



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja
Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos
Naturales no Renovables

Maestría en Telecomunicaciones

Diseño de una solución para integrar la red de telefonía IP con la red de radiocomunicación de la Central Eólica Villonaco mediante tecnología RoIP.

Trabajo de Investigación previa a la obtención del título de Magíster en Telecomunicaciones

AUTOR:

Ing. Nelson Gustavo Paute Cuenca

DIRECTOR:

Ing. Marco Augusto Suing Ochoa, Mg. Sc.

LOJA – ECUADOR

2023

Certificación

Loja, 08 de junio de 2023

Ing. Marco Augusto Suing Ochoa Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de una solución para integrar la red de telefonía IP con la red de radiocomunicación de la Central Eólica Villonaco mediante tecnología RoIP**, previo a la obtención del título de **Magíster en Telecomunicaciones**, de autoría del estudiante **Nelson Gustavo Paute Cuenca** , con **cédula de identidad N°1103338461** , una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Marco Augusto Suing Ochoa Mg. Sc.

DIRECTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Autoría

Yo, **Nelson Gustavo Paute Cuenca**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula de Identidad: 1103338461

Fecha: 15 junio 2023.ii3

Correo electrónico: nelson.paute@unl.edu.ec; nelsongpc@hotmail.com

Teléfono: 0986269440

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Nelson Gustavo Paute Cuenca**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de una solución para integrar la red de telefonía IP con la red de radiocomunicación de la Central Eólica Villonaco mediante tecnología RoIP.**, como requisito para optar el título de **Magíster Telecomunicaciones**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de junio de dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: Nelson Gustavo Paute Cuenca

Cédula: 1103338461

Dirección: Cdla. La Paz, Manuel de J. Lozano y Antonio Navarro.

Correo Electrónico: nelson.paute@unl.edu.ec; nelsongpc@hotmail.com

Teléfono: 0986269440

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director de Trabajo de Titulación: Ing. Marco Augusto Suing Ochoa Mg. Sc.

Dedicatoria

Doy gracias a Dios porque gracias a su infinito amor ha permitido culminar con este objetivo, dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia en especial a mi querida madrecita Guillermina allá en el cielo, quien dio todo en vida por mi preparación y superación.

También quiero dedicar a mi esposa María Isabel, a mis hijas Ma. Ángeles, Anita, Alejandrita por su cariño y apoyo incondicional, y en especial a mi pequeña hija Emma Isabella, quien es un milagro de vida, que nos demostró que con valentía todo se puede superar, siendo mi inspiración para cursar y finalizar con esta maestría.

Nelson Gustavo Paute Cuenca

Agradecimiento

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, a todos los profesores quienes con las enseñanzas de sus conocimientos han hecho posible mi crecimiento profesional, gracias a cada uno de ustedes por su dedicación, apoyo y amistad.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Marco Augusto Suing Ochoa Mg. Sc., por su dedicación, enseñanza y acertados consejos que ha permitido el desarrollo y exitosa culminación del presente trabajo de investigación.

Finalmente agradezco el apoyo de mis familiares, amigos y compañeros de maestría, quienes en el transcurso de estos estudios han contribuido con conocimientos, colaboración y su sincera amistad.

Nelson Gustavo Paute Cuenca

Índice de Contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de Contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras:.....	xi
1. titulo.....	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstracto.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	6
4.1. Central Eólica Villonaco.....	6
4.1.1. Tecnologías de la Información y Comunicación TIC GENSUR.....	6
4.1.2. Sistema de Radiocomunicación Villonaco.....	7
4.1.2.1. Esquema de repetidores.....	7
4.1.2.2. Componentes.....	8
4.1.3. Red de Datos CELEC EP – GENSUR.....	9
4.1.3.1. Ancho de Banda WAN GENSUR.....	10
4.1.3.2. Monitoreo de la Red Central Villonaco.....	11
4.1.4. Call Manager GENSUR.....	13
4.2. Redes de Computadoras.....	14
4.2.1. Tipos de redes de Computadora.....	14
4.2.2. Modelos de Red.....	14
4.2.2.1. Modelos OSI.....	15
4.2.2.2. Modelos TCP/IP.....	15
4.3. Telefonía Tradicional.....	16
4.3.1. PSTN.....	16
4.3.2. Señalización de voz sobre circuitos digitales.....	17
4.4. VoIP.....	18
4.4.1. Telefonía IP.....	18
4.4.2. Comparación entre VoIP y Telefonía IP.....	18
4.4.3. Ventajas de VoIP.....	18
4.4.4. Desventajas de VoIP.....	19
4.4.5. Arquitectura de VoIP.....	19
4.4.5.1. Teléfonos IP.....	20
4.4.5.2. Gateways y Adaptadores Analógicos.....	21
4.4.5.3. Softphones.....	21
4.4.5.4. Proxis o Enrutadores.....	21

4.4.6. Protocolos de Señalización.....	22
4.4.6.1. H.323.....	22
4.4.6.2. SIP.....	22
4.4.6.3. SGCP.....	23
4.4.6.4. MGCP.....	23
4.4.6.5. IAX.....	23
4.4.7. Calidad de Voz.....	24
4.4.7.1. Códecs.....	24
4.4.7.2. Códec de Audio.....	24
4.4.7.3. Códec de Video.....	25
4.4.8. Protocolo SIP.....	26
4.4.9. Calidad de Servicio.....	29
4.4.9.1. Calidad de Servicio QoS.....	29
4.4.9.2. QoS aplicado a la voz sobre IP.....	30
4.4.9.3. Esquemas de Manejo de Congestión de Red.....	30
4.5. Radio Frecuencia.....	30
4.5.1. Radiocomunicación.....	31
4.5.2. Espectro Radioeléctrico.....	31
4.5.3. Estaciones Radioeléctricas.....	31
4.5.4. Modo de Explotación.....	31
4.5.5. Sistema HF, VHF Y UHF.....	31
4.5.5.1. Sistemas HF (High frequencies).....	32
4.5.5.2. Sistemas VHF (Very High Frequencies).....	32
4.5.5.3. Sistemas UHF (Ultra High Frequencies).....	32
4.6. RoIP.....	32
4.6.1. Beneficios de RoIP.....	34
4.6.2. Diagrama de Bloque de RoIP.....	34
5. Metodología.....	36
5.1. Consumo de ancho de banda.....	36
5.2. Configuración QoS para VoIP.....	38
5.3. Diseño propuesto para solución RoIP.....	39
5.4. Equipos del Mercado RoIP.....	39
5.4.1. RoIP102 – Gateway de 1 canal radio sobre IP.....	39
5.4.2. IPR100 Omnitronics.....	40
5.4.3. TVX-RoIP3, Team Vox.....	40
5.4.4. VE-PG3, ICOM.....	41
5.5. Requerimientos de la Institución.....	42
6. Resultados.....	43
6.1. Modo convertidor.....	45
6.2. Conexión con Radio Virtual.....	45

6.3.	Conexión con Sistema de Radiocomunicación.....	46
6.4.	Integración de Radio con Telefonía.....	47
6.5.	Requisitos para conexión del VE-PG3	48
6.6.	Configuración del VE-PG3.....	48
7.	Discusión	51
8.	Conclusiones.....	52
9.	Recomendaciones	53
10.	Referencias bibliográficas	54
11.	Anexos	55

Índice de Tablas:

Tabla 1. Ancho de banda WAN GENSUR.	10
Tabla 2. Características Códec de Video.....	26
Tabla 3. Inventario de equipos	36
Tabla 4. Comparativa de Equipos	43

Índice de Figuras:

Figura 1. Organigrama TIC GENSUR.....	7
Figura 2 . Esquema repetidores Radiocomunicación CEV.....	8
Figura 3. Red WAN CELEC EP - GENSUR.....	9
Figura 4. Red LAN – Central Villonaco.	10
Figura 5 . Interfaz LAN Villonaco anual	11
Figura 6. Interfaz LAN Villonaco mensual.....	12
Figura 7. Interfaz Call Manager anual	12
Figura 8. Interfaz Call Manager mensual.....	13
Figura 9. Telefonía IP - GENSUR.....	14
Figura 10. Modelo OSI	15
Figura 11. Modelo TCP/IP	16
Figura 12. Canal asociado CAS	17
Figura 13. Canal común CCS.....	17
Figura 14. Arquitectura VoIP.....	20
Figura 15. Teléfonos IP.....	21
Figura 16. Softphone	21
Figura 17. Esquema de enrutado en un entorno SIP	22
Figura 18. Características Protocolo SIP	26
Figura 19. Arquitectura Protocolo SIP	27
Figura 20. Llamadas SIP	27
Figura 21. Llamadas SIP con intermediarios	28
Figura 22. Proceso de Registro	28
Figura 23. Registro Completado	29
Figura 24. Diagrama de Bloques IP	35
Figura 25. Configuración QoS	38
Figura 26. Modelo propuesto para solución.....	39
Figura 27. Equipo RoIP102.....	40
Figura 28 . Equipo IPR100 de OMNITRONICS	40
Figura 29. Equipo TVX-RoIP de TEAM VOX	41
Figura 30. Equipo VE-PG3 de ICOM.....	42
Figura 31. VE-PG3 Modo convertidor.....	45
Figura 32. VE-PG3 en esquema Radio Virtual	45
Figura 33. VE-PG3 Cable conector	46

Figura 34. VE-PG3 Puertos posteriores	46
Figura 35. VE-PG3 Puertos delanteros	47
Figura 36. VE-PG3 Integrando Radio y Telefonía IP	47
Figura 37. <i>VE-PG3 Diagrama Solución</i>	47
Figura 38. VE-PG3 Pantalla Configuración.....	49
Figura 39. VE-PG3 Configuración IP	49
Figura 40 . VE-PG3 Configuración Convertidor	50

Anexos:

Anexo 1. Datasheet RoIP102	55
Anexo 2. Datasheet OMNITRONICS IPR100	56
Anexo 3. Datasheet TEAMVOX, TVX-RoIP3	57
Anexo 4. Datasheet ICOM – VE-PG3	58
Anexo 5. Certificado Traducción del resumen.....	59

1. Título

Diseño de una solución para integrar la red de telefonía IP con la red de radiocomunicación de la central eólica villonaco mediante tecnología RoIP.

2. Resumen

El trabajo de titulación consiste en el diseño de una propuesta de solución para la integración de la red de VoIP (Voice over Internet Protocol) de TI (Tecnología de la Información) con la red de radiocomunicación de la Central Eólica Villonaco de CELEC EP, a través de la tecnología RoIP (Radio Over Internet Protocol), con la finalidad de extender las comunicaciones del Parque Eólico con sala de operación, jefatura de central, mantenimiento y oficinas administrativas en la ciudad de Loja, considerando altos niveles de escalabilidad, seguridad, minimizar costos de implementación, aprovechando la tecnología y red de datos actual.

Se analizará la infraestructura tecnológica con la que cuenta la institución, canales de comunicación, anchos de banda actuales y disponibilidades, consumo de equipos, análisis y diseño de QoS para priorizar la VoIP en la red de la Central. Posteriormente se analizarán equipos del mercado con la tecnología RoIP, evaluando sus características y prestaciones a través de una comparativa de sus datasheet, lo que finalmente nos permitirá determinar cuál es la solución más conveniente para los intereses de comunicación en la Central Eólica Villonaco.

Palabras Clave:

VoIP (Voice over Internet Protocol), TI (Tecnología de la Información), RoIP (Radio Over Internet Protocol), QoS (quality of service).

2.1. Abstract

The degree work consists of the design of a solution proposal for the integration of the VoIP (Voice over Internet Protocol) network of IT (Information Technology) with the radio communication network of the Villonaco Wind Power Plant of CELEC EP, through the RoIP (Radio Over Internet Protocol) technology, to extend the communications of the Wind Farm with the operation room, headquarters, maintenance and administrative offices in the city of Loja, considering high levels of scalability, security and minimizing implementation costs, taking advantage of the current technology and data network.

The technological infrastructure of the institution, communication channels, current bandwidth and availability, equipment consumption, QoS analysis, and design will be analyzed to prioritize VoIP in the central network. Subsequently, market equipment with RoIP technology will be analyzed, evaluating its features and performance through a comparison of their datasheet, which will finally allow me to determine which is the most suitable solution for the communication needs in the Villonaco Wind Power Plant.

Keywords:

- VoIP (Voice over Internet Protocol),
- IT (Information Technology),
- RoIP (Radio Over Internet Protocol),
- QoS (quality of service).

3. Introducción

La Central Eólica Villonaco se encuentra al sur del Ecuador, en la provincia de Loja, entre los cantones Loja y Catamayo, a 2720 m s.n.m, con una velocidad de viento promedio de 12.4 m/s. En su emplazamiento cuenta con 11 aerogeneradores, con una capacidad de generación energética de 16,5 MW, con la cual aporta al Sistema Nacional Interconectado 1.411 GWh/año de energía limpia desde el año 2013.

La Unidad de Negocio GENSUR de CELEC EP, a través de sus departamentos de operación, mantenimiento y Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, son el ente gestor de la administración de la infraestructura tecnológica y comunicaciones en la Central Villonaco, siendo los encargados de la planificación y ejecución del mantenimiento anual de la Central.

Anualmente, se ejecutan mantenimientos programados mecánicos, eléctricos, de lubricación y limpieza, para lo cual, se cuenta con un sistema de radiocomunicación que cubre las áreas del Parque Eólico y Subestación, lo que permite la comunicación entre aéreos y con la base en el cuarto de control en la Subestación, adicionalmente, la central cuenta con una red LAN de datos y el servicio de VoIP para las comunicaciones entre departamentos y el área administrativa en la ciudad de Loja, siendo este el propósito del presente proyecto la comunicación entre estas áreas a través de la telefonía VoIP con el sistema de radiocomunicación.

En el primer capítulo del presente trabajo de investigación, se muestra la tecnología con la que cuenta la institución, esquema de radiocomunicación, red LAN de datos, consumos del ancho de banda del canal, conceptos generales para el conocimiento de lo que son las redes computacionales, VoIP, telefonía IP, diferencia de estas, protocolos de comunicación, de los cuales he considerado enfatizar y ampliar sobre el protocolo SIP y la tecnología RoIP, tecnología que se aplicará para la solución recomendada.

Finalmente, he creído importante realizar un análisis de la prestación tecnológica con la que cuenta la institución y de los equipos con tecnología RoIP, mediante un esquema comparativo de características y prestaciones, el cual permitirá determinar la mejor opción para la propuesta de solución para la integración de las redes de VoIP y radiocomunicación en la Central Eólica Villonaco de la unidad de negocio GENSUR de CELEC EP.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar una solución que integre la red de VoIP con la red de radiocomunicación mediante la tecnología RoIP, para ampliar la intercomunicación en la Central Villonaco con los demás departamentos.

Objetivos específicos

- Analizar el sistema de radiocomunicación existente con un enfoque de fusión con la red de VoIP a través de equipos con tecnología RoIP.
- Identificar el software y hardware necesario para establecer la conectividad entre la red de radiocomunicación y la red de VoIP.
- Diseñar esquemas y diagramas de red finales de la integración de la red de radiocomunicación y VoIP.

4. Marco Teórico

4.1. Central Eólica Villonaco

La Unidad de Negocio GENSUR de CELEC EP, tiene a su cargo las Centrales Eólica Villonaco en la ciudad de Loja y Central Hidráulica Delsitanisagua en la ciudad de Zamora; la Central Eólica Villonaco se encuentra ubicada en la provincia de Loja a 2720 m.s.n.m entre los cantones Loja y Catamayo con una velocidad de viento promedio de 12.4 m/s; en su emplazamiento tiene en total 11 aerogeneradores con una capacidad de generación de 1.5 MW cada uno, resultando con una potencia instalada total de 16,5 MW con la cual aporta al Sistema Nacional Interconectado generando 1. 411 GWh/año de energía limpia desde el año 2013, cantidad de energía que al ser generada a través de una central térmica representaría el consumo de 101 millones de galones de diésel por año y la emisión de 716 mil toneladas de CO2 al año, es administrada por CELEC EP-GENSUR como parte de la generación de energía eléctrica, considerada como sector estratégico del país.

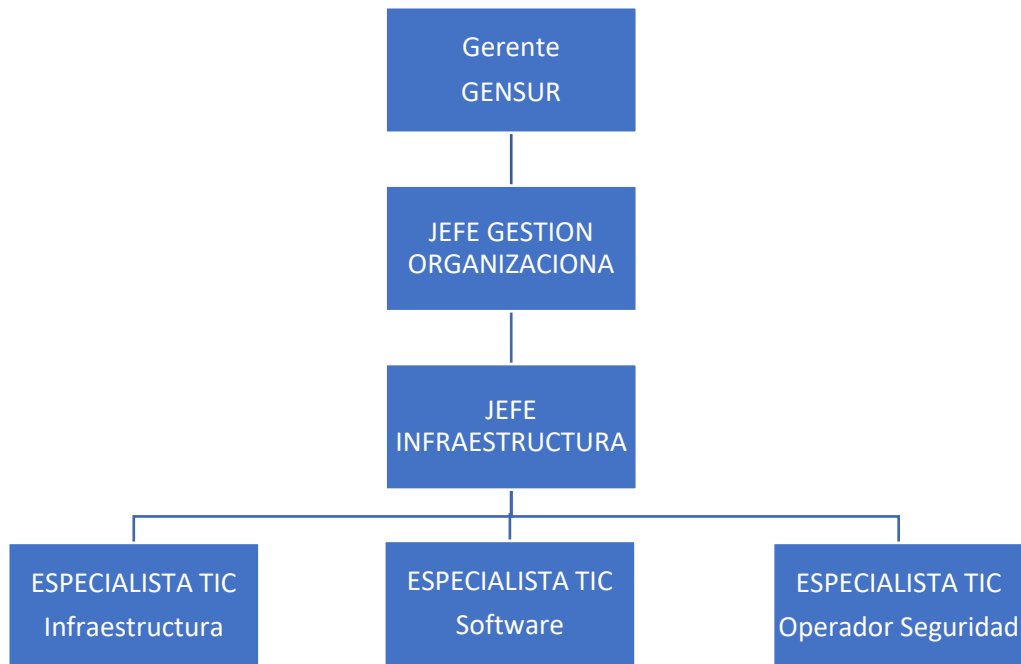
4.1.1. Tecnologías de la Información y Comunicación TIC GENSUR

El área de Tecnologías de la Información y Comunicación TIC de la Unidad de negocio GENSUR, se encuentra adscrita al departamento de Gestión Organización, y es quien se encuentra a cargo de la supervisión, administración y mantenimiento de la red TI y OT de las centrales a cargo de la Unidad de Negocio

La jefatura se encuentra integrada por un jefe de Gestión Organizacional, Asistente de Gestión Organizacional, jefe de Infraestructura Tecnológica y tres Especialista de TIC

Figura 1

Organigrama TIC GENSUR.



