



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del sistema de comunicación Voz sobre IP basado en Asterisk del Hospital Nacional EsSalud Carlos Alberto Seguin Escobedo

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

AUTOR

Ronald Ramón PAREJA ALCAZABA

ASESOR

Raúl Marcelo ARMAS CALDERÓN

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Pareja, R. (2022). *Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del sistema de comunicación Voz sobre IP basado en Asterisk del Hospital Nacional EsSalud Carlos Alberto Seguin Escobedo*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	RONALD RAMÓN PAREJA ALCAZABA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44784698
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7744-6276
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Raúl Marcelo Armas Calderón
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	07156168
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4624-3705
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Arturo Alejandro Bartra More
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40233946
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Enríquez Maguiña William Martin
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06179457
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima

	Jr. Carlos Amezaga No. 375 Universidad Nacional Mayor de San Marcos Latitud: -12.0564232 Longitud: -77.0843327
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022
URL de disciplinas OCDE	2.02.04 -- Ingeniería de sistemas y comunicaciones https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

Acta Virtual de Sustentación
del Trabajo de Suficiencia Profesional

Siendo las 19:00 horas del día 25 de agosto del año 2022, se reunieron virtualmente los docentes designados como Miembros de Jurado del Trabajo de Suficiencia Profesional, presidido por el Ing. Bartra More Arturo Alejandro (Presidente), Mg. Enríquez Maguiña William Martin (Miembro) y el Ing. Armas Calderón Raúl Marcelo (Miembro Asesor), usando la plataforma Meet (<https://meet.google.com/hqu-jkha-bft>), para la sustentación virtual del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA EN ALTA DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN VOZ SOBRE IP BASADO EN ASTERISK DEL HOSPITAL NACIONAL ESSALUD CARLOS ALBERTO SEGUIN ESCOBEDO”**, por el Bachiller **Pareja Alcazaba Ronald Ramón** ; para obtener el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas.

Acto seguido de la exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional, el Presidente invitó al Bachiller a dar las respuestas a las preguntas establecidas por los miembros del Jurado.

El Bachiller en el curso de sus intervenciones demostró pleno dominio del tema, al responder con acierto y fluidez a las observaciones y preguntas formuladas por los señores miembros del Jurado.

Finalmente habiéndose efectuado la calificación correspondiente por los miembros del Jurado, el Bachiller obtuvo la nota de **15 (QUINCE)**

A continuación el Presidente de Jurados el Ing. Bartra More Arturo Alejandro, declara al Bachiller **Ingeniero de Sistemas**.

Siendo las 20:00 horas, se levantó la sesión.

Presidente

Ing. Bartra More Arturo Alejandro

Miembro

Mg. Enríquez Maguiña William Martin

Miembro Asesor

Ing. Armas Calderón Raúl Marcelo



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

1. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática
2. Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas
3. Autoridad académica que emite el informe de originalidad
Directora (e) de la EPIS
4. Apellidos y Nombres de la autoridad académica
Dra. Luzmila Elisa Pró Concepción
5. Operador del programa informático de similitudes
Dra. Luzmila Elisa Pró Concepción
6. Documento evaluado
Título de pregrado: “Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del Sistema de comunicación Voz sobre IP basado en Asterisk del hospital nacional EsSalud Carlos Alberto Seguin Escobedo”
7. Autor del documento
Bach. Pareja Alcazaba, Ronald Ramón
8. Fecha de recepción del documento **10/09/2022**
9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes **10/09/2022**
10. Software utilizado
 - Turnitin
11. Configuración del programa detector de similitudes
 - Excluye textos entrecomillados
 - Excluye bibliografía
 - Excluye cadenas menores a 40 palabras
12. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes **5(cinco)%**
13. Fuentes originales de las similitudes encontradas
Se adjunta en el anexo 1
14. Observaciones
15. Calificación de originalidad
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones ☒
 - Documento cumple criterios de originalidad, con observaciones ☐
 - Documento no cumple criterios de originalidad ☐
16. Fecha de informe **17/09/2022**



Firmado digitalmente por PRO
CONCEPCIÓN Luzmila Elisa FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14.11.2022 22:52:08 -05:00

Firma de evaluador
Dra. Luzmila E. Pró Concepción
Directora (e) de la EPIS



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMATICA
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

ANEXO 1

Fuentes originales de las similitudes encontradas

1. **hdl.handle.net: 3%**
2. **citelia.es: 1%**
3. **tesis.ucvm.edu.pe: 1%**
4. **docplayer.es: <1%**
5. **Submitted to Universidad Internacional de la
Rioja: <1%**
6. **dspace.esPOCH.edu.ec: <1%**



UNMSM

Firmado digitalmente por PRO
CONCEPCION Luzmila Elisa FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14.11.2022 22:51:48 -05:00

Firma de evaluador

Dra. Luzmila E. Pró Concepción

Director (e) de la EPIS

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del sistema de comunicación Voz sobre IP basado en Asterisk del hospital nacional EsSalud Carlos Alberto Seguin Escobedo

Autor: Pareja Alcazaba Ronald Ramón

Asesor: Armas Calderón Raúl Marcelo

Título: Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

Fecha: mayo de 2022

RESUMEN

El presente informe de suficiencia profesional describe mi participación como Consultor Especialista del proyecto de Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del sistema de comunicación Voz sobre IP basado en Asterisk del hospital nacional EsSalud Carlos Alberto Seguin Escobedo, ubicado en Arequipa. El proyecto fue desarrollado mientras laboraba en la consultora T-Contacta S.A.C., empresa peruana que tiene como núcleo de negocio implementar infraestructuras, soluciones, soporte, mantenimiento, asesoramiento y migración de infraestructuras VoIP basados en Asterisk para empresas privadas y del estado a nivel nacional.

El proyecto en mención tuvo como objetivo optimizar la solución existente hasta el año 2016: Una infraestructura VoIP basada en Asterisk que soportaba alta disponibilidad, sin embargo, no funcionaba como tal. El sistema contaba con deficiencias tanto a nivel de disponibilidad como a nivel de configuración, pues, cada uno su más de 600 anexos telefónicos IP estaban registrando 2 veces, ocasionando un doble consumo de tráfico de red, además de que, cuando el servidor maestro fallaba, los anexos telefónicos no se registraban en el servidor esclavo. Debido a los constantes problemas se requirió el desarrollo de una nueva infraestructura que corrija y optimice la solución.

El desarrollo del presente proyecto se realizó utilizando la guía de buenas prácticas PMBOK para la gestión de proyectos. La solución permite servicios de llamadas entrantes y salientes, grabación de llamadas, contestador Automático, sistema web, reporte de llamadas, control de llamadas y todo sobre una misma plataforma, trabajando con el software de telefonía IP ASTERISK. Para el desarrollo de la infraestructura de alta disponibilidad se utilizó 2 nuevos servidores en clúster, un maestro y un esclavo, utilizando DRBD para la sincronización de discos virtuales en común y HEARTBEAT para proporcionar la IP virtual a la que nos conectaremos, así también como la disponibilidad del sistema, a través del levantamiento automático de servicios. El hospital contaba con más de 600 anexos telefónicos IP y 30 anexos analógicos de la marca SNOM, los cuales tuvieron que ser actualizados al último firmware disponible pues presentaba algunas fallas de funcionamiento debido a sus versiones antiguas.

Una vez realizadas las pruebas preliminares, actualización del firmware de los teléfonos IP, registro de GATEWAYS de comunicación, VLANs de voz, se procedió con la migración siendo éste, exitoso.

El presente trabajo, para su mejor entendimiento, ha sido estructurado en 5 capítulos descritos a continuación:

Palabras clave: Alta disponibilidad, PMBOK, Asterisk, DRBD, HEARTBEAT

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTY OF SYSTEMS AND COMPUTER ENGINEERING
PROFESSIONAL SCHOOL OF SYSTEMS ENGINEERING

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A HIGH-AVAILABILITY
TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE FOR THE ASTERISK-BASED
VOICE OVER IP COMMUNICATION SYSTEM OF THE ESSALUD CARLOS
ALBERTO SEGUIN ESCOBEDO NATIONAL HOSPITAL**

Author: Pareja Alcazaba Ronald Ramón

Advisor: Armas Calderón Raúl Marcelo

Title: Professional Sufficiency Work for the Professional Degree of
Systems Engineer

Date: May 2022

ABSTRACT

This professional proficiency report describes my participation as a Specialist Consultant in the Design and implementation project of a high-availability technological infrastructure of the Asterisk-based Voice over IP communication system of the EsSalud Carlos Alberto Seguin Escobedo national hospital, located in Arequipa. The project was developed while working at the consulting firm T-Contacta S.A.C., a Peruvian company whose core business is to implement infrastructures, solutions, support, maintenance, advice and migration of VoIP infrastructures based on Asterisk for private and state companies nationwide.

The project in question aimed to optimize the existing solution until 2016: An Asterisk-based VoIP infrastructure that supported high availability, however, it did not work as such. The system had deficiencies both at the level of availability and at the level of configuration, since each of its more than 600 IP telephone extensions were registering twice, causing a double consumption of network traffic, in addition to the fact that, when the master server failed, phone extensions were not registered on the slave server. Due to the constant problems, the development of a new infrastructure was required to correct and optimize the solution.

The development of this project was carried out using the PMBOK good practice guide for project management. The solution allows incoming and outgoing call services, call recording, answering machine, web system, call reporting, call control and everything on the same platform, working with ASTERISK IP telephony software. For the development of the high availability infrastructure, 2 new servers were used in a cluster, a master and a slave, using DRBD for the synchronization of common virtual disks and HEARTBEAT to provide the virtual IP to which we will connect, as well as the availability of the system, through the automatic survey of services. The hospital had more than 600 IP telephone extensions and 30 analog extensions of the SNOM brand, which had to be updated to the latest firmware available because they had some malfunctions due to their old versions.

Once the preliminary tests were carried out, firmware update of the IP telephones, registration of communication GATEWAYS, voice VLANs, the migration was carried out and this was successful.

