. Sistema de respaldo de energía.....	69
Figura 26. Interfaz de BlueJeans Meeting	75
Figura 27. Interfaz de correo electrónico Zimbra	78

Figura 28. Arquitectura física de la red (Microred Alto Perú)	79
Figura 29. Distribución de nodos en la Microred Alto Perú.....	80
Figura 30. Etapas de acceso a la red, anillo y transporte	81
Figura 31. Distribución de dispositivos en zona rural	82
Figura 32. Etapas de transporte y gestión de la red en campus.....	83
Figura 33. Distribución de dispositivos - gestión de red	83
Figura 34. Distribución de dispositivos - estaciones de telemedicina	84
Figura 35. Distribución de dispositivos por etapas	84
Figura 36. Topología lógica de la red de telecomunicaciones	85
Figura 37. Elementos de la red de acceso, transporte y CORE	86
Figura 38. Interfaces R-SUC	86
Figura 39. Configuración de ruteo R-SUC	87
Figura 40. Interfaces R2-PROV.....	87
Figura 41. Configuración de ruteo R2-PROV	88
Figura 42. Protocolo BGP en R2-PROV	88
Figura 43. Interfaces y tabla de ruteo de R1-PROV	89
Figura 44. Protocolo BGP en R1-PROV.....	90
Figura 45. Interfaces y configuración de ruteo de CORE-01	90
Figura 46. Configuración BGP y OSPF de CORE-01	91
Figura 47. Interfaces y tabla de ruteo de CORE-02.....	91
Figura 48. Configuración BGP y OSPF de CORE-02.....	92
Figura 49. Elementos de la red CORE, distribución, acceso y firewall	92
Figura 50. Enrutamiento del Switch DIST-01	93
Figura 51. Configuración OSPF del Switch DIST-01	93
Figura 52. Configuración HSRP del Switch DIST-01	94
Figura 53. Tabla de enrutamiento e interfaces del switch DIST-02	94
Figura 54. Configuración OSPF y HSRP del switch DIST-02	95
Figura 55. Interfaces del switch de acceso SW-ACC	95
Figura 56. Configuración de portchannel del switch de acceso SW-ACC	96

Figura 57. Configuración de interfaces del CISCO ASA	96
Figura 58. Diseño lógico de la red en la interfaz PNETLab	99
Figura 59. Conexión Sucursal - RDNFO en PNETLab	100
Figura 60. Dispositivos para simulación de la WAN (RDNFO) PNETLab ...	101
Figura 61. Dispositivos en etapas CORE, distribución y asa en PNETLab..	101
Figura 62. Prueba de conectividad Sucursal1 (rural) - Usuario (Hospital)...	102
Figura 63. Prueba de conectividad Usuario (Hospital) - Sucursal1 (rural)...	103

RESUMEN

La presente tesis tuvo como principal objetivo el diseño de una red de telecomunicaciones aplicado a telemedicina para el acceso remoto a los servicios médicos especializados del hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud de las zonas rurales de la región de Tacna; los objetivos específicos de la tesis fueron identificar y definir los servicios de telemedicina requeridos por los establecimientos de salud rurales, además de diseñar la topología física y lógica de la red de telecomunicaciones. El tipo de investigación fue aplicada. el diseño de la investigación que se usó, al abarcar un problema social existente, se definió en el experimental. La metodología de diseño utilizada sigue las distintas etapas basadas en el ciclo de vida de un producto para desarrollo de sistemas de telecomunicaciones, para lo cual se inició con la planeación y determinación de requerimientos, seguido del análisis y definición del diseño físico y lógico, culminando con la simulación del sistema a través del software PNetLAB. La utilización de redes de telecomunicaciones basadas en fibra óptica permite el establecimiento de redes seguras y de alto ancho de banda, así mismo permite implementar características de redundancia y escalabilidad. La elección de los distintos elementos de la red responde a la necesidad de satisfacer carencias de zonas rurales en el ámbito de la salud, a través del acceso a los distintos servicios de telemedicina.

Palabras claves: Telemedicina; acceso remoto; tecnologías de última milla; red WAN.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was the design of a telecommunications network applied to telemedicine for remote access to the specialized medical services of the regional hospital of Tacna from health establishments in rural areas of the Tacna region; The specific objectives of the thesis were to identify and define the telemedicine services required by rural health establishments, in addition to designing the physical and logical topology of the telecommunications network. The type of research was applied. The design of the research that was used, when covering an existing social problem, was defined in the experimental. The design methodology used follows the different stages based on the life cycle of a product for the development of telecommunications systems, for which it began with the planning and determination of requirements, followed by the analysis and definition of the physical and logical design, culminating with the simulation of the system through the PNetLAB software. The use of fiber optic-based telecommunications networks allows the establishment of secure and high-bandwidth networks, as well as the implementation of redundancy and scalability features. The choice of the different elements of the network responds to the need to satisfy deficiencies in rural areas in the field of health, through access to the different telemedicine services.

Key words: Telemedicine; remote access; last mile technology; WAN network.

INTRODUCCIÓN

El origen de la telemedicina está indiscutiblemente ligado a las telecomunicaciones, siendo que la telemedicina se ha soportado sobre las distintas tecnologías que han existido a lo largo del tiempo para el establecimiento de la comunicación entre pacientes y médicos. A inicios del siglo XIX, se logró establecer comunicaciones a largas distancias a través del telégrafo, permitiendo el uso de la telemedicina en el ámbito militar, principalmente usado para consultas básicas, solicitud de suministros médicos, comunicar muertos y heridos en batalla.

A finales del siglo XIX, el inventor Alexander Graham Bell patentó el teléfono. La masificación del teléfono, a inicios del siglo XX, permitió a los médicos establecer comunicaciones directas con los pacientes, además de permitir la comunicación entre médicos, a fin de compartir conocimiento e intercambiar información.

La primera gestación de la telemedicina, para la transmisión de video, imágenes y datos médicos se produjo en 1959, cuando la Universidad de Nebraska logra la transmisión de imágenes neurológicas. Esta tecnología permitió conectar pacientes ubicados en zonas remotas con médicos ubicados en zonas urbanas. Desde aquella época ya se direccionaba el propósito de la telemedicina.

La NASA y sus programas de investigación en la década de los 60 y 70 generaron un gran impulso en el desarrollo de la telemedicina. Debido a que los astronautas no podían viajar con médicos a bordo se desarrollan la transmisión digital de imágenes radiológicas, estableciendo a la radiología como la primera especialidad médica en ingresar de lleno al ámbito de la telemedicina.

Hoy en día, con el establecimiento del internet y el intercambio de datos a gran escala, la telemedicina se ha convertido en un pilar importante para los sistemas de salud del mundo. En los países más desarrollados, los servicios de telemedicina involucran atención médica en línea de manera inmediata, a través de sofisticadas redes multimedia.

En el Perú, aunque existen iniciativas para el aprovechamiento de los beneficios de la telemedicina, siguen siendo pocos los esfuerzos. El inconveniente del sistema de salud en el Perú va más allá y está asociado a una brecha social que padecen los pobladores de zonas rurales, problema que se ve reflejado a nivel nacional y que incluye a la región de Tacna.

El presente proyecto de tesis está compuesto por 5 capítulos: En el Capítulo I El problema de investigación, se refiere a la descripción del problema, formulación del problema, justificación y objetivos.

En el Capítulo II Marco teórico, se presentan los antecedentes del estudio, la base teórica y definición de términos asociados a la investigación.

En el Capítulo III Marco metodológico, se detalla el diseño de la investigación, acciones y actividades, materiales y/o instrumentos, operacionalización de variables y el procesamiento y análisis de datos.

En el Capítulo IV Resultados, se describen los resultados obtenidos en el diseño de la red de telecomunicaciones aplicado a telemedicina.

En el Capítulo V Discusión, se analizan, interpretan y discuten los resultados en contraste con distintos autores.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del Problema

A lo largo de los años 2 020, 2 021 y en el presente 2 022 la población mundial se encuentra en estado de alerta y las economías en pausa a consecuencia de la lucha contra el SARS-CoV-2, que ha ocasionado el surgimiento de un nuevo Coronavirus denominado Covid-19 y catalogado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como pandemia. El Covid-19, de alcance global y fácil propagación, ha llevado a evidenciar carencias en los sistemas de salud gubernamentales, además de un alto impacto social, económico y sanitario. El Perú es uno de los países más afectados de América Latina, la Sala Situacional COVID-19 en el Perú, actualizada al 23 de enero de 2 022, indica el fallecimiento de 204 323 personas con una letalidad de 7,22% lo que deja al país con una de las tasas de letalidad per cápita relacionada con el Covid-19 más altas del mundo. La Tabla 1, muestra la sala situacional de Covid-19 de las distintas regiones del Perú, con datos actualizados al día 23 de enero del 2 022.

Tabla 1

Sala situacional Covid-19 Perú al 23 de enero 2 022

Región	Total, casos (+)	Fallecidos	Letalidad (%)
Amazonas	36 021	1 295	3,60
Áncash	98 814	6 821	6,90
Apurímac	29 930	1 542	5,15
Arequipa	150 382	9 808	6,52
Ayacucho	40 217	2 184	5,43
Cajamarca	80 452	4 226	5,25
Callao	125 469	10 198	8,13
Cusco	97 850	4 883	4,99
Huancavelica	18 983	1 194	6,29
Huánuco	42 775	2 746	6,42
Ica	75 935	8 655	11,40
Junín	103 914	7 150	6,88
La libertad	114 470	10 483	9,16

Tabla 1 (Continuación)*Sala situacional Covid-19 Perú al 23 de enero 2 022*

Región	Total, casos (+)	Fallecidos	Letalidad (%)
La libertad	114 470	10 483	9,16
Lambayeque	84 124	8 770	10,43
Lima metropolitana	1 202 407	82 869	6,89
Lima región	93 416	7 361	7,88
Loreto	49 581	4 292	8,66
Madre de Dios	15 358	789	5,14
Moquegua	35 737	1 548	4,33
Pasco	18 772	1 057	5,63
Piura	116 622	12 387	10,62
Puno	51 508	4 323	8,39
San Martín	54 281	3 052	5,62
Tacna	39 814	1 998	5,02
Tumbes	20 592	1 607	7,80
Ucayali	34 228	3 085	9,01
Total	2 831 652	204 323	7,22

Nota. tomado de Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades – MINSA.

El Covid-19 nos ha obligado a replantear nuestras actividades y la manera en la que convivimos, estas nuevas normas de convivencias conllevan un exhaustivo cuidado a nivel sanitario, dentro de los cuales se destacan el uso de mascarillas antifluido, protectores faciales, lavado continuo de manos y distanciamiento social.

En el Perú y América latina, la mayoría de los servicios médicos habituales son de acceso presencial, esto quiere decir que la atención en salud se realiza físicamente en dependencias hospitalarias de distintos niveles, creando ambientes propicios para la propagación del Covid-19.

La pandemia del Covid-19, que padecemos actualmente, ha expuesto los múltiples problemas, deficiencias y vulnerabilidades que padece el sistema de Salud en el Perú; en ese sentido uno de los problemas más preocupantes es la brecha de médicos y su distribución, donde algunos sectores de la población (como los de extrema pobreza) son atendidos por un menor número de médicos.

Existen enormes retos por resolver en cuanto a la atención de poblaciones más vulnerables y alejadas del país; según las cifras del MINSA solo un 11% de los médicos atienden los sectores de extrema pobreza y rural. La falta de profesionales médicos en zonas de extrema pobreza y zonas rurales generan que dentro de los establecimientos de salud se estén brindando servicios médicos básicos y en algunos casos de mala calidad.

Un claro ejemplo de lo mencionado es la Microred de salud Alto Andino, conformada por seis establecimientos de salud, ubicados en zonas rurales entre las provincias de Tacna y Tarata; los servicios brindados por estos establecimientos son los más básicos (en las Postas de salud solo ofrecen 4 servicios), teniendo que recurrir al desplazamiento geográfico para el acceso a servicios especializados. La Tabla 2, muestra los establecimientos de salud ubicados en la Microred Alto Andino y los servicios que brindan a la población.

Tabla 2

Establecimientos de salud de la Microred Alto Andino - Tacna

Establec. de salud	Tipo de establec.	Ubicación	Distrito	Altitud (m.s.n.m.)	Servicios brindados
Alto Perú	Centro de salud	CPM Alto Perú	Palca	4400	Medicina, obstetricia, atención integral del niño, atención de tóxico, internamiento, saneamiento ambiental, atención de urgencias, atención de urgencias con observación, atención de parto normal.
Rio Kaño	Posta de salud	Anexo Rio Kano	Palca	4800	Atención integral del niño, atención de tóxico, saneamiento ambiental, atención de urgencia.
Ancomarca	Posta de salud	Comunidad Ancomarca	Palca	4200	Atención integral del niño, atención de tóxico, saneamiento ambiental, atención de urgencia.

Tabla 2 (Continuación)*Establecimientos de salud de la Microred Alto Andino - Tacna*

Establec. de salud	Tipo de establec.	Ubicación	Distrito	Altitud (m.s.n.m.)	Servicios brindados
Coracorani	Posta de salud	Anexo Coracorani	Tarata	4800	Atención integral del niño, atención de tóxico, saneamiento ambiental, atención de urgencia.
Chiluyo	Posta de salud	Anexo Chiluyo	Tarata	2800	Atención integral del niño, atención de tóxico, saneamiento ambiental, atención de urgencia.
Conchachiri	Posta de salud	CPM Conchachiri	Tarata	4500	Atención integral del niño, atención de tóxico, saneamiento ambiental, atención de urgencia.

Otro factor importante, con respecto a atención sanitaria en zonas rurales y de pobreza extrema, es la falta de acceso y uso de las TIC, en los últimos años ha desempeñado un papel importante para la reducción de la brecha en la atención de pacientes a través de la Telemedicina, dotando a ciudadanos de servicios de salud de calidad en su misma localidad, sin la necesidad de movilizarlos; en ese sentido una red de telemedicina lograría llevar los servicios de médicos de las diversas especialidades hasta los pobladores de zonas rurales y no al revés, generando beneficios sociales y económicos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Formulación del Problema General

¿En qué medida el diseño de un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina permitirá que los establecimientos de salud de las zonas rurales de la región Tacna accedan de manera remota a los servicios médicos especializados que se brindan en el Hospital Regional de Tacna?

1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos

- ¿Qué tecnología de telecomunicaciones será la más adecuada para el diseño de un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina?
- ¿Qué servicios de telemedicina son necesarios en los establecimientos de salud en zonas rurales de la región Tacna?
- ¿Qué parámetros se deben considerar para realizar el diseño de un sistema de telecomunicaciones?

1.3. Justificación e Importancia

Las condiciones sanitarias y la coyuntura actual con respecto a la pandemia del Covid-19; exigen la utilización de métodos y procedimientos médicos que permitan establecer la comunicación entre pacientes y profesionales de la salud de manera no presencial; en ese sentido, el uso de la Telemedicina a través de las tecnologías TICs permitiría respetar las nuevas normas de convivencia establecidas para combatir la propagación del Covid-19. En este contexto, el año 2020, se publicó el Decreto Supremo (D.S.) N.º 013-2020-SA, en el cual se dispuso que el MINSA establezca los procedimientos para realizar los servicios de telemedicina con especial énfasis en la tele-orientación médica a distancia, telemonitoreo y salud mental durante la Emergencia Sanitaria" y determine las formas de registros de la atención.

Un sistema de Telecomunicaciones que interconecte al Hospital Regional de Tacna con los establecimientos de salud en zonas rurales brindaría beneficio directo a los pobladores asentados en estas zonas. Es conocido que la medicina es parte esencial de nuestra sociedad, en ese sentido, algunos de los beneficios directos a nivel social serían:

- Mayor cobertura del sistema de salud en el ámbito geográfico.
- Reducción de la brecha por desigualdad en el acceso a servicios médicos.
- Acceso a capacitaciones para el personal médico de zonas rurales.
- Ampliación de los servicios brindados a los pobladores de zonas rurales.
- Mejor gestión, seguimiento y monitoreo de pacientes.

Adicionalmente a los beneficios sociales, se destaca los beneficios económicos de la telemedicina, los cuales se logran gracias a su naturaleza digital y de acceso remoto. Los pobladores y establecimientos de salud de zonas rurales serian beneficiados con:

- Eliminación de costos de traslado por acceso a consultas e interconsultas de distintas especializaciones médicas.
- Reducción de costos por traslados innecesarios de pacientes crónicos.
- Reducción de costos de traslado por capacitación de personal médico.
- Reducción de costos de materiales por gestión virtual de pacientes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una red de telecomunicaciones aplicada a la telemedicina para el acceso remoto a los servicios médicos especializados del Hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las zonas rurales de la región Tacna.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar y definir los servicios de telemedicina requeridos por los establecimientos de salud de las zonas rurales de la región Tacna.
- Diseñar la topología física y lógica de la red de telecomunicaciones.

1.5. Hipótesis

El diseño de una red de telecomunicaciones aplicada a la telemedicina permitirá el acceso remoto a los servicios médicos especializados del Hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las zonas rurales de la región Tacna.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Checca (2017) en su tesis “Diseño de una red de telemedicina y telefonía IP para el monitoreo de pacientes en los centros de salud del distrito Acora utilizando 802.11AC” de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional del Altiplano, Perú; concluye que el diseño propuesto permitió determinar los equipos de telemedicina que se usarían en la red en beneficio de la población para mejorar la atención sanitaria. También se determinó la alternativa más adecuada para realizar el radio enlace IP, así mismo se concluye que las bandas libres serán usadas correctamente, siendo la banda de 5.8 GHz la de mejor performance al no estar muy congestionada. Contando con la ayuda de operadores locales que poseen cobertura en el distrito se dotará de buen servicio de internet y telefonía fija en los centros de salud de Acora incluyendo un buen nivel de seguridad de los datos gracias a la implementación de firewalls.

Bravo y Lucero (2017) en su tesis “Diseño de una red de telemedicina para monitoreo de pacientes en el centro poblado de Huayrul del distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque.” De la escuela profesional de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú; concluye que el sistema de red de telemedicina no implicará un costo demasiado alto y permitirá brindar un servicio de calidad en beneficio de la población a fin de recibir una mejor atención sanitaria. El sistema de radio enlace planteado cubre todo el ancho de banda necesario para los sistemas de VoIP, videoconferencia, equipos de telemedicina y de LAN dentro del establecimiento, lo que permitirá tener servicios de telemedicina con alta eficiencia.

Galarreta y Gil (2018) en su tesis “Diseño de una red de telemedicina para dar soporte al proceso de telediagnóstico en la atención de los pobladores de la comunidad El Prado” de la Escuela Profesional de Informática de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú; concluye que los estudios realizados a la población de El Prado y sus necesidades tecnológicas permiten determinar los equipos de telemedicina de la red y determinar la tecnología de radio enlace a fin de interconectar dos establecimientos, de esta manera ayudar a los especialistas a emitir diagnósticos adecuados de las enfermedades.

También concluyen que el diseño de la red de telemedicina ayudo a mejorar la reducción de tiempo, optimización de costos, calidad de servicios, disminución de riesgos y traslado innecesario de pacientes de la comunidad de El Prado.

Pérez et al. (2019) en su artículo “Telemedicina en la práctica del otorrinolaringólogo en el periodo de contingencia del COVID-19 “publicado en la revista Acorl en su sección de Acta de Otorrinolaringología & Cirugía de la Cabeza y Cuello, concluyen que es posible implementar la tele-consulta por telemedicina fácilmente habilitada, con el aval de las aseguradoras y la aceptación de los pacientes con el fin de poder continuar con sus tratamientos, así como tener una selección adecuada de los pacientes que pueden ser tratados por este medio y reducir la exposición del paciente con el personal médico.

Rivera y Ramírez (2019) en su artículo “Diseño de una red de Telemedicina” de la Escuela Profesional de Ingeniería Informática del Instituto Tecnológico Superior de Panacú, México; concluyen que la tecnología más económica y rápida para ser incorporada a la red de salud de la zona de Veracruz es la radiofrecuencia. También determinaron que el éxito de la implementación de la telemedicina en zonas rurales, está íntimamente relacionado con la selección adecuada de la tecnología a utilizar, teniendo que definir un diseño único para cada caso. Así mismo concluyen que su modelo propuesto se pueda replicar en distintas zonas rurales de Veracruz.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concepto de Telemedicina

El concepto de telemedicina hace referencia a un sistema de prestación de asistencia sanitaria a distancia utilizando las telecomunicaciones. Existen múltiples definiciones de telemedicina, pero todas tienen un punto en común: el uso de las telecomunicaciones para brindar el servicio sanitario, independientemente del lugar.

Gracias a las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), los profesionales de salud pueden interactuar con los pacientes (y los datos médicos de los pacientes) tanto en tiempo real, a través de teléfono o videoconferencias, como en

tiempo diferido, recurriendo a técnicas de almacenamiento y retransmisión de datos como el correo electrónico, interacción con interfaces web, etc.

2.2.2. Clasificación de la Telemedicina por Tipo de Servicio

Dentro de la telemedicina se pueden ofrecer diferentes servicios destinados a distintos propósitos, estos son:

2.2.2.1. Tele-consulta

“Consulta a través de sistemas de videoconferencia con un médico de atención primaria o de medicina especializada, ayudados o no de pruebas complementarias; por ejemplo, electrocardiogramas” (INSALUD, 2000, p. 26).

2.2.2.2. Tele-interconsulta

“Es la consulta, orientación e intercambio de criterios entre especialistas” (Kuzmar, 2016, p. 28).

2.2.2.3. Tele-diagnóstico

“Los diagnósticos pueden ser los resultantes de una primera consulta o de una sucesiva, por el mismo médico, interconsulta o segunda opinión” (ORAS-CONHU, 2006, p. 35).

2.2.2.4. Tele-cuidado

“Cuidado de pacientes en casa, asistidos por enfermeras remotas, monitorizados a distancia por el profesional y con respuesta-botón de pánico en caso de alerta en el

estado del paciente, empleado con frecuencia en personas con impedimentos sensoriales y ayuda a personas mayores” (ORAS-CONHU, 2006, p. 35).

2.2.2.5. Tele-urgencias

“Es la transmisión de signos vitales en línea desde el medio de transporte del paciente: ambulancia, helicóptero” (Kuzmar, 2016, p. 27).

2.2.2.6. Telemetría

“Permite el monitoreo de signos vitales: ECG, EEG, EMG, PA, temperatura, pulso-oximetría, espirometrías y exámenes de laboratorio mediante punción digital para el control de enfermedades metabólicas que requieren monitoreo frecuente” (ORAS-CONHU, 2006, p. 35).

2.2.2.7. Tele-educación

“Es el entrenamiento y educación médica continuada a profesionales, estudiantes, población en general o a pacientes distantes geográficamente; se puede hacer en tiempo real o diferido” (ORAS-CONHU, 2006, p. 35).

2.2.2.8. Tele-administración

“Se aplica a los sistemas de gestión de salud, para realizar a distancia la administración de procesos tales como el control de citas, remisiones, derivaciones, facturación, control de cartera, inventarios, planeación estratégica y orientación al usuario con el fin de mejorar la calidad” (Kuzmar, 2016, p. 28).

2.2.2.9. Teleterapia

“Empleando la videoconferencia es posible realizar consulta y tratamientos de pacientes para: tele-psiquiatría, tele-fisioterapia, tele-rehabilitación, teleoncología, tele-prescripción” (ORAS-CONHU, 2006, p. 36).

2.2.3. Clasificación de la Telemedicina por especialidad

La telemedicina, dentro de las distintas especialidades médicas, puede ofrecer una gran variedad de servicios. Estos tipos de servicios son ofrecidos por médicos capacitados en cada especialidad y son:

2.2.3.1. Tele-radiología

La tele-radiología es una de las especialidades más utilizadas en telemedicina. Esto se debe a que en general el radiólogo no tiene contacto directo con el paciente, lo que hace esta disciplina más propicia para trabajarla a distancia. Adicionalmente, algunas modalidades son de por sí digitales lo que facilita el proceso de captura de información. Las especialidades radiológicas más usadas son: RX - Radiología convencional, CT - Escanografía (TAC - Tomografía Axial Computada), MR - Resonancia Magnética, NM - Medicina Nuclear, US - Ultrasonido (Ecografía). (ORAS-CONHU, 2006, p. 36)

2.2.3.2. Telenutrición

“Actualmente se ha desarrollado y publicado en la literatura científica programas nutricionales exitosos para el tratamiento nutricional. Consiste en realizar valoraciones médico-nutricionales, tratamiento, control y seguimiento a los pacientes, apoyados en las TIC” (Kuzmar, Rizo, & Cortés, Cómo Crear un Servicio de Telemedicina, 2014).

2.2.3.3. Tele-patología

La tele-patología se trabaja a partir de imágenes, digitales o de video, obtenidas directamente del microscopio ocular. Las imágenes pueden venir de estudios de tipo: Anatómico: Frotis, Especímenes de cirugía, Biopsias, Punciones, Citología, Autopsias. Pueden acompañarse de otro tipo de exámenes anexos a la historia del paciente y de origen clínico: Banco de sangre, Citogenética, Hematología, Microbiología, Análisis de orina, etc. (ORAS-CONHU, 2006, p. 37)

2.2.3.4. Telecardiología

“A través de mecanismos de comunicación es posible realizar a distancia procedimientos típicos y transmitir sus datos a distancia como: ECG Ecocardiograma (2D, 3D, fijas, dinámicas), Angiografía, NM, RM Sonidos cardíacos” (ORAS-CONHU, 2006, p. 37).

2.2.3.5. TeleORL – Tele-endoscopia

“En otorrinolaringología (ORL) se pueden realizar exámenes a través de sistemas de endoscopia de fibra óptica, conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video que puede servir con fines diagnósticos o educativos” (ORAS-CONHU, 2006, p. 37).

2.2.3.6. Tele-dermatología

“La tele-dermatología consiste en consultas, más que procedimientos, a distancia. En ella el dermatólogo utiliza mecanismos de videoconferencia para ver al paciente en tiempo real, o puede recibir fotografías digitales en tiempo diferido” (ORAS-CONHU, 2006, p. 37).