Nota. Nelson Paute, 2023.

4.1.2. Sistema de Radiocomunicación Villonaco

El sistema de comunicaciones con el que cuenta la Central Villonaco permite la integración de tecnología análoga y digital de equipos. Se utiliza repetidoras digitales, las mismas que nos permiten operar de forma transparente, es decir transmiten lo que reciben, si llega una señal análoga transmite de forma análoga, y si llega una señal digital transmite de forma digital localmente

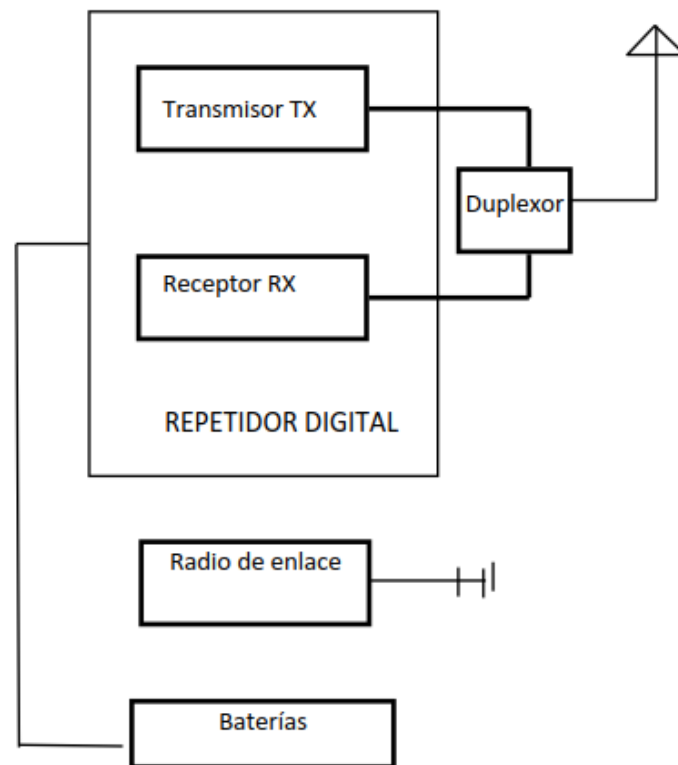
Los equipos Digitales tanto portátiles como bases - móviles, nos permiten interactuar o funcionar con sistemas análogos, es decir en un mismo canal podemos recibir las 2 señales al mismo tiempo análoga y digital, pero únicamente transmitir en una de las dos, dándonos como resultado que siempre en el canal que permanezcamos vamos a recibir la señal y únicamente nos cambiaremos de canal para transmitir ya sea de forma análoga o digital

4.1.2.1. Esquema de repetidores.

Los repetidores están ubicados en el cerro Villonaco, tienen por objeto retransmitir toda señal que ingresa en su frecuencia de recepción programada, dan cobertura de comunicación a los 11 aéreo generadores y central

Figura 2

Esquema repetidores Radiocomunicación CEV.



Nota. Especificaciones Empresa que Brinda el Servicio

4.1.2.2. Componentes.

El sistema de comunicaciones está compuesto por:

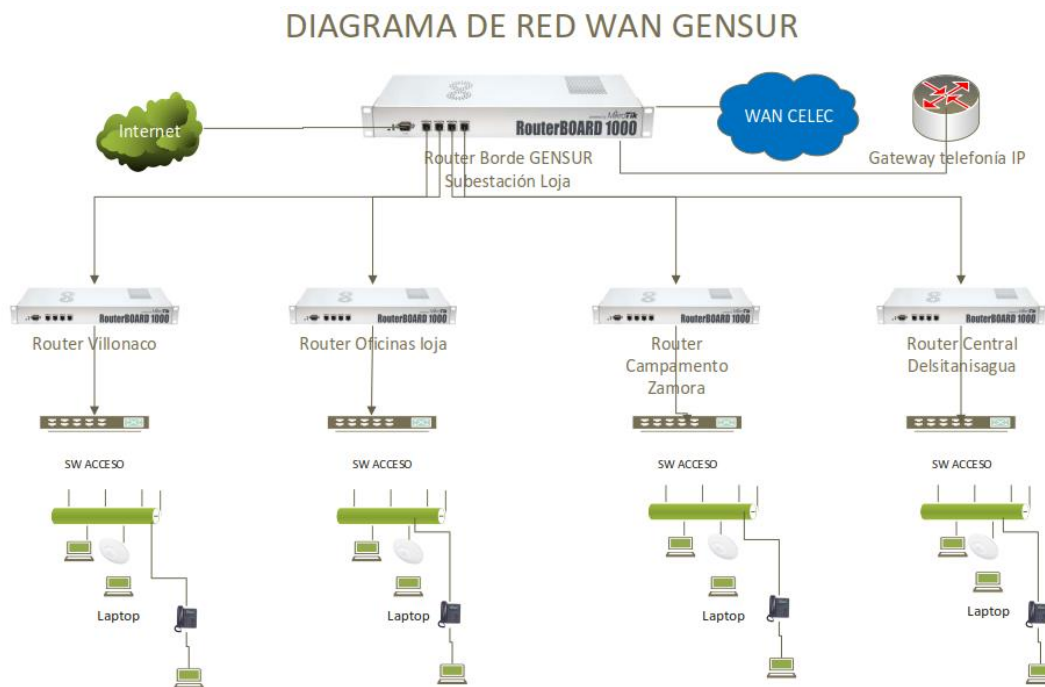
- Repetidoras: Equipos de comunicación que estarán ubicados en el cerro, que tiene por objeto retransmitir toda señal que ingresa en su frecuencia de recepción programada.
- Equipos Fijos: Transceptores instalados en sala de control, por lo que no se los puede mover fácilmente de un lugar a otro, programados en las frecuencias del sistema.
- Equipos móviles: Transceptores instalados en vehículos programados en las frecuencias del sistema.
- Equipos Portátil: Transceptores de mano con batería recargable, programados en las frecuencias del sistema.
- Radio enlaces: Transceptores semi dúplex o simplex ubicados junto a las repetidoras para llevar la señal de un circuito a otro.

4.1.3. Red de Datos CELEC EP – GENSUR

La Red de datos de la Unidad de Negocio GENSUR de CELEC EP, se encuentra administrada por el departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación, equipada con tecnología Mikrotik y sus enlaces de LAN son administrados y entregados por la Unidad de Negocio TRANSELECTRIC perteneciente a CELEC, a continuación, un esquema General de Red WAN de Gensur.

Figura 3

Red WAN CELEC EP - GENSUR

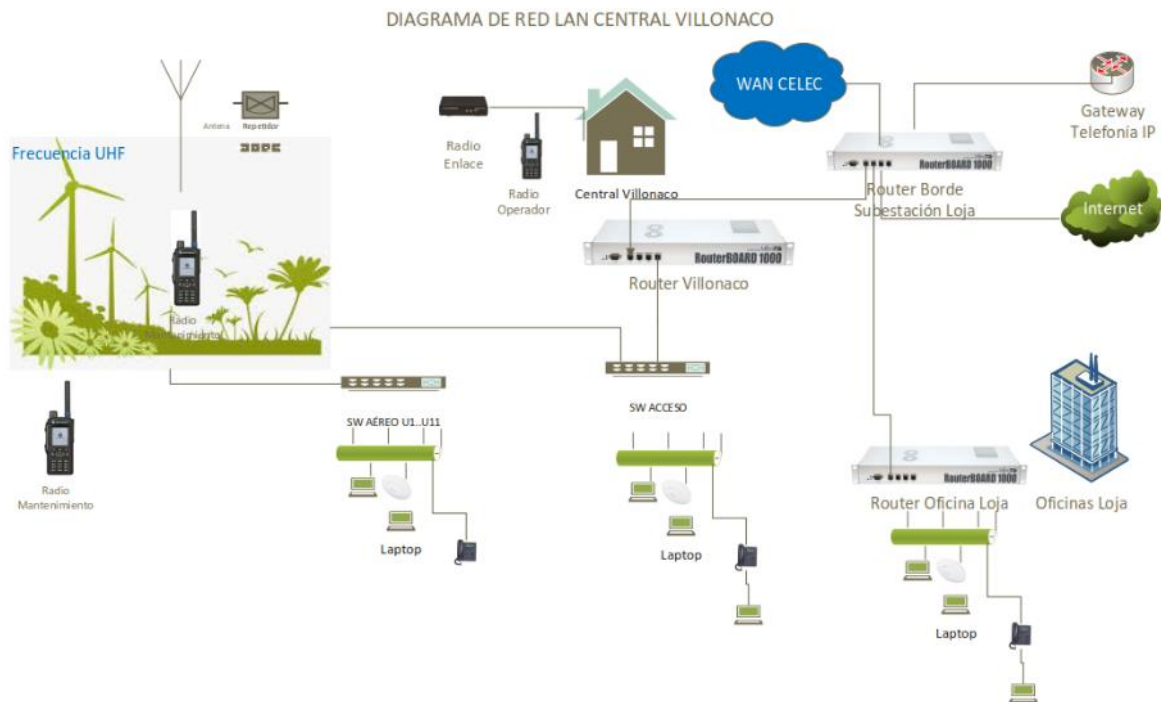


Nota. Nelson Paute, 2023.

Como el presente estudio hace referencia a la Central Villonaco, a continuación, un esquema de la Red LAN de la Central.

Figura 4

Red LAN – Central Villonaco.



Nota. Nelson Paute, 2023.

4.1.3.1. Ancho de Banda WAN GENSUR.

La unidad de negocio TRANSELECTRIC es quien se encarga de proveer los enlaces de datos para las unidades de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, es así que para GENSUR se tiene asignados los siguientes anchos de banda.

Tabla 1

Ancho de banda WAN GENSUR.

Enlace	Capacidad actual	Capacidad máxima de ampliación	Tipo de red
S/E LOJA MPLS - MIKROTIK BORDE	100 Mbps	100 Mbps	MPLS y conexión directa en la S/E Loja
Central Villonaco	80 Mbps	100 Mbps	Conversores FE/FO
Oficinas Loja	100 Mbps	100 Mbps	Conversores FE/FO
Campamento Zamora	60 Mbps	100 Mbps	SDH

Central Delsitanisagua. 100 Mbps 100 Mbps SDH

Mikrotik Borde – Gateway Supervivencia 45 Mbps 100 Mbps SDH

Nota. Nelson Paute, 2023.

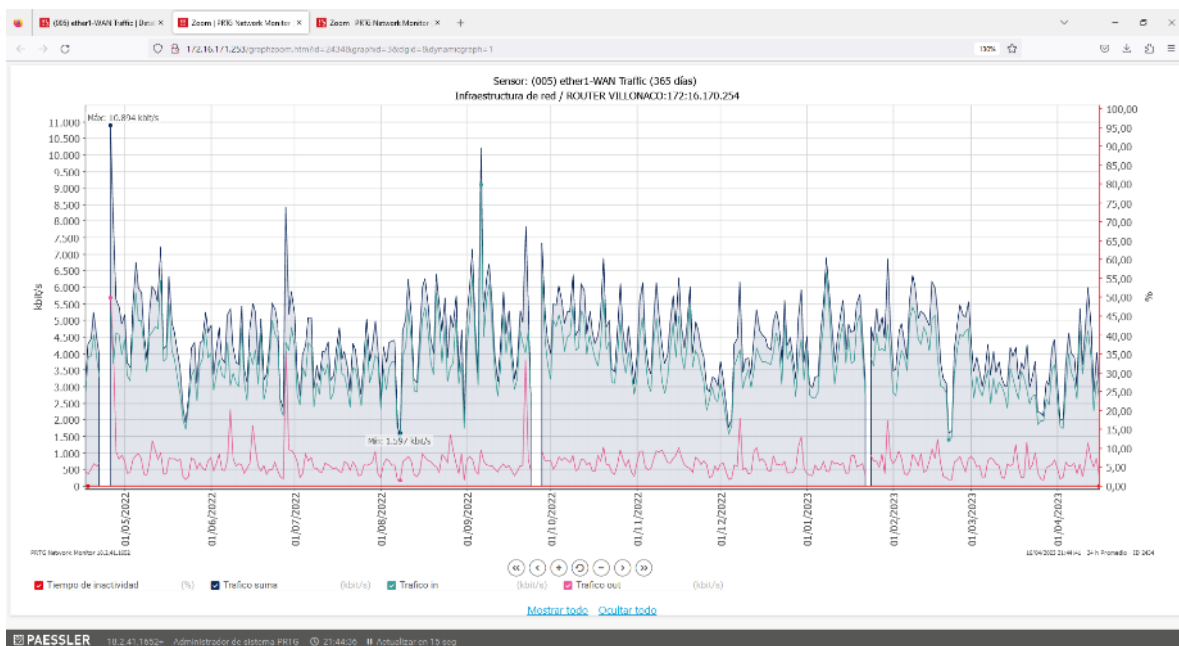
4.1.3.2. Monitoreo de la Red Central Villonaco.

La red de la unidad de negocio se encuentra monitoreada a través del sistema PRTG, en sus interfaces del Router de Borde hacia Router Villonaco y Router de Borde hacia Gateway de Supervivencia Telefonía IP.

A continuación, presentamos algunas imágenes del monitoreo:

Figura 5

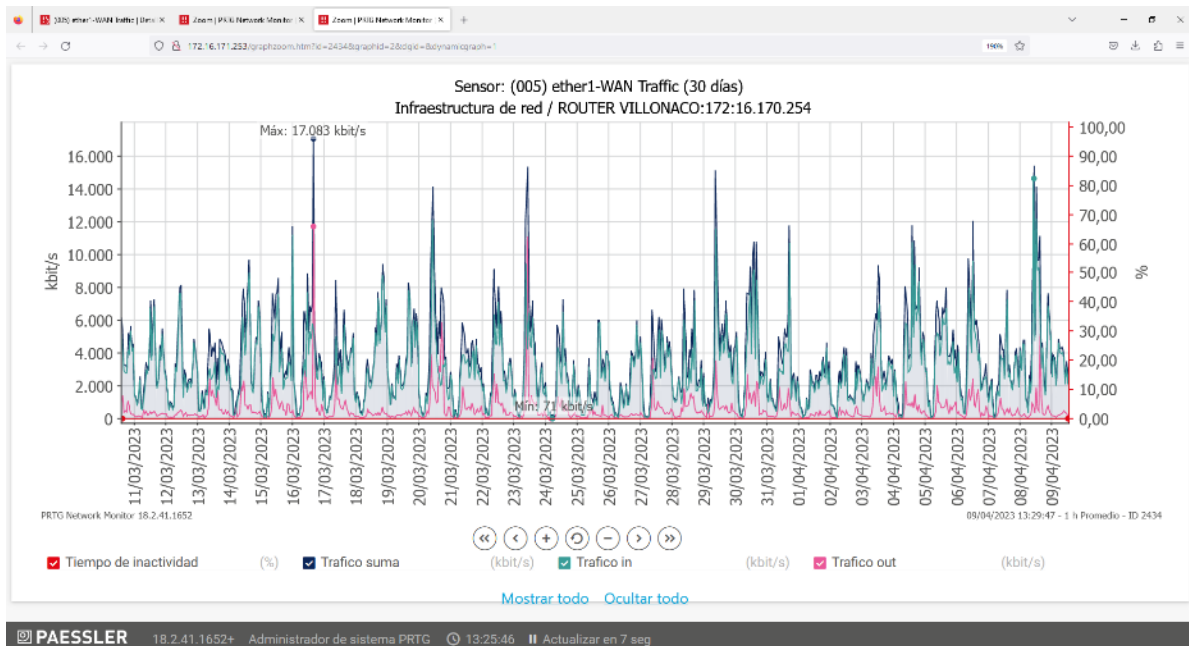
Interfaz LAN Villonaco anual



Nota. Sistema PRTG – TIC Gensur.