This work, for its better understanding, has been structured in 5 chapters described below:

Keywords: High availability, PMBOK, Asterisk, Drbd, Heartbeat.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	v
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	- 1 -
CAPÍTULO I. TRAYECTORIA PROFESIONAL	- 3 -
CAPÍTULO II. CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA LA EXPERIENCIA	- 5 -
2.1. Empresa – Actividad que realiza.....	- 5 -
2.2. Visión.....	- 6 -
2.3. Misión.....	- 6 -
2.4. Organización de la empresa	- 6 -
2.5. Área, cargo, funciones desempeñadas	- 7 -
2.6. Experiencia profesional realizada en la organización	- 7 -
CAPÍTULO III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS.....	- 9 -
3.1 Situación problemática.....	- 9 -
3.1.1 Definición del problema	- 9 -
3.2 Solución	- 10 -
3.2.1. Objetivos	- 10 -
3.2.2 Alcance	- 11 -
3.2.3 Etapas y Metodología	- 11 -
3.2.4 Fundamentos.....	- 13 -
3.2.4.1 GNU/Linux	- 13 -
3.2.4.2 Voz sobre IP	- 14 -
3.2.4.3 Telefonía IP	- 16 -
3.2.4.4 Asterisk.....	- 17 -
3.2.4.5 Protocolos	- 18 -
3.2.4.5.1 Protocolos de Transporte	- 18 -
3.2.4.5.2 Protocolos de Señalización	- 19 -
3.2.4.7 Códecs	- 20 -
3.2.4.8 Alta disponibilidad	- 20 -
3.2.4.9 DRBD	- 21 -
3.2.4.10 Heartbeat	- 22 -

3.2.4.11 VLAN de Voz	- 23 -
3.2.4.12 Gateway VoIP	- 24 -
3.2.4.13 Teléfonos IP	- 25 -
3.2.4.14 Softphone	- 26 -
3.2.5 Implementación de las áreas, procesos, sistemas y buenas prácticas	- 27 -
3.2.5.1. Fase de Inicio	- 27 -
3.2.5.2. Fase de Planificación	- 31 -
3.2.5.2.1. Definición del alcance del proyecto	- 31 -
3.2.5.2.2. Identificación de los requerimientos del proyecto	- 34 -
3.2.5.2.3. Estructura de desglose de trabajo (EDT/EBS).....	- 36 -
3.2.5.2.4. Cronograma del Proyecto (EDT/EBS)	- 37 -
3.2.5.2.5 Definición del equipo del proyecto.....	- 40 -
3.2.5.2.6. Descripción de Roles.....	- 41 -
3.2.5.3. Fase de Ejecución	- 43 -
3.2.5.3.1. Estructura del proyecto - solución.....	- 43 -
3.2.5.3.2. Levantamiento de información del sistema actual de comunicaciones de HNCASE.	- 45 -
3.2.5.3.3. Actualización firmware 600 Teléfonos IP SNOM	- 49 -
3.2.5.3.4. Configuración de Gateway de Comunicaciones.....	- 51 -
3.2.5.3.5. Configuración de Servidores en Alta Disponibilidad	- 56 -
3.2.5.3.6. Instalación del Sistema de Gestión del servidor de comunicaciones, actualización del plan de marcado	- 58 -
3.2.5.3.7. Implementación de la infraestructura y pruebas funcionales	- 60 -
3.2.5.3.8. Puesta en producción	- 62 -
3.2.5.3.9. Pruebas operativas, monitoreo y corrección de la solución instalada ...	- 63 -
3.2.5.3.10. Backup de configuraciones y archivos del sistema	- 66 -
3.2.5.3.11. Capacitación sobre el uso del Sistema de Administración	- 67 -
3.3. Evaluación	- 68 -
3.3.1 Evaluación económica / evaluación costo-beneficio	- 68 -
3.3.1.1. Beneficios del Proyecto	- 68 -
3.3.1.2. Costos del Proyecto	- 68 -
CAPÍTULO IV. REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA	- 69 -
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	- 71 -
5.1 Conclusiones	- 71 -
5.2 Recomendaciones	- 71 -

5.3 Fuentes de información.....	- 72 -
ANEXOS	- 73 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Certificaciones	- 3 -
Tabla 2. Formación Académica Profesional.....	- 3 -
Tabla 3. Formación complementaria	- 4 -
Tabla 4. Experiencia Profesional.....	- 4 -
Tabla 5. Acta de constitución	- 28 -
Tabla 6. Alcance del Proyecto.....	- 31 -
Tabla 7. Tabla - Requerimientos del Proyecto	- 34 -
Tabla 8. Tabla de gestión del tiempo.....	- 37 -
Tabla 9. Cronograma del proyecto	- 37 -
Tabla 10. Definición del equipo del proyecto	- 41 -
Tabla 11. Descripción del Rol N°1	- 41 -
Tabla 12. Descripción del Rol N°2.....	- 42 -
Tabla 13. Descripción del Rol N°3.....	- 43 -
Tabla 14. Equipos de la Infraestructura.....	- 43 -
Tabla 15. Tabla de archivos de configuración.....	- 45 -
Tabla 16. Parámetros para la configuración de Anexos SIP	- 47 -
Tabla 17. Fragmentos de lista de anexos Snom300 y Snom370 actualizados	- 49 -
Tabla 18. Configuración del Gateway de Comunicaciones Mediant1000	- 52 -
Tabla 19. Configuración del clúster en Alta disponibilidad.....	- 57 -
Tabla 20. Instalación del sistema de administración Asterisk.....	- 58 -
Tabla 21. Ambiente de prueba previo a puesta en producción.....	- 61 -
Tabla 22. Pruebas funcionales de la solución.....	- 62 -
Tabla 23. Puesta en producción.....	- 63 -
Tabla 24. Pruebas generales del sistema	- 64 -
Tabla 25. Pruebas operativas Software de Administración T-Contacta.....	- 65 -

Tabla 26. Backup Solución Sistema de Telefonía.....	- 66 -
Tabla 27. Capacitación	- 67 -
Tabla 28. Presupuesto preliminar del Proyecto	- 68 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. T-Contacta S.A.C. - Clientes.....	- 6 -
Figura 2. Organigrama T-Contacta S.A.C.....	- 7 -
Figura 3. Relación entre los 5 grupos de Procesos	- 13 -
Figura 4. Diagrama de empaquetado VoIP	- 16 -
Figura 5. Topología-Arquitectura de Sistema Telefónico Asterisk.....	- 18 -
Figura 6. Codecs utilizados en Asterisk	- 20 -
Figura 7. Diagrama de la topología lógica de la solución	- 21 -
de alta disponibilidad.....	- 21 -
Figura 8. Esquema del sistema de replicación de datos en tiempo real DBRB.....	- 22 -
Figura 9. Esquema del sistema Heartbeat.....	- 23 -
Figura 10. VLAN de voz	- 24 -
Figura 11. Gateway VoIP	- 25 -
Figura 12. Teléfono IP Marca Snom	- 26 -
Figura 13. Softphone 3CX.....	- 27 -
Figura 14. Estructura de desglose de trabajo	- 36 -
Figura 15. Infraestructura Telefonía IP – Alta Disponibilidad.....	- 45 -
Figura 16. Ficheros de configuración Asterisk.....	- 46 -
Figura 17. Ejemplo plan de marcación	- 47 -
Figura 18. Ejemplo de configuración de Anexo.....	- 48 -
Figura 19. Audios IVR HNCASE	- 49 -
Figura 20. Interfaz Web Teléfonos SNOM – actualización manual	- 49 -
Figura 21. Software PunKIN	- 50 -
Figura 22. Software PunKIN – Ubicación del firmware	- 51 -
Figura 23. Home – Mediant1000.....	- 52 -
Figura 24. Configuración de Llamadas Salientes – Mediant1000.....	- 54 -

Figura 25. Configuración de Llamadas Entrantes – Mediant1000.....	- 54 -
Figura 26. HomePage Audiocodes MP-124 FXS.....	- 55 -
Figura 27. Configuración de Anexos analógicos.....	- 55 -
Figura 28. Enrutamiento de Anexos por Group ID 0	- 56 -
Figura 29. Clúster en Alta disponibilidad.....	- 58 -
Figura 30. Login Sistema de Administración T-Contacta.....	- 59 -
Figura 31. Administración de Anexos SIP	- 60 -
Figura 32. Reportes de llamadas.....	- 60 -

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las organizaciones precisan de sistemas informáticos fiables y seguros, siendo fundamentales para su modelo de negocio. Las organizaciones trabajan y producen en base a los servidores y datos que disponen, y que el éxito final de su modelo de negocio depende de cómo sus servicios son informatizados. Entonces, las tecnologías de la información se han convertido, a lo largo de estos años, en un elemento clave para la competitividad de las organizaciones.

Al hablar de alta disponibilidad nos referimos a garantizar la disponibilidad del servicio, es decir, se debe conseguir que el servicio funcione las durante las 24 horas, los 365 días del año y para lograr dicho objetivo los sistemas deben ser tolerantes a posibles errores a nivel de hardware y software, con una fiabilidad y disponibilidad cercana al 100%. Combinar la replicación de datos en tiempo real con la recuperación de un servidor de forma automática, para así evitar la pérdida de datos críticos y asegurar la disponibilidad del servicio.

Uno de los servicios que es de vital importancia en las organizaciones, es el sistema de telefonía, pues pueden mantener comunicación eficiente con los clientes y con los usuarios de la misma organización. En el caso de los hospitales nacionales es aún más crítico, porque los trabajadores de distintas áreas deben estar en permanente comunicación, además de los servicios críticos de hospitalización y emergencia que reciben llamadas telefónicas de sus pacientes y asegurados las 24 horas del día.

El año en que se desarrolló este proyecto fue en el año 2017, donde la población asegurada total fue de 21,876,174. Y la red asistencial Arequipa alcanzó los 637,964, según la Gerencia Central de Seguros y Prestaciones Económicas – ESSALUD. A la fecha de la implementación, según el Registro de Reclamos y Quejas a nivel nacional, uno de los problemas más frecuentes reportados en la atención de asegurados se debe a las demoras en la comunicación al paciente. Debido a ese constante problema, se precisó implementar una solución integral que cumpla con los requerimientos de alta disponibilidad y accesibilidad del sistema de comunicación y, para lograrlo, se desarrolló la presente infraestructura la cuál consolida el servicio de comunicación del hospital nacional.

Para un mayor entendimiento de este trabajo, se ha estructurado como sigue a continuación:

En el CAPITULO I – TRAYECTORIA PROFESIONAL, se expone la experiencia profesional, laboral y formación académica del autor.

En el CAPITULO II – CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLÓ LA EXPERIENCIA, detalla la institución que hizo posible el desarrollo de la solución. Se precisa información sobre su misión, visión y su organización. Adicional, se lista la función del autor en la organización.

En el CAPITULO III – ACTIVIDADES DESARROLLADAS, se detalla el trabajo realizado, describiendo la situación problemática y la solución, describiendo las etapas que se siguieron para lograr el objetivo.