2.2.3.7. Tele-oftalmología

La práctica de la oftalmología se puede realizar en parte a través de sistemas de oftalmoscopios conectados a un sistema de videoconferencia o de digitalización de imágenes de video para diagnósticos de fondo de ojo, muy útiles en la prevención y seguimiento de enfermedades metabólicas. (ORAS-CONHU, 2006, p. 37)

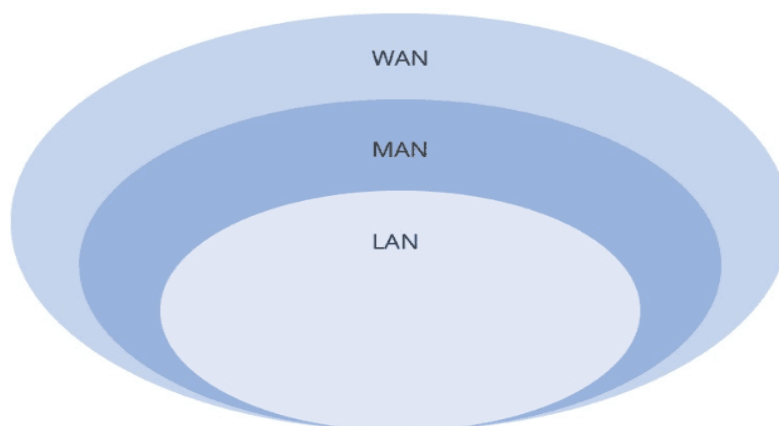
2.2.4. Redes de datos

En la actualidad existen diversidad de redes de datos de distintas tecnologías y propósitos, sin embargo, dentro de las redes más comunes podemos encontrar: la red de área local (Local Área Network - LAN), la red de área metropolitana (Metropolitan Área Network - MAN) y la red de área amplia (Wide Área Network).

Cada red de datos se puede diferenciar por la topología que usa, la velocidad, el alcance de los mensajes y otros diversos parámetros que intervienen en la comunicación de los dispositivos de la red, pero la principal diferencia es la cobertura geográfica que abarca cada una de estas redes. La figura 1 muestra de manera general, el escalamiento a nivel de cobertura de las redes de datos LAN, MAN y WAN.

Figura 1

Escalamiento por cobertura de las redes de datos



Nota. Tomado de *LAN vs MAN vs WAN: ¿Cuál es la diferencia?* [Fotografía], 2021, FS Community ([www. community.fs.com](http://www.community.fs.com)).

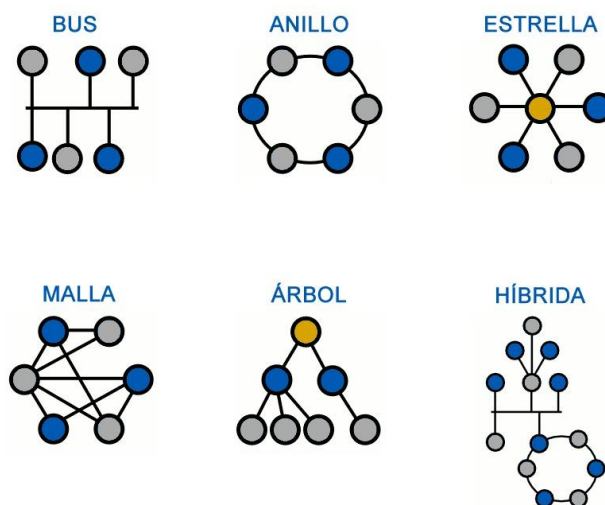
2.2.5. Topologías de redes de datos

Se refiere a la forma en que están interconectados los distintos equipos (nodos) de una red. Un nodo es un dispositivo activo conectado a la red, como un ordenador o una impresora. Un nodo también puede ser un dispositivo o equipo de la red como un concentrador, conmutador o un router. (Proaño, 2009, p. 12)

Las redes de datos LAN, MAN y WAN pueden presentar diversas topologías, la elección de la topología se define según los requerimientos de la red y su propósito. La figura 2 muestra las distintas topologías de redes de datos, según la necesidad de la red se podría usar una combinación de topologías en distintos tramos.

Figura 2

Tipos de topologías de redes de datos



Nota. Tomado de *Redes IT y sus Clasificaciones* [Fotografía], s. f., Netink ST (www.netinkst.com).

2.2.5.1. Topología en Bus

“Es una de las topologías más sencillas que utiliza un único cable al que se conectan todos los componentes directamente” (Liberatori, 2018, p. 33).

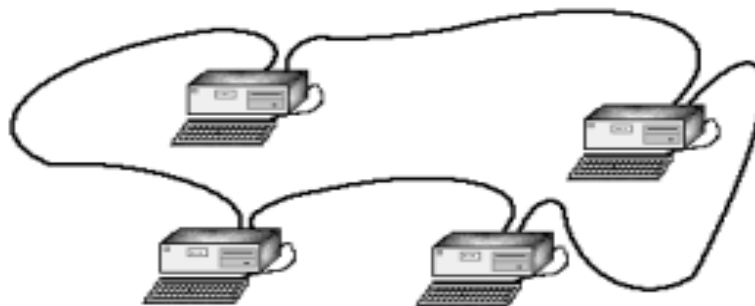
Es ampliamente utilizada en redes LAN por su fácil implementación y rapidez al agregar nodos, sin embargo, presenta deficiencias referentes a la escalabilidad y redundancia. La figura 2, muestra la topología basada en bus.

2.2.5.2. Topología en Anillo

Conecta un elemento con el siguiente y el último con el primero. En este tipo de red la comunicación depende del paso de un paquete especial, denominado testigo o token, que se utiliza para ordenar la comunicación y permitir un acceso equitativo a todos los componentes. Si uno de los componentes falla o uno de los enlaces cae, la red queda fuera de servicio. (Liberatori, 2018, p. 33)

Figura 3

Topología en anillo



Nota. El grafico representa a los ordenadores o nodos entrelazados, formando un círculo a través de un mismo medio físico. Tomado de *Redes IT y sus Clasificaciones* [Fotografía], s. f., Netink ST (www.netinkst.com).

Actualmente, la topología en anillo es ampliamente utilizada para aplicar métodos de redundancia física en redes MAN y WAN, debido a que cada nodo en el anillo permite tomar 2 o más rutas distintas para llegar a su destino.

2.2.5.3. Topología en estrella

“Conecta todos los cables con un punto central de concentración, por el que pasan todas las comunicaciones” (Liberatori, 2018, p. 33).

La topología en anillo permite independizar la operatividad de cada nodo de la red y gestionar el tráfico de todos los nodos desde un punto central de la red. La figura 2, muestra la topología basada en estrella, la cual es la topología más usada en redes de datos.

2.2.5.4. Topología en malla

“Cada nodo se conecta con todos los demás, de tal manera que es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos” (Liberatori, 2018, p. 33).

La implementación de esta topología permite mantener una óptima conexión de la red, esto se debe a que el tráfico de la información debe pasar por la menor cantidad de dispositivos para llegar a su destino. La figura 2, muestra la topología basada en malla.

2.2.5.5. Topología en árbol

“Se trata de una topología centralizada, desarrollada a partir de un nodo raíz, a partir del cual se van desplegando los demás componentes como ramas” (Liberatori, 2018, p. 34). La figura 2, muestra la topología basada en árbol.

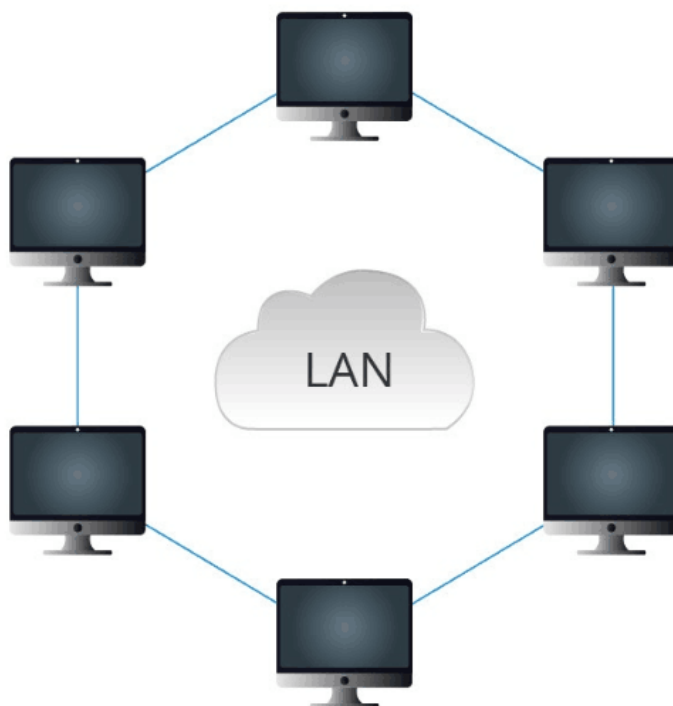
2.2.6. Red de Área Local (LAN)

Una Red de Área Local o LAN (Local Área Network), es una red con cobertura geográfica relativamente pequeña. Se implementan generalmente en domicilios, oficinas, escuelas, instituciones, entornos corporativos en donde se encuentren computadoras, servidores, además de periféricos con funcionalidades de red como impresoras, escáneres, proyectores, etc.

La figura 4, muestra un esquema básico de una red LAN, las conexiones se realizan en entornos geográficos pequeños con un alcance de 1 – 5 Km.

Figura 4

Esquema básico de una red de área local (LAN)



Nota. Tomado de *LAN vs MAN vs WAN: ¿Cuál es la diferencia?* [Fotografía], 2021, FS Community (www.community.fs.com).

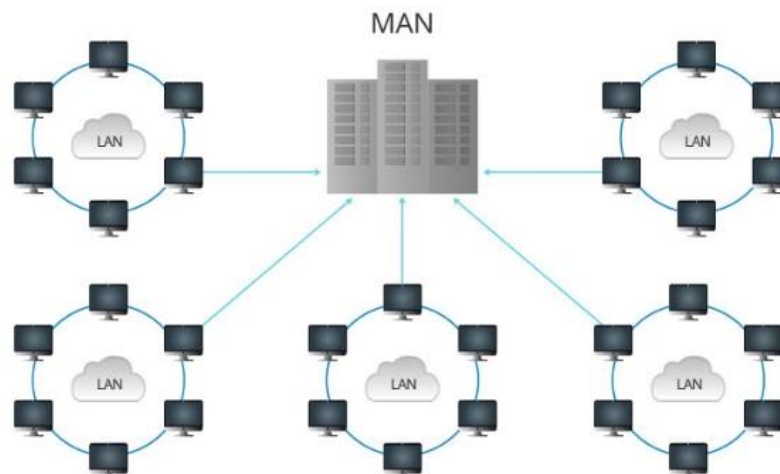
La conexión en una LAN se puede establecer de forma física, a través de protocolo Ethernet, Token Ring y FDDI (Fiber Distributed Data Interface, por sus siglas en inglés). Por otro lado, también se pueden establecer comunicaciones inalámbricas para dispositivos finales (Wi-Fi), los protocolos inalámbricos más usados actualmente son: 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n.

2.2.7. Red de Área Metropolitana (MAN)

Una red de área metropolitana o MAN (Metropolitan Area Network), por sus siglas en inglés), son redes de datos con mayor cobertura geográfica que una LAN, siendo esta cobertura un promedio de 50-60 Km. Se considera a las redes MAN como un conjunto de redes LAN interconectadas entre sí, a través de un puente común (líneas troncales). Dentro de los protocolos más utilizados en redes MAN se encuentran: RS-232, Frame Relay, ATM y X-25. La figura 5 muestra la arquitectura básica de una red MAN.

Figura 5

Arquitectura básica de una red de área metropolitana (MAN)



Nota. Tomado de *LAN vs MAN vs WAN: ¿Cuál es la diferencia?*
[Fotografía], 2021, FS Community (www.community.fs.com).

2.2.8. Redes de Área Ampla (WAN)

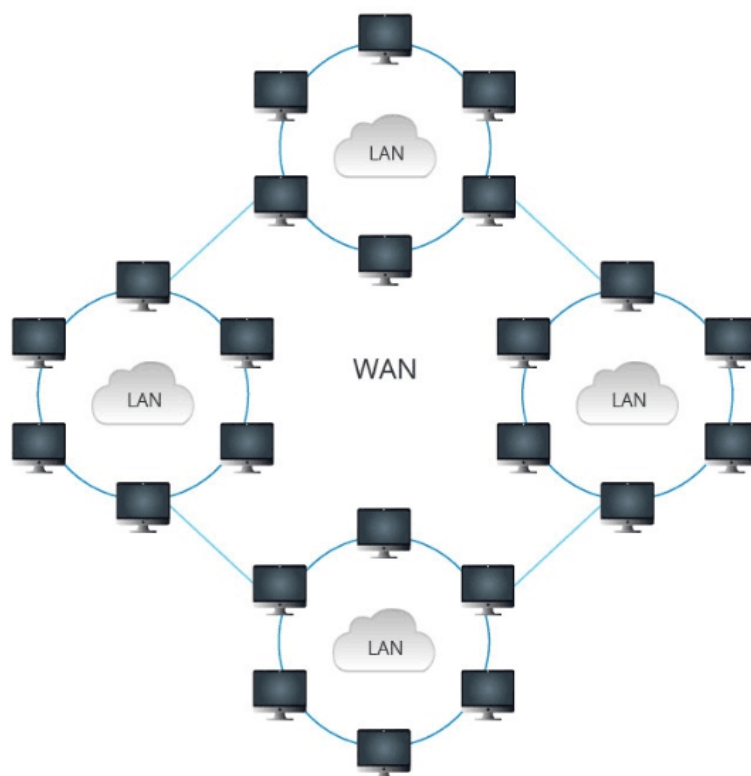
Es una red de comunicaciones de datos que cubre un área geográfica relativamente amplia y que utiliza a menudo las instalaciones de transmisión proporcionadas por los portadores comunes, tales como compañías teléfono.

Las tecnologías WAN funcionan generalmente en las tres capas más bajas del Modelo de referencia OSI: la capa física, la capa de transmisión de datos, y la capa de red. (Proaño, 2009, p. 12)

La figura 6, muestra la arquitectura básica de una red WAN, las distintas redes que conforman la red WAN atraviesan fronteras metropolitanas y regionales, en algunos casos suelen tener alcances internacionales.

Figura 6

Arquitectura básica de una red de área amplia (WAN)



Nota. Tomado de *LAN vs MAN vs WAN: ¿Cuál es la diferencia?* [Fotografía], 2021, FS Community (www.community.fs.com).

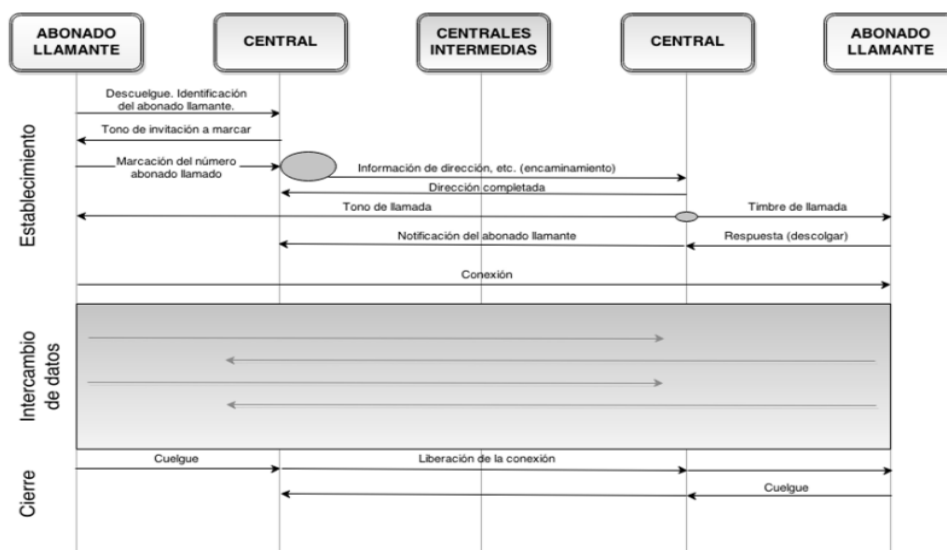
2.2.9. Tipos de redes WAN

Las redes WAN se caracterizan por su gran extensión geográfica. Son redes compuestas por dispositivos especiales, denominados nodos conmutadores o dispositivos de encaminamiento, en inglés routers. La finalidad principal de estas redes es el transporte de los datos, por lo que su funcionalidad primordial se relaciona con el área específica de enrutamiento, que se ofrece como servicio de conmutación. También ofrecen servicios de conexión o acceso. (Liberatori, 2018, p. 26)

En la figura 7 podemos observar la red de conmutación de circuitos según las fases de una llamada de voz.

Figura 7

Señalización de una llamada de voz



Nota. La figura representa las fases de una llama en una red de conmutación de circuitos. Tomado de *Redes de datos y sus protocolos*, por Liberatori, 2018. EUDEM.

2.2.9.1. Conmutadas por circuitos

“Se conforman mediante un sistema interconectado de centrales de conmutación telefónicas. Se trata de redes ideadas originalmente para la transmisión de voz” (Liberatori, 2018, p. 27).

Su utilización por parte de cada usuario se traduce en el cumplimiento de tres fases, tal como se muestra en la Figura 7:

- “Establecimiento: este camino, también denominado circuito, garantiza recursos de ancho de banda y permanece establecido durante toda la comunicación. Se denomina circuito porque la red se comporta como si los nodos estuvieran conectados físicamente” (Liberatori, 2018, p. 27).
- “Intercambio de datos: es en modo full dúplex, sobre el camino dedicado a la comunicación” (Liberatori, 2018, p. 27).
- “Cierre: es la fase final, cuyo objetivo es la liberación de los recursos para que queden disponibles a otros posibles usuarios” (Liberatori, 2018, p. 27).

2.2.9.2. Conmutadas por mensaje

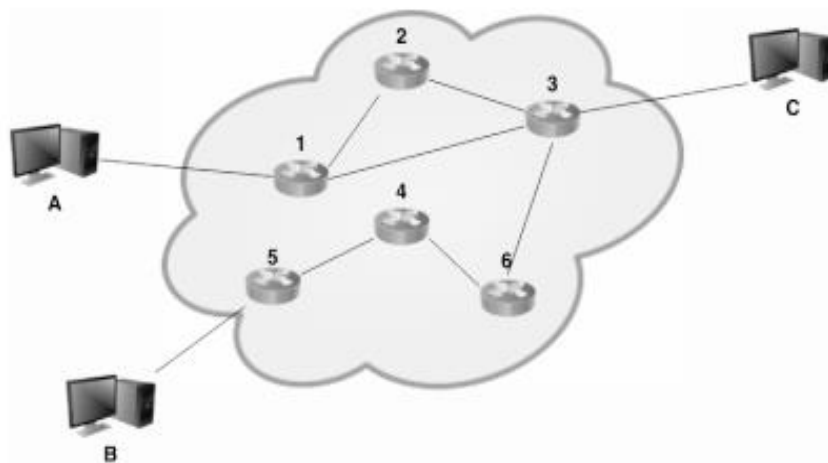
Suele ser un computador que se encarga de aceptar tráfico de los computadores y terminales conectados a él. El computador examina la dirección que aparece en la cabecera del mensaje hacia el DTE que debe recibirlo. Esta tecnología permite grabar la información para atenderla después. El usuario puede borrar, almacenar, redirigir o contestar el mensaje de forma automática. (Jimenez, s.f.)

2.2.9.3. Conmutadas por paquetes

“Diseñadas especialmente para el transporte de paquetes, permitiendo compartir el ancho de banda disponible entre múltiples sesiones de comunicación” (Liberatori, 2018, p. 28). La figura 8 representa una red conmutada por paquetes, las cuales son las redes dominantes en la actualidad.

Figura 8

Red de conmutación por paquetes

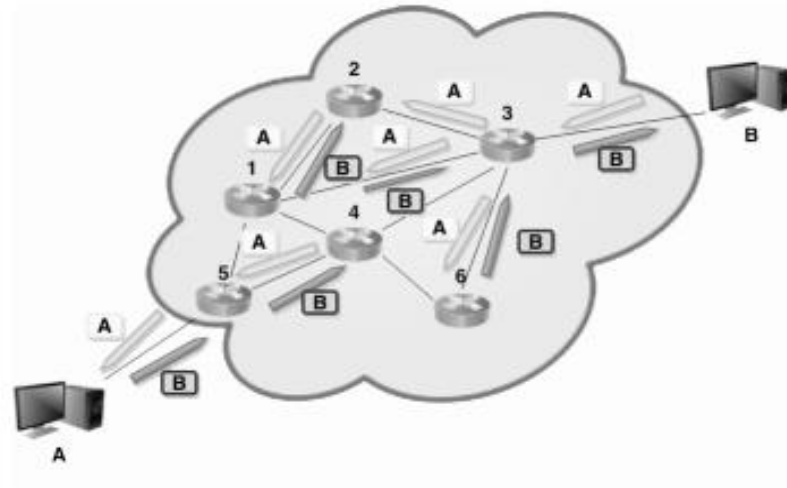


Nota. La figura representa los distintos elementos de una red de conmutación de paquetes. Tomado de *Redes de datos y sus protocolos*, por Liberatori, 2018. EUEM.

- “Conmutadas por paquetes sin conexión: Cada paquete es encaminado de manera independiente, según la información de direccionamiento de destino que se cargue en su propio encabezado” (Liberatori, 2018, p. 29). La figura 9 muestra una red de conmutación por paquetes orientada a la no conexión.

Figura 9

Conmutación de paquetes orientado a la no conexión

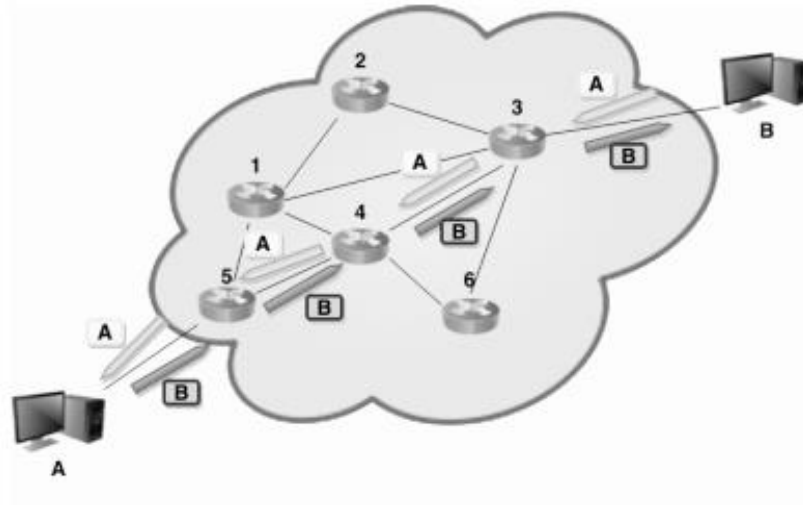


Nota. La figura representa el tráfico en una red de conmutación de paquetes orientada a la no conexión, en donde los nodos buscan la entrega de paquetes a través de distintas rutas. Tomado de *Redes de datos y sus protocolos*, por Liberatori, 2018. EUDEM.

- “Conmutadas por paquetes orientados a la conexión: La red inicia una conexión y pre-asigna recursos en cada nodo involucrado en el camino entre transmisor y receptor” (Liberatori, 2018, p. 30). La figura 10, muestra la conmutación por paquetes orientada a la conexión.

Figura 10

Conmutación por paquetes orientada a la conexión



Nota. La figura representa el tráfico en una red de conmutación por paquetes orientada a la conexión, en donde se establece una ruta virtual entre los nodos para establecer la comunicación, envío y entrega de paquetes. Tomado de *Redes de datos y sus protocolos*, por Liberatori, 2018. EUDEM.

2.2.10. Tecnologías de última milla (acceso)

Según una plataforma para la difusión de conocimientos dentro del ámbito de las redes informáticas, la tecnología de última milla viene a ser la parte de las redes de telecomunicaciones que conecta a los usuarios finales (residenciales o corporativos) a las redes de las operadoras de telecomunicaciones. (Santos, 2012)

Se desarrolla en clientes residenciales y empresas u organismos con escasas necesidades de conectividad.

2.2.10.1. Tecnologías de acceso más extendidas

Son aquellas tecnologías que suelen darse en núcleos urbanos, con infraestructura cableada.

Entre estas encontramos ADSL, HFC y FTTH.

- “ADSL: Consiste en una línea digital de alta velocidad apoyada de un par trenzado de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado” (Peña, Quero, & García, 2007, p. 8).
- “HFC: Son redes mixtas de cable de fibra óptica y coaxial” (Sendín, 2008, p. 142).
- “Red de acceso FTTH (Fiber-To- The-Home): Son sistemas compuestos fundamentalmente por fibra óptica que llegan hasta los usuarios” (Tinoco, 2011, p. 6).

2.2.10.2. Tecnologías de acceso minoritario

Son aquellas tecnologías que suelen darse en núcleos urbanos y en zonas aisladas, con infraestructura cableada y a través de señales inalámbricas.

En zonas aisladas se incluyen WIMAX y WIFI con infraestructura inalámbrica y satélite sin infraestructura. En núcleos urbanos también se considera a WIMAX y WIFI con infraestructura inalámbrica.

- “WIMAX: Es el nuevo estándar tecnológico IEEE 802.16 de comunicaciones inalámbricas de acceso de banda ancha, que utiliza las ondas de radio en las frecuencias superiores a 2,3GHz” (Calvillo, 2013, p. 5).
- “Satélite: Es un equipo sofisticado de tecnología puesto en el espacio, el cual tiene el propósito de recibir las señales microondas enviadas desde una estación terrestre y retransmitidas a otro satélite o de vuelta a los receptores terrestres” (Hernández, 2000, p. 13).
- Wi-Fi: Una red Wi-Fi es una red de comunicaciones de datos, que permite la conectividad de distintos dispositivos de red, como computadores, impresoras, servidores, etc., tiene la particularidad de gestionar el tráfico a través de medios inalámbricos. Es ampliamente usada en redes domesticas por la facilidad de acceso.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Telemedicina

Provisión de servicios de salud a distancia en los componentes de promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación, rehabilitación y cuidados paliativos, prestados por personal de la salud que utiliza las TIC, con el propósito de facilitar el acceso a los servicios de salud a la población. (D.L. N°1490, Decreto Legislativo que fortalece los alcances de la Telesalud, 09 de mayo de 2020).

2.3.2. Acceso remoto

"Dominio conceptual que engloba métodos, técnicas y herramientas de la Informática aplicados, o con la concurrencia, de las posibilidades de las telecomunicaciones por cable, o por red" (Zapata, 1997, p. 57).

2.3.3. Tecnología de última milla

"Tecnología utilizada en el tramo final de una línea de comunicación, ya sea telefónica o un cable óptico, que da el servicio al usuario" (Stallings, 2002, p. 127).