Figura 6

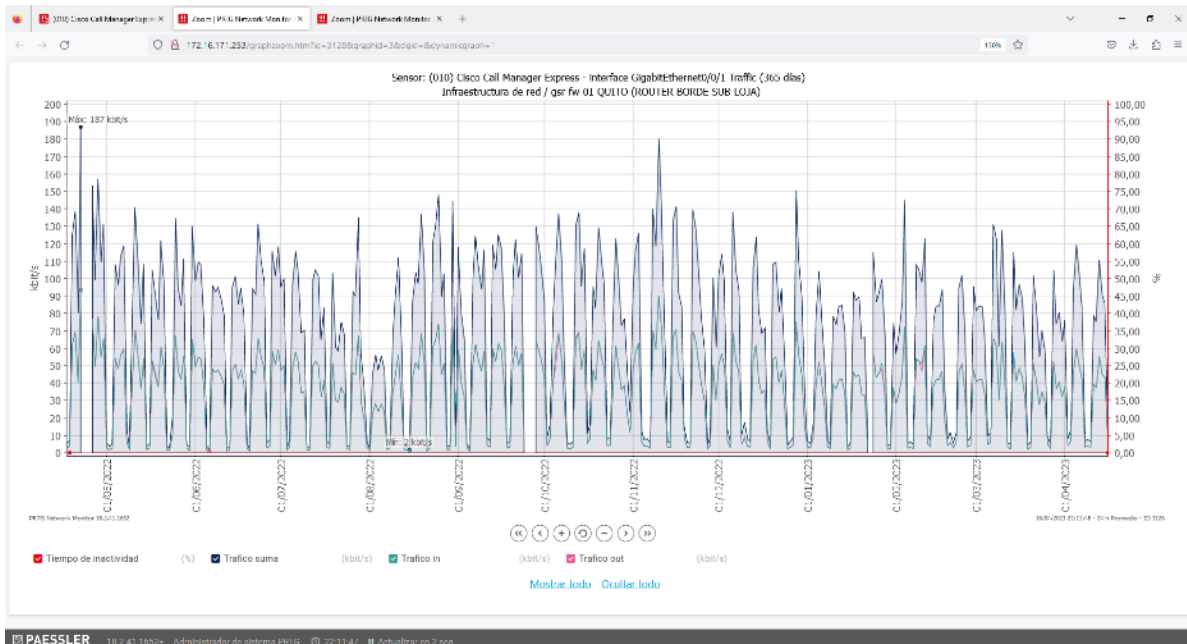
Interfaz LAN Villonaco mensual



Nota. Sistema PRTG-TIC Gensur

Figura

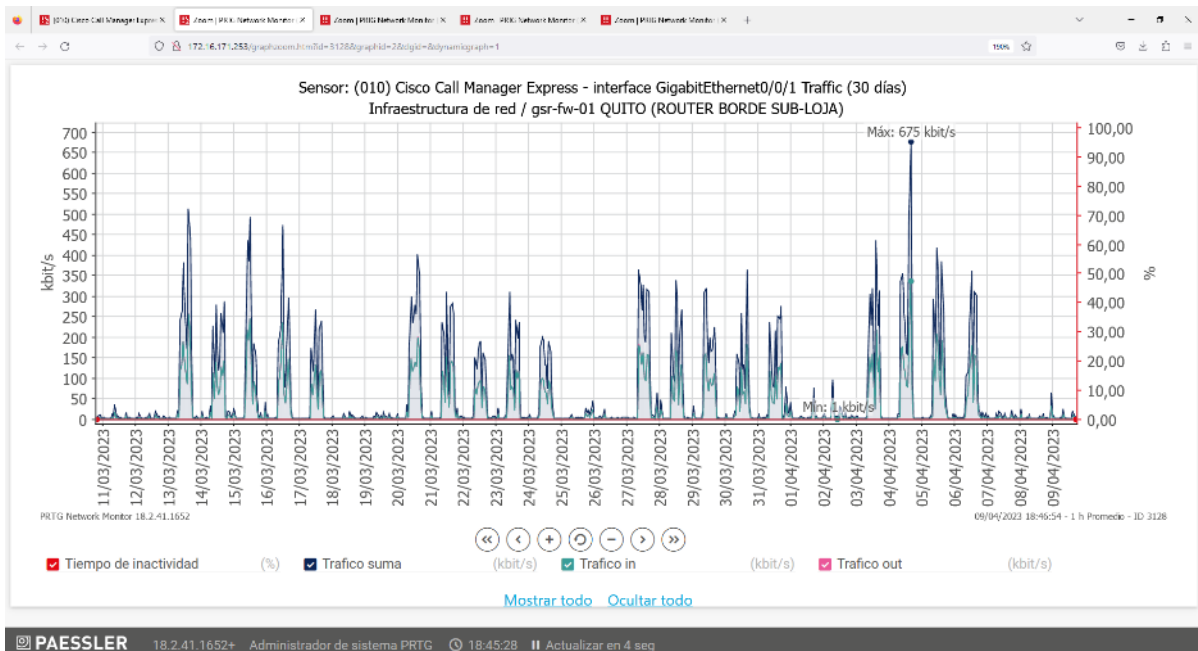
7 *Interfaz Call Manager anual*



Nota. Sistema PRTG-TIC Gensur

Figura 8

Interfaz Call Manager mensual



Nota. Sistema PRTG-TIC Gensur

Como se puede observar en el monitoreo de las gráficas, el consumo de ancho de banda del canal de datos de la Central Villonaco oscila en los 10 Mbps y el Call Center de telefonía IP no supera el 1Mbps, considerando que el canal asignado por el administrador de la red es de 80 Mbps y del Call Center 45 Mbps, existe una considerable holgura para ser utilizado por la radiocomunicación.

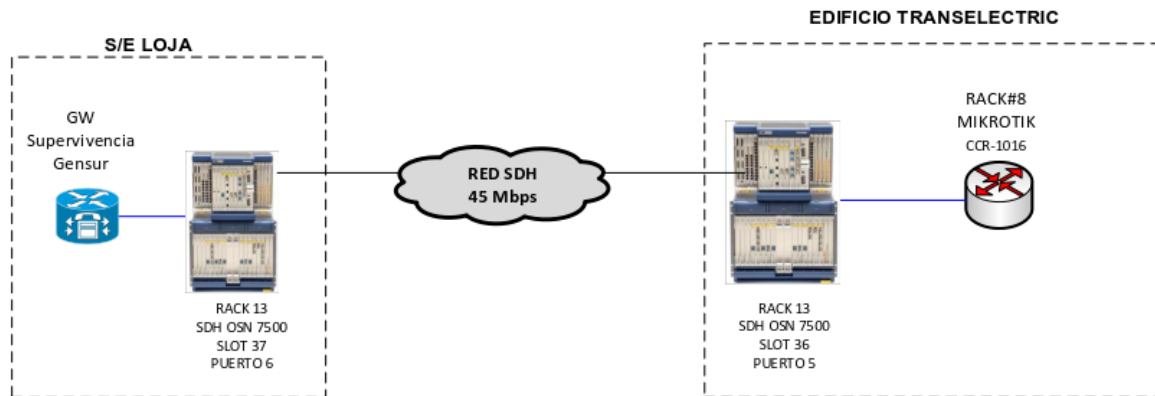
4.1.4. Call Manager GENSUR.

La telefonía IP de la Corporación Eléctrica del Ecuador, se encuentra implementada a nivel nacional con tecnología CISCO, existiendo Call Manager en la ciudad de Quito, Guayaquil y Cuenca. Para la unidad GENSUR, se encuentra instalado un Gateway de supervivencia en la ciudad de Loja en la Subestación Loja de la Unidad TRANESLECTRIC. A continuación, un esquema general de la telefonía IP de GENSUR.

Figura 9.

Telefonía IP - GENSUR.

Diagrama físico conexión telefonía corporativa



Nota. Diagramas de Red departamento TIC – Gensur

4.2. Redes de Computadoras

Comprende la interconexión de varios dispositivos electrónicos a través de un medio físico alámbrico o inalámbrico, con la finalidad de compartir recursos entre ellos como impresoras, datos, archivos, acceso a sistemas informáticos y servicios como correo electrónico, internet, sistema de vigilancia, telefonía IP, entre otros.

4.2.1. Tipos de redes de Computadora

Redes LAN.- son redes pequeñas que conectan varios computadores en un área pequeña como puede ser una oficina o un edificio.

Redes MAN.- Son redes de área metropolitana, de tamaño intermedio como en una grande empresa, conectando varias áreas.

Redes WAN.- Son redes de gran tamaño que cubren una extensa área geográfica, están compuestas por varias LAN, como puede ser la red nacional de un ministerio de gobierno, red de una empresa a nivel nacional.

4.2.2. Modelos de Red

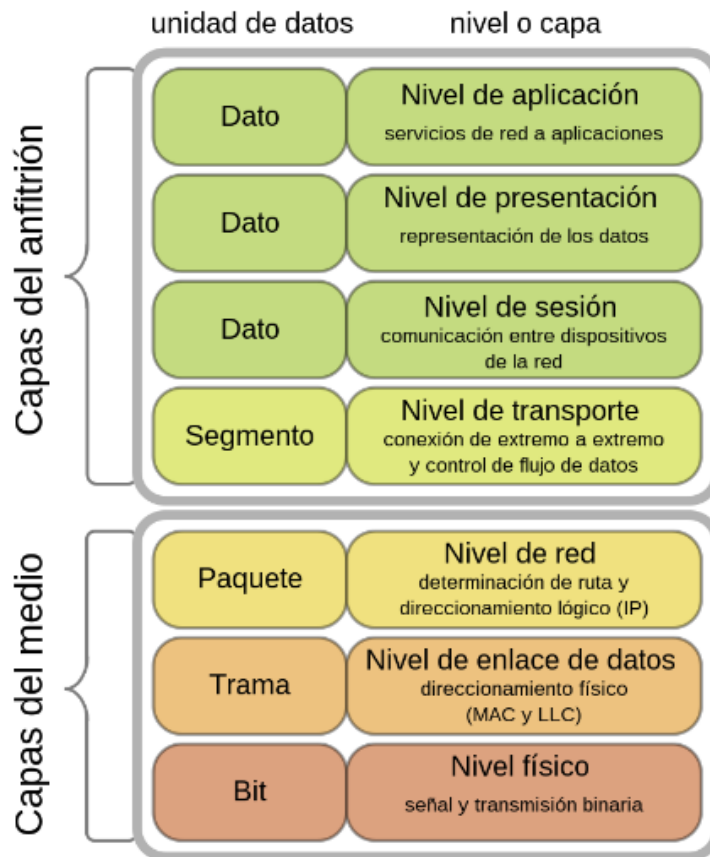
En las primeras evoluciones de las redes de computadores, cada fabricante creaba el software propio para crear su red propia, esto llevó que existiera una incompatibilidad de comunicación entre dispositivos de distinto fabricante. Con la finalidad de solucionar este inconveniente surgen dos alternativas para unificar la comunicación, el modelo OSI y TCP-IP.

4.2.2.1. Modelos OSI.

Es un modelo de referencia para los protocolos de comunicación de las redes informáticas o redes de computadores, su funcionamiento depende directamente de sus siete capas, cada protocolo de comunicación emplea estas capas en su totalidad o sólo algunas de ellas, pero al obedecer este conjunto de reglas, garantiza que la comunicación entre las redes sea eficaz y sobre todo que se de en los mismos términos.

Figura 10

Modelo OSI



Nota. (WIKIPEDIA, 2023)

4.2.2.2. Modelos TCP/IP.

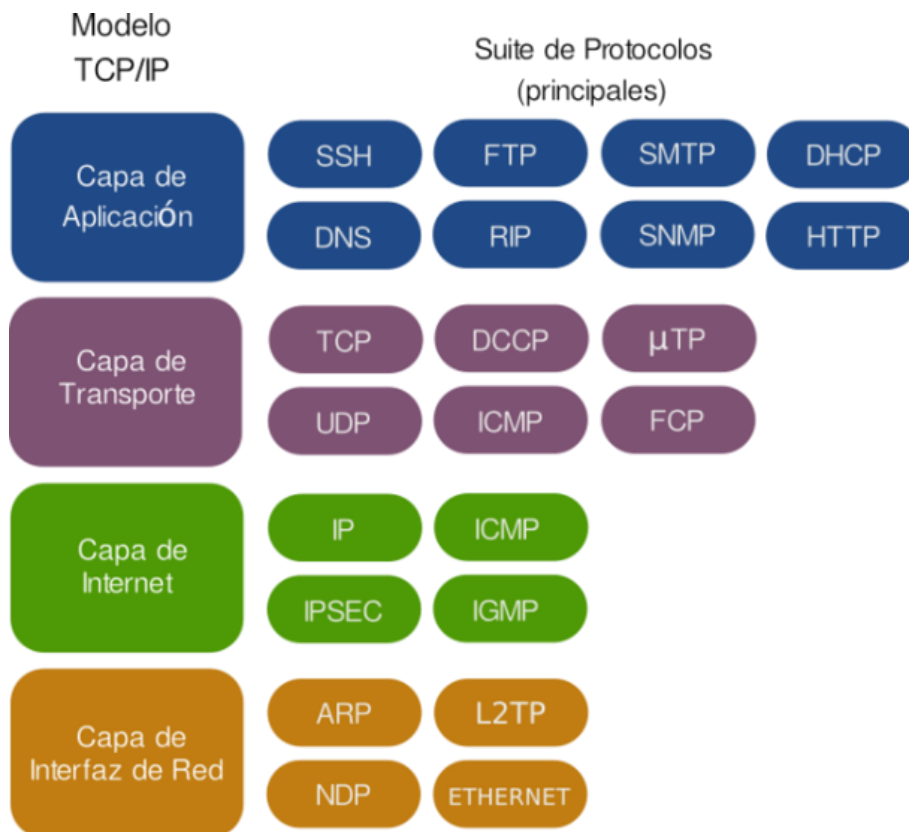
Es el modelo de red más utilizado actualmente. Recibe su nombre de los dos principales protocolos que utiliza TCP (Transporte) e IP (Red), aunque se utilizan más protocolos.

Se trata de un modelo práctico, que viene del éxito de sus dos protocolos principales TCP, de la capa de transporte, e IP de la capa de red. En cuanto a modelo práctico, significa que se fue planificando y especificando a medida que se iba desarrollando, es decir de forma práctica. En función de si algo funcionaba o no se utilizaba o se descartaba.

Es parecido al OSI, pero con solo cinco niveles. Desaparecen los niveles de presentación y de sesión ya que la mayoría de los protocolos de aplicación no los usan en la práctica. Si un protocolo de aplicación necesita estos servicios, tendrá que implementarlos él mismo como parte de su protocolo.

Figura 11

Modelo TCP/IP



Nota. (Meza, s.f.)

4.3. Telefonía Tradicional

Es la tecnología que permite a las personas comunicarse mediante voz a larga distancia mediante medios eléctricos o electromagnéticos.

4.3.1. PSTN

La Red Telefónica Pública Conmutada, es una red global de conmutación de circuitos tradicional, diseñada principalmente para la transmisión de voz en tiempo real, la cual en un principio estaba basada únicamente en sistemas analógicos, POST. Actualmente está compuesta por una serie de sistemas digitales de conmutación interconectados.

Su funcionamiento se basa en enlazar dos equipos terminales mediante un circuito físico, es decir, se cierra un conmutador al establecerse una llamada y este se abre al terminar

la misma; PSTN dedica un circuito a la llamada, hasta que este finalice, esto sin importar que los usuarios (transmisor y receptor) estén hablando o en silencio.

Son cinco los componentes que proveen la infraestructura necesaria para lograr una llamada rápida y confiable sobre una PSTN. Estos componentes son:

1. Codificación de la voz.
2. PSTN switches.
3. Private Branch eXchange (PBX)
4. Señalización.
5. Teléfonos.

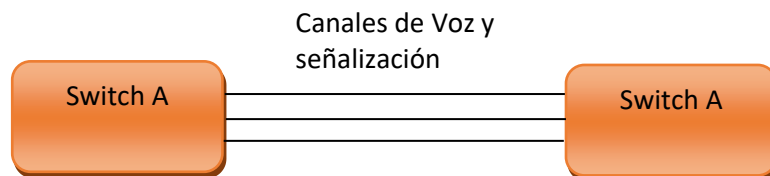
4.3.2. Señalización de voz sobre circuitos digitales

La señalización permite establecer, procesar, supervisar y finalizar la comunicación entre dos terminales. Existen dos tipos de señalización utilizados comúnmente, clasificados de la siguiente forma:

1.- Canal asociado (CAS): En esta señalización la información y la señalización se transmiten por el mismo canal. Puede operar en infraestructura analógica o digital.

Figura 12

Canal asociado CAS

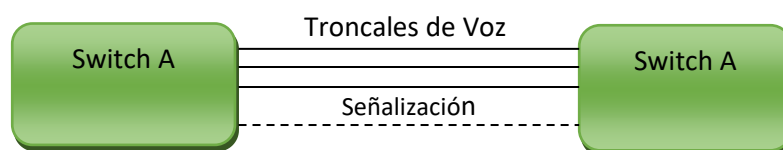


Nota. Nelson Paute, 2023.

2.-Canal común (CCS): En esta señalización existe un canal dedicado exclusivamente para la señalización de todos los canales. Se les conoce como señalización fuera de banda. Los canales de voz o troncales, sólo son utilizados hasta que se establece una conexión.

Figura 13

Canal común CCS



Nota. Nelson Paute, 2023.

4.4.VoIP

VoIP o Voz sobre Protocolo de Internet, es un grupo de recursos tecnológicos que permiten a la señal de voz viajar a través de Internet empleando el protocolo IP. Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital en paquetes a través de internet, en lugar de enviar la señal pura en tramas a través de circuitos conmutados de compañía telefónica convencional o PSTN.

El tráfico de Voz sobre IP puede circular por cualquier red IP, incluyendo aquellas conectadas a Internet, como por ejemplo redes de área local. Se utiliza la infraestructura de la red de datos existente agregando algunos dispositivos intermediarios para mantener registro de planes, servicios y control de llamadas.

4.4.1. Telefonía IP

Telefonía IP es el término usado para definir la transmisión de llamadas telefónicas sobre Internet. Se habla de telefonía IP cuando se implementan equipos de telefonía tradicional y computadoras, siendo estas las terminales de la red. Incluso se considera telefonía IP cuando las llamadas telefónicas son total o parcialmente transmitidas sobre Internet.

4.4.2. Comparación entre VoIP y Telefonía IP

VoIP es el conjunto de normas, dispositivos, protocolos, en definitiva, la tecnología que permite la transmisión de la voz sobre el protocolo IP. Es la tecnología en la que se digitaliza, se comprime la voz y se encapsula sobre el protocolo IP. Con los equipos que responden a esta tecnología, podríamos efectuar llamadas internas en la LAN Corporativa, sin costo alguno.