En el CAPITULO IV – REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA, se describe la reflexión crítica del proyecto desarrollado.

En el CAPITULO V- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, se expone las conclusiones del proyecto desarrollado y se indican las recomendaciones respectivas.

CAPÍTULO I. TRAYECTORIA PROFESIONAL

Profesional Bachiller de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas. En la actualidad cuento con alrededor de 8 años de experiencia en desarrollos de proyectos y soluciones en el área de TIC, principalmente con software libre. En la actualidad, cuento con mi propia empresa, una consultora que brinda soluciones y servicios de TIC para entidades privadas y del estado. Adicionalmente trabajo en modalidad freelance participando en proyectos de QA Automation para empresas nacionales y extranjeras.

Actualmente poseo las siguientes certificaciones:

Tabla 1. Certificaciones

FORMACIÓN	CENTRO DE ESTUDIOS
Cisco CCNA 4	Tecsup, Lima
Digium dCAA	Digium
Audiocodes Basic SIP CPE I	AudioCodes
Automation Architec Selenium	Udemy
WebDriver	
ISTQB	Udemy

Fuente: Elaboración propia

Formación Académica Profesional:

Tabla 2. Formación Académica Profesional

FORMACION RECIBIDA	UNIVERSIDAD	GRADO ACADEMICO	FECHA DE DEL GRADO O TITULO
Ingeniería de Sistemas – Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Bachiller en Ingeniería de Sistemas	23 de agosto del 2018

Fuente: Elaboración propia

Formación Académica Complementaria:

Tabla 3. Formación complementaria

Curso/Taller	Centro de estudios	Periodo
Desarrollo de Aplicaciones en Asterisk	Silcom Services, Lima	Enero 2017 – Abril 2018
Ethical Hacking	Cibertec, Lima	Junio 2017 - Octubre 2017
Network Security Administrator	Cibertec, Lima	Enero 2018 – Abril 2018
Itil 4 Fundamentos	Cibertec, Lima	Mayo 2018 – Junio 2018
Automation Architect - Selenium WebDriver	Udemy	Agosto 2020 – Septiembre 2020

Fuente: Elaboración propia

Experiencia Profesional:

Tabla 4. Experiencia Profesional

N°	Empresa empleadora	Objeto de la contratación	Periodo
1	T-CONTACTA S.A.C.	Encargado, Jefe de Redes	Julio 2014 – Diciembre 2021
2	OPEN TI S.A.C	Gerente General	Julio 2018 – Actualidad
3	BINAREON S.A.C.	QA Automation Semi-Senior	Enero 2020 - Actualidad

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II. CONTEXTO EN EL QUE SE DESARROLLA LA EXPERIENCIA

2.1. Empresa – Actividad que realiza

“T-CONTACTA S.A.C. es una consultora que tiene como núcleo de negocio el desarrollo de proyectos de Tecnología de la información ofreciendo soluciones integrales de Telefonía IP basado en software libre, así también como el desarrollo de software en el rubro de la Medicina.

A lo largo de los años desde su fundación, T-Contacta ha desarrollado proyectos de telefonía IP y Call Center corporativos para organizaciones del estado peruano como Minsa, Juntos, EsSalud, siendo uno de los proyectos más grandes el de actualización, mantenimiento, soporte y migración de EsSalud en línea a nivel nacional, cubriendo todas las provincias del Perú.

Adicionalmente, T-Contacta es una empresa desarrolladora de software médico, el cual en la actualidad está siendo instalado en diversas entidades del estado a nivel nacional.

T-Contacta S.A.C - Datos

- RUC de la empresa: 20520726897
- Nombre de la empresa (Razón social): T-Contacta S.A.C.
- Condición de la empresa: Activo
- Actividades - fecha inicio: 20 de enero del 2009

Principales Clientes: ESSALUD, MAPFRE, INVERSIONES DE LA CRUZ, MINSA.

Figura 1. T-Contacta S.A.C. - Clientes



Fuente: Elaboración Propia

2.2. Visión

“Ser la empresa líder en brindar Soluciones Integrales en Infraestructura de Comunicaciones IP y en Desarrollo de Software, buscando siempre la excelencia en todo lo que hacemos”. (T Contacta, 2019)

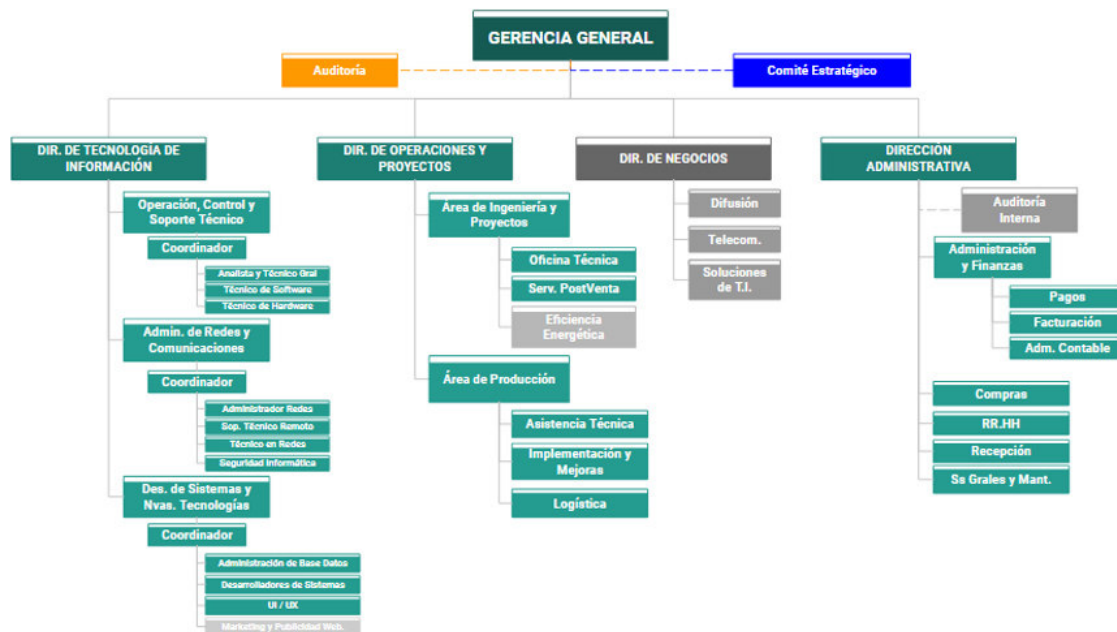
2.3. Misión

“Aplicar inteligentemente todos nuestros recursos en la implementación de Soluciones Integrales en Infraestructura de Comunicaciones y en el Desarrollo de Software que permitan el crecimiento exponencial de nuestros clientes con los mejores estándares de calidad a través del aprovechamiento de las Tecnologías de Información y Comunicaciones, alentando la creatividad y la innovación”. (T-Contacta, 2019)

2.4. Organización de la empresa

El Organigrama de la empresa T-Contacta. hasta el año 2017 es el que se presenta en la figura 2.

Figura 2. Organigrama T-Contacta S.A.C.



Fuente: T-Contacta, 2019

2.5. Área, cargo, funciones desempeñadas

Las funciones realizadas en el proyecto que describe el presente informe, fue el de jefe de proyectos, teniendo a 2 personas de redes a cargo en el equipo. Se dio seguimiento al cumplimiento de todos los puntos de los Términos de referencia (TDR), además de preparar la documentación requerida para la conformidad al finalizar.

2.6. Experiencia profesional realizada en la organización

En T-Contacta tuve el cargo de encargado del área de sistemas y posteriormente jefe de redes, las funciones que desempeñaba son las siguientes:

- Desarrollo de un Software Web que gestiona el motor de telefonía, basado en Asterisk (desarrollo en bash-linux).
- Gestionar la infraestructura de red de la empresa.
- Gestionar los proyectos informáticos de la empresa.
- Apoyo a los usuarios en la definición de sus requerimientos relacionados a Sistemas y Comunicaciones. Gestionar y administrar la operatividad de los servicios brindados. Proceso de licitaciones con el Estado.
- Implementación, Mantenimiento y soporte de Sistemas de Comunicación IP Basados en Asterisk.

- Análisis de información y elaboración de reportes de Gestión para Call Center EsSalud en Línea a nivel Nacional.
- Instalación, mantenimiento y soporte de servidores en Linux.
- Migración de Servidores a entornos virtuales, Alta disponibilidad
- Tecnologías utilizadas: Asterisk, Zimbra, Firewallld, Squid, VMWare, Proxmox, Bacula, IPtables, DRBD, HeartBeat, Linux Bash, Python, PHP.

CAPÍTULO III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

3.1 Situación problemática

3.1.1 Definición del problema

El Sistema de comunicación de voz en el Hospital Carlos Alberto Seguin Escobedo (en adelante HNCASE) de EsSalud Arequipa impacta en el desempeño en la atención entre las diferentes áreas propias del hospital y la atención a sus asegurados. El hospital en el año 2009 adquirió un Sistema de Comunicación VoIP que ofrecía una infraestructura solución de telefonía IP basado en Asterisk y un sistema básico de administración de dicha central telefónica, en el cual sus más de 600 anexos mantenían comunicación entre sí y recibían llamadas entrantes a través de líneas primarias hacia un contestador automático configurado en Asterisk, el cuál derivaba a diferentes áreas de CASE según el plan de marcación.

La solución pasada contaba con 2 servidores en el cuál estaban instalados Asterisk y su sistema de administración. Los 600 anexos telefónicos tenían 2 cuentas configuradas, es decir, un mismo anexo estaba registrado en el servidor 1 y el servidor 2 tal que, si el servidor principal fallaba, los anexos deberían seguir manteniendo comunicación entre sí.

La solución instalada no funcionaba como tal, es decir, la infraestructura debió permitir que, al fallar el servidor 1 ya sea por falla de hardware o software, el servidor 2 tomaría la posta de manera automática y mantener activos los servicios. A la fecha del año 2016, el sistema no funcionaba de esa manera, es decir, si un problema X afectaba al servidor maestro, todo el sistema dejaba de funcionar y, por ende, la comunicación entre áreas y la de los asegurados no se podían realizar.

Adicionalmente, cada Anexo IP estaba registrado con 2 cuentas, cada una apuntando a la IP del servidor maestro, y a la IP del servidor esclavo. Eso ocasionaba que haya doble tráfico de registro IP para un solo servicio.