2.3.4. Red WAN

"Una red de área extensa (Wide Área Network, o WAN) es una red privada de telecomunicaciones geográficamente distribuida que interconecta múltiples redes de área local (LAN)" (Rouse, 2016).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

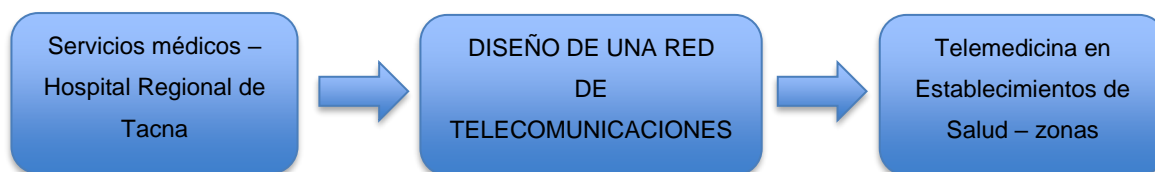
3.1. Diseño de la investigación

En el marco de la investigación propuesta, se identificó una gran diferencia entre los servicios a los que puede acceder la población situadas en zonas urbanas y los servicios a los que pueden acceder los pobladores ubicados en zona rural. El problema recae en el incumplimiento de uno de los derechos fundamentales, el derecho a la protección de su salud, así como el acceso equitativo a los servicios de salud, siendo puntos de importancia en la presente investigación.

La propuesta busca definir y llevar a cabo las actividades relacionadas al diseño de una red de telecomunicaciones que permita llevar los servicios de salud brindados en el Hospital Regional de Tacna hasta los establecimientos de salud ubicados en zonas rurales de la región de Tacna a través de la Telemedicina, y de esta manera acortar la brecha de acceso a los servicios de salud, en ese sentido el diseño de la presente investigación se justifica como experimental.

Figura 11

Propuesta de la investigación



La investigación se centrará en identificar y definir los puntos necesarios para el diseño de la red de telecomunicaciones, considerando una etapa de validación de los procedimientos seguidos.

3.2. Acciones y actividades

Las acciones y actividades responden a las necesidades del problema planteado.

La búsqueda de la solución al problema constara de tres etapas, basándose en la metodología de ciclo de vida de un producto.

- Determinación de requerimientos y planeación
- Análisis y diseño
- Simulación del Diseño

A continuación, se detallan las acciones y actividades de cada etapa:

Determinación de requerimientos y planeación

Planeación

Se describe las actividades de la etapa:

- Determinar el sistema de telecomunicaciones a diseñar.
- Determinar los servicios que prestará el sistema de comunicaciones.
- Determinar los requerimientos iniciales del sistema de comunicaciones: Diseño Físico y Diseño Lógico.
- Determinar los requerimientos iniciales de equipamiento del sistema de comunicaciones: hardware y software.
- Determinar que ciclo de vida del producto es el más apropiado para su diseño: ejemplo en cascada.

Requerimientos

En esta etapa se establece la lista de requerimientos del sistema:

- Parámetros de operación: En este ítem se deben consignar todos los aspectos relacionados con las especificaciones técnicas que tendría el sistema de

comunicaciones, tales como velocidad de transmisión, ancho de banda, potencia de transmisión, sensibilidad del receptor, etc.

- Requerimientos para el diseño físico: Se debe consignar la infraestructura física que de soporte al sistema de comunicaciones. Planos de ubicación de los diferentes componentes del sistema.
- Requerimientos para el diseño lógico: Se debe consignar la configuración lógica de como los usuarios accederán a los recursos del sistema de comunicaciones.
- Composición de hardware: La lista debe contener el equipamiento tecnológico del sistema de comunicaciones, tales como switches, routers, cableado y otros componentes.
- Composición del software: La lista debe contener el software necesario para el funcionamiento y configuración de los equipos del sistema de comunicaciones.

Análisis y diseño

En base a los requerimientos definidos en la etapa anterior, en esta etapa se busca diseñar en detalle el sistema de comunicaciones, para lo cual se hace necesario realizar primero el diseño físico del sistema de comunicaciones.

Actividades a realizar:

- Desarrollo de los planos en detalle de la ubicación de los elementos del sistema de comunicaciones, basado en las normas nacionales e internacionales.

A continuación, se hace en detalle el diseño lógico del sistema de comunicaciones.

Actividades a realizar:

- Determinar la estructura lógica del sistema de comunicaciones: segmentación lógica, políticas de restricciones entre segmentos y acceso a los servicios que se presta, rango de direccionamiento, tipo de direccionamiento, etc.
- Listado de comandos de configuración de los equipos componentes del sistema de comunicaciones.

Simulación del diseño

Se realizó la simulación del diseño lógico de la red a través del software PNETLab.

3.3. Materiales y/o instrumentos

El principal instrumento a utilizar se basa en un software que nos permita simular los dispositivos de la red y así a través de las características del software replicar el envío de paquetes entre los usuarios de la red.

El software a usar es el PNETLab (Packet Network Emulator Tool Lab) v.4.2.10, el cual permite emular equipos de telecomunicaciones como routers, switch, firewall, PC, conexiones ethernet, fibra óptica, inalámbricas, envío de paquetes, además de posibilidad de configuración de los equipos en base a sistemas operativos de distintos fabricantes (Cisco, Juniper, Arista, etc.).

3.4. Operacionalización de variables

➤ Variable independiente:

Red de telecomunicaciones aplicada a la telemedicina.

➤ Variable dependiente:

Acceso remoto a los servicios médicos especializados del Hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las zonas rurales de Tacna.

La Tabla 3, muestra la descripción de la Variable independiente.

Tabla 3*Variable independiente*

V.I.	Definición	Parámetros	Definición	Indicador
Red de telecomunicaciones aplicada a telemedicina.	Red de telecomunicacion es que interconecta el Hospital Regional de Tacna con las postas médicas de las zonas rurales de la región Tacna.	<ul style="list-style-type: none"> • Topología física de la red. • Topología lógica de la red. 	<ul style="list-style-type: none"> • Topología física: Identifica cómo se interconectan físicamente los dispositivos de la red de telecomunicaciones. • Topología lógica: Describe el flujo de datos a través de la red de telecomunicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación de los nodos de la red. • Conexiones virtuales de la red.

La Tabla 4, describe la variable dependiente.

Tabla 4*Variable dependiente*

V.D.	Definición	Parámetros	Definición	Indicador
Acceso remoto a los servicios médicos especializados .	Acceso, desde un punto lejano, a los múltiples servicios médicos haciendo uso de las telecomunicaciones .	Tecnología de última milla.	Gestión del transporte de datos hasta los establecimientos de salud en zonas rurales de la región Tacna.	Tecnología a usar.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

En esta etapa se está considerando la realización de una validación de los procedimientos seguidos y del funcionamiento del sistema, a través de una lista de verificación realizada en función a los requerimientos del sistema de comunicaciones.

- Realizar pruebas del sistema en función de la lista de requerimientos.
- Evaluación detallada del sistema y pruebas funcionales.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción del Proceso

El diseño se desarrolló siguiendo la metodología del ciclo de vida de un producto, las etapas que se consideraron son:

- Determinación de requerimientos y planeación
- Análisis y diseño
- Simulación del diseño

4.2. Determinación de Requerimientos y Planeación

En este apartado, se describió los requerimientos iniciales que necesito la red de telecomunicaciones a nivel de hardware, software, infraestructura, aplicaciones y servicios, así como también se definió los lugares y nodos de la red.

4.2.1. Planeación

4.2.1.1. Determinar el Sistema de Telecomunicaciones a Diseñar

La investigación se realizó en el ámbito geográfico departamental de Tacna, siendo el objetivo la comunicación entre los establecimientos de salud en zonas rurales y el Hospital Regional de Tacna a fin de brindar servicios de telemedicina, definimos el punto de partida en el Hospital Regional de Tacna, desde el cual se recibirán, procesarán, analizarán y almacenarán los distintos datos médicos. El Hospital Regional de Tacna es un Hospital Docente Asistencial de Nivel II-2, está ubicado Calle Blondell S/N en el distrito de Tacna, Provincia Tacna.

Figura 12*Ubicación del Hospital Regional de Tacna**Nota. Tomado de Google Earth*

La región Tacna cuenta con 71 establecimientos de salud divididos en centros de salud y postas de salud, los cuales se encuentran agrupados en nueve Microredes de Salud distribuidas por cercanía geográfica. La tabla 5 muestra los establecimientos de salud de la región Tacna.

Tabla 5*Microredes de salud de la región Tacna*

Ítem	Red de salud	Centros salud asignados	Postas de salud asignadas	Total
1	Metropolitana	5	2	7
2	Cono Sur	1	4	5
3	Cono Norte	3	4	7

Tabla 5 (Continuación)*Microredes de salud de la región Tacna*

Ítem	Red de salud	Centros salud asignados	Postas de salud asignadas	Total
4	Litoral	2	7	9
5	Jorge Basadre	2	7	9
6	Frontera	1	7	8
7	Tarata	1	9	10
8	Candarave	1	9	10
9	Alto Andina	1	5	6
TOTAL				71

Los siguientes puntos por interconectar son los establecimientos de salud repartidos en la región Tacna en los cuales se brinda un servicio médico de nivel precario o insuficiente, en este sentido son los establecimientos de salud ubicados en zonas rurales los más afectados. La región Tacna cuenta con un total de 50 establecimientos de salud con clasificación rural. La tabla 6 muestra los centros de salud ubicados en zonas rurales.

Tabla 6*Centros de salud ubicados en zonas rurales de Tacna*

Ítem	Nombre del centro de salud	Microred	Distrito	Ubicación
1	C. S. Alto Perú	Alto Andino	Palca	Alto Perú
2	C. S. Candarave	Candarave	Candarave	Candarave
3	C. S. Tarata	Tarata	Tarata	Av. 28 de Julio Nro. 132
4	C. S. Ilabaya	Jorge Basadre	Ilabaya	Gral. Iglesias S/N
5	C. S. 28 de agosto	Litoral	Tacna	Coop. 28 de agosto
6	C. S. Ite	Litoral	Ite	Pampa alta

La Tabla 7, muestra los puestos de salud ubicados en zonas rurales.

Tabla 7

Puestos de salud ubicados en zonas rurales de Tacna

Ítem	Nombre del puesto de salud	Microred	Distrito
1	P. S. Rio Kaño	Alto Andino	Palca
2	P. S. Ancomarca	Alto Andino	Palca
3	P. S. Coracorani	Alto Andino	Tarata
4	P. S. Chiluyo	Alto Andino	Tarata
5	P. S. Conchachiri	Alto Andino	Tarata
6	P. S. Santa cruz	Candarave	Candarave
7	P. S. Ancocala	Candarave	Cairani
8	P. S. Aricota	Candarave	Quilahuani
9	P. S. Totora	Candarave	Candarave
10	P. S. Camilaca	Candarave	Camilaca
11	P. S. Huaytiri	Candarave	Candarave
12	P. S. Quilahuani	Candarave	Quilahuani
13	P. S. Cairani	Candarave	Cairani
14	P. S. Curibaya	Candarave	Curibaya
15	P. S. Tarucachi	Tarata	Tarata
16	P. S. Chucatomani	Tarata	Chucatomani
17	P. S. Chipispaya	Tarata	Chucatomani
18	P. S. Susapaya	Tarata	Susapaya
19	P. S. Yabroco	Tarata	Susapaya
20	P. S. Talabaya	Tarata	Estique
21	P. S. Estique Pampa	Tarata	Estique Pampa

Tabla 7 (Continuación)*Puestos de salud ubicados en zonas rurales de Tacna*

Ítem	Nombre del puesto de salud	Microrred	Distrito
22	P. S. Ticaco	Tarata	Ticaco
23	P. S. Sitajara	Tarata	Sitajara
24	P. S. Pachía	Frontera	Pachía
25	P. S. Vilavilani	Frontera	Palca
26	P. S. Palca	Frontera	Palca
27	P. S. Toquela	Frontera	Pachía
28	P. S. Caplina	Frontera	Pachía
29	P. S. Higuerani	Frontera	Pachía
30	P. S. Sama Inclán	Jorge Basadre	
31	P. S. Coruca	Jorge Basadre	Sama Inclán
32	P. S. Mirave	Jorge Basadre	Ilabaya
33	P. S. Huanuara	Jorge Basadre	Huanuara
34	P. S. Cambaya	Jorge Basadre	Ilabaya
35	P. S. Borogueña	Jorge Basadre	Ilabaya
36	P. S. Las Yaras	Jorge Basadre	Ilabaya
37	P. S. Los Olivos	Litoral	Tacna
38	P. S. Santa Rosa	Litoral	Tacna
39	P. S. Los Palos	Litoral	Tacna
40	P. S. Vila Vila	Litoral	Sama las Yaras
41	P. S. Pampa Baja	Litoral	Ite

En base a lo expuesto, se planteó la propuesta para enlazar 47 establecimientos de salud ubicados en zonas rurales con el Hospital Regional de Tacna. La obtención de datos médicos se logrará a través de distintas aplicaciones ejecutadas desde estaciones de telemedicina equipadas con el hardware necesario, la información deberá encontrarse centralizada en instalaciones del Hospital Regional de Tacna, en donde también se encontrarán las estaciones de análisis de datos médicos para ejecutar acciones por parte de los profesionales de la salud.

En el marco del diseño de una red que une el Hospital Regional de Tacna con los Establecimientos de Salud ubicados en zonas rurales para ofrecer servicios de Telemedicina se debe considerar las siguientes características:

- *Concurrencia*: Posibilidad de varias consultas en simultaneo desde distintos puntos rurales (Establecimientos de Salud) hacia el punto principal (Hospital Regional de Tacna).
- *Escalabilidad*: Posibilidad de incrementar la dimensión de la red con nuevos equipos de comunicaciones, nuevos equipos de telemedicina y estaciones de telemedicina manteniendo los recursos de hardware controlados y sin necesidad de cambios de software o sistema.
- *Transparencia*: Posibilidad de atender eventualidades de forma transparente a los usuarios de la red.
- *Confiabilidad*: Minimización de fallas y operatividad de la red en presencia de problemas a través de un diseño confiable, seguro y robusto.

4.2.1.2. Determinar los Servicios que Prestara el Sistema

Los servicios que soportara el sistema de telecomunicaciones están basados en la satisfacción de las necesidades de los establecimientos de salud ubicados en zonas rurales y, consecuentemente, las necesidades de los pobladores de dichas zonas en materia de salud.

Para lograr satisfacer las necesidades de los establecimientos de salud de zonas rurales se pretende dar a los pacientes el acceso a los servicios que ofrece el Hospital Regional de Tacna de manera remota (a través de las TICs) sin dejar de lado la satisfacción del usuario final.

El informe final de la última encuesta nacional de satisfacción de usuarios en salud – ENSUSALUD 2015, realizada por el INEI, indica que existe un tiempo promedio de 104,2 minutos con respecto a la espera para ser atendidos por consulta médica. En ese sentido, brindar el servicio de tele consulta, tele-administración y la gestión de historia clínica electrónica permitirá optimizar el proceso por el cual pasan todos los pacientes, además de reducir los tiempos de espera a través de citas programadas y/o gestionadas remotamente.

Así mismo, el informe en mención, a través de la Tabla 8, muestra los datos del conocimiento del diagnóstico que le dio el médico al usuario en el servicio de consultas externas, se puede evidenciar que existe un desconocimiento del diagnóstico obtenido por parte del paciente y en algunos casos la ausencia de diagnóstico, lo que puede derivar en casos médicos de gravedad o alcanzar la fatalidad.

Tabla 8

Conocimiento del diagnóstico (consultas externas)

Conocimiento del diagnóstico	Sub-sector									
	Minsa-gr		Essalud		SSFFAAPP		Csp		Total	
	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%	Abs.	%
Si	7 922 444	61,7	6 746 739	68,4	2 163 149	85,7	2 712 397	76,8	19 544 729	68
No	611 796	4,8	442 858	4,5	39 094	1,5	65 839	1,9	1 159 587	4
No le dio ningún diagnóstico	986 360	7,7	1 237 817	12,5	118 456	4,7	174 395	4,9	2 517 027	8,8
No hubo diagnóstico (control, resultado de análisis, etc.)	3 314 659	25,8	1 439 054	14,6	203 696	8,1	581 084	16,4	5 538 493	19,3
Total	12 835 259	100	9 866 468	100	2 524 395	100	3 533 715	100	28 759 836	100

Nota. la tabla muestra la cantidad de consultas externas que se realizaron en los distintos establecimientos públicos y privados en el año 2 015, además de indicar el porcentaje del conocimiento del diagnóstico para cada caso.

La tabla 8, muestra a los establecimientos de salud del MINSa y EsSalud como los principales puntos de desconocimiento del diagnóstico médico, en algunos casos los usuarios afirman que no les dieron diagnóstico (7,7% MINSa-GR y 12,5% EsSalud) o no hubo diagnóstico (25,8% MINSa-GR y 14,6% EsSalud).

A través de los servicios de tele-interconsulta se pretende llegar a un diagnóstico preciso, derivando las atenciones hasta los profesionales indicados y especializados en cada materia, además de generar sesiones de apoyo, orientación, capacitación y

retroalimentación destinadas a los profesionales médicos de zonas rurales por medio del servicio de tele-orientación.

La utilización de un sistema de telecomunicaciones permitirá que profesionales médicos especializados ubicados en el Hospital Regional de Tacna puedan brindar el soporte necesario para el acceso a los siguientes servicios en los establecimientos de salud en zonas rurales:

- Tele-consulta
- Tele-interconsulta
- Telemonitoreo
- Tele-radiología
- Tele-terapia
- Tele-prescripción
- Tele-administración
- Historia clínica electrónica.

La captura y envío de la información médica se lleva a cabo a través de distintas aplicaciones que permitirán al personal médico la correcta interpretación de los datos e interacción con pacientes y/o personal médico situados en zonas geográficamente distintas. Las aplicaciones que se utilizaran son:

- Videoconferencia
- Teleconferencia
- Transferencia de archivos
- Chat / Mail
- Acceso Web

La tabla 9 muestra la relación existente entre los servicios brindados a los usuarios de la red y las aplicaciones a utilizar para llevarlas a cabo.

Tabla 9*Servicios de telemedicina y aplicaciones usadas*

Servicios/aplicaciones	Video conferencia	Teleconferencia	Transferencia de archivos	Chat/ Mail	Acceso web
Historia Clínica Electrónica			X		X
Tele-cardiología	X	X	X		X
Tele-dermatología	X	X	X	X	X
Tele-pediatría	X		X	X	X
Tele-consulta					
Tele-traumatología	X		X	X	X
Tele-neumología	X		X	X	X
Tele-oftalmología	X	X	X	X	X
Tele-otorrinolaringología	X		X	X	X
Tele-interconsulta	X		X	X	X
Tele-orientación	X	X	X		
Telemonitoreo	X	X	X	X	X
Tele-radiología			X	X	
Tele-terapia					
Tele-psicología	X			X	X
Tele-psiQUIATRÍA	X	X		X	X
Tele-fisioterapia	X			X	X
Tele-administración		X		X	X
Tele-prescripción	X	X	X		

Las aplicaciones más requeridas son las de video conferencia (establece la comunicación entre paciente y profesional medico) y la transferencia de archivos (envío de datos o evidencia medica).

4.2.1.3. Requerimientos Iniciales del Sistema de Comunicaciones

El punto de partida para el diseño es la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, a la cual nos referiremos como “RDNFO”, que desde el año 2018 completo el despliegue al 100% del tendido de fibra a nivel nacional.

La culminación de la Cuarta Entrega de la RDNFO permitió el despliegue de 1 nodo de agregación ubicado en la Provincia de Tacna y 03 nodos de distribución

ubicados en las capitales de provincias. La tabla 10 muestra los nodos de la RDNFO de la región Tacna.

Tabla 10

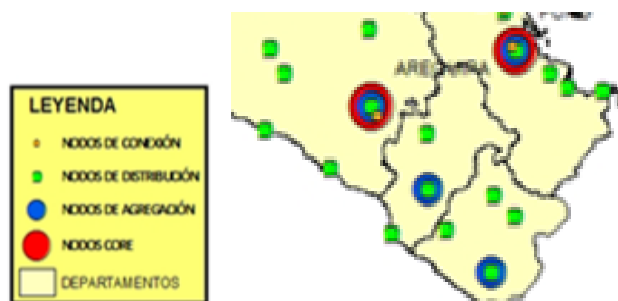
Listado de nodos de la RDNFO en la región Tacna

N°	Provincia	Distrito	Centro poblado/localidad	Tipo de nodo
1	Candarave	Candarave	Candarave	Distribución
2	Jorge Basadre	Locumba	Locumba	Distribución
3	Tacna	Tacna	Tacna	Agregación
4	Tarata	Tarata	Tarata	Distribución

La figura 13, muestra los nodos de la RDNFO de la región Tacna.

Figura 13

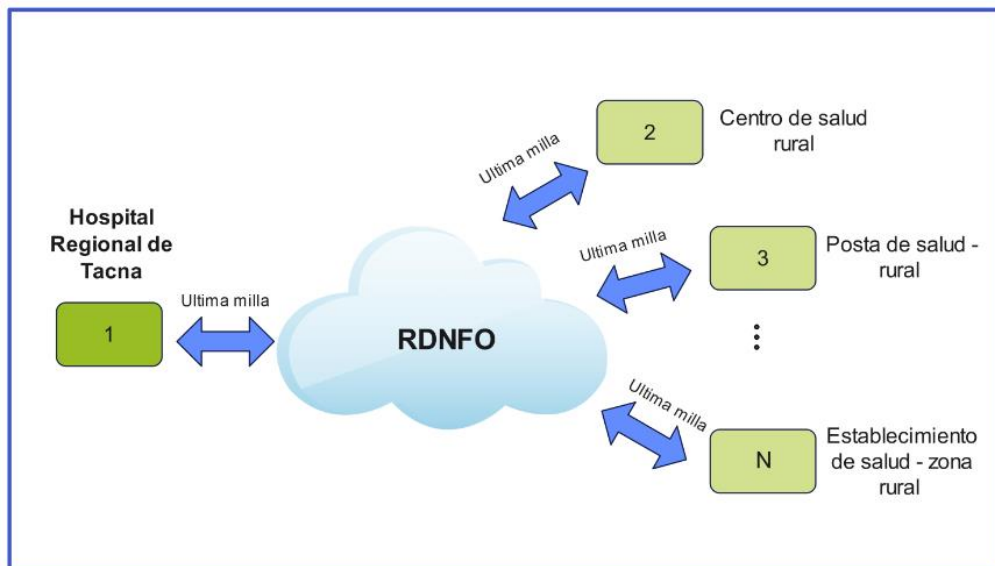
Ubicación de los nodos de la RDNFO de la región Tacna



La utilización de la RDNFO existente proporciona gran soporte para el diseño propuesto, siendo la principal función de esta el transporte y enrutamiento de señales con un alto nivel de confiabilidad y de alta velocidad. En base a este análisis, se propone usar la red RDNFO como red de transporte y culminar el diseño de la red de acceso con tecnologías de última milla. La figura 14 muestra a la RDNFO como soporte para lograr la comunicación de la red.

Figura 14

Esquema de la red con soporte de la RDNFO

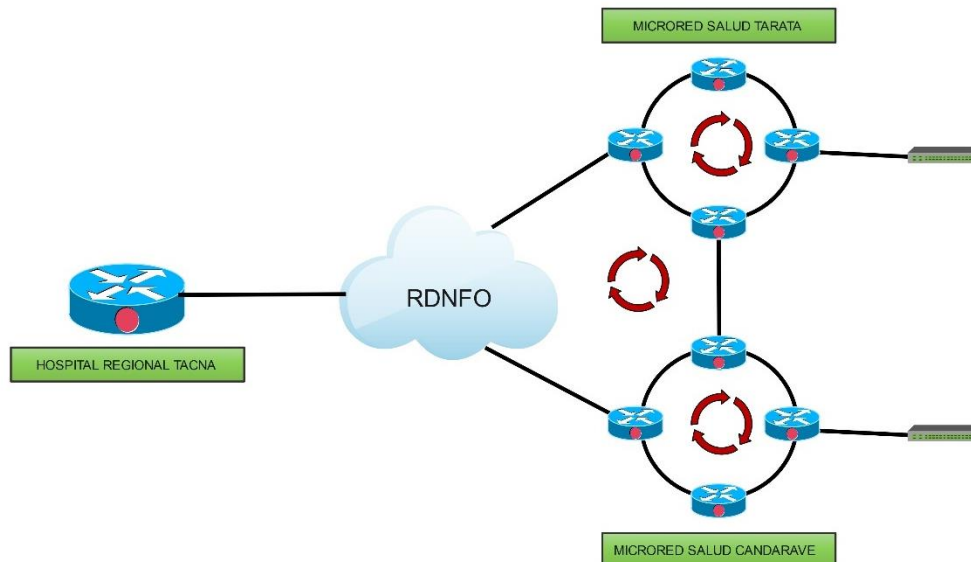


Las vías de acceso a las comunidades y la ubicación geográfica de estas obligan a definir la forma en la que los distintos establecimientos de salud logran acceder a la red, esto será a través de nodos de acceso interconectados entre sí, los cuales formaran anillos físicos a través de distintas rutas geográficas.

La cercanía geográfica de las comunidades pertenecientes a la misma Microred de salud justifica la realización de un anillo que conforme a todos sus establecimientos de salud, sin embargo, se debe considerar conexiones entre dos puntos cercanos pertenecientes a distintas Microredes de salud, generando así anillos físicos alternos entre elementos de diferentes Microredes. La figura 15, muestra el esquema de la topología de anillo de la red.