La Telefonía IP es el conjunto de nuevas funcionalidades de la telefonía que utilizan esta nueva tecnología para realizar llamadas IP a través de un teléfono IP o software (Caldera & Suazo)

4.4.3. Ventajas de VoIP

- **Ahorro económico.** - La telefonía se la realiza a través de internet nos permite prescindir de las líneas telefónicas habituales y su alto coste mensual. Se calcula que el ahorro puede ser de entre un 40 y un 80%.
- **Múltiples usuarios.** Mediante VoIP se puede configurar una conferencia que permita a un grupo de personas comunicarse en tiempo real.
- **Movilidad.** - Con la voz IP no es necesario estar siempre en el mismo lugar ya que puedes usar tu número fijo en otras ubicaciones o desviar fácilmente las llamadas a un móvil.

- **Flexibilidad.** - Es un sistema que permite contratar números de forma rápida y se factura por extensión, por lo que se adapta a las necesidades que tenga la empresa. Además, no hay contrato de permanencia.
- **Monitorización de llamadas.** - Nos ayuda a gestionar mejor nuestras comunicaciones y por ejemplo conocer en qué territorios se demandan más nuestros productos, cuáles son las campañas más rentables y saber si precisamos más operadores para atender llamadas.
- **Reutilización de Infraestructura.** - se utiliza la infraestructura de red de datos de computadora.
- **Más funcionalidades y servicios.** - Identificador de llamadas en número y texto, multiconferencia, buzón de voz, grabación de llamadas automática o manual, integración total con tu CRM (si es compatible), y servicio técnico de alta calidad 24x7.

4.4.4. Desventajas de VoIP

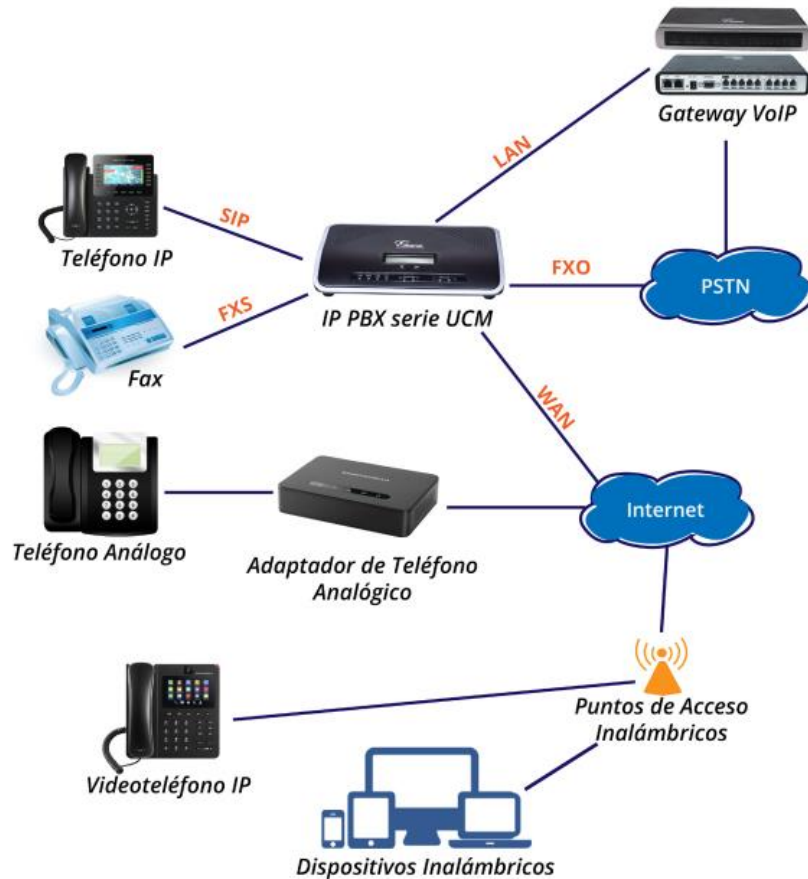
- **Energía.** - Se necesita energía para que funcionen los teléfonos IP, lo que los hace menos útiles en caso de catástrofes. Las organizaciones suelen conectar sus teléfonos al suministro de energía de reserva y pueden ser utilizados hasta que su batería se agote.
- **Calidad de Conexión.** - La calidad de una conexión VoIP se puede ver afectada por problemas como la alta latencia (tiempo de respuesta) o la pérdida de paquetes. Las conversaciones telefónicas se pueden ver distorsionadas o incluso cortadas.
- **Calidad de Comunicación.** - En los casos en que se utilice un softphone, la calidad de la comunicación VOIP se puede ver afectada por la PC porque el procesador se encuentra trabajando a tiempo completo, por eso, es recomendable utilizar un buen equipo junto con su configuración VoIP (Server VoIP, s.f.).

4.4.5. Arquitectura de VoIP

Una de las ventajas principales que brinda el VoIP, es que la arquitectura desde el punto de vista de su distribución puede ser centralizado o distribuido, siendo la arquitectura distribuida más compleja que la arquitectura centralizada.

Figura 14

Arquitectura VoIP.



Nota. Sacado de CASTelecom, (s.f.)

4.4.5.1. Teléfonos IP.

Los teléfonos IP son parte importante de la arquitectura de VoIP, estos disponen de un conector RJ-45, disponen de una pantalla para mostrar información, disponen de varios botones programables para programarlos con ciertas funcionalidades y permiten conectar auriculares. Gran cantidad de modelos permite su alimentación a través del puerto Rj-45 conocida como Power over Ethernet (PoE), desde un switch o router con esta característica.

Figura 15

Teléfonos IP



Nota. Sacado de (+IP, 2019)

4.4.5.2. Gateways y Adaptadores Analógicos.

Es un dispositivo que convierte señales empleadas en las comunicaciones analógicas a un protocolo de VoIP, es decir estos convierten una señal digital (IP o propietaria) a una señal analógica, o viceversa, que puedan ser conectadas a teléfonos tradicionales.

4.4.5.3. Softphones.

Son teléfonos implementados mediante Software, instalados en un computador o smartphone brindando funcionalidades de un teléfono VoIP, como requerimiento se necesita que disponga de audio y conexión a una red mediante TCP/IP, que por lo general se comunican mediante el protocolo SIP.

Figura 16

Softphone



Nota. (GESDITEL, 2023)

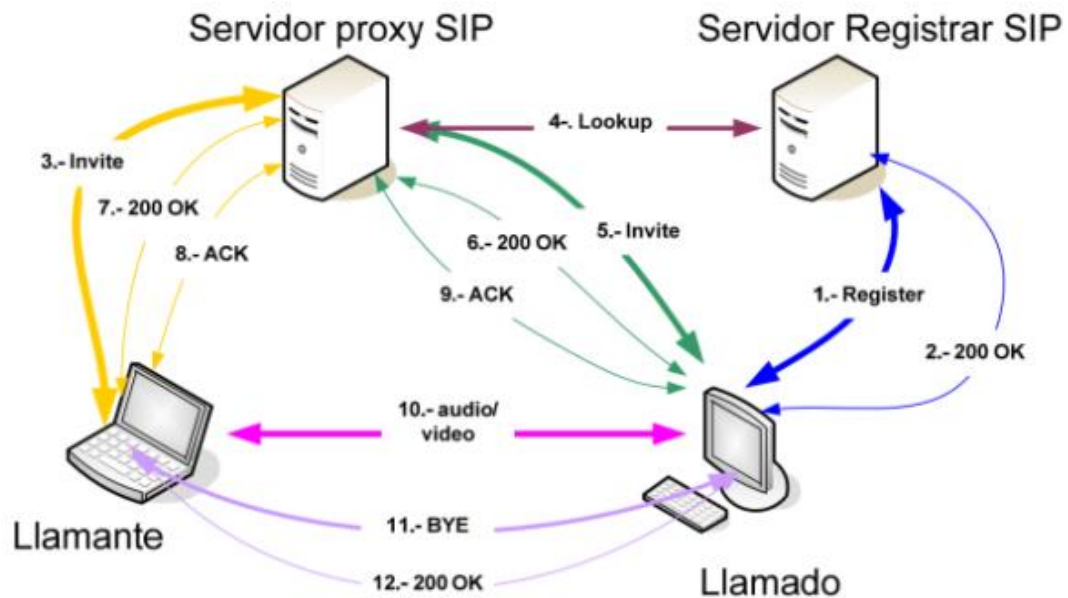
4.4.5.4. Proxis o Enrutadores.

Tal como trabajan los router con los datos en general, recibiendo y enviando peticiones desde y hacia otras máquinas, los diferentes protocolos IP necesitan igualmente que alguien o algo encamine sus peticiones hacia los usuarios finales, a fin de establecer una conversación.

Esta tarea la realizan los proxys o enrutadores, encargándose de rutear la señalización hacia los sitios adecuados en función de las indicaciones pertinentes que cada protocolo implementa (Gómez & Gil, 2014).

Figura 17

Esquema de enrutado en un entorno SIP



Nota. (Gómez & Gil, 2014)

4.4.6. Protocolos de Señalización

4.4.6.1. H.323.

H.323 es una recomendación del ITU-T, que define los protocolos para proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red. A partir del año 2000 se encuentra implementada por varias aplicaciones de Internet que funcionan en tiempo real como Microsoft Netmeeting y Ekiga20. Es una parte de la serie de protocolos H.32x, los cuales también dirigen las comunicaciones sobre RDSI, RTC o SS7.

4.4.6.2. SIP.

SIP es un protocolo desarrollado por el grupo de trabajo MMUSIC del IETF con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

SIP21 es un protocolo desarrollado por el grupo de trabajo MMUSIC del IETF con la intención de ser el estándar para la iniciación, modificación y finalización de sesiones

interactivas de usuario donde intervienen elementos multimedia como el video, voz, mensajería instantánea, juegos en línea y realidad virtual.

4.4.6.3. SGCP.

El protocolo simple de control de gateway es un protocolo usado dentro del sistema de VoIP. Este ha sido reemplazado por MGCP, el cual es una implementación de la arquitectura del protocolo de control de Gateway para medios.

4.4.6.4. MGCP.

MGCP puntos terminales que residen en el Gateway y las conexiones entre estos terminales. Estas terminales pueden dispositivos físicos o virtuales y son utilizados por el controlador de Gateway de medio (MGC) (call agent) para establecer una conexión.

4.4.6.5. IAX.

El protocolo IAX es un protocolo de señalización creado por Mark Spencer, el mismo creador de Asterisk, con el objetivo de solucionar algunos problemas existentes con otros protocolos.

El protocolo IAX (Inter-Asterisk eXchange) es un protocolo de señalización utilizado en sistemas de telefonía basados en el software de código abierto Asterisk. Fue desarrollado para proporcionar una alternativa al protocolo SIP en la transmisión de voz, video y datos a través de redes IP.

IAX fue diseñado para ser más eficiente en el uso de ancho de banda que SIP, ya que utiliza un solo puerto UDP para transportar tanto la señalización como los datos de voz. También tiene capacidades integradas de encriptación y autenticación, lo que lo hace más seguro que algunos otros protocolos.

Otra característica distintiva de IAX es su capacidad para establecer canales de comunicación de dos vías (bidireccionales) con una sola señalización, lo que simplifica la administración y reduce la latencia en comparación con otros protocolos.

En resumen, el protocolo IAX es una alternativa a SIP que ofrece una mayor eficiencia en el uso de ancho de banda, seguridad y facilidad de administración para sistemas de telefonía IP basados en Asterisk.

4.4.7. Calidad de Voz

La telefonía IP tiene como principal servicio la transferencia de voz de un lugar a otro, por lo cual este se convierte en el servicio más importante. Un sistema de telefonía no puede tener fallas en cuanto a transmisión de voz, puesto que es la función primordial de la empresa que lo transmita o haga uso del recurso, estas deben tener altas normas de calidad sobre este servicio.

4.4.7.1. Códecs.

Los paquetes de voz (y en su caso de vídeo) son transportados por RTP codificados de alguna manera. Esta codificación determina el ancho de banda utilizado y la calidad de la comunicación. Generalmente se requiere que los interlocutores negocien el mismo códec para poder comunicarse, lo que tiene consecuencias en la interoperabilidad de los terminales. Así mismo algunos códecs de calidad están sujetos a patentes que imposibilitan su uso en software libre. Veamos a continuación los códecs más conocidos y utilizados, con sus características más relevantes.

4.4.7.2. Códec de Audio.

La gran mayoría de las aplicaciones de telefonía de VoIP, implementan la recomendación G.711 del CCITT de 1984, diseñada para transportar telefonía digital en canales de 64 Kbps, codificando muestras independientemente de forma no lineal. Recomendada para redes con ancho de banda suficiente, suele usarse como referencia de calidad para otros métodos que comprimen las muestras basándose en su historia.

G.726 es una codificación adaptativa diferencial (ADPCM) a diferentes tasas de bit. Su rendimiento y calidad a 40 Kbps son comparables a G.711. A tasas de error altas, puede tener una calidad subjetiva mayor, tanto a 40 Kbps como a 32 Kbps. Antecesor suyo es G.721, que sólo funciona a 32 kbps. Este códec lo implementa Gnomemeeting, y algunas aplicaciones más, sin embargo, su difusión es más limitada que la del G.711.

G.728 comprime según una LD-CELP5, usándose a 16 Kbps. Comparado con G.721, G.728 tiende a ser objetivamente peor, pero es mejor en pruebas subjetivas. Tiende a funcionar peor en presencia de ruido (Salazar, 2005).

G.723.1 provee de dos tasas distintas (5.3 y 6.4 Kbps). Además, la velocidad en cada sentido no tiene por qué ser la misma y puede variar entre tramas. Con respecto a los códecs G.729/G.729A, ofrece tonos DTMF6 con menor distorsión, lo cual permite mayor fiabilidad al acceder a servicios de red inteligente en telefonía.

G.729 es un códec compresor de tipo CS-ACELP. El G.729 “Anexo A” (G.729 (normalmente) es una versión de complejidad reducida. Se desarrolló para usarse en situaciones de multimedia con voz y datos. Ambos tienen buena relación ancho de banda calidad, y están implementados normalmente tanto en hardware como en software propietario. En software libre no se pueden utilizar con tarjetas de telefonía que los implementen, como las tarjetas QuickNet, que funcionan en Linux.

El códec GSM8 se usa en telefonía móvil digital en Europa extensivamente, y en otras partes del mundo. Es muy utilizado también en el mundo de VoIP, por ser libre y tener una buena relación calidad/ancho de banda.

Speex es un códec de software libre diseñado para voz, con la idea de permitir la entrada al mercado de aplicaciones de voz a más gente, al proveer de una alternativa gratuita a los códec patentados. Entre sus puntos fuertes se encuentra la capacidad de ofrecer una tasa de bits variable en la misma comunicación, por ejemplo. Existen dos modos principales de funcionamiento que son:

- Para redes de banda ancha Speex Wide, a 16 KHz
- Para redes de banda estrecha Speex Narrow, a 8 KHz

4.4.7.3. Códec de Video.

H.261 es un estándar de vídeo publicado por la ITU en 1990. Fue diseñado para tasas de bit múltiplos de 64. Se diseñó con líneas ISDN en mente, de ahí este valor. Es un híbrido de predicción entre tramas, codificación transformada y compensación de movimiento. Funciona entre 40 kbps y 2 Mbps. Soporta dos resoluciones distintas, QCIF de una resolución de 176x144 y CIF con una resolución de 352x288.

H.263 es una versión mejorada de H.261. Fue diseñado para bajas velocidades, pero se amplió a grandes rangos de tasas de bit. Se supone que reemplazará a H.261 en muchas aplicaciones. Soporta cinco resoluciones distintas, QCIF, CIF, SQCIF, 4CIF y 16CIF. Estas altas resoluciones implican que puede incluso competir con los estándares MPEG (Salazar, 2005).

CU30 es un algoritmo patentado, desarrollado por el DISCOVER Lab de la Universidad de Cornell, que soporta 30 tramas por segundo en canales de baja velocidad. No está soportado por Netmeeting, aunque sí por algunas aplicaciones libres. (Caldera & Suazo).

Tabla 2*Características Códec de Video*

Nombre	Tasa Binaria (kbps)	Imágenes por segundo	Resoluciones soportadas	Patentado
H.261	P*64(P=1..30) (Valor típico 384)	29.97/mpi, (mpi=1..4)	CIF (352X288), QCIF (176X144)	No
H.263	P*0.1 (P=1..192)	29.97/mpi, (mpi=1..32)	CIF (352X288), QCIF (176x144), SQCIF (128x96), 4CIF (704x576), 16CIF (1408x1152)	Dudoso
CU30	Variable	30	Variable	Si

Nota.

4.4.8. Protocolo SIP

Es un protocolo de señalización a nivel de aplicación, encargado de la iniciación, modificación y terminación de sesiones multimedia entendido como mensajería instantánea, video, audio, llevadas a cabo de manera interactiva.

Entre sus características tenemos las siguientes:

Figura 18*Características Protocolo SIP*

Característica	Descripción
Localización del usuario	SIP posee la capacidad de poder conocer en todo momento la localización de los usuarios. De esta manera no importa en qué lugar se encuentre un determinado usuario. En definitiva la movilidad de los usuarios no se ve limitada.
Negociación de los parámetros	Posibilidad de negociar los parámetros necesarios para la comunicación: puertos para el tráfico SIP así como el tráfico Media, direcciones IP para el tráfico Media, codec, etc.
Disponibilidad del usuario	SIP permite determinar si un determinado usuario está disponible o no para establecer una comunicación.
Gestión de la comunicación	Permite la modificación, transferencia, finalización de la sesión activa. Además informa del estado de la comunicación que se encuentra en progreso.