Problemas Específicos:

- a) **Interrupción del servicio de comunicación IP por fallas en el servidor.** Al presentar fallas a nivel de hardware o software en el servidor principal, el sistema de comunicación se suspende totalmente, impidiendo que las diferentes áreas se puedan comunicar entre sí y los asegurados no puedan comunicarse con áreas críticas como Emergencia y/o Hospitalización fuera del horario laboral. Con esto, se corría el riesgo de mortalidad por falta de comunicación y que, según testimonios del encargado de sistemas de CASE, ocurrieron quejas al respecto.
- b) **Costos elevados por comunicación excesiva.** Al no contar con un sistema de control de duración de llamadas y/o costos, los trabajadores pasaban largos tiempos en llamadas sin ser monitorizados, ocasionando que los costos de las llamadas sean elevados.
- c) **Alto tráfico de red interna.** La solución existente tenía configurado en cada anexo cuentas que apuntaban a la IP del servidor maestro y la IP del servidor esclavo, por ende, la señalización consumía doble tráfico de manera innecesaria.

3.2 Solución

Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad con la finalidad de resolver los inconvenientes presentados en el sistema de comunicación. Con la implementación de la presente solución se espera llegar a niveles óptimos de mantenibilidad, centralización y continuidad del servicio comunicación VoIP basado en el software libre Asterisk del HNCASE.

3.2.1. Objetivos

Objetivo General

El presente proyecto tiene como objetivo general proveer de una infraestructura en alta disponibilidad para el sistema de comunicaciones VoIP basado en Asterisk para el Hospital Nacional EsSalud Carlos Alberto Segúin Escobedo.

Objetivos Específicos

- Plantear y diseñar una estrategia a medida para la implementación de una infraestructura de alta disponibilidad para el sistema de Telefonía IP de HNCASE.
- Configurar e integrar los nodos maestro y esclavo a la infraestructura de alta disponibilidad con el servicio de Telefonía IP basado en Asterisk y el Sistema de Administración.

3.2.2 Alcance

Alcance funcional

Tomando como base los requisitos del proyecto se implementó una infraestructura en alta disponibilidad para HNCASE de EsSalud, el cuál permitió que el sistema de comunicaciones VoIP sea tolerante a fallos. Además, el sistema Web de administración del sistema de comunicaciones (desarrollo propio de T-Contacta) presenta los siguientes módulos, los cuales definen el alcance funcional del sistema:

- Módulo de Usuarios SIP:
- Módulo de creación de claves de Usuarios
- Módulo de Monitoreo de Anexos SIP
- Módulo de Centralización con centrales remotas a través de IAX
- Módulo de Creación de planes de marcado
- Módulo de Reportería Corporativo y de Centro De Atención Telefónica (Call Center)
- Módulo de Grabación de llamadas
- Módulo de Lista de números Bloqueados
- Módulo de Creación de Usuarios del Sistema (Roles y Seguridad)

3.2.3 Etapas y Metodología

En el presente proyecto se utilizó la Quinta Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK) que viene a ser el estándar del PMI (Project Management Institute), el cual es reconocido internacionalmente para la gestión de

proyectos informáticos o no. Esta guía está compuesta por una colección de áreas y procesos de conocimientos aceptados como buenas prácticas a nivel internacional.

La Guía de buenas prácticas PMBOK es el estándar para dirigir proyectos en diferentes rubros. Esta norma detalla las herramientas, técnicas y procesos para la dirección de proyectos que buscan un resultado exitoso.

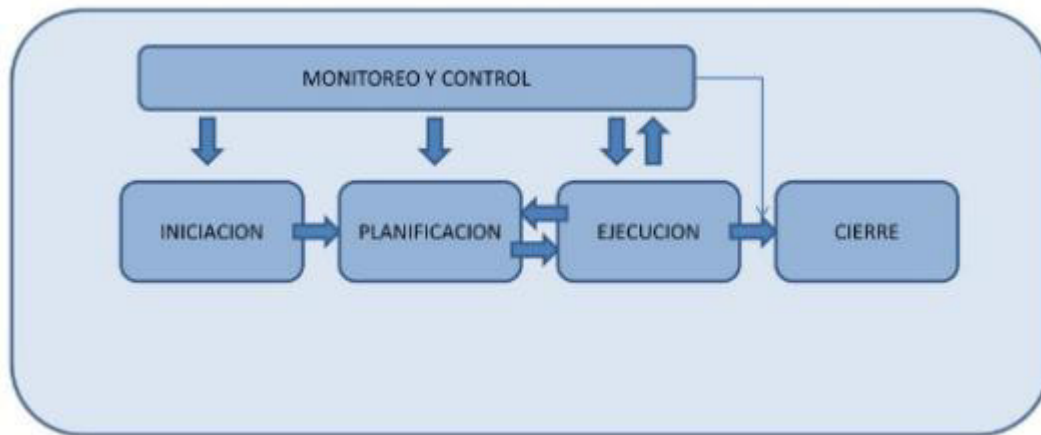
Con el fin de cumplir los requisitos definidos en la elaboración del proyecto se requiere una correcta dirección de proyectos, en algunas ocasiones ha de ser necesario repetir un proceso(s) para obtener el resultado requerido.

Los procesos de dirección de proyectos se agrupan en cinco categorías conocidas como Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos (o grupos de procesos):

- **Grupo del Proceso de Iniciación.** Procesos que se realizan para definir una nueva fase de un proyecto existente o un nuevo proyecto, luego de obtener la autorización de inicio de dicho proyecto.
- **Grupo de Proceso de Planificación.** Procesos realizados para establecer el alcance del proyecto a realizar, refinar los objetivos si se requiere y definir el curso para alcanzar los objetivos.
- **Grupo del Proceso de Ejecución.** Procesos realizados para completar el trabajo que se ha definido en el plan, con la finalidad de cumplir con las especificaciones del mismo.
- **Grupo del Proceso de Seguimiento y Control.** Procesos que se requieren para dar seguimiento, regular y analizar el desempeño del proyecto, con la finalidad de identificar áreas que requieran corrección o refinamiento. Luego definir e inicializar los cambios requeridos.
- **Grupo del Proceso de Cierre.** Procesos realizados para dar cierre a las actividades a través una vez recorridos todos los grupos de procesos previos, con la finalidad de concluir de una manera formal el proyecto desarrollado.

En la figura 3 se muestra la relación entre los 5 grupos de procesos que se definen en el presente proyecto.

Figura 3. Relación entre los 5 grupos de Procesos



Fuente: Gestión de Proyectos Plus

3.2.4 Fundamentos

En esta sección abordaremos los conceptos tecnológicos que se describen en el presente informe.

3.2.4.1 GNU/Linux

“Linux nació de la idea de crear un sistema clon de UNIX basado en GNU (General Public License, Licencia General Pública) y el código fuente disponible gratuitamente. Esta idea nació en 1991 cuando Linus Torvalds estudiaba la carrera de Ciencias Informáticas. Torvalds se encontraba especialmente interesado en Minix, el único sistema UNiX disponible en aquél entonces de fácil acceso para los estudiantes y profesores”. (Antonio Perpiñan, 2009)

“Este sistema gratuito fue creado por Andrew Tanenbaum con el propósito de facilitar a los alumnos de la universidad el estudio y diseño de sistemas operativos. Minix era un UNiX más, tanto en apariencia como en el kernel (núcleo del sistema operativo), pero distaba mucho de ser comparable a uno de los grandes. Es a partir de aquel momento que Torvalds decidió crear un sistema que excediera los estándares de Minix, poniendo en marcha el proyecto personal Linux”. (Antonio Perpiñan, 2009)

“Linux había nacido para ser un sistema operativo del tipo POSIX (sistema variante de UNiX), totalmente gratuito para el usuario y con libre acceso al código fuente. Estas tres ideas fueron las que lo han convertido en el sistema con mejor rendimiento, más fiable, veloz y con más desarrolladores del mundo. Pronto se ha colocado cerca de los grandes sistemas operativos como UNiX en el ámbito de servidores de comunicaciones, especialmente utilizado en empresas proveedoras de acceso a Internet”. (Antonio Perpiñan, 2009)

Características principales:

- **OpenSource:** “El término ‘Open Source’ se refiere a tener acceso al código fuente. Pero el acceso al código fuente es apenas un pre-requisito para dos de las cuatro libertades que definen al Software Libre”. (Antonio Perpiñan, 2009)
- **Shell:** “Dispone de un lenguaje de control programable llamado SHELL”. (Antonio Perpiñan, 2009)
- **Multiusuario:** “GNU/Linux es un Sistema Operativo multiusuario que permite a más de un usuario acceder a una computadora. Claro que, para llevarse esto a cabo, el Sistema Operativo también debe ser capaz de efectuar multitareas. Debe diferenciar entre los diferentes procesos y los diferentes usuarios”. (Antonio Perpiñan, 2009)
- **Multitarea:** “Linux es capaz de manejar más de una tarea a la vez”. (Antonio Perpiñan, 2009)

3.2.4.2 Voz sobre IP

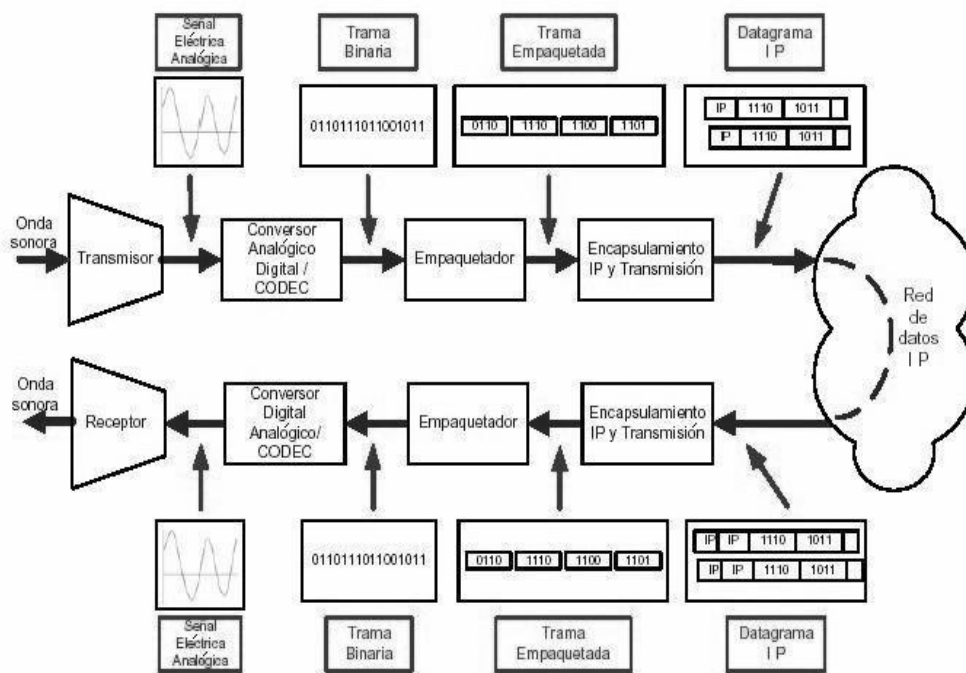
“La voz sobre IP convierte las señales de voz estándar en paquetes de datos comprimidos que son transportados a través de redes de datos en lugar de líneas telefónicas tradicionales. La evolución de la transmisión conmutada por circuitos a la transmisión basada en paquetes toma el tráfico de la red pública telefónica y lo coloca en redes IP bien definidas. Las señales de voz se encapsulan en paquetes IP que pueden transportarse como IP nativo o como IP por Ethernet, Frame Relay, ATM o SONET”. (Luis Quiñónez, 2005)