Figura 15

Esquema básico de la topología física



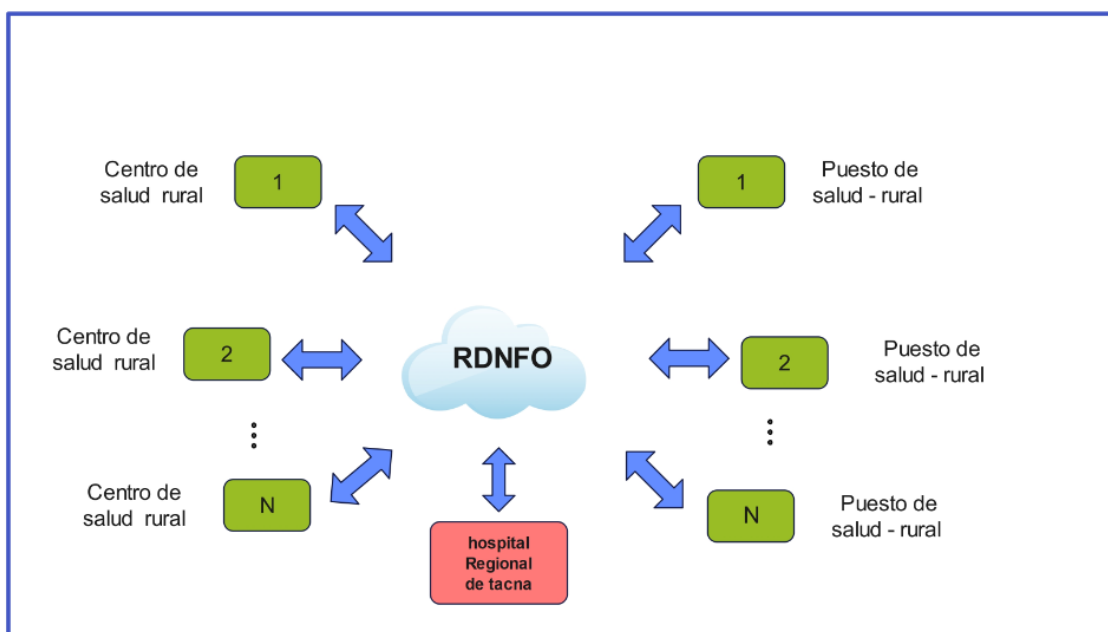
La elección de la Topología de anillo se basa en la protección con redundancia de la red, lo que permite mantener el tráfico de datos a través del anillo físico en caso de cortes de fibra, además de mantener la operatividad de la red en caso de falla de un nodo.

Cada establecimiento de salud ubicado en zona rural establecerá comunicación lógica directamente con el Hospital Regional de Tacna, lugar en donde se concentra a los profesionales Médicos que darán soporte a la Red de Telemedicina.

A través de un sistema de gestión de la red de datos, servicios y almacenamiento centralizado en el Hospital Regional de Tacna se define de esta forma una Topología Lógica en Estrella. La figura 16, muestra la forma lógica de cómo se comunicará cada nodo de la red con el Hospital Regional de Tacna.

Figura 16

Esquema básico de la topología lógica de la red



4.2.1.4. Requerimientos Iniciales de Equipamiento del Sistema

En esta etapa se determinó los requerimientos iniciales de la red a nivel de hardware y software.

Los requerimientos iniciales del sistema, a nivel de hardware, se determinaron a través de cada etapa de la red:

Estaciones de Telemedicina

Esta etapa será la encargada de generar y digitalizar los datos médicos en zonas rurales y de analizar y gestionar los datos médicos desde el Hospital Regional de Tacna, se requiere estaciones equipadas con el hardware necesario para soportar las aplicaciones de telemedicina.

Cada una de las estaciones ubicadas en los establecimientos de salud en zonas rurales deben contar con los siguientes equipos:

- Equipos médicos para la adquisición y digitalización de datos.
- Sistema de video conferencia.
- Teléfono IP.
- PC equipada con el hardware y software necesario para ejecutar las aplicaciones de telemedicina.

Las estaciones ubicadas en el Hospital Regional de Tacna deben contar con los siguientes equipos:

- Teléfonos IP.
- Sistema de video conferencia.
- PC equipadas con el hardware y software necesario para ejecutar las aplicaciones de telemedicina.

Red Basada en Fibra Óptica

La distancia entre las distintas comunidades, además de obstáculos como el terreno y condiciones climáticas facilitan la utilización de una red basada en fibra óptica para la interconexión de los nodos.

La fibra óptica asegura la transmisión de datos a alta velocidad, con un ancho de banda amplio y necesario para la transmisión de datos, video y sonidos de alta calidad. Con la característica de no sufrir interferencias y combinados a topologías que ofrezcan redundancias se logran redes seguras y confiables ante fallas físicas.

La naturaleza de los datos médicos a transmitir exige que se brinde un sistema rápido y seguro, por lo que la utilización de una red basada en fibra óptica es ideal para satisfacer necesidades de poblaciones rurales. En base a lo expuesto se requiere:

- Fibra óptica monomodo.
- Cable auto soportado de 24 hilos.
- Despliegue en postes dedicados y torres de energía eléctrica.

Nodo de Acceso

Son los lugares en donde se concentran físicamente los equipos de comunicación en zonas rurales y que permiten el envío y recepción de datos. Los equipos contarán con un sistema de respaldo de energía para garantizar la continuidad de las operaciones. Se debe considerar:

- Distribuidor de fibra óptica.
- Mux/Demux óptico.
- Router para la conexión entre nodos.
- Switch para la conexión de los usuarios.
- Sistema de respaldo de energía: grupo electrógeno, rectificador/cargador y banco de baterías.

El espacio físico debe ser suficiente para montar el total de los equipos de comunicaciones, equipos de respaldo de energía eléctrica y aun así tener espacio libre para futuras modificaciones o nuevas instalaciones de equipos de comunicaciones.

Centro de Operaciones de Red (NOC)

Responsable del monitoreo, control, operaciones y mantenimiento de la red de acceso, desde donde se monitorean las fallas, alarmas y cualquier aspecto relacionado al rendimiento de la red. El NOC comprenderá también elementos de gestión y almacenamiento para el soporte de los servicios de Telemedicina.

El NOC estará ubicado físicamente en el Hospital Regional de Tacna y comprenderá los siguientes elementos:

- Gestión de equipos de datos. A cargo de las siguientes tareas:
 - Operación y Mantenimiento de los equipos que conforman la red de datos.
 - Gestión y Administración de todos los servicios de la red de datos.
- Gestión de la red de fibra óptica. A cargo de las siguientes tareas:
 - Supervisión, monitoreo y pruebas de enlaces ópticos de la red de acceso.
 - Gestión de alarmas por corte de fibra o atenuación en tramo.

Las tareas relacionadas al centro de operaciones son las principales de toda la red, por lo que se requiere tener un NOC que implemente un sistema de redundancia. Los equipos requeridos en el NOC son:

- 02 router para el acceso a la RDNFO.
- 02 router para salida a internet.
- 2 switch capa 3 para distribución.
- 1 firewall.
- Switchs de acceso para los usuarios.
- Servidores de alta capacidad para albergar DNS, web, contenido, gestión, etc.

Además de estos equipos se deben considerar PCs dedicadas a la gestión de toda la red de datos, red de fibra óptica, y gestión de servicios.

Los requerimientos de software se determinan a partir de las aplicaciones y servicios brindados, de esta manera, podemos identificar los requisitos iniciales:

Sistema de videoconferencia

Los distintos servicios de telemedicina requieren la interacción entre paciente y personal médico, con el uso de las TIC's se puede lograr que esta interacción se realice en tiempo real, a través de la gestión de citas médicas programadas. Para llevar a cabo esta tarea se requiere un software de videoconferencia con las siguientes características:

- Alto performance de audio y video.
- Capacidad de asignar grupos de trabajo.
- Capacidad de cifrado de tráfico.
- Capacidad de operar con distintos estándares como SIP y H.323.
- Capacidad de operar con distintos sistemas operativos y navegadores.

Sistema de Transferencia de Archivos

La mayoría de los datos médicos que se generarán en el sistema serán de naturaleza visual, las distintas imágenes médicas serán analizadas por los especialistas de cada especialidad, sin embargo, se requiere un sistema que permita gestionar y

ordenar la información. Para ello se debe considerar un sistema de transferencia de archivos con las siguientes características:

- Modelo de trabajo cliente/servidor.
- Compatibilidad con estándares y formatos DICOM, RIS/PACS.
- Capacidad de autenticación por usuarios para la generación de datos.
- Almacenamiento gestionado por software server compatible con estándares DICOM.
- Control de acceso a la información a través de autenticación por usuarios.
- Visualización de imágenes a través de software cliente con compatibilidad con estándares DICOM.

Sistema de Correo Electrónico

Para la gestión del servicio de correo electrónico se requiere un hosting de correo electrónico con las siguientes características:

- Modelo de trabajo cliente/servidor.
- Capacidad de ejecutar el software cliente con todas sus características a través de interfaz web.
- Capacidad de compatibilidad con otras aplicaciones de escritorio como MS Outlook, Apple mail, etc.
- Capacidad de soporte IMAP/POP3.
- Capacidad de compatibilidad con servidores de código abierto.
- Flexibilidad y bajo mantenimiento.

Sistema de Gestión de la Información (módulo web)

Para llevar a cabo la ejecución de muchos de los servicios de telemedicina, así como también la gestión, ingreso y acceso a la información médica, se consideró aplicaciones basadas en web. El módulo web debe tener las siguientes características:

- Aplicativo web de fácil mantenimiento y con medidas de seguridad.
- Capacidad de operar con distintos navegadores web con independencia del hardware.

- Capacidad de autenticación de usuarios (médicos, enfermeros, pacientes, administrativos etc.).
- Capacidad de enlace con distintas bases de datos internas.

4.2.1.5. Determinar el ciclo de vida del producto

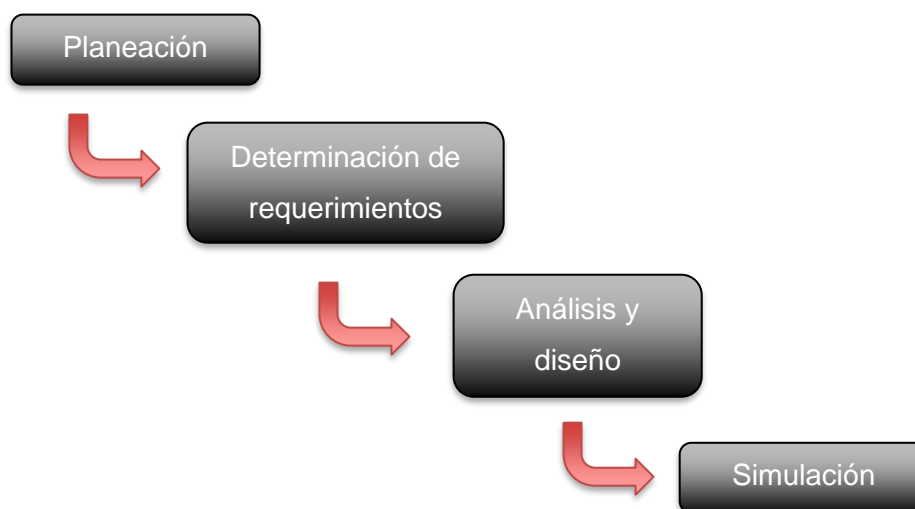
El ciclo de vida de la investigación se determinó considerando al producto como el diseño de un sistema de telecomunicaciones y está conformado por las siguientes fases principales:

- Planeación
- Determinación de requerimientos
- Análisis y diseño
- Simulación

La figura 17 muestra la secuencia a seguir para el desarrollo de la investigación basado en el ciclo de vida de un producto.

Figura 17

Ciclo de vida del proyecto



4.2.2. Requerimientos

4.2.2.1. Parámetros de Operación

Ancho de Banda Requerido por la Red

El cálculo de ancho de banda requerido por la red se determinó en base a las aplicaciones que se usaran.

- Video Conferencia: Sistema de video conferencia en HD para la comunicación entre médicos y pacientes.

$$BW_{\text{VIDEOCONFERENCIA}}: 4\text{Mbps}$$

- Tele-conferencia: Teleconferencias con teléfonos IP y protocolos ya establecidos.

$$BW_{\text{TELECONFERENCIA}}: 100\text{Kbps}$$

- Transferencia de archivo: Envío y recepción de archivos multimedia con datos médicos.

$$BW_{\text{TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS}}: 2\text{Mbps}$$

- Web: Acceso a los módulos web de gestión de la telemedicina y demás usos comunes para navegadores web.

$$BW_{\text{ACCESO WEB}}: 500\text{Kbps}$$

- Correo: Uso de mensajería y correo electrónico con interacción con archivos multimedia.

$$BW_{\text{CORREO}}: 300\text{Kbps}$$

Se ha determinado el cálculo considerando una utilización al 100% de las aplicaciones. Se considera la utilización de 2 PC establecidas para telemedicina, con un ancho de banda de 6,8Mbps cada una y 3 PC administrativas, con un ancho de banda de 2Mbps.

Ancho de Banda requerido:

$$6,8\text{Mbps} \times 2 \text{ PC} + 2\text{Mbps} \times 3 \text{ PC}$$

$$19,6 \text{ Mbps}$$

Ancho de Banda de la red

El ancho de banda de la fibra óptica ADSS elegida, además de la selección de los dispositivos de la red, establecieron un gran ancho de banda de la red de 1Gbps. La posibilidad de los equipos de operar incluso a velocidades de 10Gbps garantizan el ancho de banda suficiente para satisfacer las necesidades de los establecimientos de salud, además de considerar la escalabilidad a otras redes.

Potencia

Se realizó los cálculos para determinar el cálculo de potencia del enlace óptico, monomodo, considerando el peor de los casos (teniendo como ejemplo el anillo óptico formado por la Microred Alto Perú) se ha seleccionado el tramo entre el puesto de salud Chiluyo y el puesto de salud Alto Perú, con una distancia de 45,2 Km. Para realizar el cálculo se consideraron las siguientes variables o parámetros de entrada.

- Pérdida por conectores: para este apartado se consideran solo dos pares de conectores dada la naturaleza de la red, en donde los enlaces son por tramos y entre nodos, en enlace entre cada uno de los nodos se considera un enlace punto a punto. Se estableció, según el estándar IEC 61300-3-7, una Pérdida máxima de 0,5dB por cada conector.

$$\text{Pérdida por conectores: } 0,5\text{dB} \times 2 = 1\text{dB}$$

- Pérdida por empalmes de fusión: Se estableció, según el estándar IEC 61300-3-7, una pérdida máxima de 0,1dB por cada empalme, para el caso en mención se consideró 9 empalmes

$$\text{Peor caso: } 0,1\text{dB} \times 9 = 0,9\text{dB}$$

- Longitud del enlace óptico:

$$\text{Longitud del tramo: } 45,2 \text{ Km}$$

- Longitud de onda usada:

$$\text{Longitud de onda: } 1550\text{nm}$$

- Pérdida de la fibra óptica: Según el estándar IEC 60793-2-50, las pérdidas deben tener un valor máximo de 0,25dB/Km

$$\text{Pérdida de la fibra óptica: } 0,25\text{dB/Km} \times 45,2\text{Km} = 11,3\text{dB}$$

- Potencias de transmisión:

$$\text{Potencia de transmisión: } 2\text{dBm}$$

- Sensibilidad y potencia máxima del receptor:

$$\text{Sensibilidad del receptor: } -24\text{dBm}$$

- Penalización de potencia:

$$\text{Penalización de potencia: } 2\text{dB}$$

$$\text{Margen de reparación: } 0.3\text{dB} \times 2 \text{ empalmes} = 0.6\text{dB}$$

$$\text{Penalización total de potencia} = 2,6\text{dB}$$

- Atenuación total del sistema de cableado óptico:

$$\text{Atenuación total del sistema} = P. \text{ conectores} + P. \text{ empalmes} + P. \text{ fibra óptica}$$

$$= 1\text{dB} + 0,9\text{dB} + 11,3\text{dB} = 13,2\text{dB}$$

- Ganancia del sistema: Se determinó a través de la diferencia entre los valores de transmisión y sensibilidad de receptor.

$$\text{Ganancia del sistema} = 2\text{dBm} - (-24\text{dBm}) = 26\text{dBm} = -4\text{dB}$$

- Pérdida total por enlace: Se determinó a través de la diferencia entre la ganancia del sistema y la penalización total de potencia:

$$\text{Pérdida total del enlace} = -4\text{dB} - 2,6\text{dB} = -6\text{dB} = 26 \text{ dBm}$$

- Margen de desempeño del sistema: Se determinó a través de la diferencia entre los valores de pérdida total del enlace y la atenuación total del sistema.

$$\text{Margen de desempeño del sistema} = -6\text{dB} - 13,2\text{dB} = -19,2\text{dB} = 10,8\text{dBm}$$

Los cálculos indican que, para el tramo más distante dentro de la Microred Alto Perú, se logró tener un margen de desempeño del sistema de 10,8dBm, teniendo un valor por encima de la sensibilidad del receptor (-24dBm).

4.2.2.2. Requerimientos para el Diseño Físico

A continuación, se detalla la infraestructura física que da soporte al sistema de comunicaciones:

Planta Externa – Despliegue

El tendido de fibra óptica debe realizar rutas tomando referencias tramos de carreteras, así como también rutas eléctricas de media y alta tensión.

El despliegue de fibra óptica a través de la Red Vial se realizará a través de postes, los cuales deben ser “dedicados”, cuyo material debe ser hormigón de doce metros de altura, deben contar con pintura reflectiva, además de cumplir con los requisitos de fijación nacional e internacional.

Planta Externa – Fibra óptica

El tipo de cable de fibra óptica adecuado para este uso debe ser totalmente dieléctrico y autosoportado ADSS núcleo seco (Dry CORE), los tubos que alojan los hilos de fibra deben contar con un gel de relleno para evitar la humedad, además de contar con doble cubierta para soportar la carga de tracción. El cable debe soportar las condiciones ambientales de cada región, considerando una velocidad de viento promedio de 60 Km/h y cargas adicionales de capa de hielo (10 mm).

La fibra debe cumplir con los siguientes requisitos técnicos:

- Debe ser una fibra óptica Monomodo que cumpla con el estándar de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU.T-G652D.
- El cable debe ser de 24 hilos.
- la máxima atenuación del cable de fibra en dB/Km instalado:
 - Para 1310 nm debe ser ≤ 0.35 dB/Km
 - Para 1550 nm debe ser ≤ 0.25 dB/Km
- La dispersión por modo de polarización (PMD) del cable de fibra instalado.
 - PMD ≤ 0.1 ps/nm.km
- Resistencia Mecánica 3000N/100mm
- Temperatura de Rendimiento en la Instalación, Operación y Almacenaje:
 - -40°C hasta + 70°C

- Longitudes del Tramo (Vano); pueden ser de 100m, 200m, 400m y 600m
- El Cable de fibra óptica deberá ser instalado a una distancia mínima de 1.5 m desde la línea de poder de 33 kV
- la vida útil del cable debe ser como mínimo de 20 años.

Planta Externa – HERRAJES Y FERRETERÍA

Herraje Terminal: El herraje para el soporte debe ser específicamente para cables de fibra óptica autoportado, especificado para el vano y diámetro del cable a soportar. Este tipo de herraje debe ser usado al inicio del tramo, al fin del tramo, en cambios de dirección en el recorrido del cable, en cada cierto número de postes, en cruces de ríos y carreteras, cada cierto número de postes. Están compuestos por dos elementos:

- Protector preformado: cubre directamente al cable de fibra óptica de la retención preformada distribuyendo el esfuerzo y ofreciendo protección en el tendido.
- Retención preformada: elemento que ejerce el anclaje, esta aplicado sobre el protector preformado.

La figura 18, muestra los dos elementos de un herraje terminal para cables ADSS por separados (lado izquierdo) e instalados en un poste (lado derecho). Estos herrajes también llamados herrajes de tensión.

Figura 18

Herraje terminal



Nota. Tomado de *Fibras ópticas y herrajes* [Fotografía], s.f., Technowired (www.tecnowired.net)

Herraje de suspensión: Se implementa para soportar el cable en tramos intermedios, debe ser del tipo para cables de fibra óptica auto soportados, especificados para cada vano y diámetro de cable a soportar. La Figura 19, muestra el herraje de suspensión para cables ADSS (lado izquierdo) y el herraje instalado sobre un poste (lado derecho).

Figura 19

Herraje de suspensión



Nota. Tomado de *Fibras ópticas y herrajes* [Fotografía], s.f., Technowired (www.tecnowired.net)

Amortiguador de vibración: Sera utilizado en tramos donde hay presencia de vientos con el fin de atenuar las vibraciones eólicas. La figura 20, muestra un amortiguador de vibración de espiral preformado sobre un cable de fibra óptica ADSS.

Figura 20

Amortiguador de vibración de espiral preformado

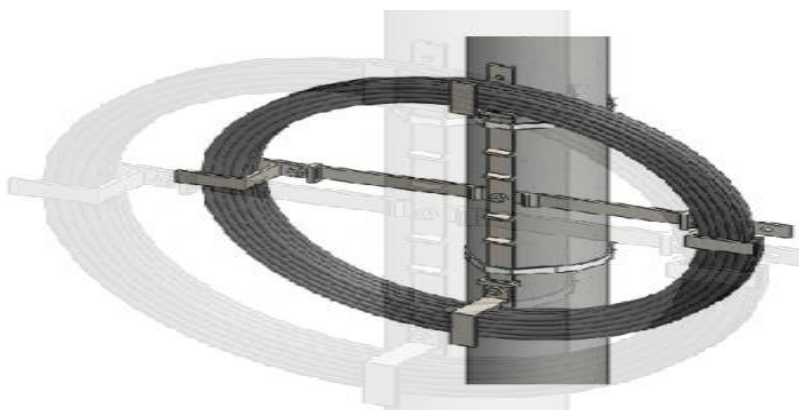


Nota. Tomado de *Amortiguador de vibración espiral para cable ADSS* [Fotografía], s.f, CRT Tele (www.crttele.com)

Cruceta guarda cable de fibra óptica: a través de la instalación de la cruceta se dejará recogida la reserva de cable de fibra óptica, garantizando el radio de curvatura mínima del cable de fibra óptica. La holgura del cable debe ser como mínimo de 25 a 30 metros. Se instalarán separadas a 500m entre sí. La figura 21, muestra la cruceta guarda cable instalada en un poste.

Figura 21

Cruceta guarda cable ADSS



Nota. Tomada de *Kit reserva de cable* [Fotografía], s.f, Electromecánica JYD, (www.electromecanicajyd.com)

Caja de empalme: La caja de empalme debe ser hermética, además de asegurar la protección contra corrosión, impacto, etc. Debe ser de fácil sustitución (sin interrumpir la comunicación) y debe permitir configuraciones con distintos cabezales ópticos. La figura 22, muestra la caja de empalmes para exteriores.

Figura 22

Caja de empalme para exteriores

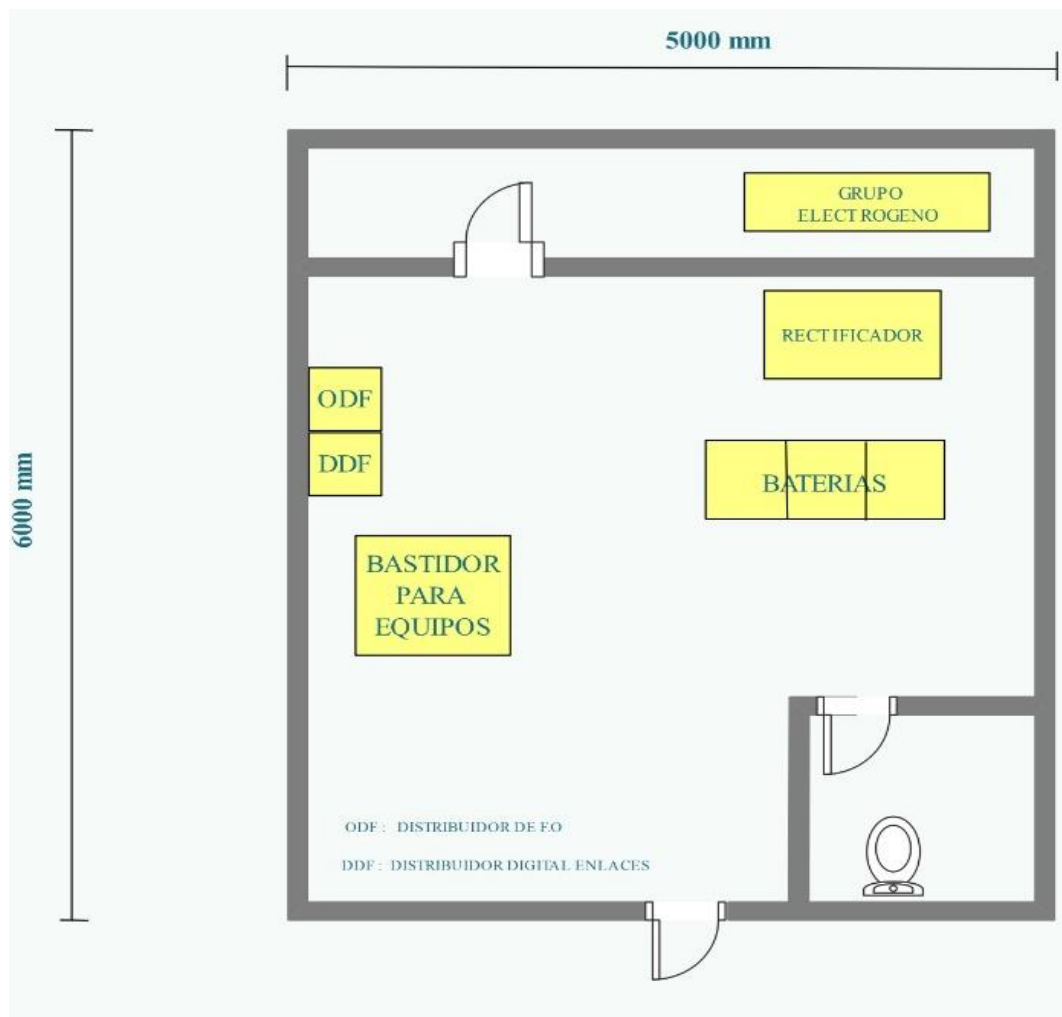


Nota. Tomado de Caja para exteriores, empalmes y derivaciones [Fotografía], s.f, Conectrónica (www.conectronica.com)

Nodo de Acceso – Instalaciones

Cada Establecimiento de Salud debe garantizar que los espacios físicos en donde se albergaran los equipos de la red (Nodos de acceso) sean del tamaño suficiente, además de considerar una expansión de equipos de comunicaciones de por lo menos el cincuenta por ciento (50%). Para tal efecto se requiere un área mínima de 30 m², tal como se muestra en la Figura 23, debe contar con 3 espacios:

- Sala de equipos.
- Ambiente para grupo electrógeno.
- Baño.

Figura 23*Distribución del nodo de acceso*

Como se muestra en la figura 23, el espacio físico ocupado por el grupo electrógeno debe estar separado del ambiente en donde se encuentran los demás equipos.