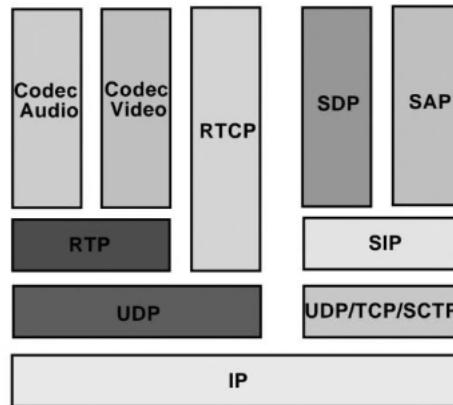
Nota. (Gómez & Gil, 2014)

4.4.8.1. Arquitectura del Protocolo SIP.

La finalidad del protocolo SIP es la de gestionar las sesiones multimedia: inicializarlas, modificarlas, finalizarlas, etc., así también se integra con otros protocolos como RVSP, RTP o RTSP.

Figura 19

Arquitectura Protocolo SIP



Nota.

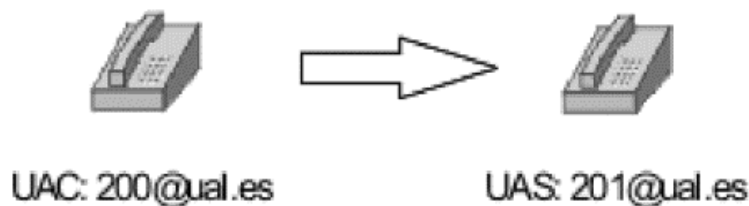
(Gómez & Gil, 2014)

Para una comunicación SIP intervienen algunos elementos:

- **Agentes de Usuario (User agent)**, manejan la señal SIP, que pueden ser:
 - **User agent cliente (UAC).**- Realiza repeticiones SIP provenientes de las UAS., es el caso de un teléfono VoIP ya que realiza peticiones SIP.
 - **User agent server (UAS).**- Se encarga de aceptar las peticiones SIP realizadas por el UAC y enviarle la respuesta conveniente. Igual un teléfono VoIP es ejemplo de UAS, ya que acepta las peticiones de inicio de comunicación enviadas por otro teléfono (UAC), otro ejemplo es un servidor SIP o Proxi.

Figura 20

Llamadas SIP



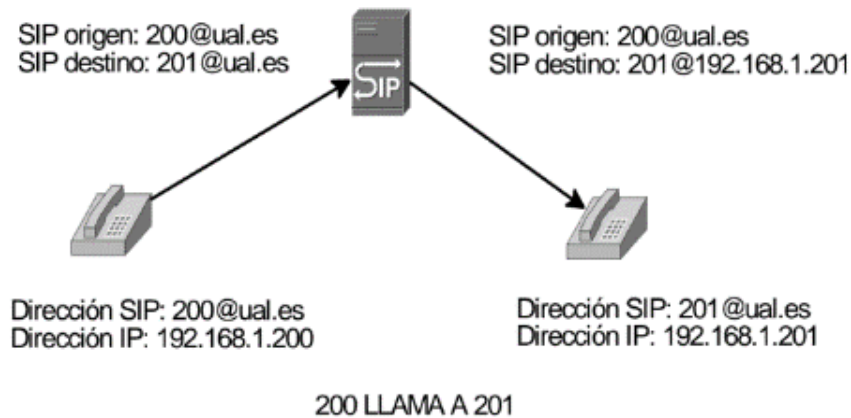
Nota. (Gómez & Gil, 2014)

- **Los Intermediarios**, necesarios para que la comunicación entre dos UA sea posible.

- **Servidor Proxi.** – Es el elemento encargado de reenviar las peticiones SIP provenientes de un UAC al UAS Destino que corresponda, así también encamina las respuestas del UAS destino al UAC origen.

Figura 21

Llamadas SIP con intermediarios

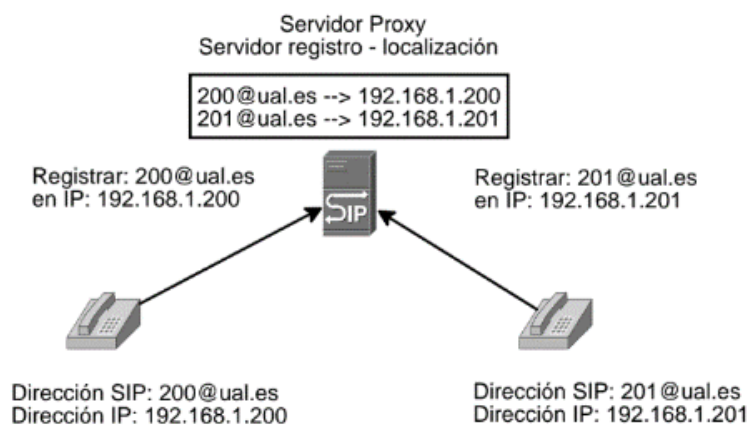


Nota. (Gómez & Gil, 2014)

- **Registrar-Location server,** Acepta las peticiones de registro de los UAC, guarda toda la información referente a la localización física del UAC para que, si posteriormente llega una petición con destino UAC, sea posible localizarlo (sea posible traducir su dirección a la forma *usuario@direcciónip*).

Figura 22

Proceso de Registro



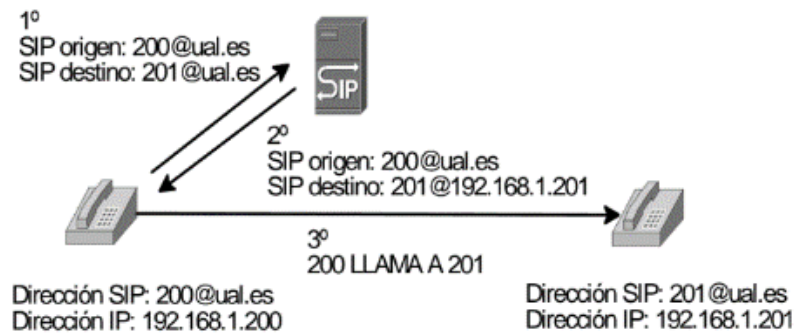
Nota. (Gómez & Gil, 2014)

- **Redirect Server.**- Su funcionamiento es similar al proxy, se diferencia que cuando éste resuelve la dirección, esto es, realiza la traducción, informa al UAC que realizó la

petición SIP para que sea este mismo el que la envíe hacia el UA destino. (Gómez & Gil, 2014)

Figura 23

Registro Completado



Nota. (Gómez & Gil, 2014)

- **Back-to-back user agent (B2BUA).** Es una entidad intermediaria que procesa peticiones SIP entrantes comportándose como un UAS, y responde a estas actuando como un UAC regenerando por completo la petición SIP entrante en una nueva petición SIP que va a ser enviada.

4.4.9. Calidad de Servicio

Los problemas de calidad de VoIP son muchas veces inherentes a la utilización de la red (velocidad de Internet y ancho de banda), los principales problemas en cuanto a la calidad del servicio (QoS) de una red de VoIP, son la latencia, el Jitter, la pérdida de paquetes y el Eco.

4.4.9.1. Calidad de Servicio QoS.

Calidad de Servicio es la prestación de servicio que determina el grado de satisfacción del usuario en lo que respecta al servicio. La calidad del servicio (QoS) se refiere a la capacidad de una red para proporcionar un mejor servicio al tráfico de red seleccionado sobre varias tecnologías.

La calidad de servicio consiste en la capacidad de la red para reservar algunos de los recursos disponibles para un tráfico concreto con la intención de proporcionar un determinado servicio. Debemos tener en cuenta que en la red se pueden utilizar diferentes tecnologías de transporte de manera que la gestión de QoS implica la interacción de estas tecnologías con los equipos de conmutación, que son los que finalmente determinarán el nivel de QoS alcanzado.

4.4.9.2. QoS aplicado a la voz sobre IP.

La VoIP tiene características propias en su desempeño y por lo tanto necesita de la provisión de servicios de prioridad, la pérdida de paquetes causa cortes y saltos en la reproducción de la voz, siendo la técnica más común para solucionar este problema es reproducir el paquete anterior, incrementando la atenuación en cada repetición.

4.4.9.3. Esquemas de Manejo de Congestión de Red.

FIFO

Es el esquema básico para la gestión de colas, utiliza una sola cola, con la planificación primero en entrar, primero en salir (FIFO), es decir que se toma el siguiente paquete de la cola, considerando el que llegó antes que todos los otros paquetes en la cola, en este caso el router no requiere las funciones de clasificación para decidir la cola en la cual el paquete debe ser colocado ni planificación para escoger de cuál cola se toma el paquete siguiente o cómo se ordenarán los paquetes en cada cola; considera únicamente la longitud de la cola y su influencia en el retardo y la pérdida de paquetes y el tail drop para decidir cuándo descartar o encolar los paquetes.

PQ

PQ73 es un mecanismo que se caracteriza por su scheduler (planificador) que administra el tráfico de manera que las colas de alta prioridad son siempre servidas y tiene un máximo de cuatro colas, llamadas alta, media, normal y baja, lo que provoca que cuando hay congestión, los paquetes en las colas más bajas tomen significativamente más tiempo para ser servidas que bajo cargas más ligeras. Clasifica los paquetes basados en el contenido de su cabecera y utiliza como política de descarte a tail drop, es decir que después de clasificar el paquete, si la cola apropiada está llena, el paquete es descartado.

CQWFQ

Se define como las clases de tráfico basadas en criterios de coincidencia, incluyendo protocolos, listas de control de acceso (ACL) e interfaces de entrada.

LLQ

Es un algoritmo que presenta aspectos importantes en el manejo de tráfico, ya que les da mayor prioridad a las aplicaciones sensibles al retardo, sin olvidar la cola de baja prioridad

4.5. Radio Frecuencia

El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias (número de ciclos de la onda por unidad de tiempo) posibles a las que se produce radiación electromagnética.

Las ondas electromagnéticas, convenientemente tratadas y moduladas (normalmente, variando de forma controlada la amplitud, fase y/o frecuencia de la onda original), pueden emplearse para la transmisión de información, dando lugar a una forma de telecomunicación.

Hoy día se utilizan masivamente ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias para la transmisión de información por medios guiados (par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, etc.) y por medios no guiados (normalmente el aire o el vacío). Las frecuencias utilizadas en cada caso dependen del comportamiento de estas en los diferentes materiales utilizados como medios de transmisión, así como de la velocidad de transmisión deseada. (Javier Luque, 2007).

4.5.1. Radiocomunicación

La radiocomunicación puede definirse como telecomunicación realizada por medio de las ondas radioeléctricas, estas son las ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial y cuyo límite superior de frecuencia se fija convencionalmente en 3000 GHZ. (José Hernando, 2013).

4.5.2. Espectro Radioeléctrico

Es un conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales científicas y médicas.

4.5.3. Estaciones Radioeléctricas

Una estación radioeléctrica es el conjunto de uno o más transmisores o receptores o una combinación de estos, incluyendo las instalaciones accesorias, que son necesarios para el establecimiento de un servicio de radiocomunicación en un lugar determinado.

4.5.4. Modo de Explotación

En radiocomunicaciones bidireccionales, se distingue entre tres modos de explotación:

Explotación Simple.- Modo de explotación que permite transmitir, alternativamente, en uno u otro sentido de un canal de radiocomunicación.

Explotación Duplex.- Mode explotación que permite la trasmisión simultánea en los dos sentidos de un canal de radiocomunicación.

Explotación Semiduplex.- Modo de explotación símplex en un punto del enlace de radiocomunicación y dúplex en otro u otros. (José, José, & Luis, 2013)

4.5.5. Sistema HF, VHF Y UHF

4.5.5.1. Sistemas HF (High frequencies).

Este sistema utiliza la banda de 3 a 30 MHz, las radiocomunicaciones en dos sentidos la utilizan, por lo general radioaficionados y la banda civil/ciudadana. Su largo alcance se consigue debido al uso de ondas Ionosféricas, que son refractadas por la ionosfera de tal forma que regresan a la tierra.

4.4.5.2. Sistemas VHF (Very High Frequencies).

Estos sistemas utilizan la banda de 30 a 300 MHz, se los usa para radios móviles, comunicaciones marinas y aeronáuticas, emisión comercial de FM (88^a 108 MHz) y para la transmisión de la televisión en los canales de 2 a 13 (54 a 216 Mhz).

Su utilización típica se presenta en zonas rurales y urbano marginales; en comparación con los sistemas HF y los UHF presentan tamaños y ganancias medias en las antenas; costos medios de los equipos terminales; y, utilizan una canalización de 12,5 y 25 KHz.

En el Ecuador, los sistemas VHF, debido a que existe mayor disponibilidad de espectro electromagnético, bajo costo de equipos e infraestructura a comparación de los sistemas UHF, uso local y no nacional, no requieren de sistemas de seguridad en las comunicaciones (encriptación/codificación); son usados principalmente por cuerpos de bomberos, agencias metropolitanas de tránsito, entre otros.

4.4.5.3. Sistemas UHF (Ultra High Frequencies).

Utilizan la banda de 300 MHz a 3 GHz, se los utiliza para transmisión de TV en los canales de 14 a 83, en servicios móviles de comunicación terrestre, teléfonos celulares, sistemas de radar y navegación, sistemas de radio por microonda y por satélite.

Por lo general se utiliza en zonas urbanas, en comparación con los sistemas HF y los VHF presentan tamaños pequeños y ganancias altas en las antenas; costos altos de los equipos terminales; y, utiliza una canalización de 12,5 y 25 KHz.

Los sistemas UHF son usados principalmente para comunicaciones de seguridad ciudadana; debido a que, permiten implementar sistemas más robustos, aplicando estándares de seguridad en las comunicaciones como por ejemplo encriptación AES (Advanced Encryption Standard). (Riofrío, 2015, pág. 8)

4.6.RoIP

El protocolo de radio por Internet (RoIP) es una tecnología para transmitir señales de comunicación por radio utilizando el estándar del Protocolo de Internet (IP). RoIP proporciona

el mismo rendimiento que una comunicación por radio bien mejorada, pero utiliza una red IP digital para permitir la comunicación y la conexión entre dos o más dispositivos de radio analógicos o redes de radio.

RoIP es similar a una red VoIP, pero con funciones y capacidades de comunicación por radio. RoIP funciona en un modo semidúplex donde solo un dispositivo de radio puede comunicarse a la vez. El usuario debe presionar el botón para hablar (P2T) cada vez antes de comunicarse. Además de las características estándar de comunicación por radio, RoIP permite la conexión de dos o más sitios de radio mediante receptores de conversión de digital a analógico en ambos extremos, que están directamente conectados a una red troncal de Internet. Además, RoIP también permite la interoperabilidad entre diferentes redes de radio con una arquitectura diferente y no compatible.

El protocolo de radio sobre Internet, o RoIP, es similar a la voz sobre IP (VoIP), pero aumenta las comunicaciones de radio bidireccionales en lugar de las llamadas telefónicas. Desde el punto de vista del sistema, es esencialmente VoIP con PTT (Push To Talk). Para el usuario se puede implementar como cualquier otra red de radio.

Con RoIP, al menos un nodo de una red es una radio (o una radio con un dispositivo de interfaz IP) conectada a través de IP a otros nodos en la red de radio. Los otros nodos pueden ser radios bidireccionales, pero también pueden ser consolas de despacho, ya sean tradicionales (hardware) o modernas (software en una PC), teléfonos POTS, aplicaciones de softphone que se ejecutan en una computadora, como un teléfono Skype, una PDA, un teléfono inteligente o algunos otros. otro dispositivo de comunicaciones accesible a través de IP. RoIP se puede implementar tanto en redes privadas como en la Internet pública.

Es útil en los sistemas de radio móviles terrestres que utilizan los departamentos de seguridad pública y las flotas de empresas de servicios públicos distribuidas en un área geográfica amplia. Al igual que otros sistemas de radio centralizados, como los sistemas de radio troncalizados, los problemas de demora o latencia y la dependencia de la infraestructura centralizada pueden ser impedimentos para la adopción por parte de las agencias de seguridad pública.

La motivación para implementar la tecnología RoIP suele estar impulsada por uno de tres factores: primero, la necesidad de abarcar grandes áreas geográficas u operar en áreas sin cobertura suficiente de las torres de radio; en segundo lugar, el deseo de proporcionar enlaces más fiables, o al menos más reparables, en los sistemas de radio; y tercero, para soportar el uso de muchos usuarios de estaciones base, es decir, comunicaciones de voz de usuarios estacionarios en lugar de radios portátiles o móviles.

Las zonas geográficas pueden ser atendidas de forma más económicamente confiable cuando se abarcan con el uso de tecnología IP debido a la constante disminución del costo y al aumento de la funcionalidad de los equipos y software de red de conmutación de paquetes en evolución (una pista seguida por la ley de Moore). Tradicionalmente, los usuarios de radio distantes se han conectado a través de equipos de microondas dedicados y/o líneas telefónicas alquiladas. Generalmente, el costo de operar una red de radio se reduce con la adopción de la tecnología IP, reemplazando el microondas tradicional y las líneas telefónicas alquiladas.

4.6.1. Beneficios de RoIP

En su forma más básica, la tecnología RoIP proporciona un método para vincular dos o más radios o repetidores utilizando una conexión LAN / WAN o Internet. Esto se conoce como enlace de sitio o enlace de punto a punto.

Los radios POC se han convertido en un importante habilitador de interoperabilidad, permitiendo que sistemas de radio incompatibles se comuniquen sin problemas, compartiendo una conexión de datos común.