Ventajas de la VoIP

VoIP entrega algunas ventajas fundamentales que impactan en los servicios telefónicos y que es conveniente identificar:

- “Las redes IP hacen desaparecer los límites físicos asociados a los teléfonos y funcionalidades telefónicas tradicionales. Dentro de poco será posible acceder simultáneamente a todos los servicios tradicionales y a la capacidad de responder llamadas desde cualquier lugar del mundo. Esto permite ofrecer un servicio flexible para viajeros frecuentes y sitios remotos. En la figura 4 se muestra el diagrama de empaquetado en una red de datos VoIP”. (Luis Quiñónez, 2005)
- “El protocolo IP es independiente de la capa de enlace, permitiendo que los usuarios finales elijan el formato de enlace más adecuado a las restricciones de costo y localización. IP puede viajar sobre ATM, Ethernet, Frame Relay, ISDN o incluso mediante líneas analógicas”. (Luis Quiñónez, 2005)
- “Un conjunto de estándares universales relacionados a las redes IP permitirá a muchos proveedores ofrecer productos compatibles. Estos estándares harán posible la competencia entre múltiples fuentes de servicios de red y hardware. La competencia minimizará los costos y maximizará los nuevos servicios para el usuario final”. (Luis Quiñónez, 2005)

Figura 4. Diagrama de empaquetado VoIP



Fuente: Luis Quiñónez, 2005

3.2.4.3 Telefonía IP

“La telefonía IP se refiere a la utilización de una red IP ya sea privada o pública por lo que se prestan los servicios de voz, fax y mensajería vocal. Esta red IP puede ser utilizada para realizar las llamadas internas de la propia empresa, así como las llamadas externas.”

“La VoIP es la tecnología usada para el funcionamiento de la telefonía IP sobre todo redes electrónicas, que gestiona el envío de información de voz utilizando IP. La información analógica vocal se transforma en paquetes digitales diferenciados que se envían por la red, del mismo modo que los datos generados por una comunicación de correo electrónico o en una transferencia de ficheros.

La telefonía IP es pues una aplicación inmediata de esta tecnología lo cual permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP. Basada en tecnologías y protocolos de conmutación de circuitos y TCP/IP, eliminando las limitaciones de los sistemas propietarios y proporcionando incrementos de productividad, escalabilidad y movilidad”. (Patricia Ramirez, 2015)

“A diferencia con las llamadas del modelo tradicional en las llamadas de VoIP, se utiliza la conmutación de paquetes, es un escenario en el que múltiples dispositivos comparten una sola red de datos, comunicándose mediante el envío de paquetes de datos entre ellos, que contiene la información de direccionamiento en la que se especifica la dirección del equipo origen y destino, logrando seguir diversas rutas en función del estado y congestión de red”. (Patricia Ramirez, 2015)

3.2.4.4 Asterisk

“Asterisk es una aplicación de software libre (bajo licencia GPL, Licencia Publica General, General Public License) de una central telefónica (PBX). Como cualquier PBX, se puede conectar un número determinado de teléfonos para hacer llamadas entre sí e incluso conectar a un proveedor de VoIP o bien a una RDSI tanto básicos como primarios. Mark Spencer, de Digium, inicialmente creó Asterisk y actualmente es su principal desarrollador, junto con otros programadores que han contribuido a corregir errores y añadir novedades y funcionalidades. Originalmente desarrollado para el sistema operativo GNU/Linux, Asterisk actualmente también se distribuye en versiones para los sistemas operativos BSD, MacOSX y otros, aunque la plataforma nativa (GNU/Linux) es la mejor soportada de todas”. En la figura 5 se muestra una topología común de un sistema de telefonía IP con Asterisk. (Benjamín Arratia, 2011)

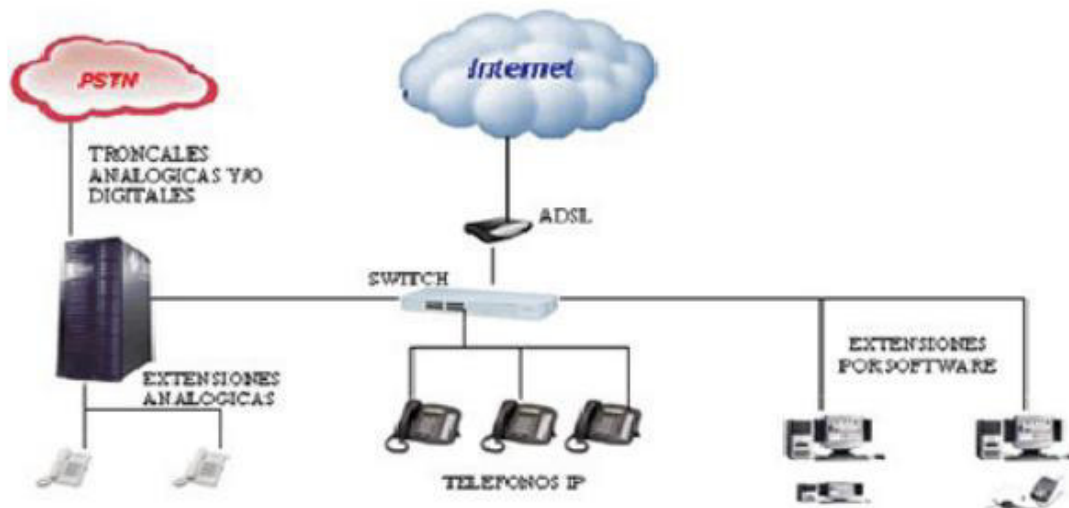
“Asterisk incluye muchas características anteriormente sólo disponibles en sistemas costosos propietarios PBX como buzón de voz, conferencias, IVR (Respuesta de Voz Interactiva, Interactive Voice Response), distribución automática de llamadas, y otras muchas más. Los usuarios pueden crear nuevas funcionalidades escribiendo un dialplan en el lenguaje de script de Asterisk o añadiendo módulos escritos en lenguaje C o en cualquier otro lenguaje de programación soportado por Linux. Para conectar teléfonos estándar analógicos son necesarias tarjetas electrónicas telefónicas FXS o FXO fabricadas por Digium u otros proveedores, ya que para conectar el servidor a una línea externa no basta con un simple módem”. (Benjamín Arratia, 2011)

“Algunas características de Asterisk:

- “Creación de anexos *IP (SIP)*”. (Benjamín Arratia, 2011)

- “Control, Monitoreo en tiempo real, *CDR* (Registro de Detalles de Llamadas, *Call Detail Records*)”. (Benjamín Arratia, 2011)
- “Acceso a base de datos. *AstDB*, *MySQL* para almacenar el *CDR* (*AstDB*, Base de Datos de Asterisk; *MySQL*, PostgreSQL *Mi SQL*, *Structured Query Language*”. (Benjamín Arratia, 2011)
- “Interfaz Gráfica”. (Benjamín Arratia, 2011)
- “Respuesta Interactiva de Voz (*IVR*)”. (Benjamín Arratia, 2011)
- “Grabación de conversaciones”. (Benjamín Arratia, 2011)
- “Correo de voz – email”. (Benjamín Arratia, 2011)

Figura 5. Topología-Arquitectura de Sistema Telefónico Asterisk



Fuente: Benjamín Arratia, 2011

3.2.4.5 Protocolos

3.2.4.5.1 Protocolos de Transporte

3.2.4.5.1.1 RTP (Real-Time Transport Protocol)

“Es un protocolo desarrollado por la IETF que permite transmitir información de audio y video a través de internet en tiempo real. Este protocolo funciona sobre el protocolo de transporte UDP, es decir se encapsula dentro de datagramas UDP. Al trabajar bajo UDP no garantiza la entrega de todos los paquetes al igual que su llegada al destino en el instante adecuado. La capa de aplicación se encarga de superar estos fallos en la transmisión de información. RTP no trabaja con un puerto predefinido por lo general escoge un número par elegido al azar”. (Gladys Toscano, 2011)

3.2.4.5.1.2 RTCP (RTP Control Protocol)

“Este protocolo se usa para enviar datos de control y de mediciones realizadas durante la transmisión. Para lo cual la transmisión se encapsula dentro de mensajes RTP. La frecuencia de envío es aproximadamente cada cinco segundos. El puerto con el cual trabaja RTCP al igual que RTP no es definido, por ello escoge un número de puerto impar consecutivo en relación al seleccionado por RTP. RTCP no da ninguna clase de cifrado de flujo o de autenticación”. (Gladys Toscano, 2011)

3.2.4.5.2 Protocolos de Señalización

3.2.4.5.2.1 SIP (Protocolo de inicio de sesión)

“Es un Protocolo de Inicio de Sesiones creado por el IETF (Internet Engineering Task Force). Este protocolo de señalización para voz sobre IP es utilizado para iniciar, modificar y terminar Sesiones Interactivas de Comunicación Multimedia entre usuarios tales como: video, voz, mensajería instantánea y realidad virtual”. (Gladys Toscano, 2011)

“La sintaxis de las operaciones que realiza SIP son equivalentes a las realizadas por los protocolos de servicio de páginas web (HTTP) y distribución de e-mails (SMTP)”. (Gladys Toscano, 2011)

“SIP para su funcionamiento trabaja en conjunto con los protocolos SDP y RTP. SDP (Session Description Protocol) se encarga de describir los parámetros de inicialización de los flujos multimedia en una sesión, es decir su función es invitar, anunciar y negociar las capacidades de una sesión multimedia en internet. RTP (Real-Time Transport Protocol) cumple con la función de transportar en tiempo real el contenido de voz y video entre los usuarios una vez establecida la sesión”. (Gladys Toscano, 2011)

3.2.4.5.2.2 IAX (Inter Asterisk eXchange Protocol)

“Es un protocolo creado para la señalización de VoIP en Asterisk. Este protocolo es abierto para su libre desarrollo. Para control y tráfico de datos usa el puerto UDP 4569. IAX se basa en muchos estándares de transmisión de datos como SIP y RTP”. (Gladys Toscano, 2011)

3.2.4.7 Códecs

“Un algoritmo compresor/descompresor (códec) es un conjunto de transformaciones utilizadas para digitalizar la voz. Los códecs convierten tanto la voz en datos (bits,) como los datos en voz. Un códec toma una señal analógica y la convierte en una señal digital en un formato binario (0s y 1s). Existen muchas formas de digitalizar audio y cada una forma da como resultado en un tipo de códec. Un códec se considera mejor que otro cuando es capaz de ofrecer una mayor calidad de voz utilizando la misma cantidad de ancho de banda”. (Gladys Toscano, 2011)

En la figura 6 se muestra la lista de códecs soportados existentes.