Centro de Operaciones de Red (NOC) – Instalaciones

Dentro del Hospital Regional de Tacna se debe garantizar tres espacios físicos, uno de ellos albergará los equipos de comunicaciones, el siguiente espacio físico deberá ser un espacio destinado a albergar la PCs para la gestión de la red de datos, gestión de la red de fibra óptica y gestión de los servicios brindados, el ultimo espacio estará destinada a albergar las distintas estaciones de telemedicina.

- Centro de operaciones de red (NOC): se consideró un espacio físico con las dimensiones necesarias para albergar la totalidad de los equipos, además de considerar una expansión de equipos de comunicaciones de por lo menos cincuenta por ciento (50%).
- Sala de gestión: espacio físico desde donde se ubicarán las PCs destinadas a gestionar la totalidad de la red y sus servicios.
- Estaciones de telemedicina: se consideró un espacio físico que albergue la totalidad de PCs y equipamiento para las estaciones de telemedicina, las cuales serán usadas por los profesionales médicos para el acceso a la información de los pacientes.

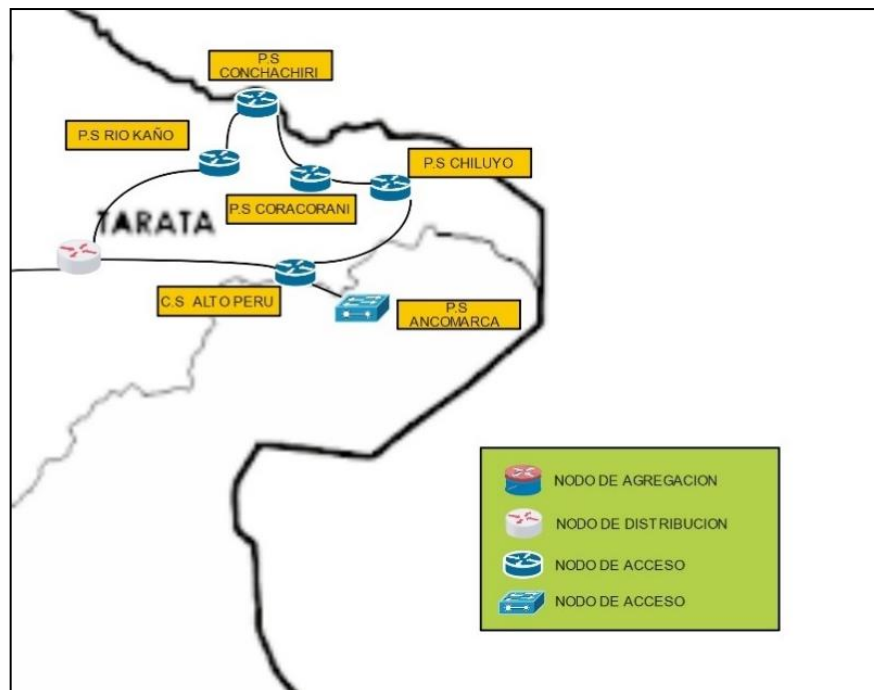
Red de Acceso

Como ya se mencionó, los establecimientos de salud se unirán a la red través de nodos de acceso y anillos físicos de Fibra Óptica, los nodos pertenecientes al anillo físico de fibra óptica que se encuentren más cercanos geográficamente a los nodos de distribución de la RDNFO son los que permitirán acceder a la etapa de transporte.

La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, a través de su infraestructura ya establecida, llevará a cabo la función de transporte de datos hasta el nodo de distribución ubicado en la provincia de Tacna, desde donde se establecerá el enlace óptico hasta el Hospital Regional de Tacna. La figura 24, muestra el anillo generado por los nodos ubicados por establecimientos de salud de la Microrred Alto Perú. Los nodos más cercanos al nodo de distribución de la RDNFO son los que permiten el acceso a la red de transporte.

Figura 24

Topología física de la red de acceso



4.2.2.3. Requerimientos para el Diseño Lógico

La red propuesta se basa en distintas etapas para lograr la conexión de los establecimientos de salud rurales con el Hospital Regional de Tacna, para llegar a establecer la comunicación se consideró una etapa de acceso a la red en zona rural, una etapa de transporte (RDNFO) y una etapa de gestión en campus (comprende el CORE, distribución y acceso de usuarios).

Etapas de Acceso a la Red (nodos de acceso en zona rural)

En esta etapa se desarrollarán los procesos para permitir el acceso a la red de los establecimientos de salud ubicados en zonas rurales y el intercambio de información entre los distintos nodos de acceso. Se identifican dos fases:

- Fase de acceso: en esta fase los usuarios ubicados en zonas rurales podrán acceder a la red, ya sea desde las estaciones de telemedicina (pacientes) o desde PCs administrativas (personal de salud), diferenciándose con distintas VLANs entre ambos ambientes. Para esto lo harán mediante una conexión ethernet hasta un

switch local, el switch local se conectará al router del nodo de acceso de la red de fibra óptica mediante ethernet.

- Fase comunicación anillo: como se ha mencionado, la topología en anillo brindara redundancia física entre los nodos repartidos entre las zonas rurales, a su vez, los nodos de acceso servirán para que otras redes puedan hacer uso de la fibra óptica desplegada, por tal motivo se considera que la mejor manera de realizar el intercambio de información entre los nodos de acceso (que forman parte de los anillos de la red de fibra óptica) es a través del enrutamiento basado en sistemas autónomos mediante el protocolo de enrutamiento BGP (Border Gateway Protocol).

Etapa de Transporte (RDNFO – WAN)

Esta etapa se lleva a cabo desde la RDNFO, actuando como una WAN por la cual se transportarán los datos de zonas rurales. Los router de acceso más cercanos a los nodos de distribución de la RDNFO usaran protocolo BGP para el enrutamiento y conexión a la WAN.

Etapa de Gestión en Campus

Esta fase esta encargada de gestionar el tráfico generado en el Hospital Regional de Tacna, y se logra a través de tres fases principales:

- Fase CORE: Esta fase está a cargo de gestionar el tráfico entre la red de distribución (Switch de capa 3) y la WAN (RDNFO), para ello se requiere un cluster de dos router, a fin de implementar HSRP (Hot Standby Router Protocol), dotando a la red de tolerancia ante fallos y generando alta disponibilidad en la misma. El intercambio de información entre los router de la fase CORE y la RDNFO se hará a través de BGP (Border Gateway Protocol), mientras que la comunicación hacia equipo internos se dará a través de protocolo OSPF.
- Fase de distribución: Esta fase será la encargada de enrutar el tráfico de la red de acceso (enrutamiento entre VLANs a través de dos switch de capa tres), para ello se conectara a los switch de acceso, considerando dos niveles de redundancia; el primero a nivel de capa de enlace de datos, a través de un etherchannel (enlaces físicos paralelos que trabaja como un solo enlace lógico) con LACP (Link Aggregation Control Protocol) y la segunda a nivel de capa tres, a través de un cluster de dos router (uno trabajando como router maestro y otro como respaldo) aplicando HSRP (Hot Standby Router Protocol). Para permitir el enrutamiento entre

VLANs se debe configurar las interfaces en Port Channel Modo Trunk, además de tener en cuenta el enrutamiento bajo protocolo OSPF para los enlaces con el router CORE.

- Fase de acceso: En esta fase se brindará el acceso a todos los usuarios de la red dentro del Hospital Regional de Tacna. Para lograr la comunicación, se considerará VLANs distintas para los usuarios de las estaciones de telemedicina, PCs de administración, servidores, almacenamiento en red, gestión de la red de fibra óptica, operación y mantenimiento de la red de datos y gestión de los servicios de la red.

Además de considerar las tres etapas principales, se ha considerado más elementos de la red que permitirán el óptimo funcionamiento del sistema:

- Salida a internet: se consideró la comunicación con routers de ISP (Internet service Provider) para la salida de a internet. La conexión se establecerá en la fase CORE.
- Firewall: se consideró la instalación de firewalls para salvaguardar la red de servidores. Los firewalls se conectarán a los switches de la fase de distribución a través de rutas IP (Internet Protocol) estáticas y tendrán la principal función de limitar las consultas recibidas por los servidores, permitiendo únicamente orígenes autorizados.
- Servidores: los servidores de correo, contenido, DNS, FTP, DICOM, etc., estarán protegidos directamente por un firewall local.

Debido a que en la RDNFO se concentran gran cantidad de redes y tráfico de distintos orígenes, se sustenta la implementación de Protocolos de Pasarela Exterior (Exterior Gateway Protocol por sus siglas en ingles EGP).

4.2.2.4. Composición de hardware

Esta sección se detalla la composición de la red a nivel de hardware, para tal efecto se describe a través de distintas secciones.

Nodo de Conexión

Distribuidor de fibra óptica (ODF): También conocido como bandeja de distribución, será el primer equipo en tener contacto con la fibra óptica desplegada, siendo responsable de ordenar e identificar cada fibra. La naturaleza de la topología en anillo obliga a tener distintas salidas de fibra en direcciones distintas hacia otros nodos, por lo que se debe considerar un ODF por cada salida de fibra óptica.

Características:

- Capacidad para 24 fibras.
- Montaje aplicable en racks y gabinetes de 19" (EIA 310-D).
- Accesos para cables de fibra de 25mm de diámetro de diferentes tipos (Tight Buffer, ADSS, Loose Tube, Armadas, etc).
- Para uso en interiores con protección IP20.
- Compatibles con diferentes opciones de acopladores.
- Puertos enumerados.

Multiplexor/Demultiplexor DWDM: También conocidos como Mux/Demux ópticos, cumplirán la función de ampliar la capacidad de la fibra existente al insertar en un solo hilo la señal de múltiples canales distintos a diferentes longitudes de onda. La implementación de este equipo dotará de posibilidades de expansión a la red, aprovechando al 100% las posibilidades de transporte de la fibra óptica. Se debe considerar un Mux/Demux para cada salida de fibra óptica.

Características:

- Capacidad para multiplexar 8 canales en una sola fibra.
- Montaje aplicable en racks y gabinetes de 19" (EIA 310-D).
- Capacidad para expandir el número de canales multiplexados.
- Compatible con DWDM ITU-T 1G/10G/25G/40G/100G.
- Transparente/adaptable con Ethernet 10/1G, SONET/SDH, FTTx, etc.
- Aplicable a redes DWDM de larga distancia, metropolitanas y regionales.

Modulo Transceptor DWDM: El transceptor será el dispositivo encargado de transmitir la señal en una determinada longitud de onda (DWDM), dejando la señal óptica lista para ser multiplexada.

Características:

- Factor de forma SFP.
- Enlace hasta 40 Km con fibra monomodo.
- Velocidad de 1Gbps.
- Conector LC.
- Sensibilidad del receptor de <-24dBm.
- Cambio en caliente.

Router: Este dispositivo será el equipo principal del nodo de acceso, desde el cual se gestionará el tráfico desde el establecimiento hacia la red de fibra óptica y viceversa. Al tener la denominación de nodo de acceso se requiere que el dispositivo sea robusto y permita la incorporación de nuevas redes, con lo cual se pretende lograr el aprovechamiento al máximo de la fibra óptica.

Características:

- Controlados por software.
- Factor de forma SFP.
- Interfaces de 10Gbit/seg y 1Gbit/seg para enlaces de subida y conexión a otros nodos.
- Interfaces de 1Gbit/seg para enlaces de bajada y recopilar tráfico de otras redes.
- Protocolos: IPv4, IPv6, OSPF, EIGRP, BGP, ISIS, ECMP, BDF, VRRP, SNMP.
- Sistema de redundancia para fuentes AC.

Switch: La principal función de este equipo es conectar los equipos dentro del nodo de conexiones, tales como el grupo electrógeno, rectificador/cargador, sistema de aire acondicionado, a fin de poder supervisar los equipos remotamente.

Características:

- Controlado por software.
- Factor de forma SFP.
- Interfaz SFP para conexión a router.
- Interfaces 10/100/1000 RJ45 PoE+ para conexiones de equipos a monitorear.

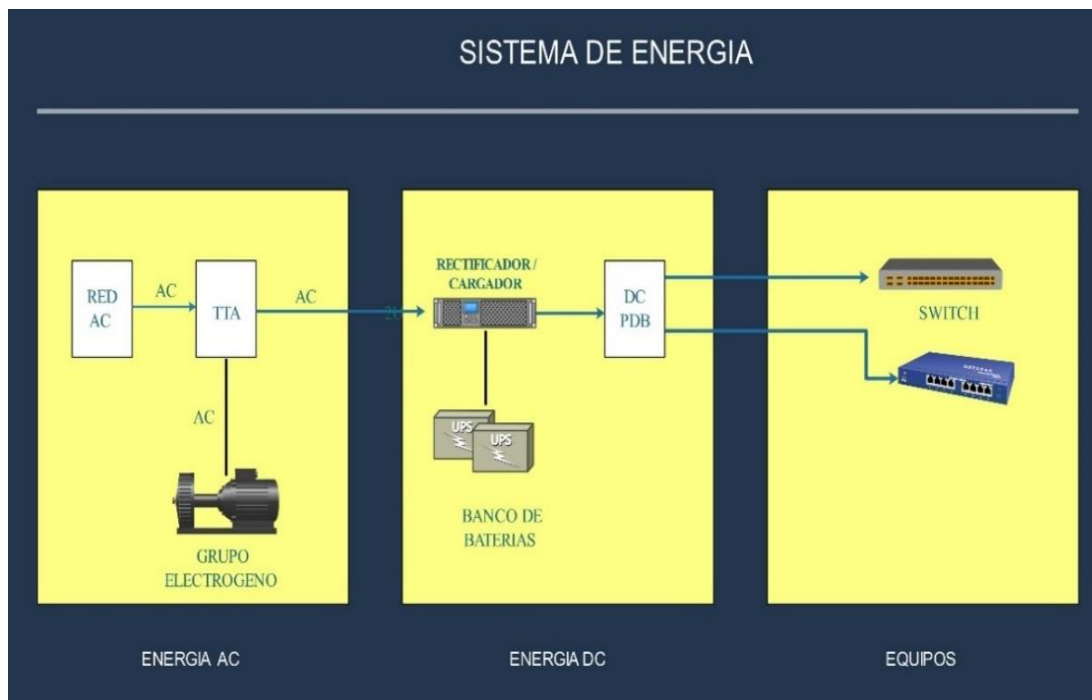
Sistema de respaldo de energía: todos los nodos deben considerar sistemas de respaldo de energía tipo I, comprende los siguientes elementos:

- Grupo electrógeno: Fuente de energía en caso la energía comercial sufra alguna interrupción, entrega la alimentación necesaria para la operatividad de los equipos, asumiendo la carga de forma automática. Debe tener capacidad de 20KVA y tanque de combustible suficiente para alimentar a los equipos instalados en planta de manera ininterrumpida por tres días. Trabaja directamente con el Tablero de Transferencia y Control Automático (TTA) para realizar las operaciones de arranque/parada y la transferencia de carga.
- Rectificador / Cargador (R/C): Alimenta a los equipos de datos y fibra óptica con voltaje DC (-48Vdc).
- Banco de Baterías: Asume la carga de los equipos asociados al R/C en caso de falla de la red comercial. Brindará autonomía de 8 horas para la operatividad de los equipos hasta el restablecimiento de la energía AC.

La Figura 25, muestra la arquitectura interna del sistema de respaldo de energía y sus elementos.

Figura 25

Sistema de respaldo de energía



Nota. En la figura, TTA hace referencia a "Tablero de transferencia automática", DC a "Corriente Directa" y AC hace referencia a la "Corriente Alterna".

Los nodos de acceso ubicados en zonas rurales también podrán recibir redes externas a los establecimientos de salud, por tal motivo se realizó la elección de dispositivos en base a necesidades de escalabilidad de redes.

En el nodo de acceso, a través de una red escalable, se podría recibir de tráfico de información proveniente de otras instituciones del estado o incluso de proveedores de servicios, lo que beneficia directamente a los pobladores.

La Tabla 11, describe los dispositivos seleccionados para los nodos de acceso.

Tabla 11*Dispositivos del Nodo de Acceso*

Ítem	Dispositivo	Marca	Modelo	Cantidad	Características principales
1	Odf	Daytai	dt-odf-dt24b	2	Certificación CE, ISO, RoHS, GS. Compatible con conectores SC, FC, ST, LC. Montaje en rack 19" 1U.
2	Mux/demux	Fs	fmu-md08ea	2	8 canales DWDM 100GHz C21-C35 ITU. Expansion port, LC/UPC, single fiber. Pérdida de inserción <= 4.6dB.
3	Tranceptor DWDM	Fs	dwdm-sfp4g-zx	2	Factor de forma SFP Interfaz LC 40 km. Longitud de onda 1563.86nm - 1528.77 nm. Potencia TX 0-5dBm, sensib. <- 18dBm.
4	Router	Cisco	n540x-6z18g-sys-a	1	NCS540 18x1G SFP + 6x1/10G SFP+ Dual-AC. Enrutamiento IPv4 e IPv6, OSPF, BGP, ISIS, ECMP, BDF, VRRP, IRB, GRE.
5	Switch	Cisco	c1000-8p-2g-l	1	8 10/100/1000 RJ45 PoE+. 2 SFP/ RJ-45 combo Gigabit ethernet switch capa 2.
6	Grupo eléctrico	Yanmar	4tnv84tbggeh	1	Potencia nom. 19,1kW prp; 21kW standby. 330L en depósito (versión gran capacidad). Dimensiones 2.1m x 1.5m x 9.7 m.
7	Rectificador/Cargador Zigor		zgr mit ng	1	Tensión (In) 230V+10-15% 50/60Hz±5%. Tensión (Out) 12/24/48/110/125/220V. Puerto Ethernet para monitorización.

Centro de Operación de Red (NOC)

El centro de operaciones de red concentrara los equipos de mayor tráfico de la red, se encontrarán físicamente en un ambiente dedicado dentro del Hospital Regional de Tacna y comprenderán los siguientes elementos:

- 02 router que brinden redundancia y permitan la salida a la RDNFO con capacidad 1Gbps. Deben contar con interfaces SFP para conexión a la WAN.
- 2 router con salida a internet.
- 02 switch de CORE que brinden redundancia y permitan direccionar el tráfico a las distintas áreas de la red.
- 02 rack o bastidores metálicos para montaje de los equipos de comunicaciones, considerar ambiente para la instalación de los servidores de la red.
- Firewalls para configuración de la seguridad.
- Sistema de aire acondicionado.

La Tabla 12, describe los dispositivos seleccionados para operar desde el Centro de operaciones de Red (NOC).

Tabla 12

Dispositivos de NOC

Ítem	Dispositivo	Marca	Modelo	Cantidad	Características principales
1	Odf	Daytai	dt-odf-dt24b	3	Certificación CE, ISO, RoHS, GS. Compatible con conectores SC, FC, ST, LC. Montaje en rack 19" 1U.
2	Mux/demux	Fs	fmu-md08ea	1	8 canales DWDM 100GHz C21-C35 ITU. Expantion port, LC/UPC, single fiber. Pérdida de inserción <= 4.6dB.
3	Tranceptor DWDM	Fs	dwdm-sfp4g-zx	4	Factor de forma SFP Interfaz LC 40 km. Longitud de onda 1563.86nm - 1528.77 nm. Potencia TX 0-5dBm, sensib. <-18dBm.
4	Router	Cisco	n540x-6z18g-sys-a	2	NCS540 18x1G SFP + 6x1/10G SFP+ Dual-AC. Enrutamiento IPv4 e IPv6, OSPF, BGP, ISIS, ECMP, BDF, VRRP, IRB, GRE.
5	Switch Capa 3	Cisco	C9200L-24T-4G	2	24 x 10/100/1000 download links 4 x 1G fixed uplink, compatibilidad con capa 3: OSPF, EIGRP, ISIS, RIP
6	Firewall	Cisco	ASA-5508-X	2	Salida de Firewall 1 Gbps. Rendimiento IPS / IDS 250 Mbps. 100K conexiones firewall, 10k conexiones firewall por seg.

Oficina de Gestión de la Red

Desde estas instalaciones, ubicadas dentro del Hospital Regional de Tacna, se consideró:

- 05 PCs para la gestión de la red de Fibra Óptica, orientadas a la supervisión, monitoreo y pruebas de enlaces ópticos, gestión de alarmas por corte de fibra, gestión de alarmas por atenuación en tramo, gestión de mantenimientos.
- 05 PCs para Operación y Mantenimiento de la Red de Datos, orientadas a supervisar y configurar remotamente los equipos de comunicaciones de la red, gestión de fallas y troubleshooting, gestión de mantenimientos y/o escalamientos a niveles superiores.
- 05 teléfonos IP y 05 PCs para la gestión y administración de los servicios de la red, orientadas a la interacción con los usuarios, altas y bajas de los servicios.

La Tabla 13, describe los dispositivos seleccionados para operar en la oficina de gestión de la red.

Tabla 13

Dispositivos de la oficina de gestión de la red

Ítem	Dispositivo	Marca	Modelo	Cantidad	Características principales
1	Computador	HP	ProDesk 400 G7	15	Procesador Intel CORE i5 10ma G. Disco Duro Sata 1TB 7200 rpm. Windows 10 Pro y 8 Gb RAM.
2	Monitor	Samsung	LF24T35 0FHLXP E	15	24" LED resolución Full HD 1920x1080, IPS, HDMI / VGA, brillo 250CD/M2, respuesta 5ms, 75 Hz.
3	Teléfono IP	Cisco	CP-7811-K9	5	Control de ganancia automático, reducción de ruido dinámico, SIP, codecs G.711a, G.722, G.729a/b.
5	Switch	Cisco	c1000-8p-2g-l	1	8 10/100/1000 RJ45 PoE+. 2 SFP/ RJ-45 combo. Gigabit ethernet switch capa 2.

Estaciones de Telemedicina

Para las estaciones de telemedicina se ha identificado 2 tipos de estaciones:

Estación de generación de datos (paciente): son las estaciones que se encuentran en los establecimientos de salud ubicados en zonas remotas, orientadas a ejecutar las aplicaciones de telemedicina, comunicar a los pacientes con los profesionales de la salud en tiempo real, generar y enviar los datos médicos de los pacientes. Cada estación de generación de datos esta compuestas por:

- 01 PC
- 01 teléfono IP
- 01 equipo de video conferencia
- Otoscopio digital con pantalla USB
- Ecógrafos basados en Tablet portátil
- Electrocardiógrafo digital
- Ultrasonido digital
- Retinógrafo portátil
- Cámara de examinación general

Estación de análisis de datos (médico): son las estaciones que se encuentran en el Hospital Regional de Tacna, orientadas a comunicar en tiempo real a los profesionales de la salud con los pacientes y de acceder a los datos médicos generados en zonas remotas para el análisis, diagnóstico, respuesta, etc. Se consideraron los siguientes equipos:

- 01 PC
- 01 teléfono IP
- 01 equipo de video conferencia

Se debe considerar 05 PC adicionales (sin sistema de video conferencia) para desarrollar labores de telemedicina en donde no se requiera interacción en tiempo real de los involucrados, tales como respuestas por correo electrónico, llenado de datos y/o formularios, etc.

4.2.2.5. Composición de Software

Los elementos de software del sistema fueron seleccionados a partir de las aplicaciones necesarias para llevar a cabo los distintos servicios de la telemedicina, la

interacción entre paciente y profesional de la salud se llevaran a cabo principalmente a través del uso de la videoconferencia como canal de comunicación en tiempo real (método por el cual se pretende resolver el problema del paciente), sin embargo, este procedimiento estará apoyado de más acciones para el acceso, intercambio y gestión de la información, a través de un módulo web. Adicionalmente se establecerá métodos alternativos de comunicaciones como es el correo electrónico y la comunicación directa por teléfonos.

Videoconferencia

Uno de los componentes de software más importantes es el de videoconferencias, debido a que permitirá llevar a cabo la interacción en tiempo real entre el paciente y el profesional de la salud; para llevar a cabo esta tarea se requiere una experiencia de videoconferencia que integre un alto nivel de audio, acompañado de un buen rendimiento de video.

Se ha seleccionado la plataforma de video conferencia BlueJeans, perteneciente a telecomunicaciones Verizon para el soporte del canal de videoconferencias. Las principales características del software de videoconferencia BlueJeans son:

- Claridad visual y auditiva, Dolby Voice + Video HD
- Asignación de hasta 75 grupos de trabajos
- Vista de galería (hasta 25 asistentes en pantalla)
- Colaboración interactiva: compartir pantalla, anotaciones y pizarra digital
- Cifrado del contenido en tránsito (AES-256 GCM)
- Interoperatividad de hardware, pudiendo trabajar eficazmente con distintos fabricantes, tanto en estándar SIP como en H.323
- Interoperatividad de software, operando con independencia del sistema operativo (Linux, Windows, macOS), navegador (Edge, Firefox, Chrome, Ópera, Safari) o dispositivo usado (Android, iOS)

El acceso de los pacientes a las videoconferencias se llevará a cabo de forma asistida, siendo el personal técnico de los establecimientos de salud de zonas rurales las personas encargadas de manipular y ejecutar las distintas aplicaciones médicas. La

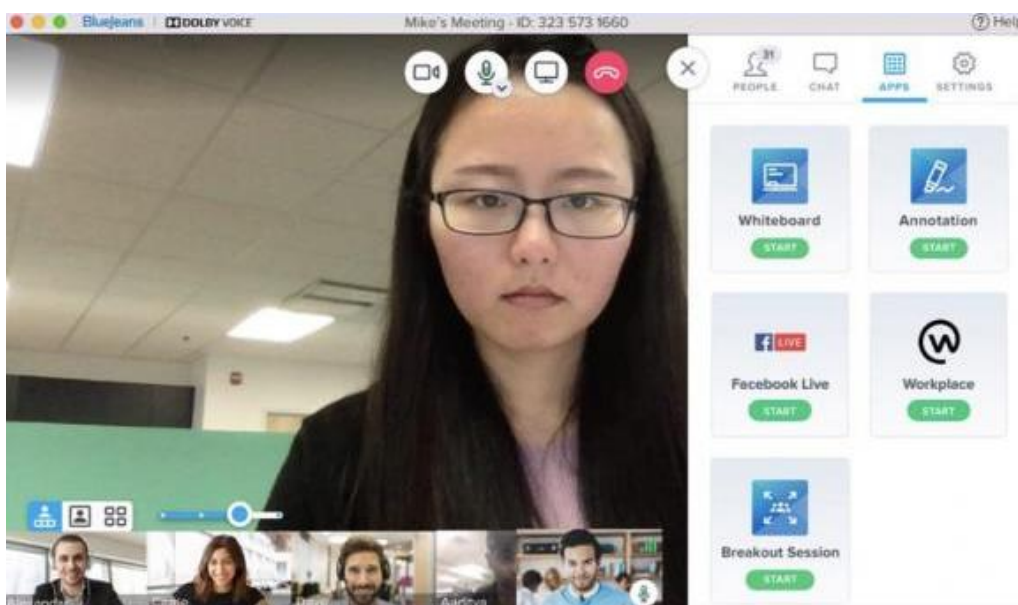
finalidad del uso del software BlueJeans es brindar una solución simple e intuitiva, que permita establecer las comunicaciones de la manera más rápida y segura.