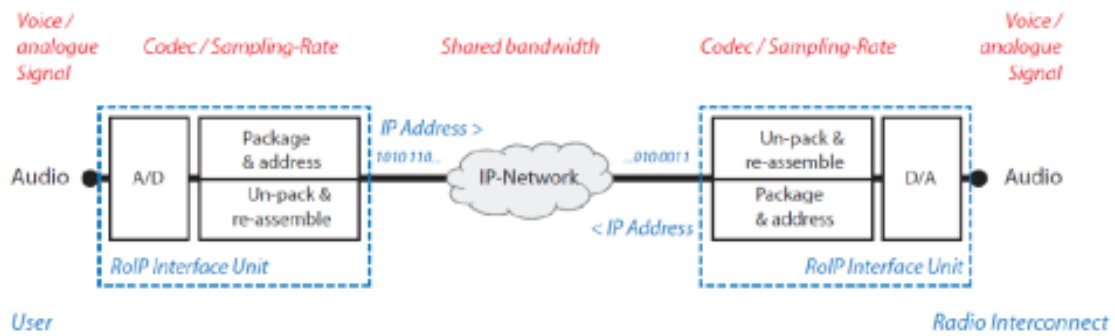
Push-to-talk para teléfonos móviles, puede usarse junto con redes RoIP. Esto permite a los usuarios de SmartPhone comunicarse directamente con los usuarios y despachadores de radio. Con TeamVOX un teléfono celular puede funcionar como un radio bidireccional.

4.6.2. Diagrama de Bloque de RoIP

En la figura 23 se muestra el diagrama de bloques de un sistema RoIP el audio entrante y la señalización asociada entran a la unidad interfaz RoIP, donde primero pasan por un conversor análogo-digital, se transforman en paquetes de datos y se les asigna una dirección IP que identifica al dispositivo de radio comunicaciones en la red. La trama de datos se transmite a través de la red IP. Este constituye el proceso de transmisión. Dentro de la red, se identifica la dirección IP del dispositivo destino y se direccionan los datos. En la recepción, los datos que ingresan a la unidad interfaz RoIP, son desempaquetados y reensamblados para formar una sola trama que pasa por un convertidor digital-análogo. La salida del sistema es una señal de audio.

Figura 24

Diagrama de Bloques IP



Nota. (Riofrío, 2015)

El sistema RoIP transmite señales de los sistemas de radio móvil terrestre, a través de las señales de control pulsen para hablar (PTT) y Portadora operada por relé (COR). Estas se envían a través de la red LAN O WAN mediante un Gateway de RoIP en formato IP.

PTT es una señal de control que se establece cuando el usuario quiere hablar, habilitando el micrófono del equipo terminal para la comunicación, funciona como un interruptor que al presionar establece la comunicación con otro equipo terminal.

COR, en cambio es una señal de recepción que indica si una señal está siendo recibida y que el receptor no está en modo squelch (squelch se utiliza para eliminar el ruido de canal cuando el radio no está recibiendo una señal).

5. Metodología.

La metodología está dividida de las siguientes fases:

Como primera fase consta de la recopilación de información bibliográfica de libros, artículos científicos, proyectos de investigación, páginas web y datasheet, sobre redes de computadoras, VoIP, protocolos de comunicación en especial el SIP y finalmente la tecnología RoIP.

En la segunda fase, se analiza la infraestructura con la que cuenta la institución, equipos, consumo de ancho de banda y análisis del incremento de servicio en la red de datos.

En la tercera fase, se investiga los datasheet de los equipos y se realiza un análisis comparativo estableciendo cual es el recomendable para los intereses de la institución.

Finalmente se elige el equipo recomendado, se determina los requerimientos, conexiones y configuraciones recomendadas para su implementación.

5.1. Consumo de ancho de banda

Con la finalidad de analizar los anchos de banda que actualmente se ocupa y poder determinar lo requerido para la propuesta del presente proyecto, se elaboró la siguiente tabla de inventario de equipos y su consumo.

Tabla 3

Inventario de equipos

Inventario de equipos				
<i>No</i>	<i>Nombre de Activo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Can</i> <i>t</i>	<i>KBPS</i>
1	COMPUTADOR PORTÁTIL	Modelo Sistema: HP Zbook 14u G4 * Memoria: 16384 MB RAM * Intel CORE I7 HD 500 GB	8	2000
2	COMPUTADOR PORTÁTIL	Modelo Sistema: HP Zbook 15u G5 * Memoria: 16384 MB RAM * Intel CORE I8 HD 500 gb	5	1250
3	LAPTOP, ESTACIÓN DE TRABAJO	HP Z BOOK 8470P C15 M- 3320/5006 SERIE: CNU22819P9	1	250
4	COMPUTADOR DE ESCRITORIO, ESTACIÓN DE TRABAJO.	INTEL TODO EN UNO CORE DUO CPU E7500@2.93GHZ. RAM 16.00 GB	3	750

5	SERVIDOR ST91BS53X WEB	SERVIDOR INDUSTRIAL INTEL CORE E 2DUO DE 2.13 GHZ RAM 4 GB DISCO DURO 500 GB ARQUITECTURA DE 3 2 BITS V DE ALIMENTACIÓN AC 90~2 64 V	1	250
6	SERVIDOR HP	HPE DL360 GEN10 5118 1P 32G 8SFF WW SVR	2	500
7	STORAGE HP	EQUIPO DE ALMACENAMIENTO HPE MSA 1050 8GB FC DCSFF STORAGE BEZEL GEN 1	1	250
8	GATWAY DE COMUNICACIÓN 1	OPC procesador INTEL CORE 2 DUO 2 GB de RAM	1	250
9	GATWAY DE COMUNICACIÓN 2	RTU Quad Core @ 1.9GHz, Memory 8GB, Ethernet Ports • Standard: 2 copper • Opt.: +1 copper and +2 SFP on NovaCard • Total NICs: 5	1	250
10	SWITCH DE TELECOMUNICACIONES ENLACE PRINCIPAL	# PUERTOS DE COBRE ETHERNET 6 X 10/100 MBIT # PUERTOS SFP 2 # PUERTOS F.O. 2 X 100 MBIT V DE ALIMENTACIÓN AC 110 V V DE ALIMENTACIÓN DC 24 V	2	500
11	SWITCH TELECOMUNICACIONES DE AEROGENERADOR	WIRELESS # PUERTOS DE COBRE ETHERNET 10 X 10/100/1000 MBIT # PUERTOS SERIALES 1 # PUERTOS SFP 1 # PUERTOS USB 1 V DE ALIMENTACIÓN AC 110 V V DE ALIMENTACIÓN DC 24 V	11	2750
12	COMPUTADOR LOCAL IHM 33A2 AEROGENERADOR #1	COMPUTADOR INDUSTRIAL INTEL CORE 2DUO DE 1.6 GHZ RAM 8 GB DISCO DURO 500 GB ARQUITECTUR A DE 32 BITS V DE ALIMENTACIÓN D C 9~34 V	11	2750
13	RADIOS MOTOROLA	EVX-261	4	1000
TOTAL			51	12750

Nota. Nelson Paute, 2022.

De los totales obtenidos, se deduce que el consumo de ancho de banda por los equipos es de 12 Mbps, lo que concuerda con lo monitoreado en la herramienta PRTG, si consideramos que el canal es de 80 Mbps y de la interfaz hacia el Gateway de telefonía es de 45 Mbps, existe un rango prudente para la implementación de la solución propuesta. Sin embargo, se ha considerado diseñar un esquema de QoS con la finalidad priorizar la telefonía IP en la red.

A continuación, se presenta un esquema de calidad de servicio implementado en el Router de Villonaco, con la finalidad de establecer una comunicación fluida en el servicio de telefonía IP y radiocomunicación.

5.2. Configuración QoS para VoIP

Figura 25

Configuración QoS

The screenshot displays the Mikrotik WinBox interface for configuring Quality of Service (QoS). The top window, titled 'Queue List', shows a tree view of queues. The bottom window, titled 'Firewall', shows a list of firewall rules for marking connections and packets.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...)	Max Limit	Avg. R...	Queued Bytes	Bytes	Packets
1_Total	global			80M	20.8 M...	0 B	38.2 MB	37 929
1_1_Upload	1_Total			16.3 M...		0 B	27.8 MB	27 227
1_1_1_VoIP_Upload	1_1_Upload	VoIP_pkt UL	100k	8M	456 bps	0 B	1140 B	15
1_1_2_VIP_users_Upload	1_1_Upload	VIP_user_pkt UL	7M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
1_1_3_Users_Upload	1_1_Upload	User_pkt UL	2M	20M	16.2 M...	0 B	27.5 MB	25 669
1_1_4_Invitados_Upload	1_1_Upload	Invitados_pkt UL	1M	4M	127.7 K...	0 B	225.0 ...	1 543
1_1_5_Sw_Update_Upload	1_1_Upload	Sw_Update_pkt UL	10M	18M	0 bps	0 B	0 B	0
1_2_Download	1_Total			80M	4.5 Mbps	0 B	10.4 MB	10 702
1_2_1_VoIP_Download	1_2_Download	VoIP_pkt DL	100k	8M	0 bps	0 B	0 B	0
1_2_2_VIP_users_Download	1_2_Download	VIP_user_pkt DL	7M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
1_2_3_Users_Download	1_2_Download	User_pkt DL	2M	20M	3.0 Mbps	0 B	6.7 MB	6 166
1_2_4_Invitados_Download	1_2_Download	Invitados_pkt DL	1M	4M	1447.8 ...	0 B	3806.0 ...	4 536
1_2_5_Sw_Update_Download	1_2_Download	Sw_Update_pkt DL	10M	18M	0 bps	0 B	0 B	0

#	Action	Chain	Src. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Int...	In. Inter...	Out. Int...	Src. Address List	Dst. Ad...	Bytes	Packets	Dst. Address
0	mark connection	preouting					bridge1...				VoIP		2608 B	27	
1	mark packet	preouting									VoIP		2608 B	27	
2	mark connection	preouting									Invitados		362.9 KiB	2 502	
3	mark packet	preouting									Invitados		362.9 KiB	2 502	
4	mark connection	preouting					bridge1				SoftwareUpdate		0 B	0	
5	mark packet	preouting									SoftwareUpdate		0 B	0	
6	mark connection	preouting					bridge1				VIP_user		0 B	0	
7	mark packet	preouting									VIP_user		0 B	0	
8	mark connection	preouting					bridge1				Villonaco		47.7 MiB	43 742	
9	mark packet	preouting									Villonaco		47.7 MiB	43 733	
10	mark connection	forward					ether1...				VoIP		470 B	1	
11	mark packet	forward									VoIP		470 B	1	
12	mark connection	forward					ether1...				Invitados		5.3 MiB	6 966	
13	mark packet	forward									Invitados		5.3 MiB	6 966	
14	mark connection	forward					ether1...				Softwar...		0 B	0	
15	mark packet	forward									Softwar...		0 B	0	
16	mark connection	forward					ether1...				VIP_user		0 B	0	
17	mark packet	forward									VIP_user		0 B	0	
18	mark connection	forward					ether1...				Villonaco		8.9 MiB	9 243	
19	mark packet	forward									Villonaco		8.9 MiB	9 234	

Nota. Nelson Paute, 2023.

Conforme el ancho de banda establecido para la red LAN de Villonaco, se subdividió para Upload y Download estableciendo los mismos porcentajes, teniendo como tope los 80 Mbps de subida como de bajada. Se estableció los siguientes anchos de banda para VoIP de que inicie con 100k y máximo 8M con una prioridad la más alta 2, para los equipos VIP inicie 7M

y máximo 30M prioridad 5, para usuario normales inicia con 2M y máximo 20M prioridad 8, para la red invitados que son celulares de funcionarios y visitas inicia con 1M y máximo 4M prioridad 8 y finalmente para equipos que puedan descargar software que serán los de TIC inicia con 10M y máximo 20M prioridad 3.

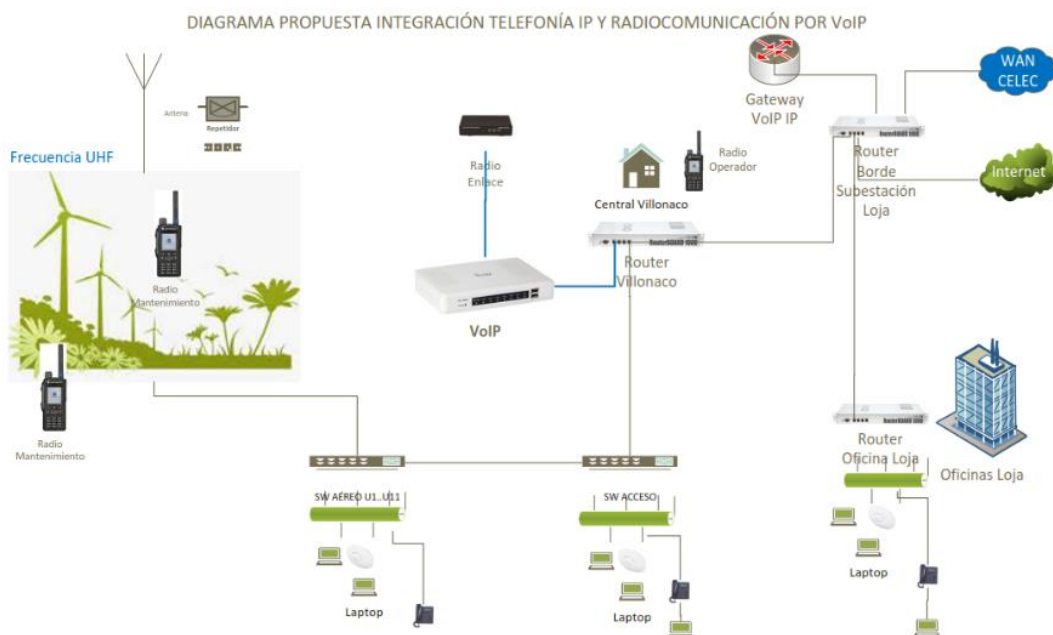
Con este diseño de QoS se pretende que la telefonía tenga siempre el ancho de banda disponible y sea el más prioritario en la transmisión de los paquetes, garantizando de esta manera la fluidez en las conversaciones.

5.3. Diseño propuesto para solución RoIP

El modelo propuesto de funcionamiento se lo muestra en la siguiente figura 20. A través de un equipo con un sistema RoIP se unifican las redes de radiofrecuencia de señales análogas con la red de telefonía IP de señales digitales permitiendo la interacción de dispositivos como teléfonos IP, computadoras, softphone, en la LAN de la Central Villonaco.

Figura 26

Modelo propuesto para solución.



Nota. Nelson Paute, 2023.

5.4. Equipos del Mercado RoIP

5.4.1. RoIP102 – Gateway de 1 canal radio sobre IP

El RoIP102 es un dispositivo capaz de encapsular un canal radio (Audio IN, Audio OUT, PPTin y PTTout) sobre un interfaz WAN IP mediante protocolo SIP. Dispone además

de un interfaz LAN 10/100BaseT y un relé de potencia (2220Vac 500mA) capaz de apagar y encender el sistema radio o de megafonía local asociado al equipo.

Figura 27

Equipo RoIP102



Nota. (DAVANTEL, s.f.)

5.4.2. IPR100 Omnitronics

Conecte su infraestructura de radio a través de redes IP existentes como una VPN o Internet. Con sitios repetidores remotos sobre IP, no hay necesidad de líneas arrendadas, enlaces de radio o satélites, ahorrando costes de instalación y funcionamiento. Además, obtienes la flexibilidad para adaptar y hacer crecer tu radio red a medida que su organización se adapta y crece.

Figura 28

Equipo IPR100 de OMNITRONICS



Nota. (OMNITRONICS, s.f.)

5.4.3. TVX-RoIP3, Team Vox

El TVX-RoIP3 es un Gateway de Radio a través de IP, que ofrece una solución independiente rentable y de excelente rendimiento.

Está diseñado para interconectar usuarios de dispositivos inteligentes móviles con usuarios de radio de dos vías o para conectar sistemas de radio de dos vías a través de canales o sitios.

El TVX-RoIP3 se encuentra equipado con un Sistema Inteligente de Seguimiento de Audio súper dinámico de tercera generación (iDATSIII), Sistema Operativo Android y nuestra aplicación TeamVOX PTT para ofrecerle una comunicación Push-to-Talk rápida y estable en cualquier momento en cualquier lugar del mundo.

Figura 29

Equipo TVX-RoIP de TEAM VOX



Nota. (TEAMVOX, 2021)

5.4.4. VE-PG3, ICOM

El VE-PG3 está diseñado para mejorar la cobertura de comunicación de una red de radio y la conveniencia del uso de radio al utilizar la tecnología de red IP con facilidad de implementación.

El VE-PG3 tiene dos modos: modo convertidor y modo puente. El modo convertidor convierte el audio de radio en llamadas telefónicas analógicas o de voz sobre IP (VoIP) y permite la interconexión entre los equipos conectados.

El modo puente conecta dos o más sitios de radio en una red IP y el audio de radio recibido se conecta en puente a sitios opuestos de radio de la red. El modo puente puede conectar sitios de radio dispersos en la red y puede proporcionar comunicación de banda cruzada y categoría cruzada.

Figura 30

Equipo VE-PG3 de ICOM



Nota. (ICOM, 2013)

5.5. Requerimientos de la Institución

Al contar la institución con un sistema de radiocomunicación y servicio de VoIP, tiene como requisito principal la integración de estas dos , permitiendo una comunicación fluida entre estas dos tecnologías, para este cumplimiento la solución propuesta debe contemplar los siguientes puntos:

- El equipo propuesto debe conectarse a una fuente de 120 V.
- El equipo debe ser rackeable o de escritorio para instalación en un rack
- Sus componentes tecnológicos deben ser máximo dos tres años atrás
- El software debe ser de preferencia libre, y poseer una página para descarga de actualizaciones.
- El equipo debe poseer por lo menos los puertos para conexión con la radio, y la red LAN de la institución y compatibles con equipos conocidos en nuestro medio.
- El equipo debe poseer una normativa internacional para la tecnología RoIP
- El equipo debe poseer los codecs de audio G.711, G.726, y soportar las interfaces PTT y COS
- El equipo deberá trabajar en modo convertidor, para integración de la radiocomunicación con telefonía VoIP,
- La tecnología debe permitir tener radios virtuales a través de software para instalación en PC
- El equipo de preferencia deberá comercializarse en el medio, para tener soporte, mantenimiento, manuales y garantía.