Figura 6. Codecs utilizados en Asterisk

Codec Name	Target Market	Bandwidth
G.711 A-law, u-law	Wireline	64 kbps
G.723.1	Wireline	5.3/6.3 kbps
G.726	Wireline	16/24/32/40 kbps
G.729	Wireline	8 kbps
G.729a, ab, b	Wireline	8 kbps
G.729e, g	Wireline	8/11.8 kbps
G.711 App II	Wireline	64 kbps with SS
G.722	Wireline	48/56/64 kbps
G.722.1	Wireline	24/36 kbps wideband
G.727	Wireline	16/24/32/40 kbps
G.728	Wireline	16 kbps
iLBC	Packet	13.3/15.2 kbps
ISAC	Packet	10-32 kbps wideband
Speex	Packet	8/16/32 kbps (nb/wb/uwb)
BV 16	Packet	16 kbps
BV 32	Packet	32 kbps wideband
EVRC	Wireless	1.2/4.8/9.6 kbps
G.722.2 (AMR-WB)	Wireless	6.6-23.85 kbps
GSM-AMR Narrowband	Wireless	4.75-12.2 kbps
GSM-EFR	Wireless	12.2 kbps
GSM-FR	Wireless	13 kbps

Fuente: Gladys Toscano, 2011

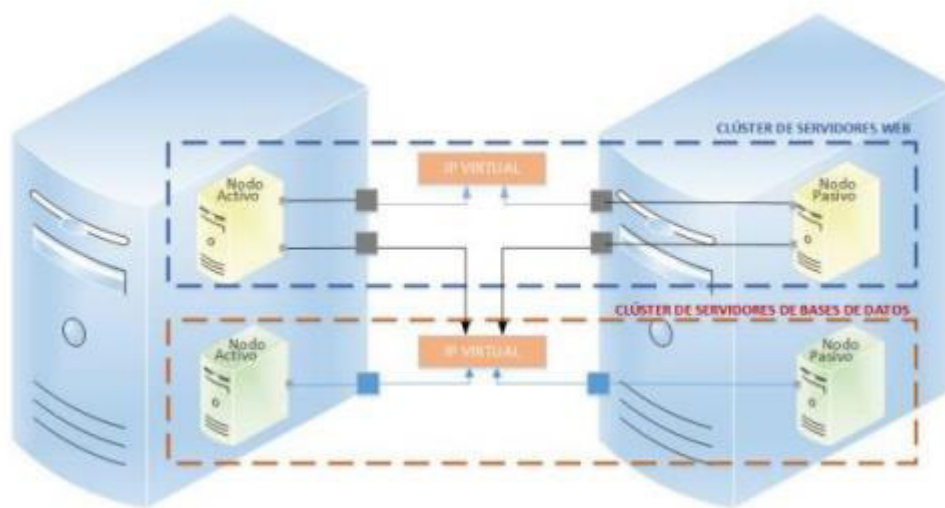
3.2.4.8 Alta disponibilidad

“El clúster de alta disponibilidad, permite que los servicios que se encuentran ejecutando, permanezcan siempre activos sin ninguna interrupción, logrando que los clientes puedan acceder a los servicios en todo momento. Mientras que las plataformas

de virtualización de servidores brindan la facilidad del uso de los distintos tipos de clúster, minimizando los costos tan elevados al momento de la implementación de la infraestructura física de esta tecnología de alta disponibilidad”. (José Vera, 2016)

En la figura 7 se muestra el diagrama topológico de una solución en alta disponibilidad.

Figura 7. Diagrama de la topología lógica de la solución de alta disponibilidad



Fuente: José Vera, 2016

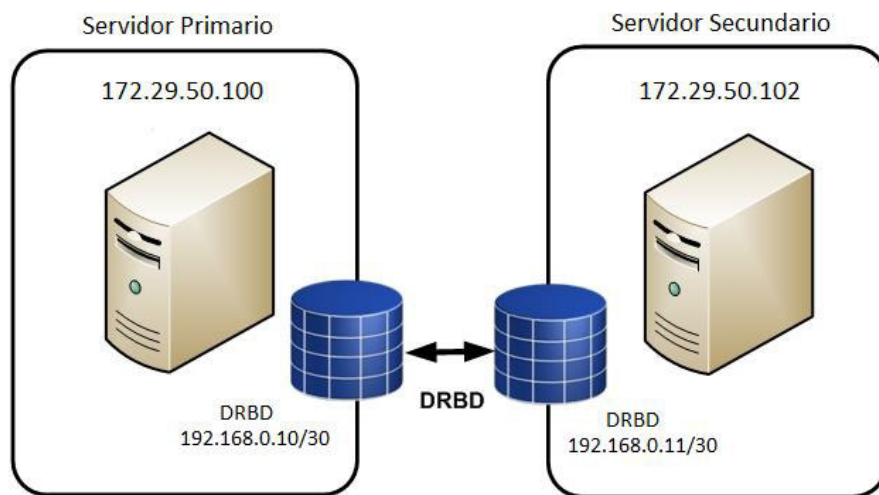
3.2.4.9 DRBD

“DRBD es un software de replicación de datos que trabaja con la filosofía de no compartir nada. El objetivo de DRBD consiste en replicar los datos desde el servidor principal al servidor secundario de tal manera que los 2 servidores tengan la misma información. Esta replica se realiza continuamente y puede ser vista como un RAID1 pero a través de la infraestructura de red. Por defecto, DRBD usa el puerto TCP 7788 para la comunicación con otros nodos por lo tanto es necesario asegurarse que este puerto no esté bloqueado por ningún firewall. Por otro lado, DRBD reserva y oculta 128MB para los metadatos, es decir que si un dispositivo tiene 1GB de almacenamiento sólo estarán disponibles 896MB para los datos de las aplicaciones o recursos”. (Luis Valdiviezo, 2013)

“Por defecto, DBRD usa el puerto TCP 7788 para la comunicación con otros nodos por lo tanto es necesario asegurarse que este puerto no esté bloqueado por ningún firewall. Por otro lado, DRBD reserva y oculta 128MB para los metadatos, es decir que si un dispositivo tiene 1GB de almacenamiento sólo estarán disponibles 896MB para los datos de las aplicaciones o recursos”. (Luis Valdiviezo, 2013)

En la figura 8 se describe un esquema de replicación en tiempo real utilizando DRBD, con conexión dedicada punto a punto.

Figura 8. Esquema del sistema de replicación de datos en tiempo real DBRB



Fuente: Elaboración propia

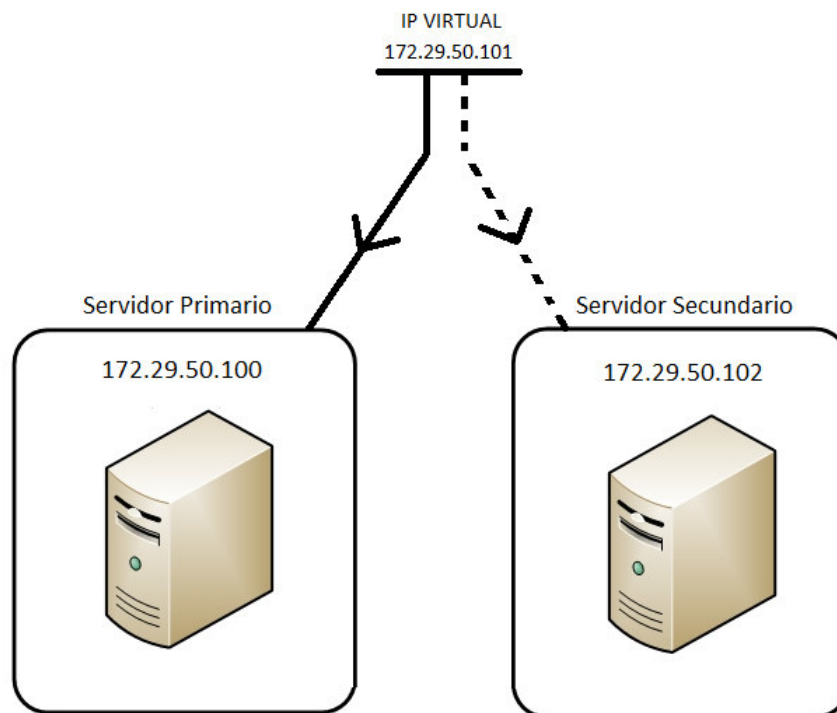
3.2.4.10 Heartbeat

“Heartbeat es un proyecto Open Source fundado por Alan Robertson en 1999. El objetivo de este proyecto es proveer software de clustering de alta disponibilidad (HA) para Linux y otras plataformas. Heartbeat es un software que ofrece alta disponibilidad a determinados recursos mediante la creación y mantenimiento de un clúster compuesto por una serie de nodos. Este término no está muy bien definido y puede tener diferentes significados para las personas; según el diccionario informático, un clúster es la unidad de almacenamiento en el disco rígido, muchos de los usuarios Windows estamos relacionados con la pérdida de clústeres que puede ser solucionado mediante la ejecución de la utilidad de desfragmentación”. (Luis Valdiviezo, 2013)

“Sin embargo, en un nivel más avanzado de nuestra industria, un clúster puede significar un grupo de computadoras conectadas entre sí de modo que se obtiene más poder, como por ejemplo se puede lograr ejecutar más instrucciones por segundo, o se puede lograr una mayor disponibilidad. Los recursos se ejecutan y se mueven entre los distintos nodos ya sea por motivos de fallo o simplemente por motivos de administración”. (Mapy Castillo, 2011)

En la Figura 9 se describe el esquema del sistema Heartbeat, el cuál gestiona la IP Virtual y servicios registrados.