La posibilidad de crear distintos grupos de trabajos a través de BlueJeans facilitara la implementación de los servicios de tele-orientación, así como también las retroalimentaciones respectivas al personal de salud en zonas rurales.

La Figura 26, muestra la interfaz de usuario de la aplicación de escritorio BlueJeans.

Figura 26

Interfaz de BlueJeans Meeting



Nota. Tomado de *Introducing BlueJeans Virtual Breakout Sessions* [Fotografía], 2019, BlueJeans (www.bluejeans.com).

Módulo web

La ejecución de muchos de los servicios se llevará a cabo a través de aplicativos basados en web, debido a que son de fácil instalación, mantenimiento, seguros e intuitivos. Los aplicativos webs podrán ser ejecutados desde las PC de las estaciones de telemedicina, a través de un navegador y servirán para llevar la gestión de los pacientes de manera digital.

El acceso al módulo web debe considerar medidas de autenticación para diferenciar el acceso de los profesionales de salud, de los pacientes y de personal administrativo. Cada usuario deberá ingresar e interactuar con datos correspondiente al rol que desempeñan.

Los pacientes interactuarán en el sistema con asistencia del personal de salud correspondiente a su establecimiento de salud; a través del módulo web podrán realizar las siguientes funciones:

- Consultar información del paciente, acceso a la historia clínica electrónica
- Consultar información del personal médico
- Actualizar datos médicos
- Generar lista de problemas médicos pendientes
- Lectura de diagnósticos y recomendaciones
- Acceso a prescripciones médicas

Los profesionales de la salud, encargados de brindar los distintos servicios de telemedicina, también usaran el módulo web como herramienta para realizar las siguientes actividades:

- Tentativa de resolución del problema de un paciente
- Consulta y actualización de información de un paciente
- Consulta de la lista de problemas pendientes
- Programar monitorización
- Informar resultados de monitorización
- Emitir prescripciones y descansos médicos
- Participar en sesión individual de tele-orientación

A través del módulo web también se gestionarán las tareas administrativas, de esta forma se podrá realizar un control y seguimiento de los pacientes de manera remota. Las actividades para el personal administrativo son:

- Generar y gestionar historias clínicas electrónicas
- Gestionar pagos y facturación
- Consultar y actualizar información del paciente
- Seguimiento de pacientes
- Consultar y actualizar la información del personal médico

- Programar tele-consultas, teleinterconsultas
- Programar sesiones individuales y grupales de tele-orientación
- Altas / bajas de usuarios

Correo electrónico

En la actualidad no es posible imaginar una institución o empresas que no tengan implementados soluciones de correo electrónico, la comunicación a través de correos electrónicos supone para muchas empresas el eje primordial para la planeación y ejecución de actividades diarias.

La implementación de este importante método de comunicación para el sistema de telemedicina ayudara a tener otro método alternativo a los ya mencionados, además de poder planificar actividades y poder enviar comunicados con carácter formal.

El hosting de correo electrónico Zimbra permitirá ayudar a los distintos usuarios de la red de telemedicina a gestionar de manera eficaz sus buzones de correo. Los beneficios de la implementación de Zimbra son:

- Envío y recepción de correo electrónico
- Envío y recepción de mensajería digital (chat)
- Creación y programación de calendarios (fechas de entrega, citas y plazos)
- Búsqueda, clasificación y almacenamiento de documentos
- Manejo del spam a través de filtros
- Copias de seguridad de correos electrónicos

Los diferentes beneficios descritos serán de gran ayuda para el establecimiento de la comunicación entre el personal que labora en los establecimientos médicos (doctores, enfermeros, administrativos, mantenimiento), quienes a través del correo electrónico podrán realizar las siguientes funciones:

- Programar e informar citas de pacientes
- Envío y lectura y solicitud de información médica de pacientes
- Solicitudes de distinto tipo con carácter formal
- Envío de boletines informativos
- Programar sesiones de capacitación a personal médico (tele-orientación)
- Solicitudes de tele-interconsulta
- Envío de reportes

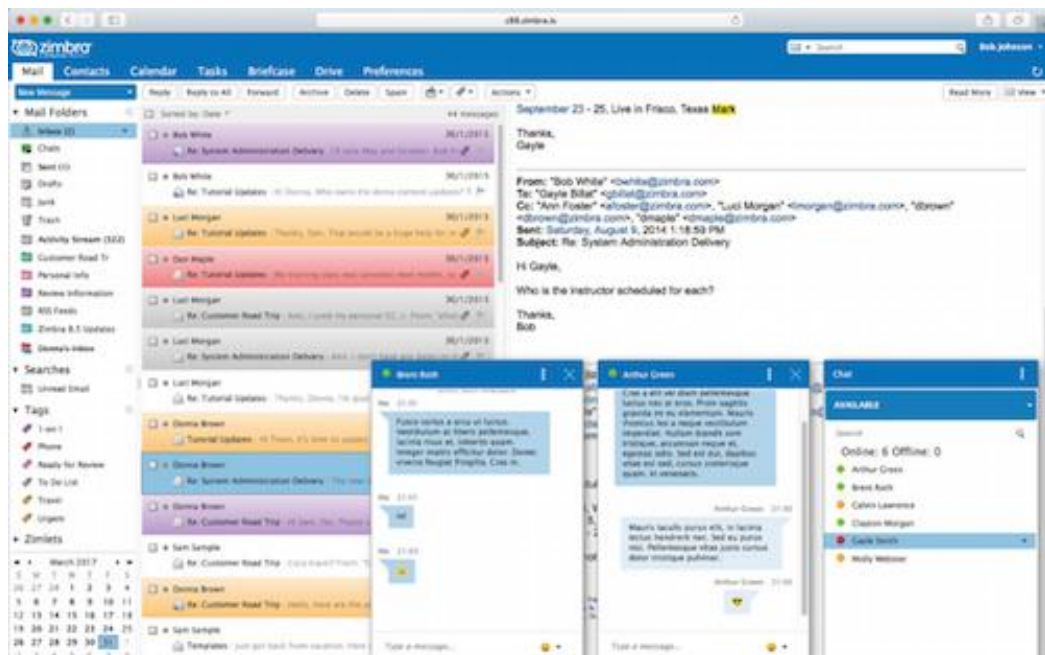
El software de hosting de correo electrónico Zimbra posee las siguientes características:

- Cliente web (Ajax): incluye correo electrónico, calendario, contactos, chat, aplicaciones, auditoría de documentos web.
- Compatible con aplicaciones de escritorio: facilita la sincronización con Entourage, Apple mail, iCal, ZCS, Microsoft Outlook; soporte IMAP/POP3.
- Compatible con servidores basados en Linux y Mac OS X: consola de administración web basada en Ajax, base de datos, directorio, antivirus, antispam, agente de transporte de correo (MTA) y herramientas de migración.
- Flexibilidad y bajo mantenimiento: permite personalizar Zimbra según las necesidades de la organización a través de una gestión completamente sencilla.

Zimbra posee una interfaz de escritorio potente, dinámica e intuitiva, desde la cual se puede interactuar simultáneamente con la bandeja de correos y el chat, tal como se puede apreciar en la Figura 27.

Figura 27

Interfaz de correo electrónico Zimbra



Nota. Tomado de Servidores de correo empresarial ZIMBRA – Interfaz Web [Fotografía], 2020, internet ya (www.internetya.com).

4.3. Análisis y Diseño

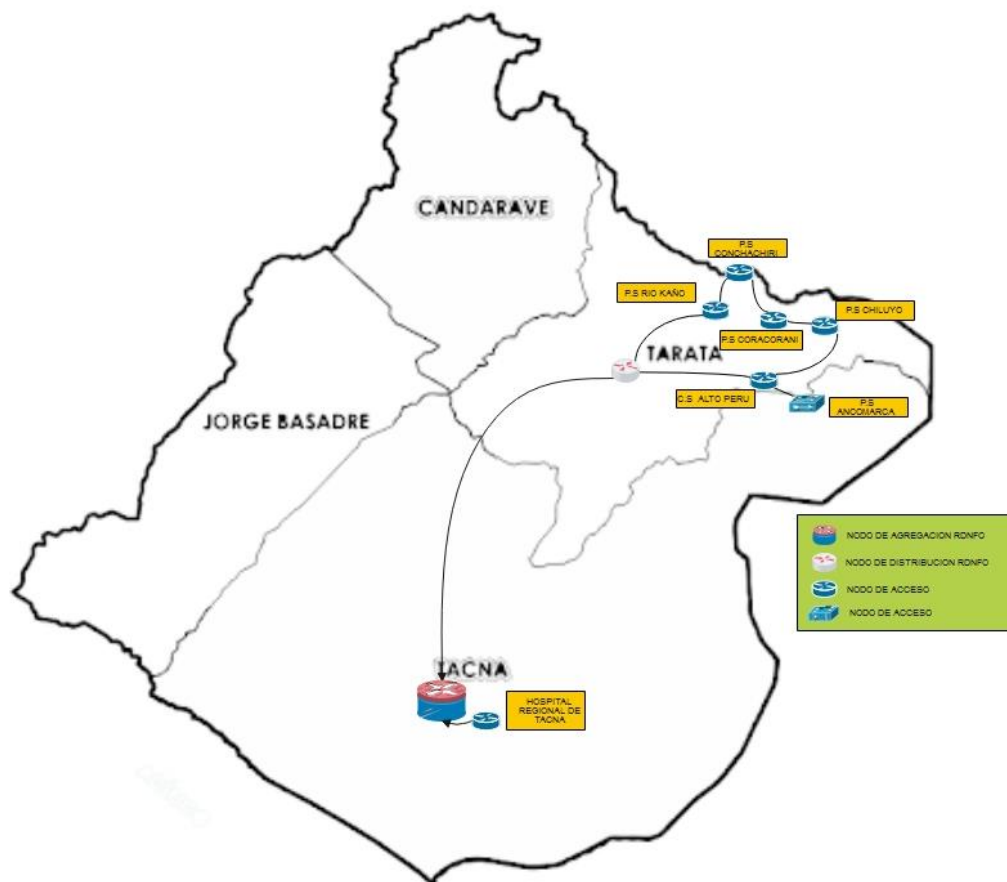
4.3.1. Diseño Físico

Para lograr el diseño físico se determinaron las distintas etapas de la red, así como también su ubicación.

La Figura 28, muestra el panorama general del diseño, donde se puede identificar el anillo físico conformado por nodos ubicados en establecimientos de salud de zonas rurales (el ejemplo pertenece a la Microred de salud Alto Perú), la conexión con nodos de la RDNFO, hasta llegar al Hospital Regional de Tacna.

Figura 28

Arquitectura física de la red (Microred Alto Perú)



Como se ha mencionado, los anillos físicos son los que dotaran a la red de capacidad de redundancia y alta disponibilidad. La figura 29, muestra el ejemplo de la Microred Alto Perú, conformada por 6 establecimientos de salud.

Figura 29

Distribución de nodos en la Microred Alto Perú



Los establecimientos de salud ubicados más cerca geográficamente a los nodos de distribución de la RDNFO son los encargados de cerrar el circuito de anillo de fibra óptica, además de brindar el acceso a la red de transporte.

Desde la perspectiva de las zonas rurales se tiene 3 etapas asociadas. La primera es la red de acceso, que comprende los equipos que se encuentran en el establecimiento de salud en zona rural como el switch de acceso y las PCs usadas para telemedicina y de administración.

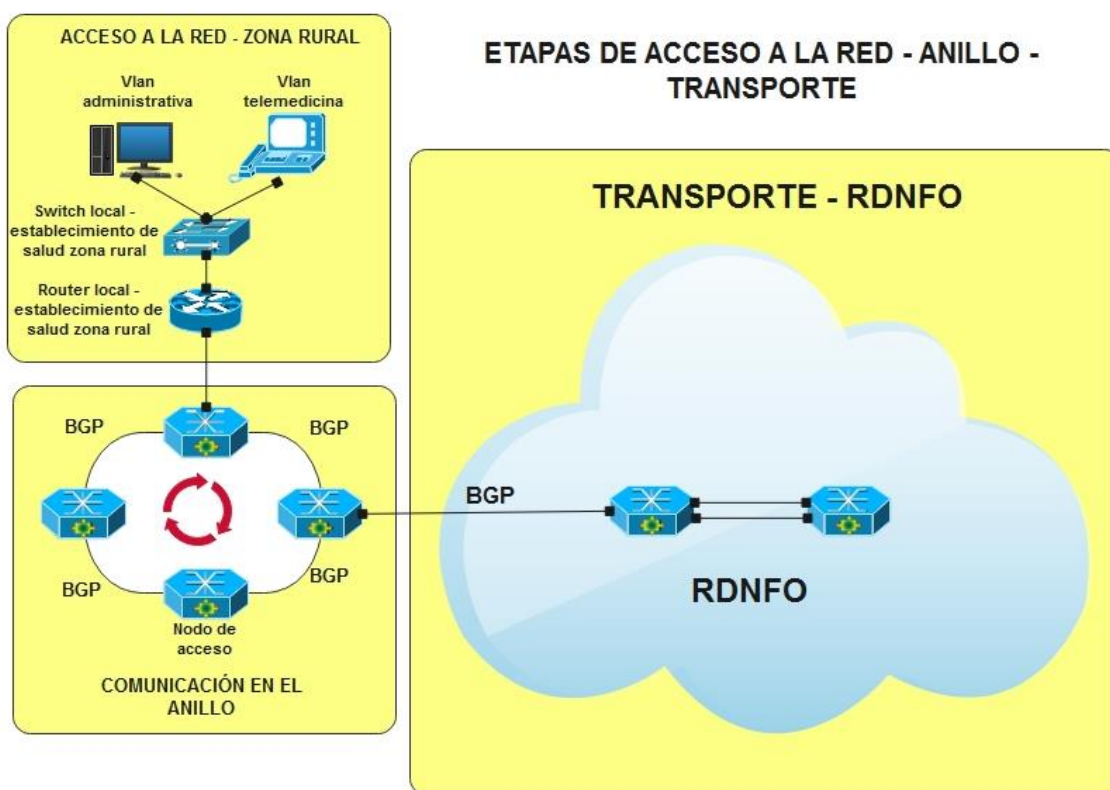
En la segunda etapa se definió los anillos físicos que conforman los distintos nodos de la red, cada nodo representa un establecimiento de salud de zona rural y se conectan con los nodos geográficamente cercanos.

La tercera etapa se definió como la de transporte. Gracias a la RDNFO se puede utilizar los dispositivos de dicha red para transportar datos, el despliegue a nivel regional y nacional permiten que la RDNFO cumpla funciones de una red WAN.

La Figura 30, muestra las etapas mencionadas.

Figura 30

Etapas de acceso a la red, anillo y transporte



Nota. La figura muestra la distribución de los equipos desde el acceso a la red hasta el transporte en la RDNFO, pasando por la etapa de anillos físicos.

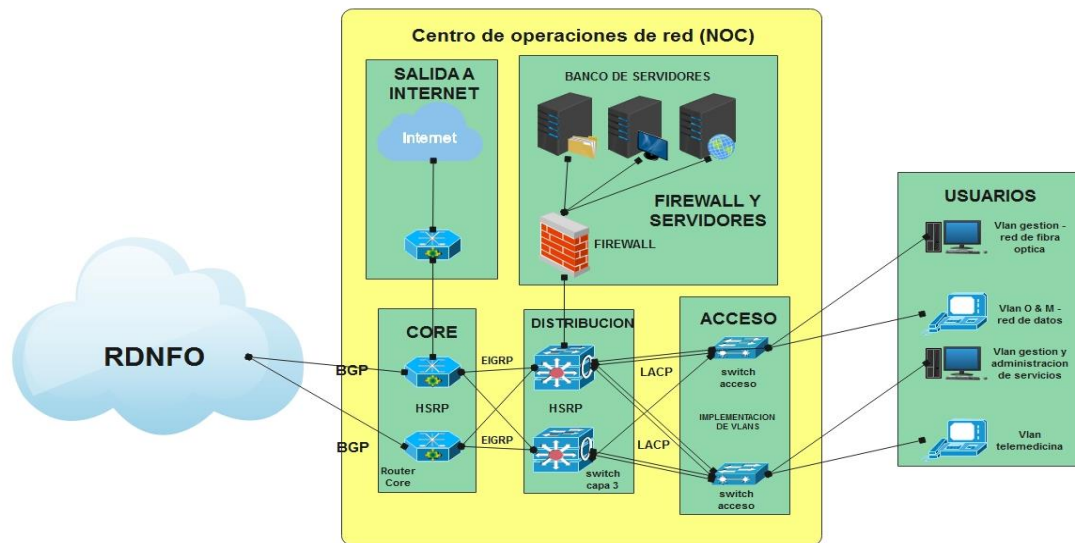
Cada establecimiento ubicado en zona rural operara sobre la red a través de los usuarios administrativos y de las estaciones de telemedicina. La Figura 31, muestra la distribución de equipos dentro de un establecimiento de salud rural.

Figura 31*Distribución de dispositivos en zona rural*

La etapa de transporte de la RDNFO se extiende hasta el Hospital Regional de Tacna, desde donde se gestiona la red. Se identificaron distintas etapas, las cuales se describen a través de la Figura 32. La agrupación de las etapas de CORE, distribución, firewall y servidores se concentran en la instalación del NOC (Centro de operaciones de emergencia).

Figura 32

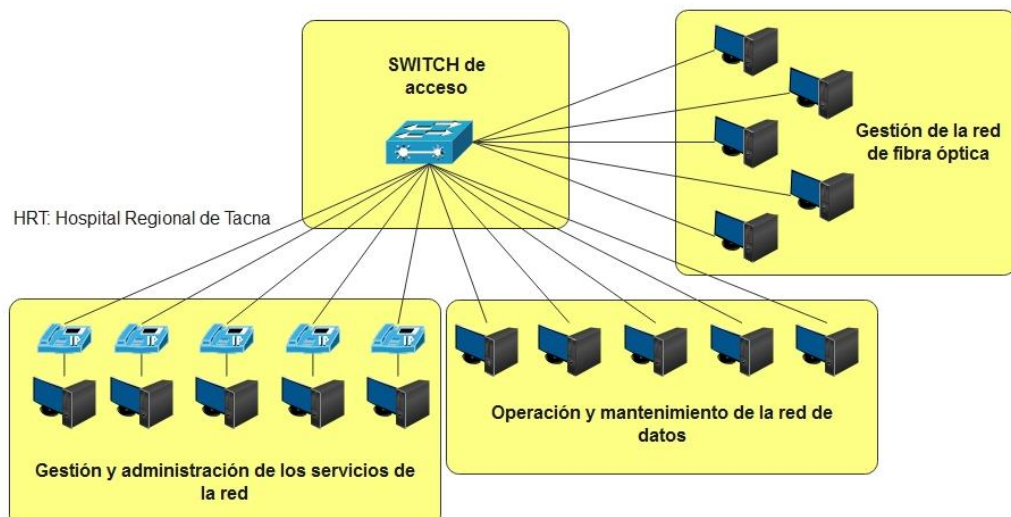
Etapas de transporte y gestión de la red en campus



Dentro de los usuarios en campus del Hospital regional se consideró PC para la gestión de la red de fibra, O&M de la red de datos y la gestión de los servicios de la red. La Figura 33, muestra la distribución de los dispositivos dentro de la red.

Figura 33

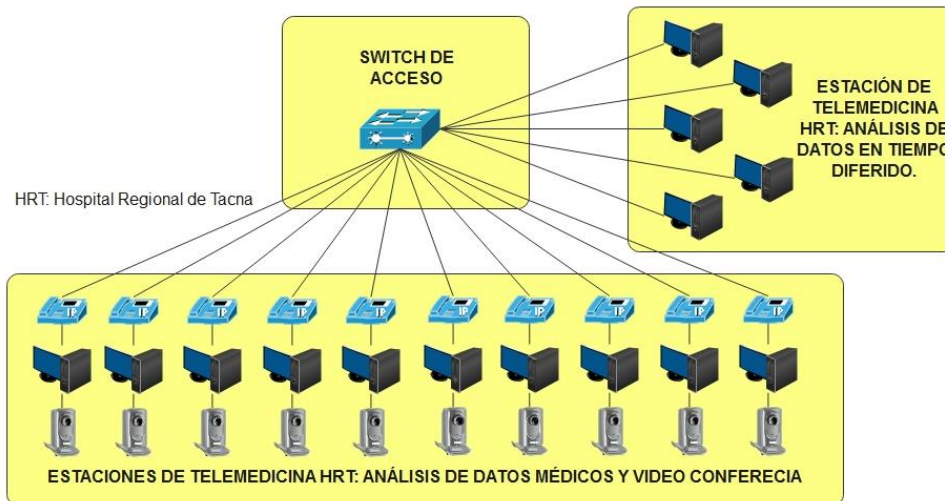
Distribución de dispositivos de gestión de red



Al igual que en las zonas rurales, se consideró estaciones de telemedicina para el Hospital Regional de Tacna, desde los cuales accederán los profesionales de la salud. La Figura 34, muestra la distribución de los dispositivos de telemedicina.

Figura 34

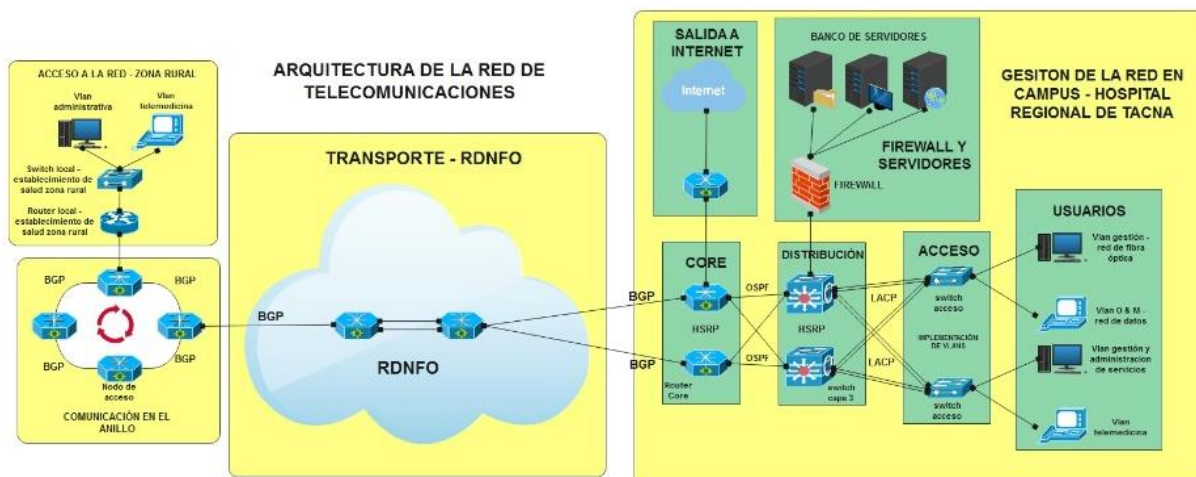
Distribución de dispositivos – Estaciones de telemedicina



La Figura 35, muestra la distribución de los equipos de toda la red de telecomunicaciones y sus diferentes etapas.

Figura 35

Distribución de dispositivos por etapas

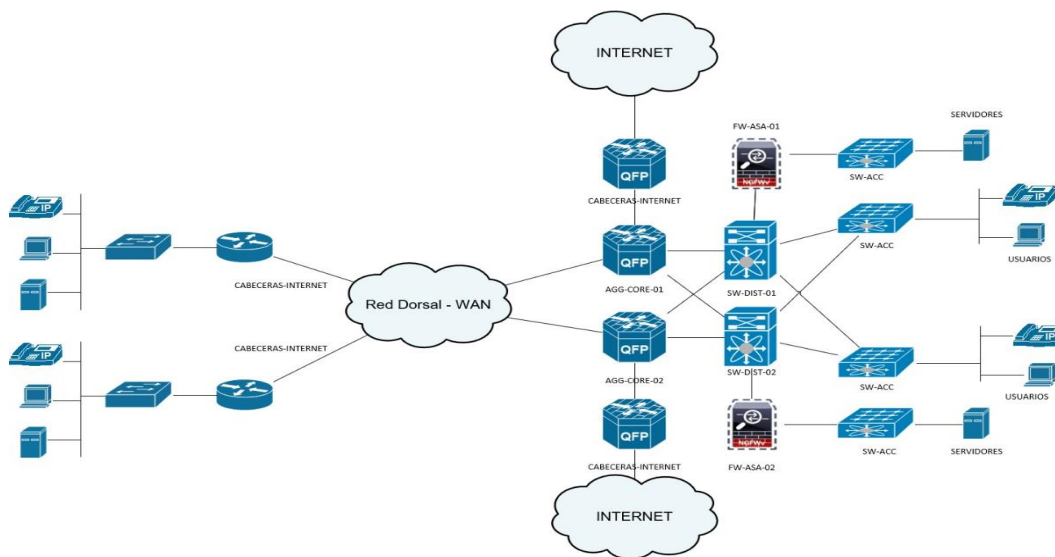


4.3.2. Diseño Lógico

Para lograr el diseño lógico de la red se separó la misma en distintas etapas, teniendo en consideración las necesidades de comunicación y de protocolos de cada tramo. La figura 36, muestra el diseño lógico de la red y sus distintas etapas.

Figura 36

Topología lógica de la red de telecomunicaciones.



Los router que se encuentran en los nodos de acceso, así como los router de CORE del NOC deben ser configurados con el protocolo BGP (Border Gateway Protocol), debido a que desde estos puntos se tendrá acceso a la RDNFO.