6. Resultados.

En base a los datasheet de los equipos, se realiza el siguiente cuadro comparativo de las principales características:

Tabla 4

Comparativa de Equipos

CUADRO COMPARATIVO EQUIPOS				
Característica	RoIP102	OMNITRONICS -IPR100	TEAMVOX- TVX-ROIP3	ICOM-VE-PG3
Alimentación	12 vcd, 500 Ma	12 Vdc @ 100mA	DC5V 2A	12 V CC y 3,5 A
Tipo	Desktop Unit	Desktop Unit	Desktop Unit	Desktop Unit
CPU	ARM9	No especifica	MT6737 QuadCore ARM- A53 @ 1.1-1.3GH	no especifica
RAM	16 MB	No especifica	1 G ROM 8G	16 MB
Firmware	Linux 2.6	Power OK, CPU RUN, VoIP Link OK	Android™ 7.0	Propietario
Network Protocolos	IP/TCP/UDP/HTTP/ICMP / DHCP CLIENT & SERVER/NTP/TFTP/ToS/ DDNS, Telnet WAN Port: 10/100 Base- T LAN Port : 10/100 Base-T	RTP - Unicast, Multicast, Conferencing 10Mbps/100Mbps, Link Active, Activity	10/100 Base-T BluetoothBT 4.0 LE Usb micro	LAN/WAN • Aparato telefónico • Línea telefónica • Transceptor/repetido r • Equipos externos • USB : Conectores RJ-45 ×2 10BASE- T/100BASE-TX : Conector RJ-11 ×1 : Conectores RJ-11 ×2 : Conectores rápidos ×2 : Conectores rápidos ×2 : Receptáculo A estándar ×
Cumplimiento Normativo	No especifica	NO especifica	NO especifica	FCC (Parte 15, Clase B/Parte 68), TIA 868-B ICES-003, ICCS-03 Marca CE, ETSI ES 203 021, ETSI EG 201 121

Codes de Audio	Codecs: G.711 (a-law y μ -law), G.729A, G.729AB, G.723.1, GSM	G.711, G.726 ADPCM, GSM (13Kbps)	NO especifica	G.711, G.726
Interfaz PTT	PTTIN (Active Low): <0.7V (4.7K Ω load) PTTIN (Active High): >1.2V PTTOUT (High Output): 5V (4.7 K Ω load) PTTOUT (Low Output): 0V Audio OUT: 8 Ω 750mW 5V P-P Audio IN: 600 Ω , 0 – 0.6V P-P	PTT output active, COS input active	PTT output active, COS input active	PTT output active, COS input active
Cables de conexión	No	NO	NO	SI
País de Comercialización	China	América	México	América, México
Datasheet	SI	SI	SI	SI
Manual de Configuración	NO	NO	NO	SI
Modo Convertidor	SI	No especifica	SI	SI
Conexión con Radio Virtual	NO	NO	NO	SI
Conexión con Sistema de Radio	SI	SI	SI	SI
Integración Radio con VoIP	SI	SI	SI	SI
PUNTOS CUMPLIDOS				

Nota. Nelson Paute, 2023.

Luego de un análisis de las características y prestaciones de los equipos con tecnología RoIP que se encuentran en el mercado, se ha determinado que el más ocionado es el de la Marca ICOM modelo VE-PG3, porque cuenta con una memoria superior a los demás, contiene algunas interfaces de varios tipos para su conexión, se basa en una normativa TIA 868, posee los códecs de audio requeridos, es comercializado en nuestro medio y posee documentación en línea en su administración, configuración e instalación.

6.1. Modo convertidor

El equipo en modo convertidor conecta una red de radio a una red de telefonía IP, permitiendo la integración de Radios y teléfonos IP.

Figura 31

VE-PG3 Modo convertidor



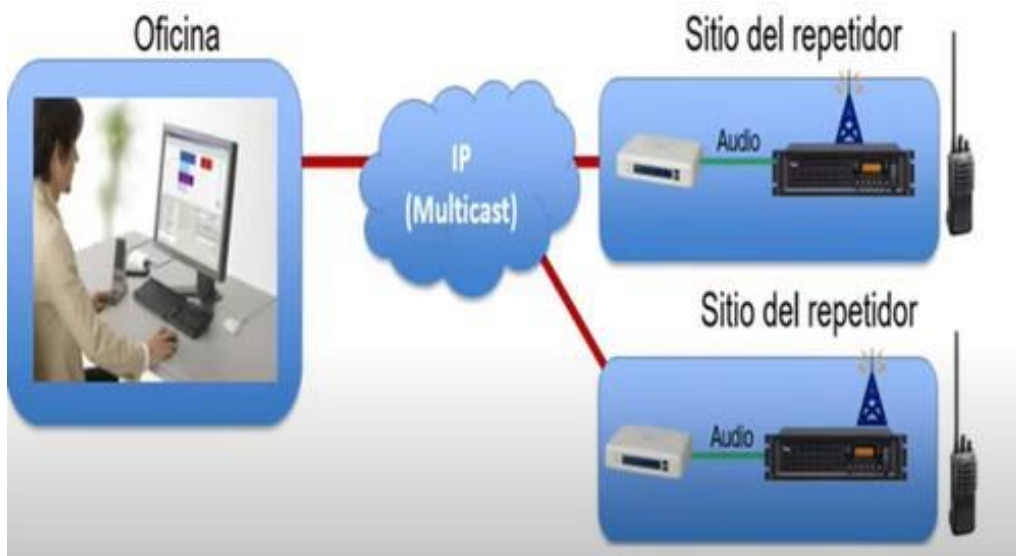
Nota. (SYSCOM, 2020)

6.2. Conexión con Radio Virtual

El RC-FS10 es un software que permite la conexión IP distante al VE-PG3 para la operadora de radio virtual instalada en un computador, permite 8 conexión.

Figura 32

VE-PG3 en esquema Radio Virtual



Nota. (SYSCOM, 2020)

6.3. Conexión con Sistema de Radiocomunicación

La conexión se lo realiza a través de un cable OPC-2275 como se muestra en la siguiente imagen.

En la parte del radio la conexión del rj-45 va en el conector del micrófono y el 3.5" para la bocina.

En el VPG va la conexión en el orden ABC por la parte posterior.

Figura 33

VE-PG3 Cable conector



Nota. (SYSCOM, 2020)

En la parte posterior en los conectores verdes de la izquierda se conecta una bocina de radio o de audio para conectar una bocina para boceo local. Los conectores de color verde nos sirven para conectarse con el router de telefonía IP. Y los conectores de color naranja son para conectar telefonía analógica.

Figura 34

VE-PG3 Puertos posteriores



Nota. (SYSCOM, 2020)

Por la parte frontal tenemos dos conectores USB, por los cuales podemos cargar la configuración del equipo o actualizar el firmware

Figura 35

VE-PG3 Puertos delanteros



Nota. (SYSCOM, 2020)

6.4. Integración de Radio con Telefonía

Figura 36

VE-PG3 Integrando Radio y Telefonía IP



Nota. (SYSCOM, 2020)

Este sería el esquema para implementar como solución, configurando el equipo VE-PG3 en modo convertidor, quedando en nuestro caso de la siguiente manera

Figura 37

VE-PG3 Diagrama Solución



Nota. (SYSCOM, 2020)

Como podemos observar el equipo VE-PG3 por su puerto LAN de la parte posterior se conectará al Router Mikrotik, este a su vez se encuentra conectado al Call Manager donde se encuentra configurada la telefonía IP de la central, y finalmente del radio al VE-PG3 por los conectores A,B,C., con esto se tendrá comunicación desde los radios a los teléfonos IP, a través del marcado en el radio de la extensión del teléfono IP.

6.5.Requisitos para conexión del VE-PG3

Para la conexión se realizará la siguiente configuración:

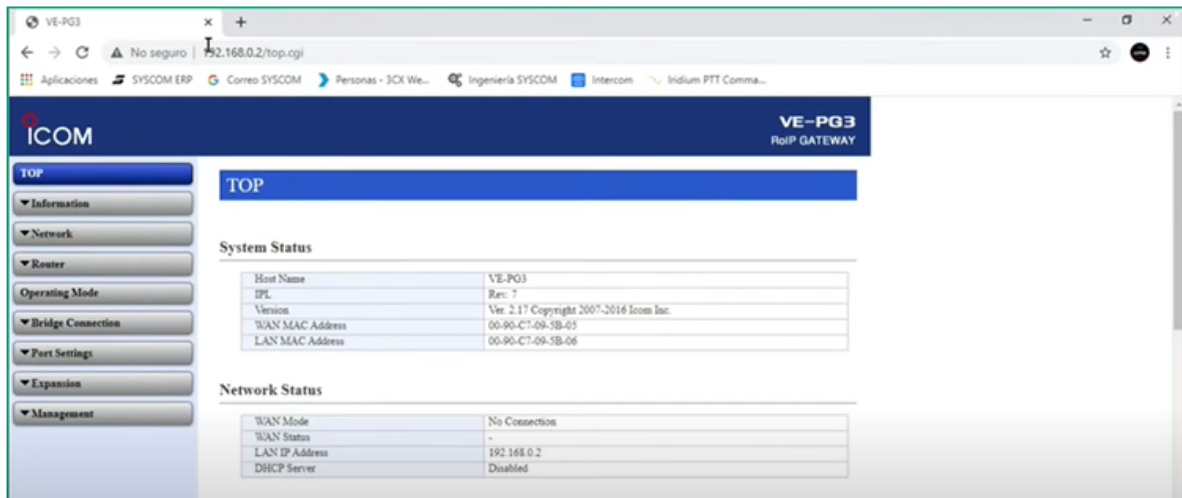
- Asignar una dirección IP fija, 172.16.170.xx
- Establecer un ancho de banda de 300Kbps para la conexión, se maneja VCOVER de voz G.711.
- La latencia máxima de la red debe estar en 300 ms
- Compatibilidad con Telnet

6.6.Configuración del VE-PG3

Para la configuración lo podemos realizar a través del navegador Google Chrome con la ip por defecto 192.168.0.1, con usuario: admin y contraseña: admin.

Figura 38

VE-PG3 Pantalla Configuración

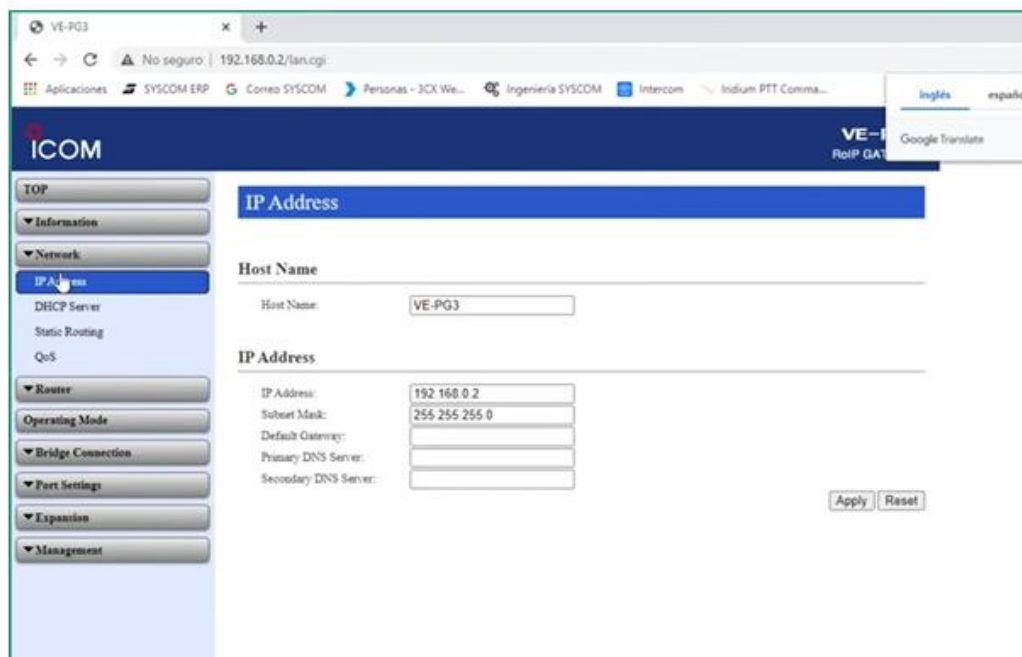


Nota. Nelson Paute, 2023

En la parte de Network, menú IP Address se configuraría la IP asignada 172.16.xx.xx, como en la figura 38.

Figura 39

VE-PG3 Configuración IP

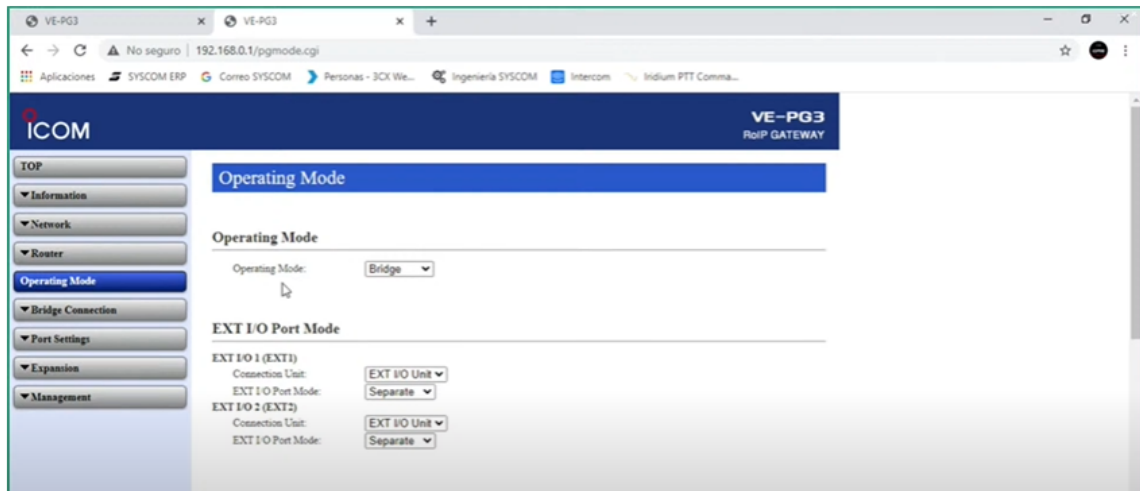


Nota. Nelson Paute, 2023

En la siguiente imagen se muestra la configuración del VE-PG3 en el menú Operating Mode, se debe seleccionar en Operating Mode: Convertidor, con el puerto EXT I/O para conexión con el Radio y en modo Separate.

Figura 40

VE-PG3 Configuración Convertidor



Nota. Nelson Paute, 2023

Esta sería la configuración básica del equipo para la comunicación con la telefonía IP de la Central Villonaco.

7. Discusión

Con el levantamiento de información de la infraestructura de la institución, se pudo determinar que se cuenta con un sistema de radiocomunicación con frecuencia UHF, que cuenta con un sistema de telefonía IP, Router y Switch's administrables en la red de datos, esta infraestructura sirve como base para la solución de integrar la red de radiocomunicación con la red de VoIP.

A través de la información recolectada de documentos de investigación, libros datasheet de equipos y páginas web, se logró determinar que a través de la instalación de un equipo con tecnología RoIP, es factible la unión de estas dos redes, como es la de radiocomunicación y la red VoIP.

Mediante el análisis de las características de los equipos RoIP, y sus requerimientos, se determina que el ancho de banda requerido para la solución está dentro de los rangos asignados, por lo que no es inconveniente la implementación de esta solución.

Las especificaciones técnicas de los equipos a través de sus datasheet, permitió determinar cuál de ellos es el más recomendado para su implementación, por características, por sistema de configuración amigable al administrador, comercialización en nuestra región andina, y variada información en línea de su administración y configuración.

8. Conclusiones

- La radiocomunicación digital, así como la telefonía IP, son sistemas de comunicación de última generación que brindan servicios específicos para los diversos requerimientos en una empresa, en la actualidad en la gran mayoría de empresas trabajan de manera aislada, la unión de estos dos sistemas trae grandes beneficios permitiendo ampliar la cobertura de las comunicaciones en una empresa o institución.
- Mediante el análisis de las especificaciones técnicas de los equipos, se logró determinar cuál es la mejor opción en base a la infraestructura que se tiene, prestaciones del equipo, comercialización en el medio e información en línea para su implementación.
- Este análisis y determinación del equipo recomendado, servirá a la institución como punto de partida para una futura implementación, consiguiendo de esta manera solventar sus necesidades de comunicación entre los distintos sitios, reutilizando la telefonía IP y la radiocomunicación existente en la Central Eólica Villonaco.
- Se logró diseñar una solución que integre la red de VoIP con la red de radiocomunicación mediante la tecnología RoIP, para ampliar la intercomunicación en la Central Villonaco con los demás departamentos.
- Se realizó el análisis del sistema de radiocomunicación existente con un enfoque de fusión con la red de VoIP a través de equipos con tecnología RoIP.
- Se identificó el software y hardware necesario para establecer la conectividad entre la red de radiocomunicación y la red de VoIP.
- Se realizó el diseño de esquemas y diagramas de red finales de la integración de la red de radiocomunicación y VoIP.

9. Recomendaciones

- A la fecha el equipo de ICOM – VE-PG3, es el más recomendable, sin embargo, a la fecha de implementación puede existir uno de mejores prestaciones y nuevas versiones de RoIP, se recomienda tomar el de última generación con la finalidad de que la solución tenga las mejores prestaciones.
- Se recomienda que en la implementación y puesta en marcha de la solución RoIP, se monitore la misma a través de una herramienta de red, con la finalidad de ajustar los anchos de banda requeridos y el ajuste de la QoS Calidad de servicio.
- Se recomienda continuar con la investigación, ya que existe un software de la marca el RC-FS10, con el cual a un PC se lo puede convertir en un radio remoto y poder comunicarse de cualquier lugar del mundo a través del Internet.