Figura 9. Esquema del sistema Heartbeat



Fuente: Elaboración propia

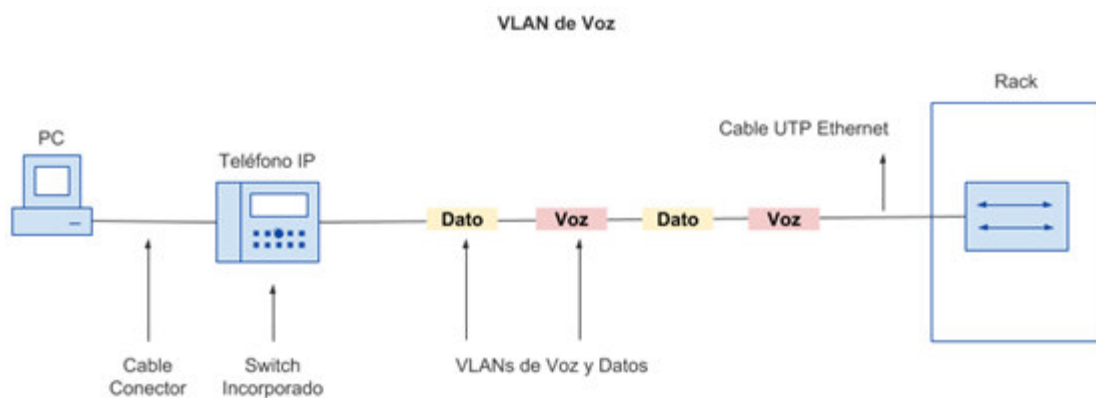
3.2.4.11 VLAN de Voz

“Las VLAN (Virtual LAN), o también conocidas como redes de área local virtuales, es una tecnología de redes que nos permite crear redes lógicas independientes dentro de la misma red física. El objetivo de usar VLAN en un entorno doméstico o profesional es para segmentar adecuadamente la red y usar cada subred de una forma diferente, además, al segmentar por subredes usando VLANs se puede permitir o denegar el tráfico entre las diferentes VLAN”. (Redes Zone, 2022)

“Una VLAN de voz es una VLAN (red de área local virtual) que está específicamente asignada para los flujos de datos de voz de los usuarios. Ésta asegura la calidad del tráfico de voz mejorando la prioridad de transmisión del mismo cuando se transmite con otro tráfico. Es decir, cuando se transmiten simultáneamente otros servicios (datos, vídeo, etc.), el servicio de voz se prioriza y se transmite con una mayor prioridad de reenvío”. (Redes Zone, 2022)

En la Figura 10 se muestra un diagrama que detalla el uso de Vlan en una red de datos.

Figura 10. VLAN de voz



Fuente: Cisco CCNA 4

3.2.4.12 Gateway VoIP

Según la web quarea, “Un Gateway VoIP es un dispositivo de red que convierte las llamadas de voz, en tiempo real, entre una red VoIP y la red telefónica pública conmutada o su centralita digital”. (Quarea, 2019)

“Un Gateway VoIP permite que las llamadas salientes generadas por la central telefónica se conviertan a IP y salgan por la conexión a Internet, o al revés, que una centralita convencional pueda recibir llamadas IP”. (Quarea, 2019)

“A continuación, enumeramos las principales funcionalidades de un Gateway VoIP:

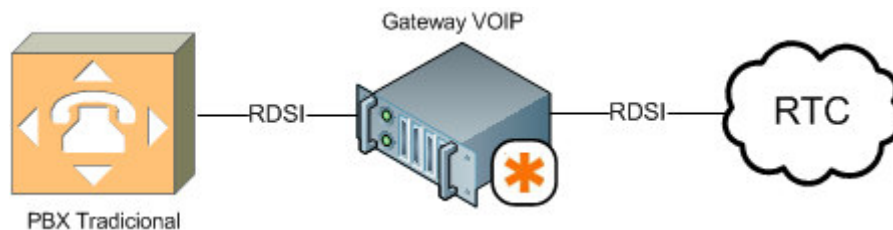
- “Integración de una centralita tradicional a una red VoIP, como estrategia de migración a una solución multisede”. (Quarea, 2019)
- “Posibilidad de conexión de una centralita tradicional (analógica o digital) a VoIP para acceso a operadores de bajo coste”. (Quarea, 2019)

- “Conexión de centralitas tradicionales a servicios avanzados: integración con proveedores de DDI (numeración telefónica) con cobertura mundial a muy bajo coste”. (Quarea, 2019)
- “Acceso a servicios avanzados de Call Center: IVRs, CTI, ACDs, grabación de llamadas, etc”. (Quarea, 2019)
- “Reduce la necesidad de líneas PSTN, lo cual redundo en ahorros de costes”. (Quarea, 2019)

En la figura 11 se muestra el funcionamiento de un Gateway VoIP.

Arquitectura Gateway VoIP:

Figura 11. Gateway VoIP



Fuente: Cisco CCNA 4

3.2.4.13 Teléfonos IP

“Son aparatos telefónicos con la misma apariencia física que los teléfonos tradicionales. Utilizan tecnologías VoIP y normalmente permiten realizar ciertas funcionalidades avanzadas”. (Ironotec, 2006)

Características Principales:

- “Normalmente soporta un único protocolo de VoIP - SIP, IAX2, H323”. (Jorge Tito, 2021).
- “Soportan una serie de códec, el famoso G.729 casi siempre está entre ellos”. (Jorge Tito, 2021).
- “Se conectan directamente a la Red IP”. (Jorge Tito, 2021).
- “Se configuran desde los menús del propio teléfono o por interfaz web”. (Jorge Tito, 2021).

En la figura 12 se muestra un teléfono IP marca SNOM modelo 300.

Figura 12. Teléfono IP Marca Snom



Fuente: Teléfono IP SNOM 300

3.2.4.14 Softphone

“Un softphone, como su propio nombre indica, software + phone, es un software basado en la tecnología Voz sobre IP o VoIP que facilita realizar y recibir llamadas una aplicación web o una app, por lo que no es necesario un teléfono tradicional de escritorio. Se trata básicamente, de un programa informático o app para smartphone que permite hacer llamadas desde Internet”. (Web Citelia, 2018)

Los softphones disponen de todas las funcionalidades de un teléfono tradicional fijo, pero con multitud de ventajas que ahorran tiempo y dinero. Se caracterizan por su gran flexibilidad a la hora de configurarlos y realizar ajustes.

Según la opción o solución elegida, este software es capaz de funcionar completamente en la nube, lo que lo que permite una accesibilidad para el usuario desde cualquier parte del mundo con conexión a internet. Por todo ello facilita para una empresa el trabajo en remoto o teletrabajo mucho más eficaz, rápido y sencillo con las aplicaciones de llamadas de escritorio y móvil basadas en la nube.

Las funciones más importantes que caracterizan y hacen que esta aplicación sea tan ventajosa son las siguientes:

- Se trata de un programa o app que permite utilizar el fijo o teléfono tradicional desde el móvil, tablet, ordenador o portátil
- A través de los softphones se pueden hacer llamadas y contestar desde el mismo, como si se tratase del fijo

- Existen softphones para todo tipo de móviles y sistemas operativos: iPhone, Android y Windows Phone. Y están disponibles para ordenadores Mac, Windows y Linux
- La gran mayoría utilizan el protocolo SIP, compatible casi todos los operadores VoIP, ya que todos los softphones SIP funcionan con telefonía IP

En la figura 13 se muestra un softphone de la marca 3CX.

Figura 13. Softphone 3CX



Fuente: 3CX

3.2.5 Implementación de las áreas, procesos, sistemas y buenas prácticas

La definición de un marco de trabajo para la implementación del presente proyecto tiene como base cubrir las necesidades de la empresa, además de permitir establecer un dialogo gerencial, con ello el desarrollo del proyecto se da metódicamente basándonos en el modelo para la dirección de proyectos PMBOK.

3.2.5.1. Fase de Inicio

En esta fase se identificaron los requerimientos generales del proyecto, además, se identificaron los interesados, sus expectativas y sus recursos financieros.

El proyecto fue ejecutado debido al otorgamiento de la buena pro del concurso de licitación convocada por la **Resolución Jefatural N° 335 OA JOA GRAAR ESSALUD 2015**. con los objetivos y alcances que se indican más adelante.

En esta fase de inicio se desarrolló el acta que define la constitución del proyecto donde se especifican los requerimientos que definió el equipo con los interesados.

Tabla 5. Acta de constitución

ACTA DE CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO
NOMBRE - PROYECTO
Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del sistema de comunicación VoIP basado en software libre Asterisk de HNCASE
DESCRIPCIÓN - PROYECTO
El proyecto trata sobre el diseño y la implementación de una infraestructura en alta disponibilidad para el sistema de comunicaciones VoIP basado en el software libre Asterisk para HNCASE.
DEFINICIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS GENERALES DEL PROYECTO
Los requerimientos generales del proyecto contemplan lo siguiente: Equipos para el desarrollo del Proyecto - Suministro de 02 Servidor(es) - Suministro de 02 Gateway(s) Administración de la Central Telefónica IP Mediante el sistema de administración de la Central Telefónica, se podrá crear usuarios con diferentes roles de gestión, que nos permitirá: - Aprovisionamiento automático de los teléfonos IP por marca. - Creación de anexos SIP mediante el sistema de administración. - Bolsa de minutos por áreas definidas: Llamadas locales, nacionales, celulares y llamadas internacionales. - Audio Interactivo (IVR) gestionado por la empresa - Modulo para la creación de SIP_TRUNK - Modulo para la creación de IAX_TRUNK - Creación de Salas de Conferencia - Módulo Voicemail Reportes de la Central Telefónica IP El Sistema de administración de la Central Telefónica de contar con un módulo de Reportes y tarificación por áreas o usuarios definidos: - Reporte de llamadas entrantes, salientes y entre anexos. - Reporte de Tarificación según el costo definido y bolsa de las áreas.