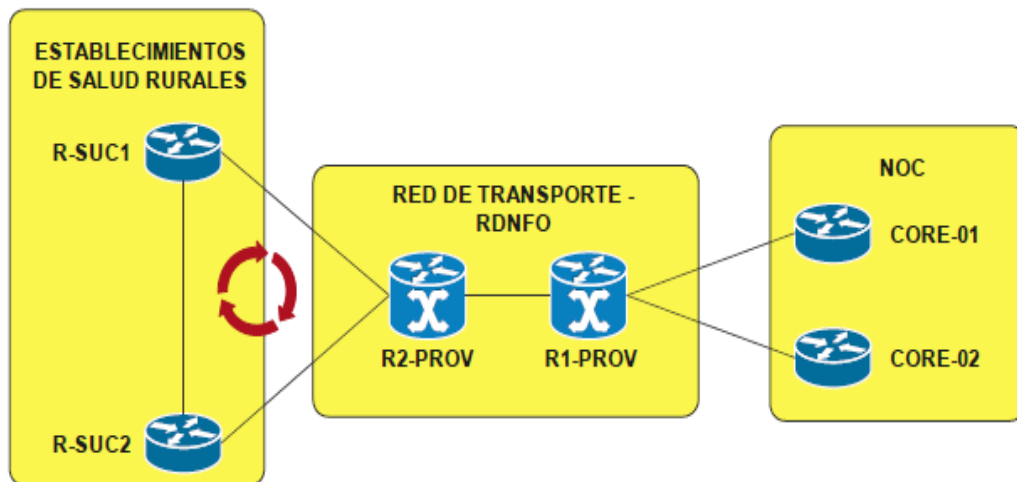
La etapa de transporte estará a cargo de la RDNFO que, para conceptos prácticos a la investigación, cumplirá la función de una red WAN.

En el NOC, se consideró la implementación de una red jerarquizada por etapas de CORE, distribución y acceso; además de considerar etapas de firewall para protección de los servidores y una etapa de proveedor de servicios externos para la conexión a internet.

A continuación, se describe las configuraciones para los distintos equipos. Para diferenciar las distintas etapas se asignó abreviaciones a cada elemento de la red, los cuales se muestran en la figura 37.

Figura 37

Elementos de la red de acceso, transporte y CORE.



R-SUC (Router de establecimiento de salud en zona rural)

La figura 38, muestra las interfaces configuradas para los router ubicados en establecimientos de salud en zonas rurales, se utilizó el nombre R-SUC o sucursales.

Figura 38

Interfaces R-SUC

```

R-SUC-01#
R-SUC-01#sh ip int brief
Interface      IP-Address      OK? Method Status      Protocol
Ethernet0/0    10.10.10.1      YES NVRAM    up          up
Ethernet0/1    10.10.100.29   YES NVRAM    up          up
Ethernet0/2    unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Ethernet0/3    unassigned      YES NVRAM    administratively down down
Loopback0      3.3.3.3        YES manual  up          up
R-SUC-01#
R-SUC-01#
R-SUC-01#
R-SUC-01#

```

Por su parte, la figura 39 muestra la tabla de ruteo configurada en R-SUC.

Figura 39

Configuración de ruteo R-SUC

```

R-SUC-01#
R-SUC-01#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

3.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       3.3.3.0/24 is directly connected, Loopback0
L       3.3.3.3/32 is directly connected, Loopback0
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 4 masks
B       10.10.0.0/23 [20/0] via 10.10.100.30, 04:42:56
C       10.10.10.0/24 is directly connected, Ethernet0/0
L       10.10.10.1/32 is directly connected, Ethernet0/0
C       10.10.100.28/30 is directly connected, Ethernet0/1
L       10.10.100.29/32 is directly connected, Ethernet0/1
11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
B       11.0.0.0 [20/0] via 10.10.100.30, 04:56:36
33.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
B       33.33.33.0 [20/0] via 10.10.100.30, 04:56:05
B       192.168.0.0/23 [20/0] via 10.10.100.30, 04:42:56
B       192.168.2.0/24 [20/0] via 10.10.100.30, 04:42:56
R-SUC-01#

```

R2-PROV (router Nodo de distribución RDNFO)

La figura 40, muestra las interfaces configuradas para los router ubicados en la etapa de transporte (RDNFO), siendo este dispositivo el equipo de entrada a la WAN. Se utilizó el nombre R2-PROV.

Figura 40

Interfaces R2-PROV

```

R2-PROV#show ip int brief
Interface      IP-Address      OK? Method Status      Protocol
GigabitEthernet0/0  10.10.100.30   YES NVRAM  up          up
GigabitEthernet0/1  10.10.100.34   YES NVRAM  up          up
GigabitEthernet0/2  unassigned     YES NVRAM  administratively down down
GigabitEthernet0/3  11.0.0.2       YES NVRAM  up          up
Loopback0        33.33.33.33    YES manual up          up
R2-PROV#
R2-PROV#
R2-PROV#
R2-PROV#
R2-PROV#

```

Por su parte, la figura 41 muestra la tabla de ruteo configurada en R-SUC.

Figura 41

Configuración de ruteo R2-PROV

```

R2-PROV#
R2-PROV#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is not set

 3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
 B       3.3.3.0 [20/0] via 10.10.100.29, 04:59:55
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 4 masks
 S       10.10.0.0/23 [1/0] via 11.0.0.1, GigabitEthernet0/3
 B       10.10.10.0/24 [20/0] via 10.10.100.29, 05:00:25
 C       10.10.100.28/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
 L       10.10.100.30/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
 C       10.10.100.32/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
 L       10.10.100.34/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
11.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
 C       11.0.0.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/3
 L       11.0.0.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/3
33.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
 C       33.33.33.0/24 is directly connected, Loopback0
 L       33.33.33.33/32 is directly connected, Loopback0
 S       192.168.0.0/23 [1/0] via 11.0.0.1, GigabitEthernet0/3
 S       192.168.2.0/24 [1/0] via 11.0.0.1, GigabitEthernet0/3
R2-PROV#

```

Se considero la implementación de protocolo BGP para el establecimiento de las comunicaciones entre distintas redes, tal y como lo muestra la Figura 42.

Figura 42

Protocolo BGP en R2-PROV

```

R2-PROV#show bgp sum
BGP router identifier 33.33.33.33, local AS number 201
BGP table version is 8, main routing table version 8
7 network entries using 1008 bytes of memory
7 path entries using 560 bytes of memory
3/3 BGP path/bestpath attribute entries using 456 bytes of memory
1 BGP AS-PATH entries using 24 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 2048 total bytes of memory
BGP activity 7/0 prefixes, 7/0 paths, scan interval 60 secs

Neighbor      V      AS MsgRcvd MsgSent  TblVer  InQ  OutQ  Up/Down  State/PfxRcd
10.10.100.29  4          101    377    377      8     0     0 05:39:23      2
R2-PROV#
R2-PROV#

```

R1-PROV (router Nodo de distribución RDNFO)

La contraparte del R2-PROV es el router R1-PROV, ambos router en conjunto están destinados a replicar el funcionamiento de la RDNFO. La Figura 43, muestra las interfaces y tabla de ruteo de R1-PROV.

Figura 43

Interfaces y tabla de ruteo de R1-PROV

```

R1-PROV#sh ip int brief
Interface                               IP-Address      OK? Method Status      Protocol
GigabitEthernet0/0                      10.10.100.22    YES NVRAM   up          up
GigabitEthernet0/1                      10.10.100.26    YES NVRAM   up          up
GigabitEthernet0/2                      unassigned      YES NVRAM   administratively down down
GigabitEthernet0/3                      11.0.0.1        YES NVRAM   up          up
Loopback0                                11.11.11.11    YES NVRAM   up          up
R1-PROV#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is not set

 10.0.0.0/8 is variably subnetted, 13 subnets, 4 masks
B   10.10.0.0/23 [20/11] via 10.10.100.21, 06:45:58
S   10.10.10.0/24 [1/0] via 11.0.0.2, GigabitEthernet0/3
S   10.10.11.0/24 [1/0] via 11.0.0.2, GigabitEthernet0/3
S   10.10.12.0/24 [1/0] via 11.0.0.2, GigabitEthernet0/3
B   10.10.100.0/30 [20/11] via 10.10.100.25, 02:38:21
B   10.10.100.4/30 [20/11] via 10.10.100.21, 06:45:58
B   10.10.100.8/30 [20/11] via 10.10.100.21, 06:45:58
B   10.10.100.12/30 [20/0] via 10.10.100.21, 06:45:58
B   10.10.100.16/30 [20/0] via 10.10.100.21, 06:45:58
C   10.10.100.20/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L   10.10.100.22/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C   10.10.100.24/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L   10.10.100.26/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
 11.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C   11.0.0.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/3
L   11.0.0.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/3
C   11.11.11.0/24 is directly connected, Loopback0
L   11.11.11.11/32 is directly connected, Loopback0
B   192.168.2.0/24 [20/11] via 10.10.100.21, 06:45:58
R1-PROV#

```

Se considero la implementación de protocolo BGP para el establecimiento de las comunicaciones entre distintas redes, tal y como lo muestra la Figura 44.

Figura 44

Protocolo BGP en R1-PROV

```

R1-PROV#sh ip bgp sum
BGP router identifier 11.11.11.11, local AS number 11
BGP table version is 11, main routing table version 11
10 network entries using 1440 bytes of memory
17 path entries using 1360 bytes of memory
5/4 BGP path/bestpath attribute entries using 760 bytes of memory
2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 3608 total bytes of memory
BGP activity 10/0 prefixes, 17/0 paths, scan interval 60 secs

Neighbor      V          AS MsgRcvd MsgSent  TblVer  InQ  OutQ  Up/Down  State/PfxRcd
10.10.100.21  4          1     455    454     11    0    0  06:46:51      7
10.10.100.25  4          2     243    245     11    0    0  03:34:29      7
R1-PROV#
R1-PROV#
R1-PROV#
R1-PROV#
R1-PROV#
R1-PROV#

```

CORE-01 (router CORE principal NOC)

Se estableció la configuración para el primer router del NOC, se configuro protocolo BGP para comunicación hacia la WAN y OSPF para la comunicación dentro de la red. La Figura 45 y la Figura 46, muestran las configuraciones de router.

Figura 45

Interfaces y configuración de ruteo CORE-01

```

CORE-01#SH IP INT BRIEF
Interface      IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0    10.10.100.18    YES NVRAM  up              up
Ethernet0/1    unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet0/2    10.10.100.14    YES NVRAM  up              up
Ethernet0/3    10.10.100.21    YES NVRAM  up              up
Loopback0      1.1.1.1         YES NVRAM  up              up
CORE-01#
CORE-01#
CORE-01#
CORE-01#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

 1.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    1.1.1.0/24 is directly connected, Loopback0
L    1.1.1.1/32 is directly connected, Loopback0
L    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 13 subnets, 4 masks
O    10.10.0.0/23 [110/11] via 10.10.100.17, 06:48:07, Ethernet0/0
      [110/11] via 10.10.100.13, 06:49:28, Ethernet0/2
B    10.10.10.0/24 [20/0] via 10.10.100.22, 04:39:05
B    10.10.11.0/24 [20/0] via 10.10.100.22, 04:39:05
B    10.10.12.0/24 [20/0] via 10.10.100.22, 04:39:05
O    10.10.100.0/30 [110/11] via 10.10.100.17, 02:39:35, Ethernet0/0
O    10.10.100.4/30 [110/11] via 10.10.100.17, 06:50:01, Ethernet0/0
O    10.10.100.8/30 [110/11] via 10.10.100.13, 06:49:39, Ethernet0/2
C    10.10.100.12/30 is directly connected, Ethernet0/2
C    10.10.100.14/32 is directly connected, Ethernet0/2
C    10.10.100.16/30 is directly connected, Ethernet0/0
L    10.10.100.18/32 is directly connected, Ethernet0/0
C    10.10.100.20/30 is directly connected, Ethernet0/3
L    10.10.100.21/32 is directly connected, Ethernet0/3
O    192.168.2.0/24 [110/11] via 10.10.100.17, 06:48:07, Ethernet0/0
      [110/11] via 10.10.100.13, 06:49:28, Ethernet0/2
CORE-01#

```

Figura 46

Configuración BGP y OSPF del CORE-01

```

CORE-01#sh ip bgp sum
CORE-01#sh ip bgp summary
BGP router identifier 1.1.1.1, local AS number 1
BGP table version is 11, main routing table version 11
10 network entries using 1400 bytes of memory
11 path entries using 880 bytes of memory
4/3 BGP path/bestpath attribute entries using 576 bytes of memory
2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 2904 total bytes of memory
BGP activity 10/0 prefixes, 11/0 paths, scan interval 60 secs

Neighbor      V      AS MsgRcvd MsgSent  TblVer  InQ  OutQ  Up/Down  State/PfxRcd
10.10.100.22  4      11    455    456     11   0    0 06:49:19      4

CORE-01#
CORE-01#
CORE-01#
CORE-01#
CORE-01#
CORE-01#sh ip osp
CORE-01#sh ip ospf neig
CORE-01#sh ip ospf neighbor

Neighbor ID    Pri  State           Dead Time   Address           Interface
2.2.2.2        1    FULL/BDR        00:00:31   10.10.100.13     Ethernet0/2
1.1.1.1        1    FULL/BDR        00:00:36   10.10.100.17     Ethernet0/0
CORE-01#

```

CORE-02 (Router CORE secundario NOC)

La figura 47, muestra la configuración de interfaces y la tabla de ruteo del router de CORE secundario CORE-02.

Figura 47

Interfaces y tabla de ruteo de CORE-02

```

CORE-02#sh ip int brief
Interface      IP-Address      OK? Method Status          Protocol
Ethernet0/0    10.10.100.10    YES NVRAM  up              up
Ethernet0/1    unassigned      YES NVRAM  administratively down down
Ethernet0/2    10.10.100.6     YES NVRAM  up              up
Ethernet0/3    10.10.100.25    YES NVRAM  up              up
Loopback0      2.2.2.2         YES manual up              up
CORE-02#
CORE-02#
CORE-02#
CORE-02#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
a - application route
+ - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

2.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    2.2.2.0/24 is directly connected, Loopback0
L    2.2.2.2/32 is directly connected, Loopback0
L    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 13 subnets, 4 masks
O    10.10.0.0/23 [110/11] via 10.10.100.9, 06:50:31, Ethernet0/0
     [110/11] via 10.10.100.5, 06:49:10, Ethernet0/2
B    10.10.10.0/24 [20/0] via 10.10.100.26, 03:36:37
B    10.10.11.0/24 [20/0] via 10.10.100.26, 03:36:37
B    10.10.12.0/24 [20/0] via 10.10.100.26, 03:36:37
O    10.10.100.0/30 [110/11] via 10.10.100.5, 02:40:38, Ethernet0/2
C    10.10.100.4/30 is directly connected, Ethernet0/2
L    10.10.100.6/32 is directly connected, Ethernet0/2
C    10.10.100.8/30 is directly connected, Ethernet0/0
L    10.10.100.10/32 is directly connected, Ethernet0/0
O    10.10.100.12/30 [110/11] via 10.10.100.9, 06:50:42, Ethernet0/0
O    10.10.100.16/30 [110/11] via 10.10.100.5, 06:51:02, Ethernet0/2
C    10.10.100.24/30 is directly connected, Ethernet0/3
L    10.10.100.25/32 is directly connected, Ethernet0/3
O    192.168.2.0/24 [110/11] via 10.10.100.9, 06:50:31, Ethernet0/0
     [110/11] via 10.10.100.5, 06:49:10, Ethernet0/2

```

Así mismo, el router secundario se consideró para actuar exactamente igual al CORE-01, por lo que se implementó protocolo BGP para la comunicación con la WAN y OSPF para la conexión dentro de la red (hacia switch distribución). La figura 48 muestra la configuración BGP y OSPF del router CORE-02.

Figura 48

Configuración BGP y OSPF del CORE-02

```

CORE-02#
CORE-02#sh ip bgp sum
BGP router identifier 2.2.2.2, local AS number 2
BGP table version is 11, main routing table version 11
10 network entries using 1400 bytes of memory
16 path entries using 1280 bytes of memory
4/3 BGP path/bestpath attribute entries using 576 bytes of memory
2 BGP AS-PATH entries using 48 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 3304 total bytes of memory
BGP activity 10/0 prefixes, 16/0 paths, scan interval 60 secs

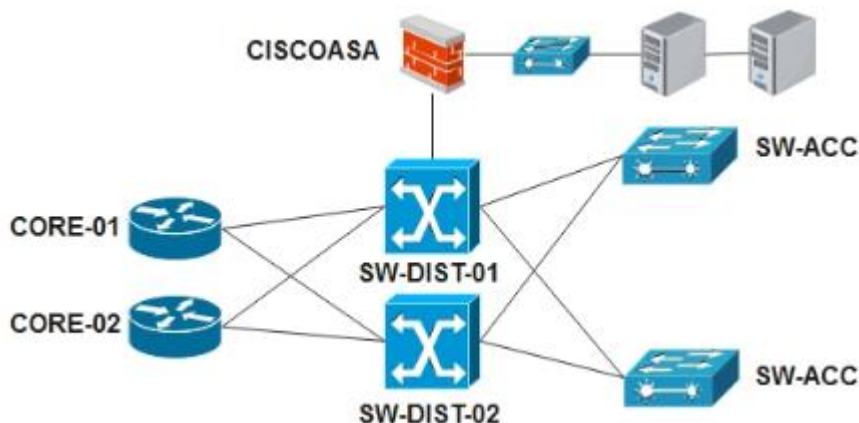
Neighbor      V      AS MsgRcvd MsgSent  TblVer  InQ  OutQ  Up/Down  State/PfxRcd
10.10.100.26  4      11    247    245     11    0     0  03:36:52  9
CORE-02#
CORE-02#
CORE-02#
CORE-02#sh ip ospf nei
CORE-02#sh ip ospf neighbor

Neighbor ID    Pri  State           Dead Time   Address        Interface
1.1.1.1        1    FULL/BDR        00:00:30   10.10.100.5   Ethernet0/2
2.2.2.2        1    FULL/BDR        00:00:32   10.10.100.9   Ethernet0/0
CORE-02#
    
```

La Figura 49, muestra las etiquetas para las etapas de CORE, Distribución, Acceso y Firewall.

Figura 49

Elementos de la red CORE, distribución, acceso y firewall



DIST-01 (Switch de distribución Capa 3 NOC)

La configuración corresponde al Switch principal de la etapa de distribución. La Figura 50, muestra la tabla de enrutamiento del switch DIST-01.

Figura 50

Enrutamiento del switch DIST-01

```
SW-DIST-01#SH IP RROUTE
^
% Invalid input detected at '^' marker.
SW-DIST-01#sh ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
a - application route
+ - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 13 subnets, 4 masks
C    10.10.0.0/23 is directly connected, Vlan200
L    10.10.0.2/32 is directly connected, Vlan200
O E2  10.10.10.0/24 [110/1] via 10.10.100.18, 04:25:00, GigabitEthernet0/0
      [110/1] via 10.10.100.6, 03:33:05, GigabitEthernet0/1
O E2  10.10.11.0/24 [110/1] via 10.10.100.18, 04:25:00, GigabitEthernet0/0
      [110/1] via 10.10.100.6, 03:33:05, GigabitEthernet0/1
O E2  10.10.12.0/24 [110/1] via 10.10.100.18, 04:25:00, GigabitEthernet0/0
      [110/1] via 10.10.100.6, 03:33:05, GigabitEthernet0/1
C    10.10.100.0/30 is directly connected, GigabitEthernet1/0
L    10.10.100.1/32 is directly connected, GigabitEthernet1/0
C    10.10.100.4/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    10.10.100.5/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
O    10.10.100.8/30 [110/2] via 192.168.2.3, 06:46:05, Vlan150
      [110/2] via 10.10.0.3, 06:46:05, Vlan200
O    10.10.100.12/30 [110/2] via 192.168.2.3, 06:46:05, Vlan150
      [110/2] via 10.10.0.3, 06:46:05, Vlan200
C    10.10.100.16/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    10.10.100.17/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
S    192.168.0.0/23 [1/0] via 10.10.100.2, GigabitEthernet1/0
C    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
L    192.168.2.0/24 is directly connected, Vlan150
L    192.168.2.2/32 is directly connected, Vlan150
SW-DIST-01#
```

La Figura 51, muestra la configuración y conexiones OSPF del switch DIST-01.

Figura 51

Configuración OSPF del switch DIST-01

```
SW-DIST-01#sh ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface
2.2.2.2          1     FULL/DR         00:00:33   10.10.0.3     Vlan200
2.2.2.2          1     FULL/DR         00:00:34   192.168.2.3   Vlan150
11.11.11.11     1     FULL/DR         00:00:33   10.10.100.18  GigabitEthernet0/0
22.22.22.22     1     FULL/DR         00:00:33   10.10.100.6   GigabitEthernet0/1
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#
```

Además de la configuración enrutamiento, se consideró la configuración de alta disponibilidad.

Figura 52

Configuración HSRP del SW-DIST-01

```

SW-DIST-01#sh stan
SW-DIST-01#sh standby brief
      p indicates configured to preempt.
      |
Interface   Grp  Pri P State Active Standby Virtual IP
Vl150       150 255 P Active local 192.168.2.3 192.168.2.1
Vl200       200 255 P Active local 10.10.0.3 10.10.0.1
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#
SW-DIST-01#

```

DIST-02 (Switch de distribución Capa 3 NOC)

El Switch DIST-02, cumplirá labores de respaldo para el switch DIST-01, para lograr dicha función, ambos cuentan con la misma configuración lógica. La Figura 53 muestra la tabla de ruteo del switch de distribución DIST-02, así como también sus interfaces configuradas.

Figura 53

Tabla de enrutamiento e interfaces del switch DIST-02

```

SW-DIST-02#SH IP ROUTE
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
a - application route
+ - replicated route, % - next hop override

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 12 subnets, 4 masks
C    10.10.0.0/23 is directly connected, Vlan200
L    10.10.0.3/32 is directly connected, Vlan200
O E2 10.10.10.0/24 [110/1] via 10.10.100.14, 04:25:44, GigabitEthernet0/1
      [110/1] via 10.10.100.10, 03:33:54, GigabitEthernet0/0
O E2 10.10.11.0/24 [110/1] via 10.10.100.14, 04:25:44, GigabitEthernet0/1
      [110/1] via 10.10.100.10, 03:33:54, GigabitEthernet0/0
O E2 10.10.12.0/24 [110/1] via 10.10.100.14, 04:25:44, GigabitEthernet0/1
      [110/1] via 10.10.100.10, 03:33:54, GigabitEthernet0/0
O    10.10.100.0/30 [110/2] via 192.168.2.2, 02:40:38, Vlan150
      [110/2] via 10.10.0.2, 02:40:38, Vlan200
O    10.10.100.4/30 [110/2] via 192.168.2.2, 06:46:34, Vlan150
      [110/2] via 10.10.0.2, 06:46:34, Vlan200
C    10.10.100.8/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    10.10.100.9/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C    10.10.100.12/30 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L    10.10.100.13/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
O    10.10.100.16/30 [110/2] via 192.168.2.2, 06:46:34, Vlan150
      [110/2] via 10.10.0.2, 06:46:34, Vlan200
192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Vlan150
L    192.168.2.3/32 is directly connected, Vlan150
SW-DIST-02# sh ip int brief
Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
GigabitEthernet0/2 unassigned YES unset up up
GigabitEthernet0/3 unassigned YES unset up up
GigabitEthernet0/0 10.10.100.9 YES NVRAM up up
GigabitEthernet0/1 10.10.100.13 YES NVRAM up up
GigabitEthernet1/0 unassigned YES unset up up
GigabitEthernet1/1 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/2 unassigned YES unset down down
GigabitEthernet1/3 unassigned YES unset down down
Loopback0 unassigned YES unset up up
Port-channel2 unassigned YES unset up up
Vlan150 192.168.2.3 YES NVRAM up up
Vlan200 10.10.0.3 YES NVRAM up up
SW-DIST-02#
SW-DIST-02#
SW-DIST-02#
SW-DIST-02#

```


Así mismo, al igual que el switch DIST-01, se configuro las conexiones OSPF y la alta disponibilidad a través del protocolo HSRP.

Figura 54

Configuración OSPF y HSRP del switch DIST-02

```
SW-DIST-02#sh ip ospf nei
SW-DIST-02#sh ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface
1.1.1.1          1    FULL/BDR        00:00:30   10.10.0.2     Vlan200
1.1.1.1          1    FULL/BDR        00:00:32   192.168.2.2   Vlan150
11.11.11.11     1    FULL/DR         00:00:38   10.10.100.14  GigabitEthernet0/1
22.22.22.22     1    FULL/DR         00:00:35   10.10.100.10  GigabitEthernet0/0
SW-DIST-02#
SW-DIST-02#
SW-DIST-02#
SW-DIST-02#
SW-DIST-02#sh stand
SW-DIST-02#sh standby brief
P indicates configured to preempt.
|
Interface  Grp  Pri  P  State  Active      Standby      Virtual IP
Vl150      150  100  P  Standby 192.168.2.2  local        192.168.2.1
Vl200      200  100  P  Standby 10.10.0.2   local        10.10.0.1
SW-DIST-02#
```

SW-ACC (Switch de Acceso)

Este dispositivo es el encargado de brindar el acceso a los usuarios. La Figura 55, muestra las interfaces del switch de acceso.

Figura 55

Interfaces del switch de acceso SW-ACC.

```
SW-ACC#sh ip int brief
Interface      IP-Address      OK? Method Status Protocol
GigabitEthernet0/0  unassigned     YES unset  up      up
GigabitEthernet0/1  unassigned     YES unset  up      up
GigabitEthernet0/2  unassigned     YES unset  up      up
GigabitEthernet0/3  unassigned     YES unset  up      up
GigabitEthernet1/0  unassigned     YES unset  up      up
GigabitEthernet1/1  unassigned     YES unset  up      up
GigabitEthernet1/2  unassigned     YES unset  down    down
GigabitEthernet1/3  unassigned     YES unset  down    down
Port-channel2     unassigned     YES unset  up      up
Port-channel11    unassigned     YES unset  up      up
Vlan150           unassigned     YES unset  up      up
Vlan200           unassigned     YES unset  up      up
SW-ACC#
```

Así mismo, se configuro la seguridad a nivel de capa 2 a través del protocolo LACP, estableciendo enlaces paralelos con etherchannel, como se muestra en la Figura 56.