10. Referencias bibliográficas

- +IP. (22 de 7 de 2019). *masip.es*. Recuperado el 15 de 04 de 2023, de <https://www.masip.es/blog/mejores-telefonos-ip/>
- Caldera, J., & Suazo, W. (s.f.). *Telefonía IP*. Recuperado el 20 de 04 de 2023
- DAVANTEL. (s.f.). *davantel.com*. Recuperado el 25 de 04 de 2023, de <https://www.davantel.com/productos/radio-sobre-ip/roip102>
- GESDITEL. (2023). *gesditel.es*. Recuperado el 15 de 04 de 2023, de <https://gesditel.es/softphone-voip/>
- Gómez, J., & Gil, F. (2014). *VoIP y Asterisk. Redescubriendo la Telefonía*. Madrid, España: RA-MA. Recuperado el 10 de 04 de 2023, de www.ra-ma.es
- ICOM. (2013). *icomamerica.com*. Recuperado el 25 de 04 de 2023, de <https://www.icomamerica.com/es/products/systems/ip/vepg3/options.aspx>
- José, H., José, R., & Luis, M. (2013). *Trasmisión por Radio* (Vol. Séptima Edición). Madrid, España: CENTRO DE ESTUDIOS RAMÓN ARECES, S.A. Recuperado el 23 de 04 de 2023, de www.cerasa.es
- Meza, Q. (s.f.). <https://platzi.com/>. Recuperado el 04 de 05 de 2023, de <https://platzi.com/clases/2225-redes/35584-modelo-tcpip/>
- OMNITRONICS. (s.f.). *omnitronicsworld.com*. Recuperado el 25 de 04 de 2023, de <https://www.omnitronicsworld.com/es/conectividad-voip/pasarelas-ip-para-radios-anal%C3%B3gicas/ipr100/>
- Riofrío, A. (2015). "SOLUCIÓN BASADA EN ROIP (RADIO OVER IP) COMO SISTEMA ALTERNATIVO O. (*Tesis de Maestría*). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Server VoIP*. (s.f.). Recuperado el 20 de 04 de 2023, de <http://www.servervoip.com/>
- TEAMVOX. (2021). *teamvox.com*. Recuperado el 25 de 04 de 2023, de <https://teamvox.com/productos/gateway-roip/>
- WIKIPEDIA. (29 de 03 de 2023). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 5 de 04 de 2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/Capa_de_enlace_de_datos
- WIKIPEDIA. (8 de 4 de 2023). *es.wikipedia.org*. Recuperado el 10 de 4 de 2023, de https://es.wikipedia.org/wiki/Familia_de_protocolos_de_internet
- YOUTUBE. (22 de 09 de 2020). *SYSCOM*. Recuperado el 26 de 04 de 2024, de <https://www.youtube.com/watch?v=dx0g8vz6ZhQ>

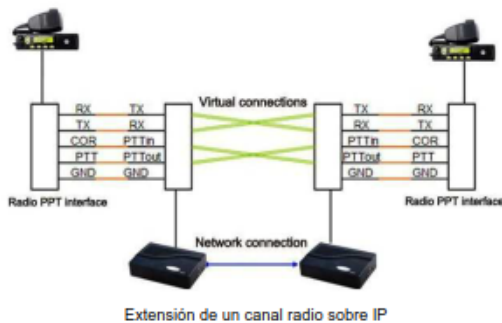
11. Anexos

Anexo 1. Datasheet RoIP102

RoIP102 – Gateway de 1 canal radio sobre IP

Descripción General

El **RoIP102** es un dispositivo capaz de encapsular un canal radio (Audio IN, Audio OUT, PPTin y PTTout) sobre un interfaz WAN IP mediante protocolo SIP. Dispone además de un interfaz LAN 10/100BaseT y un relé de potencia (220Vac 500mA) capaz de apagar y encender el sistema radio o de megafonía local asociado al equipo.



Prestaciones

- Protocolos VoIP estándares (IETF SIP V2)
- Dos puertos 10/100BaseTX para las conexiones WAN / LAN
- Cliente dynamic DNS para la conexión a través de direcciones IP dinámicas
- Calidad de audio garantizada a través de QoS a nivel Ethernet e IP y buffer para compensación del jitter
- Cancelación de eco en línea

- Soporte de VLAN y QoS
- NAT Transversal y funcionalidades de router
- Relé de potencia (220Vac 500mA) para apagado y encendido del equipo de audio asociado
- Sistema operativo Linux sobre procesador ARM 9 de alto rendimiento

Especificaciones

Hardware

- CPU: ARM9
- RAM: 16MB
- FLASH: 4MB
- DSP: 116MHz, 16 Bit Bus

Software

- Firmware OS: Linux (version 2.6)
- Network Protocols: IP/TCP/UDP/HTTP/ICMP/DHCP CLIENT & SERVER/NTP/TFTP/ToS/DDNS, Telnet
- VoIP Protocol: SIP v.2
- Configuración: HTML, XML2.0, JAVA

Audio

- Codecs: G.711 (a-law y μ -law), G.729A, G.729AB, G.723.1, GSM

Conectores

- Alimentación: 12VDC, 500mA (incluye alimentador externo 220Vac)
- WAN Port: 10/100 Base-T
- LAN Port : 10/100 Base-T
- SWITCH (Relé): 220VAC 500 mA

Dimensiones y Condiciones de funcionamiento

- Dimensiones :10cm x 6.8cm x 2.5cm
- Peso (sin alimentador): 100 g
- Temperatura de almacenamiento: -40°C - 80°C
- Temperatura de funcionamiento: 0°C - 40°C

Interfaz PTT

- PTTIN (Active Low): <0.7V (4.7K Ω load)
- PTTIN (Active High): >1.2V
- PTTOUT (High Output): 5V (4.7 K Ω load)
- PTTOUT (Low Output): 0V
- Audio OUT: 8 Ω 750mW 5V P-P
- Audio IN: 600 Ω , 0 – 0.6V P-P

Anexo 2. Datasheet OMNITRONICS IPR100

DIGITAL

- DRG100**
One box, many protocols
- Tetra Gateway-DM**
Connect Omnitronics consoles into DAMM Tetra networks

ANALOG

- IPR100**
Flexible RoIP gateway for analog systems
- IPR110+**
Advanced RoIP gateway with more
- IPR400 52**
2-in-1: Interoperability and full multi-channel RoIP gateway

Technical Specifications

Which One is Right For You?

RoIP Gateway	No of Channels	Type	Supported Signalling	Integrations	No of VoIP Channels	Tone Remote Signalling
DRG100	1	Desktop Unit	RTP (unicast, multicast), SIP	Analog, DMR, NXDN, P25, MotoTRBO, Tetra, IDAS	12	N/A
IPR100	1	Desktop Unit	RTP (unicast, multicast), SIP	Analog PMR	12	DTMF, CTCSS, Selcall
IPR110+	1	Desktop Unit	RTP (unicast, multicast), SIP	Analog PMR incl. Channel-change, SIP Phone	12	Two-tone paging, EIA tone remote, DTMF, CTCSS, MD1200, Selcall
IPR400 52	4	Rack Mount 1RU	RTP (unicast, multicast), SIP	Analog PMR incl. Channel-change	48	DTMF, CTCSS, Selcall
Tetra Gateway-DM	Up to 32	Software	RTP (unicast, multicast), SIP	DAMM Tetra	12 Consoles	N/A



Core Industries

World Class Systems Across All Fields



Emergency Services



Utilities



Mining



Maritime



Public Safety



www.omnitronicsworld.com



sales@omnitronicsworld.com

Anexo 3. Datasheet TEAMVOX, TVX-RoIP3



Conectividad

Ethernet	10/100 Base-T
Bluetooth	BT 4.0 LE
USB	Micro

Hardware

Procesador	MT6737 QuadCore ARM-A53 @ 1.1-1.3GHz
Memoria	RAM 1G ROM 8G
Tarjeta de Memoria	Micro SD
Pantalla	LCD 4.3", Táctil Capacitiva
Resolución	240x320 pixeles
Fuente de Poder	DC 5V
Consumo de corriente	600mA (Típico)
Botones de Control	Menu y "Atras" (Back)
Detección de Activación del Carrier	Menor a 0.5 seg
Estabilizador digital de Interconexión	Interruptor Habilitado o Deshabilitado
Adaptador AC	Entrada AC100-240V, Salida DC5V 2A

Software

Sistema Operativo	Android™ 7.0
Aplicación Pre-instalada	TeamVOX PTT



Características Físicas y Durabilidad

Dimensiones	160mmx100mmx40 mm (L x W x H)
Peso	450 g
Resistencia	IP54



Este dispositivo se ha optimizado para ejecutar las siguientes aplicaciones:
TeamVOX PTT

Todos los derechos reservados 2021.

Las imágenes son ilustrativas. Consulte a su Distribuidor autorizado y/o Asociado comercial. Información técnica sujeta a cambios sin previo aviso.

V6.1

Anexo 4. Datasheet ICOM – VE-PG3

PUERTA DE ENLACE RoIP

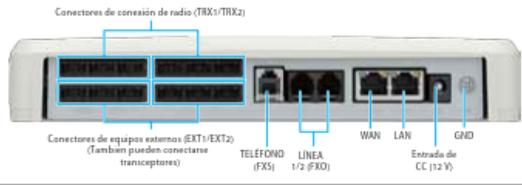
VE-PG3

ESPECIFICACIONES

GENERAL

- Alimentación de energía : 12 V CC $\pm 10\%$, máx. 1,1 A (unidad principal)
16 W máx. (con adaptador de CA incluido)
- Rango de la temperatura de funcionamiento : De 0 °C a +40 °C; de 32 °F a +104 °F
- Humedad de funcionamiento : De 5 % a 95 % RH
- Dimensiones (ancho x alto x profundidad) : 232 x 38 x 168 mm;
(No se incluyen las proyecciones) 9,13 x 1,5 x 6,61 pulgadas
- Peso (solo unidad principal) : 800 g; 1,76 libras (aprox.)
- Cumplimiento normativo : FCC (Parte 15, Clase B/Parte 68), TIA 868-B
ICES-003, ICES-03
Marca CE, ETSI ES 203 021,
ETSI EG 201 121 (Advertencia)

VISTA DEL PANEL POSTERIOR



Accesorios incluidos: (pueden variar según la versión)

- Adaptador de CA, BC-2075
- Núcleo de ferrita
- Conectores rápidos (repuesto)
- CD de software del puerto serial virtual

INTERFAZ

- LAN/WAN : Conectores RJ-45 x2
10BASE-T/100BASE-TX
- Aparato telefónico : Conector RJ-11 x1
- Línea telefónica : Conectores RJ-11 x2
- Transceptor/repetidor : Conectores rápidos x2
- Equipos externos : Conectores rápidos x2
- USB : Receptáculo A estándar x2

Todas las especificaciones indicadas están sujetas a cambio sin previo aviso ni obligación.

OPCIONES

Cables de conexión de audio



OPC-2275: Cable de 5 m (16,4 pies) para un transceptor móvil. Conector de enchufe modular RJ-45 con conector de altavoz. OPC-2273: Cable de 5 m (16,4 pies) para un transceptor marino VHF IC-M604A. Conector de 8 pines impermeable.

Adaptador de CA



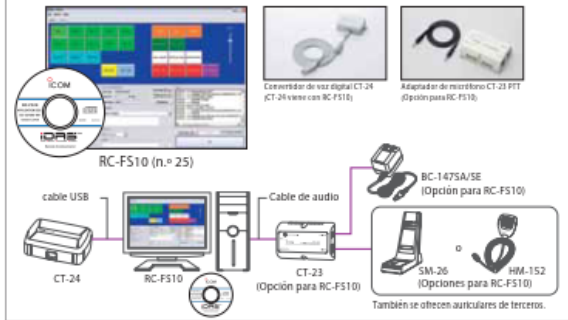
Ofrece salida de 12 V CC y 3,5 A. Igual al que se proporciona.

Convertidor de voz digital



Convierte audio analógico y códec de teléfono IP G.711 μ en códec AMBE+2™. Se requiere para la conexión con IDAS™ convencional o troncalizado multisitio.

Comunicador remoto



Icom, Icom Inc. y el logotipo de Icom son marcas comerciales registradas de Icom Incorporated (Japón) en los Estados Unidos, el Reino Unido, Alemania, Francia, España, Rusia, Japón y/u otros países. IDAS y el logotipo de IDAS son marcas registradas de Icom Incorporated. NXDN es una marca registrada de Icom Incorporated y JVC KENWOOD Corporation. AMBE+2 es una marca registrada y propiedad de Digital Voice Systems, Inc. Todas las otras marcas registradas son propiedad de sus respectivos poseedores.

Icom Inc. 1-1-32, Kami-minami, Hirano-ku, Osaka 547-0003, Japón Teléfono: +81 (06) 6793 5302 Fax: +81 (06) 6793 0013

www.icom.co.jp/world ; Cuente con nosotros!

Icom America Inc.
2380 116th Avenue NE,
Bellevue, WA 98004, EE. UU.
Teléfono : +1 (425) 454-8155
Fax : +1 (425) 454-5929
Correo electrónico : sales@icomamerica.com
URL : <http://www.icomamerica.com>

Icom Canada
Glenwood Centre #150 6165 Highway 17,
Delta, B.C., V4K 5B8, Canadá
Teléfono : +1 (604) 952-4266
Fax : +1 (604) 952-2092
Correo electrónico : info@icomcanada.com
URL : <http://www.icomcanada.com>

Icom Brazil
Rua Pernambuco, 353 - Sala 901
Belo Horizonte, MG,
30130-150, Brasil
Teléfono : +55 (31) 3582 8847
Fax : +55 (31) 3582 8997
Correo electrónico : sales@icombrasil.com

Icom (Europe) GmbH
Communication Equipment
Auf der Krautwiese 24
65812 Bad Soden am Taunus, Alemania
Teléfono : +49 (6196) 76685-0
Fax : +49 (6196) 76685-50
Correo electrónico : info@icom-europe.com
URL : <http://www.icom-europe.com>

Icom Spain S.L.
Ctra. Rubi, No. 88 "Edificio Can Castanyer"
Bajos A.08174, Sant Cugat del Valles,
Barcelona, España
Teléfono : +34 (93) 596 26 70
Fax : +34 (93) 599 04 46
Correo electrónico : icom@icomspain.com
URL : <http://www.icomspain.com>

Icom Polska
81-850 Sopot, ul. 3 Maja 54, Polonia
Teléfono : +48 (58) 550 7135
Fax : +48 (58) 551 0484
Correo electrónico : icom.polska@icom.pl
URL : <http://www.icom-polska.com.pl>

Icom (UK) Ltd.
Bladsole House, Altra Park,
Herne Bay, Kent, CT6 6GZ, Reino Unido
Teléfono : +44 (0) 1227 741741
Fax : +44 (0) 1227 741742
Correo electrónico : info@icomuk.co.uk
URL : <http://www.icomuk.co.uk>

Icom France s.a.s.
Zac de la Raine,
1 Rue Brindejonc des Moulinais, BP 45804,
31505 Toulouse Cedex 5, Francia
Teléfono : +33 (5) 61 36 03 03
Fax : +33 (5) 61 36 03 00
Correo electrónico : icom@icom-france.com
URL : <http://www.icom-france.com>

Icom (Australia) Pty. Ltd.
Unit 1 / 103 Garden Road,
Clayton, VIC 3168 Australia
Teléfono : +61 (03) 9549 7500
Fax : +61 (03) 9549 7505
Correo electrónico : sales@icom.net.au
URL : <http://www.icom.net.au>

Icom New Zealand
146A Harris Road, East Tamaki,
Auckland, Nueva Zelanda
Teléfono : +64 (9) 274 4062
Fax : +64 (9) 274 4038
Correo electrónico : inquiries@icom.co.nz
URL : <http://www.icom.co.nz>

Asia Icom Inc.
6F No. 48, Sec. 1 Cheng-Teh Road,
Taipei, Taiwan, R.O.C.
Teléfono : +886 (02) 2559 1899
Fax : +886 (02) 2559 1874
Correo electrónico : sales@asia-icom.com
URL : <http://www.asia-icom.com>

Beijing Icom Ltd.
10037, Long Silver Mansion, No.88, Yong Ding
Road, Haidian District, Beijing, 100089, China
Teléfono : +86 (010) 5889 5393/5392/5393
Fax : +86 (010) 5889 5395
Correo electrónico : bj@icom4.com
URL : <http://www.bjicom.com>

Su distribuidor/comercializador local:

Anexo 5. Certificado de traducción. del resumen

Loja, 16 de mayo de 2023

Yo, **Rosa Guissella Romero Andrade**, con cédula de identidad **1103490064**, **Licenciada en Ciencias de la Educación, Especialidad Idioma Inglés**, con certificado del Ministerio de Trabajo del Ecuador **MDT-3104-CCL-272688**, código de calificación **SETEC-REC-2019-104**, certifico:

Que tengo el conocimiento requerido del idioma inglés y que la traducción del resumen del trabajo de titulación denominado: **“DISEÑO DE UNA SOLUCIÓN PARA INTEGRAR LA RED DE TELEFONÍA IP CON LA RED DE RADIOCOMUNICACIÓN DE LA CENTRAL EÓLICA VILLONACO MEDIANTE TECNOLOGÍA RoIP”**, de autoría del estudiante **Nelson Gustavo Paute Cuenca**, con cédula de identidad **1103338461**, es fiel al texto original, verdadera y correcta a mi mejor saber y entender.

Lo certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal y pertinente.

Atentamente,



Rosa Guissella Romero Andrade

MDT-3104-CCL-272688
SETEC-REC-2019-104