Figura 56

Configuración de portchannel del switch de acceso SW-ACC

```
SW-ACC#show etherchannel summ
SW-ACC#show etherchannel summary
Flags: D - down          P - bundled in port-channel
       I - stand-alone  S - suspended
       H - Hot-standby (LACP only)
       R - Layer3       S - Layer2
       U - in use       N - not in use, no aggregation
       f - failed to allocate aggregator

       M - not in use, minimum links not met
       m - not in use, port not aggregated due to minimum links not met
       u - unsuitable for bundling
       w - waiting to be aggregated
       d - default port

       A - formed by Auto LAG

Number of channel-groups in use: 2
Number of aggregators:          2

Group  Port-channel  Protocol    Ports
-----+-----+-----+-----
1      Po1(SU)        LACP        Gi0/0(P)   Gi1/0(P)
2      Po2(SU)        LACP        Gi0/1(P)   Gi1/1(P)

SW-ACC#
SW-ACC#
SW-ACC#
SW-ACC#
```

CISCO ASA (Firewall)

La Figura 57, muestra las interfaces configuradas en el ASA.

Figura 57

Configuración de interfaces del CISCOASA.

```
ciscoasa# show interface ip
ERROR: % Incomplete command
ciscoasa# show interface ip ?

  brief  Brief configuration
ciscoasa# show interface ip brief
Interface      IP-Address      OK? Method Status      Protocol
Ethernet0      10.10.100.2     YES CONFIG up          up
Ethernet1      192.168.0.1     YES CONFIG up          up
Ethernet2      unassigned      YES unset   administratively down up
Ethernet3      unassigned      YES unset   administratively down up
ciscoasa#
ciscoasa#
ciscoasa#
ciscoasa#
ciscoasa#
```

Se agrupo la información de direcciones IP en la Tabla 14, desde donde se muestra la asignación de direcciones IP por ambientes.

Tabla 14

Asignación de dirección IP por ambiente

Ambiente	Ip	Mascara	Vlan
Servidores	192.168.0.0	255.255.254.0	vlan 100
Telefónica	192.168.2.0	255.255.255.0	vlan 150
Usuarios	10.10.0.0	255.255.254.0	vlan 200
Sucursal 1	10.10.10.0	255.255.255.0	vlan 210
Sucursal 2	10.10.11.0	255.255.255.0	vlan 220
Sucursal 3	10.10.12.0	255.255.255.0	vlan 230
SW-DIST to FW-DC	10.10.100.0	255.255.255.252	NA
SW-DIST-01 to CORE-02	10.10.100.4	255.255.255.252	NA
SW-DIST-02 to CORE-01	10.10.100.8	255.255.255.252	NA
SW-DIST-02 to CORE-02	10.10.100.12	255.255.255.252	NA
SW-DIST-01 to CORE-01	10.10.100.16	255.255.255.252	NA
CORE-01 to R1-PROV	10.10.100.20	255.255.255.252	NA
CORE-02 to R1-PROV	10.10.100.24	255.255.255.252	NA
R-SUC-01 to R2-PROV	10.10.100.28	255.255.255.252	NA
R-SUC-02 to R2-PROV	10.10.100.32	255.255.255.252	NA

La Tabla 15, muestra el registro de las direcciones de red por interfaces de los dispositivos de la red.

Tabla 15*Registro de direccionamiento de red*

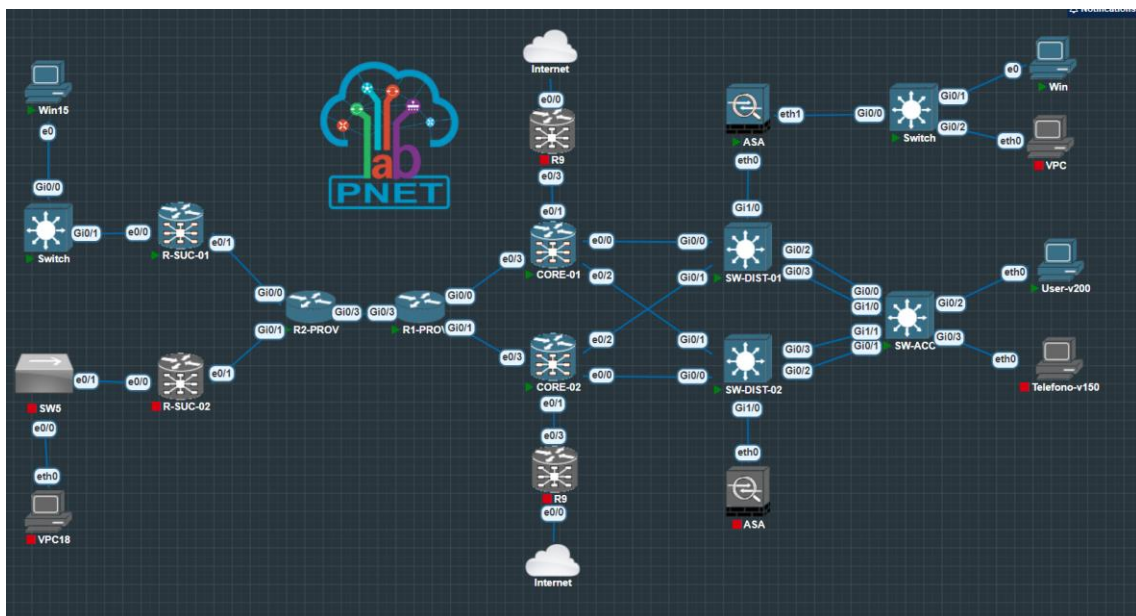
Dispositivo	Interface	Ip	Mascara	Descripción
Core01	e0/0	10.10.100.18	255.255.255.252	to_SW-DIST-01
	e0/1			to_INTERNET
	e0/2	10.10.100.14	255.255.255.252	to_SW-DIST-02
	e0/3	10.10.100.21	255.255.255.252	to_WAN
Core02	e0/0	10.10.100.10	255.255.255.252	to_SW-DIST-01
	e0/1			to_INTERNET
	e0/2	10.10.100.6	255.255.255.252	to_SW-DIST-02
	e0/3	10.10.100.25	255.255.255.252	to_WAN
SW-DIST-01	G0/0	10.10.100.17	255.255.255.252	to_CORE-01
	G0/1	10.10.100.5	255.255.255.252	to_CORE-02
	G0/2	NA	NA	PortChannel01
	G0/3	NA	NA	PortChannel01
	G1/0	10.10.100.1	255.255.255.252	to_FW-DC
	int vlan 150	192.168.2.2	255.255.255.0	Telefonica
	int vlan 200	10.10.0.2	255.255.255.0	Usuarios
SW-DIST-02	G0/0	10.10.100.9	255.255.255.252	to_CORE-01
	G0/1	10.10.100.13	255.255.255.252	to_CORE-02
	G0/2	NA	NA	PortChannel02
	G0/3	NA	NA	PortChannel02
	G1/0	NA	255.255.255.252	to_FW-DC
	int vlan 150	192.168.2.3	255.255.255.0	Telefonica
	int vlan 200	10.10.0.3	255.255.255.0	Usuarios
R1-PROV	G0/0	10.10.100.22	255.255.255.252	to_CORE-01
	G0/1	10.10.100.26	255.255.255.252	to_CORE-02
	G0/3	11.0.0.1	255.255.255.0	to_WAN_PROV
R2-PROV	G0/0	10.10.100.30	255.255.255.252	to_SUC_01
	G0/1	10.10.100.34	255.255.255.252	to_SUC_02
	G0/3	11.0.0.2	255.255.255.0	to_WAN_PROV
R-SUC-01	e0/1	10.10.100.29	255.255.255.252	to_WAN
	e0/0	10.10.10.0	255.255.255.0	to_LAN
R-SUC-02	e0/1	10.10.100.33	255.255.255.252	to_WAN
	e0/0	10.10.11.0	255.255.255.0	to_LAN

4.4. Simulación

La simulación del diseño de la red de telecomunicaciones se realizó mediante el software PNetLab, desde el cual hemos podido imitar el comportamiento de una red real utilizando una cantidad reducida de dispositivos. La Figura 58, muestra la interfaz que ofrece el software PNETLab, sobre el cual se simuló los elementos lógicos que contiene la red de telecomunicaciones.

Figura 58

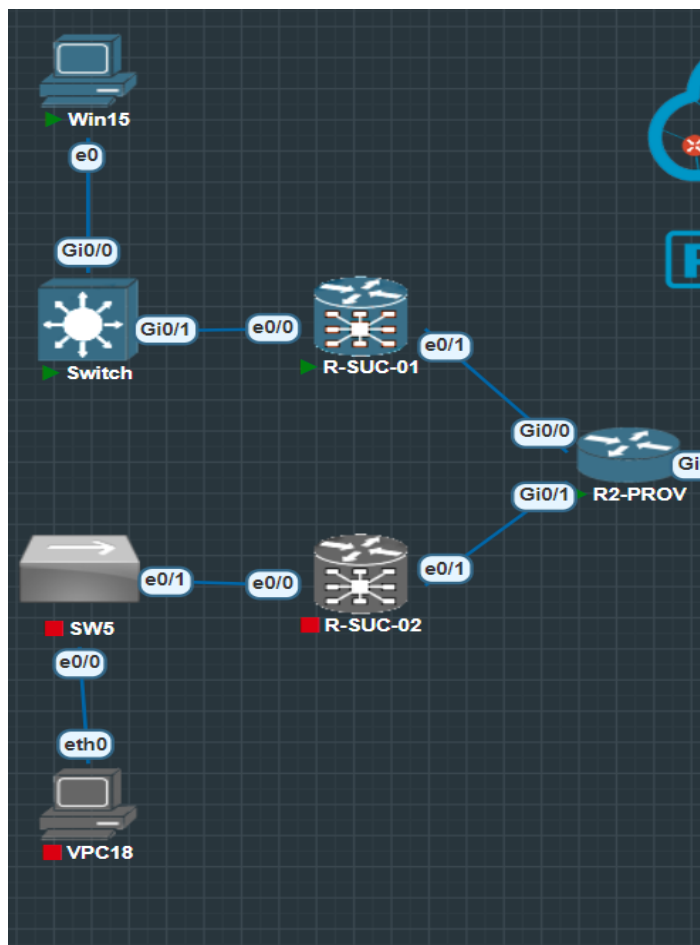
Diseño lógico de la red en la Interfaz PNETLab



A nivel de simulación se ha utilizado la palabra Sucursal (y su abreviatura Suc.) para hacer referencia a los establecimientos de salud ubicados en zonas rurales, la abreviatura R-PROV para hacer referencia a los router de frontera de la WAN (RDNFO), la abreviatura CORE, Dist, Acc y ASA para hacer referencia a los router de CORE, Switch de distribución, switch de acceso y firewall respectivamente. La figura 59, muestra a las sucursales conectándose a los nodos de conexión de la RDNFO (descritos como R1-PROV y R2-PROV).

Figura 59

Conexión desde Sucursal - RDNFO en PNETLab



Para lograr imitar el comportamiento de la red WAN (RDNFO), se realizó la simulación de dos router (designados como R1-PROV y R2-PROV) con el fin de imitar los dispositivos de frontera que se comunican con los demás elementos de la red de telecomunicaciones. La figura 60, muestra los dispositivos R1-PROV y R2-PROV.

Figura 60

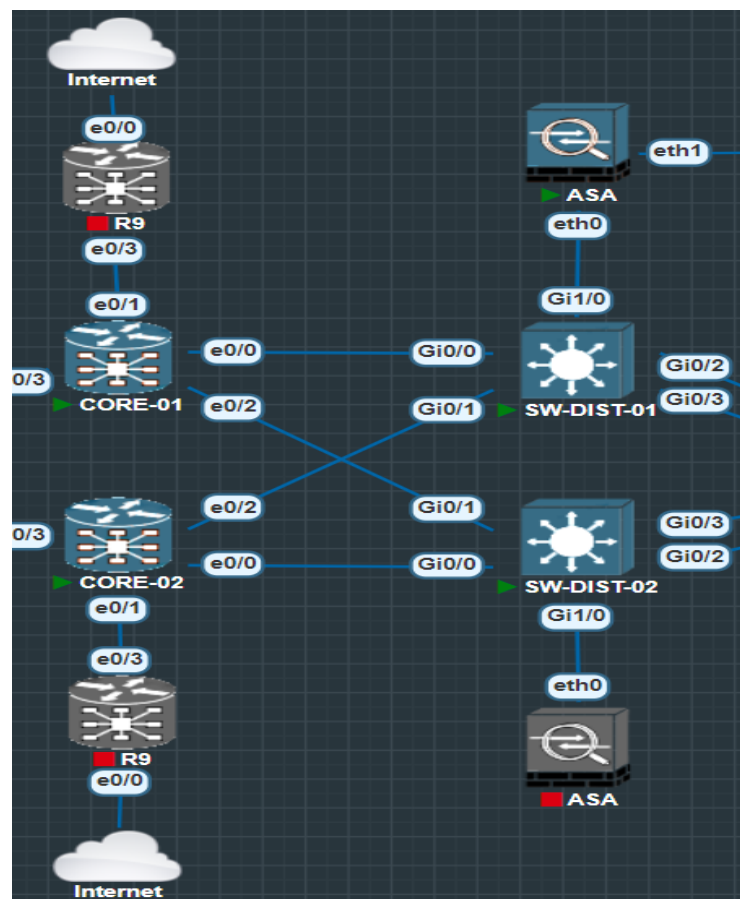
Dispositivos para simulación de la WAN (RDNFO) en PNETLab



La figura 61, muestra los dispositivos seleccionados para la simulación de las etapas de CORE, Distribución y ASA.

Figura 61

Dispositivos en etapas CORE, Distribución y Asa en PNETLab



Las configuraciones de interfaces, ruteo, protocolos, alta disponibilidad, etc., fueron descritas en la sección de diseño lógico, por lo que se realizó las pruebas de conectividad de la red en el software PNETLab.

De la Tabla 14, sabemos que la dirección IP 10.10.10.10 pertenece a un usuario dentro de la red Sucursal 1 (establecimiento de salud en zona rural), además podemos identificar que la dirección 10.10.0.10 pertenece a las direcciones disponibles para los usuarios dentro del Hospital Regional de Tacna. La figura 62, muestra la prueba de conectividad desde un usuario de la Sucursal 1 hasta un usuario del Hospital Regional de Tacna.

Figura 62

Prueba de conectividad Sucursal 1 (rural) – Usuarios (Hospital)

```

C:\Users\user1>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Local Area Connection:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::8882:abe4:136c:7ef0%11
    IPv4 Address. . . . . : 10.10.10.10
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 10.10.10.1

Tunnel adapter isatap.{8C7FD320-1640-4A93-8FAP-E6FE377EA0D9}:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 

Tunnel adapter Teredo Tunneling Pseudo-Interface:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 

C:\Users\user1>ping 10.10.0.10

Pinging 10.10.0.10 with 32 bytes of data:
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 10.10.0.10: bytes=32 time=23ms TTL=59
Reply from 10.10.0.10: bytes=32 time=22ms TTL=59

Ping statistics for 10.10.0.10:
    Packets: Sent = 4, Received = 2, Lost = 2 (50% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 22ms, Maximum = 23ms, Average = 22ms

C:\Users\user1>
  
```

De igual manera, se realizó la prueba de conectividad en sentido contrario, ejecutándose desde un usuario de la red en el Hospital Regional de Tacna hasta un usuario de la Sucursal 1 (Establecimiento de salud rural).

Figura 63

Prueba de conectividad Usuario (Hospital) – Sucursal 1 (rural)

```
VPCS> SH IP
Bad command: "SH IP". Use ? for help.

VPCS> show ip

NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 10.10.0.10/23
GATEWAY    : 10.10.0.1
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:57
LPORT     : 20000
RHOST:PORT : 127.0.0.1:30000
MTU       : 1500

VPCS> ping 10.10.10.10

84 bytes from 10.10.10.10 icmp_seq=1 ttl=123 time=39.921 ms
84 bytes from 10.10.10.10 icmp_seq=2 ttl=123 time=28.196 ms
84 bytes from 10.10.10.10 icmp_seq=3 ttl=123 time=21.460 ms
84 bytes from 10.10.10.10 icmp_seq=4 ttl=123 time=27.721 ms
84 bytes from 10.10.10.10 icmp_seq=5 ttl=123 time=19.956 ms

VPCS>
```

CAPÍTULO V: DISCUSIONES

El diseño propuesto, en conjunto con la elección de dispositivos y de protocolos usados permitieron la obtención de resultados eficientes para el propósito que se dispuso para el sistema.

En el diseño se consideró la utilización de una red basada en fibra óptica, sin embargo, no es la única manera de implementar la telemedicina, tal y como lo demuestra Checca (2017) quien logro un diseño utilizando el estándar 802.11AC en la banda de 5.8 GHz. La diferencia radica en el alcance de la red de telecomunicaciones y consecuentemente la red de telemedicina, la utilización de la red basada en fibra óptica permite alcanzar largas distancias manteniendo una red segura a través de métodos de redundancia y alta disponibilidad. Checca (2017) también concluye que requiere la ayuda de operadores locales para habilitación de los servicios en los centros de salud del distrito de Acora, la diferencia con la red que planteamos radica en que el gran soporte para el transporte del tráfico se da a través de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, determinando que la red propuesta no requiere la utilización de redes empresariales externas.

Otro punto de gran consideración es la escalabilidad de la red de comunicaciones, la cual fue pensada para soportar servicios y aplicaciones de telemedicina, sin embargo, al estar basada en fibra óptica, la característica de escalabilidad genera la posibilidad de acceso a otras redes diferentes. Bravo y Lucero (2017) logran cubrir el ancho de banda de la red de telemedicina que proponen a través de un sistema de radio enlace, sin embargo la problemática de los pobladores de las zonas rurales de la región de Tacna va más allá del acceso a servicios médicos de calidad, en ese sentido los nodos de la red de comunicaciones se diseñaron para la admisión de otras redes que podrían satisfacer requerimientos de otras instituciones como la Policía Nacional del Perú o colegios, logrando acortar aún más la brecha social.

Los resultados de distintos autores, tales como Galarreta y Gil (2018), Pérez et al. (2019) sumados al nuestro, indican que el diseño de la red de telemedicina ayuda a la correcta gestión de los servicios médicos, generando reducción de tiempos, optimización de los costos, diagnósticos consensuados y a la vez brindar servicios médicos de calidad.

Para culminar, los resultados indican que es posible la implementación de una red basada en fibra, sin embargo, la determinación de la tecnología a usar depende mucho de la zona geográfica, el acceso a la localidad y los recursos tecnológicos con los que se cuenta, tal como lo indican Rivera y Ramírez (2019) quienes indican que para tales casos se requieren diseños únicos.

CONCLUSIONES

Se realizó el diseño de una red de telecomunicaciones, definiendo componentes, arquitectura, topología física y lógica a fin de poder llevar los servicios de telemedicina a los establecimientos de salud de la zona rural.

Se definió los servicios de telemedicina que requieren los pobladores de las zonas rurales, quienes, según los datos mostrados, conviven con servicios médicos de mala calidad. Así mismo se determinó las aplicaciones necesarias para llevar a cabo las tareas de telemedicina.

Se define la red basada en tecnologías ópticas como medio de transporte óptimo para la transmisión de señales, además de dotar a la red de características importantes tales como lo son la escalabilidad, alto ancho de banda, velocidad e inmunidad a interferencias por condiciones ambientales.

La Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, a través de su infraestructura, permite que usuarios de distintos puntos a nivel nacional puedan acceder a una red WAN de alta velocidad, confiabilidad y segura.

A través de la correcta elección de dispositivos y las características de la fibra óptica, se determina una red de telecomunicaciones escalable y disponible a nuevas redes, pudiendo conectar instituciones del estado como municipalidades, colegios, comisarias o proveedores de servicios.

A través de la simulación, se verifica la conectividad ente los usuarios de la red propuesta, demostrando la correcta elección de dispositivos de la red, topologías y configuraciones, respaldando la viabilidad del diseño propuesto.

Se determinó que la telemedicina en Tacna y a nivel nacional no recibe la atención requerida, a pesar de ser un área del sector salud con mucho potencial y determinante al momento de acortar brechas sociales, además de dotar de servicios médicos de calidad a la población de zonas rurales del país.

RECOMENDACIONES

La coyuntura actual, con respecto a nuestras vivencias, nos exigen estar al tanto de los cambios tecnológicos y el campo de las TICs no es la excepción. Los múltiples beneficios sociales, económicos y tecnológicos que logran el establecimiento de las comunicaciones a través de las tecnologías de la información requieren que prestemos atención a las necesidades de la población y que, a través de ellas se logren cubrir vacíos tecnológicos, servicios, conocimientos, seguridad, información para un sector de la población que desde siempre ha vivido marginado, como lo son las zonas rurales.

Es necesario impulsar la telemedicina a nivel nacional, además de capacitar y concientizar a la población al uso y acceso a la tecnología, a fin de poder satisfacer necesidades básicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calvillo, A. (2013). Estudio y Diseño de una Red WiMAX para dar Covertura en un Entorno Rural. Universidad Politecnica de Valencia.
- CRT Tele. (s. f.). Amortiguador de vibración espiral para cable ADSS. <http://www.crttele.com/amortiguador-de-vibracion-espiral-para-cable-adss.html>
- Decreto Legislativo N° 1490. (2020). Decreto Legislativo que fortalece los alcances de la Telesalud . Diario oficial el peruano: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-fortalece-los-alcances-de-la-telesal-decreto-legislativo-n-1490-1866212-2/>
- Electromecanica JYD. (s. f.). Kit de reserva de cable. <https://electromecanicajyd.com/producto/kit-reserva-de-cable/>
- FS Community . (2021). LAN vs MAN vs WAN: ¿Cuál es la diferencia? [fotografía]. Obtenido de community.fs: www.community.fs.com
- Hernández, J. (2000). Sistemas de Comunicación por Satelité Utilización en los Sistemas de Navegación por Aeronáuticos . Universidad Politécnica de Madrid.
- INSALUD. (2000). Plan de Telemedicina del Insalud. Ministerio de Sanidad y Consumo .
- Instituto Nacional de Salud y Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. (s.f.). Sala situacional Covid-19 Perú. Ministerio de Salud: www.covid19.minsa.gob.pe.com
- Jimenez, L. (s.f.). Tipos de Redes WAN. Obtenido de UE Luis Felipe Borja del Alcazar: www.unidosomosmaz.com
- Kuzmar, I. (2016). Cómo Crear un Servicio de Telemedicina . Ediciones Universidad Simón Bolívar .
- Kuzmar, I., Rizo, M., & Cortés, E. (2014). Cómo Crear un Servicio de Telemedicina. Actualidad Médica.
- Liberatori, M. (2018). Redes de Datos y sus Protocolos . EUDEM.

- Muñoz, C. C. (2013). Diseño De Una Red De Telecomunicaciones De Banda Ancha Para La Región Tumbes. Tomado de Pontificia Universidad Católica Del Perú: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4600/MUNOZ_CYNTHIA_BANDA_ANCHA_TUMBES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ORAS-CONHU. (2006). Telemedicina. Kroma Industria Gráfica Ltda.
- Peña, J., Quero, E., & García, A. (2007). Mantenimiento de Portales de La Información . Tomson Editores Spain.
- Proaño, G. S. (2009). Estudio Técnico Comparativo de Redes LAN Alámbricas e Inalámbricas. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Zapata, M. (1997). Redes Telemáticas: Educación a distancia y educación cooperativa. Pixel BIT Revista de Medios y educación.
- Stallings, W. (2002). Comunicaciones y redes de computadores, Sexta Edición. Prentice Hall.
- Rouse, M. (2016). Red de Área Extensa (WAN). Obtenido de Computer Weekly: www.computerweekly.com
- Santos, M. (2012). La Última Milla. Obtenido de Redes Telemáticas: www.redestelematicas.com
- Sendín, A. (2008). Tecnologías de Acceso para la ICTs. Ediciones Experiencia S.L.
- Tinoco, J. (2011). Estudio y Diseño de Una Red De fibra Óptica FTTH para Brindar Servicio de Voz , Video y Datos para La Urbanización Los Olivos Ubicada en el Sector Toctsol en La Parroquia Borrero de la Ciuda de Azogues. Universidad Politécnica Salesiana .
- Technowired. (s. f.). Fibras ópticas y herrajes. <http://www.technowired.net/fibras-opticas/>
- Wilson, K. (2019). Introducing BlueJeans Virtual Breakout Sessions [Fotografía]. Bluejeans Meeting: <https://www.bluejeans.com/blog/introducing-bluejeans-breakout-sessions>.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

“Diseño de un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina para el acceso remoto a los servicios médicos especializados del Hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las zonas rurales de la región Tacna”

Planteamiento de problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Indicador	Método
¿En qué medida el diseño de un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina permitirá que los establecimientos de salud de las zonas rurales de la región Tacna accedan de manera remota a los servicios médicos especializados que se brindan en el Hospital Regional de Tacna?	El diseño de un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina permitirá el acceso remoto a los servicios médicos especializados del Hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las	OBJETIVO GENERAL Diseñar un sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina para el acceso remoto a los servicios médicos especializados del Hospital Regional de Tacna desde los establecimientos de salud ubicados en las	VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema de telecomunicaciones aplicado a la telemedicina. VARIABLE DEPENDIENTE Acceso remoto a los servicios médicos especializados del Hospital Regional de Tacna desde los	Ubicación de los nodos de la red. Conexiones virtuales de la red.	TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Investigación experimental

	zonas rurales de la región Tacna.	<p>zonas rurales de la región Tacna.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Identificar y definir los servicios de telemedicina requeridos por los establecimientos de salud de las zonas rurales de la región Tacna.</p> <p>Diseñar la topología física y lógica del sistema de telecomunicaciones.</p>	establecimientos de salud ubicados en las zonas rurales de Tacna.		
--	-----------------------------------	---	---	--	--

Anexo 2 Configuración de nodos

“Parámetros OSPF/BGP”

Configuración OSPF/BGP					
CORE-01			CORE-02		
lo 0	1.1.1.1	255.255.255.0	lo 0	2.2.2.2	255.255.255.0
router ospf	1		router ospf	1	
router id	11.11.11.11		router id	22.22.22.22	
router bgp	1		router bgp	2	
router área	1		router área	2	
R1-PROV					
lo 0	11.11.11.11	255.255.255.0	lo 1	22.22.22.22	255.255.255.0
router bgp	11		router bgp	11	
router área	11		router área	11	
R-SUC-01			R-SUC-02		
lo	3.3.3.3		lo	4.4.4.4	
router bgp	101		router bgp	102	
router área	101		router área	102	
R2-PROV					
lo 0	33.33.33.33	255.255.255.0	lo 1	44.44.44.44	255.255.255.0
router bgp	201		router bgp	202	
router área	201		router área	202	