- Reporte de llamadas por definición de filtros: Fecha, Cantidad de llamadas, Llamadas locales, nacionales, celulares, internacionales general y por usuario
- Los reportes deben ser exportados en formato PDF y Excel.
- Deberá enviar Alertas por e-mail ante llamadas de duración excesiva

Infraestructura de Alta Disponibilidad

El servidor principal del Hospital Base Carlos Alberto Segúin Escobedo debe contar con una infraestructura de Alta Disponibilidad.

- La infraestructura de Alta disponibilidad debe constar de 2 servidores de las mismas características, que funcionen en modalidad maestro-esclavo
- El servidor deberá mantener sincronizado los servicios de:
 - Sistema de Administración web
 - Servicio Telefonía IP Asterisk.
- La infraestructura de Alta disponibilidad debe mantener el servicio activo mediante el servidor de respaldo en caso de falla del servidor principal.
- Deberá ser capaz de tener la información actualizada entre los 2 servidores

REQUISITOS DEL PROYECTO

Los requisitos que se cumplieron en el presente proyecto fueron:

- Suministro por parte de la empresa ganadora de la licitación de 02 servidores y 02 gateways de comunicaciones IP.
- Contar con un Sistema de Gestión de la Central Telefónica que cumpla con las especificaciones descritos en los requerimientos generales del proyecto
- Contar con una infraestructura de Alta Disponibilidad para el sistema de telefonía IP para el Hospital Nacional Carlos Alberto Segúin Escobedo

OBJETIVOS DEL PROYECTO

DEFINICIÓN	OBJETIVOS ESPERADOS	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN
ALCANCE	Se definieron los documentos a entregar en base a los objetivos definidos en la fase inicial del proyecto	- Instalar y configurar el sistema de administración para los sistemas de comunicaciones Asterisk. - Implementar e instalar una infraestructura en Alta disponibilidad para el sistema de

		comunicaciones Asterisk de HNCASE
TIEMPO	El proyecto de implementación de la infraestructura e instalación del sistema se realizó en el periodo de 1 mes.	Desarrollar e implementar las fases del proyecto en el tiempo estipulado
COSTO	Según los términos de referencia de la presente licitación pública, el proyecto debe estar dentro del presupuesto asignado	Realizar el proyecto cumpliendo con los requerimientos generales del proyecto, manteniendo el costo dentro de lo presupuestado.
FINALIDAD DEL PROYECTO		
- Proyecto a corto plazo: Implementar la infraestructura de alta disponibilidad para HNCASE. Instalar el sistema de administración de la central telefónica. - Proyecto a mediano plazo: Puesta en marcha y seguimiento de la solución mediante soporte técnico por 1 año.		
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO		
EsSalud es una institución pública de salud el cual debe mantener un proceso de comunicación efectivo tanto a nivel interno como externo (con sus asegurados), por ello, es de vital importancia mantener una continuidad del servicio de telefonía. Adicional, el mantener un control y una correcta gestión sobre el uso de los recursos del sistema de comunicaciones a nivel institucional contribuirá con la estrategia de negocio de la organización.		
HITOS DEL PROYECTO		
HITO O EVENTOS DEL PROYECTO		TIEMPO (Días)
Levantamiento de información del sistema actual de comunicaciones de HNCASE.		3
Actualización del firmware de 600 Teléfonos IP marca SNOM de HNCASE		10 (Paralelo)
Configuración de Gateway de Comunicaciones		2

Configuración de Servidores en Alta Disponibilidad	2
Instalación del Sistema de Gestión, actualización del plan de marcado	4
Implementación de la infraestructura y pruebas funcionales	5
Puesta en producción	1
Monitoreo y corrección de la solución instalada	4
Backup de configuraciones y archivos del sistema	1
Capacitación sobre el funcionamiento del sistema	2

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.2. Fase de Planificación

En esta fase de planeación del proyecto se definieron los siguientes procesos:

- Definición del alcance del proyecto
- Identificación de los requerimientos del proyecto
- Estructura de desglose de trabajo (EDT/EBS)
- Definición del equipo del proyecto
- Cronograma del Proyecto (EDT/EBS)

3.2.5.2.1. Definición del alcance del proyecto

Este documento nos permitió definir recoger los requerimientos de los interesados con la finalidad de poder definir correctamente el alcance del proyecto.

Tabla 6. Alcance del Proyecto

ALCANCE DEL PROYECTO
NOMBRE DEL PROYECTO
Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del sistema de comunicación VoIP basado en Asterisk para HNCASE
DEFINICIÓN DEL ALCANCE DEL PROYECTO

DESCRIPCIÓN – PROYECTO	
El proyecto trata sobre el diseño e implementación de una infraestructura en alta disponibilidad para el sistema de comunicaciones de VoIP basado en el software libre Asterisk para el Hospital Nacional EsSalud Carlos Alberto Seguin Escobedo.	
DESCRIPCIÓN - PRODUCTO	
- La infraestructura de Alta disponibilidad para el sistema de comunicaciones Asterisk de HNCASE debe permitir mantener la continuidad del servicio ante fallas de software o hardware. - El software de gestión de la central telefónica debe permitir administrar los recursos del software de comunicaciones Asterisk.	
ENTREGABLES DEL PROYECTO	
HITOS O EVENTOS DEL PROYECTO	ENTREGABLES
Levantamiento de los archivos y configuraciones actuales del sistema de comunicaciones de HNCASE.	Acta de constitución del proyecto
Actualización del firmware de 600 Teléfonos IP marca SNOM de HNCASE	Listado de todos los anexos instalados en HNCASE por nombre de área, modelo de teléfono, versión actual y versión actualizada.
Configuración de Gateway de Comunicaciones	Configuración del Gateway IP Mediant 1000 y exportar archivo .ini
Configuración de Servidores en Alta Disponibilidad	Diagrama de la infraestructura, comandos de recuperación del sistema, Backup de archivos de configuración.
Instalación del Sistema de Gestión del servidor de comunicaciones, actualización del plan de marcado	Configuración del Sistema de Gestión de comunicaciones Asterisk, Detalle del plan de marcación
Implementación de la infraestructura y pruebas funcionales	Instalación y configuración del sistema Programación de nuevos requerimientos del sistema de comunicaciones

Puesta en producción	Migración del sistema actual del servicio de comunicaciones Asterisk. Pruebas operativas
Pruebas operativas, monitoreo y corrección de la solución instalada	- CheckList del funcionamiento del sistema, Monitoreo de la solución instalada. - Manual del Sistema
Backup de configuraciones y archivos del sistema	Backup de las configuraciones de la solución instalada. - Backup de archivos de configuración Asterisk - Backup de configuración de Gateways de comunicaciones IP
Capacitación sobre el uso del Sistema de Administración	- Documentos de capacitación - Certificados a nombre de la empresa

RECOPILACIÓN DE REQUISITOS

- Las fases del proyecto se ajustan a los objetivos de este.
- El sistema de administración de la central telefónica debe permitir gestionar la central telefónica de HNCASE así como las centrales remotas pertenecientes a la red Asistencial Arequipa
- La infraestructura de alta disponibilidad para el sistema de comunicaciones de HNCASE debe ser tolerante a fallos, de software o hardware. Debe ser capaz de recuperar la información en tiempo real de los dos servidores, el primario y secundario.

SUPUESTOS DEL PROYECTO

INTERNOS A LA ORGANIZACIÓN	EXTERNOS A LA ORGANIZACIÓN
- Los miembros del comité del proyecto de EsSalud HNCASE se brindaron todas las facilidades para el correcto desarrollo del proyecto	- Las condiciones para el correcto desempeño del proyecto son los requeridos.

- El espacio de trabajo asignado para el desarrollo del proyecto es el adecuado - Para el desarrollo del proyecto se contó con los recursos necesarios.	
RESTRICCIONES DEL PROYECTO	
INTERNOS A LA ORGANIZACIÓN	EXTERNOS A LA ORGANIZACIÓN
- El Acceso a la gestión del Sistema de comunicaciones solo será para jefes y operadores informáticos. - El presupuesto del proyecto no debe exceder el monto designado para el mismo - El mantenimiento y/o actualización del Sistema de gestión será responsabilidad del área de TI	- El acceso a las configuraciones del sistema por parte de la empresa será en sitio o a través de una VPN.

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.2.2. Identificación de los requerimientos del proyecto

Este documento permitió determinar los requerimientos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Tabla 7. Tabla - Requerimientos del Proyecto

REQUERIMIENTOS
NECESIDADES DEL NEGOCIO
- La necesidad de contar con un Sistema de administración para la central telefónica de HNCASE, tal que se pueda gestionar en tiempo real los requerimientos para el correcto funcionamiento de la solución. - Se necesita contar con una infraestructura en Alta disponibilidad para el sistema de comunicación Asterisk y el sistema de administración de la central telefónica.
OBJETIVOS DEL NEGOCIO Y DEL PROYECTO

- Proveer de una implementación en alta disponibilidad de un sistema de comunicación de VoIP Asterisk actualizada y en óptimas condiciones para la Central telefónica de HNCASE.
- HNCASE de EsSalud, requiere realizar el Servicio de Soporte Técnico, Mantenimiento, Actualización e Implementación de las “Centrales Telefónicas IP basadas en plataforma Open Source (Asterisk)” de los Centros Asistenciales de la Red Asistencial Arequipa.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA SOLUCIÓN

- El sistema de gestión de la central telefónica IP debe mantener conexión con el servicio Asterisk
- El sistema de gestión debe ser capaz de mostrar y exportar reportes de la información procesada en la central telefónica
- La infraestructura de alta disponibilidad debe ser capaz de mantener la continuidad del servicio de telefonía IP y del sistema de administración de la central.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES DE LA SOLUCIÓN

Para los requerimientos no funcionales de la solución:

- El sistema web de administración de la central telefónica VoIP basado en el software libre Asterisk debe garantizar su funcionalidad, usabilidad y escalabilidad.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

Técnicos	Cumplimiento de los requerimientos y alcance del proyecto
Calidad	Se realizaron las pruebas funcionales del sistema de administración y de alta disponibilidad.
Administrativos	Cumplimiento de los entregables de acuerdo al cronograma del proyecto
Comerciales	El proyecto se desarrolla con el presupuesto establecido

REGLAS DEL NEGOCIO PARA LA ORGANIZACIÓN EJECUTORA

La organización ejecutora del proyecto define las reglas del negocio como sigue:

- El ingreso al sistema de administración del sistema deberá ser con un usuario y password para cada administrador.

- Se definen roles de administrador de acuerdo al cargo que desempeñan
- Se realizan backups programados desde el sistema Linux

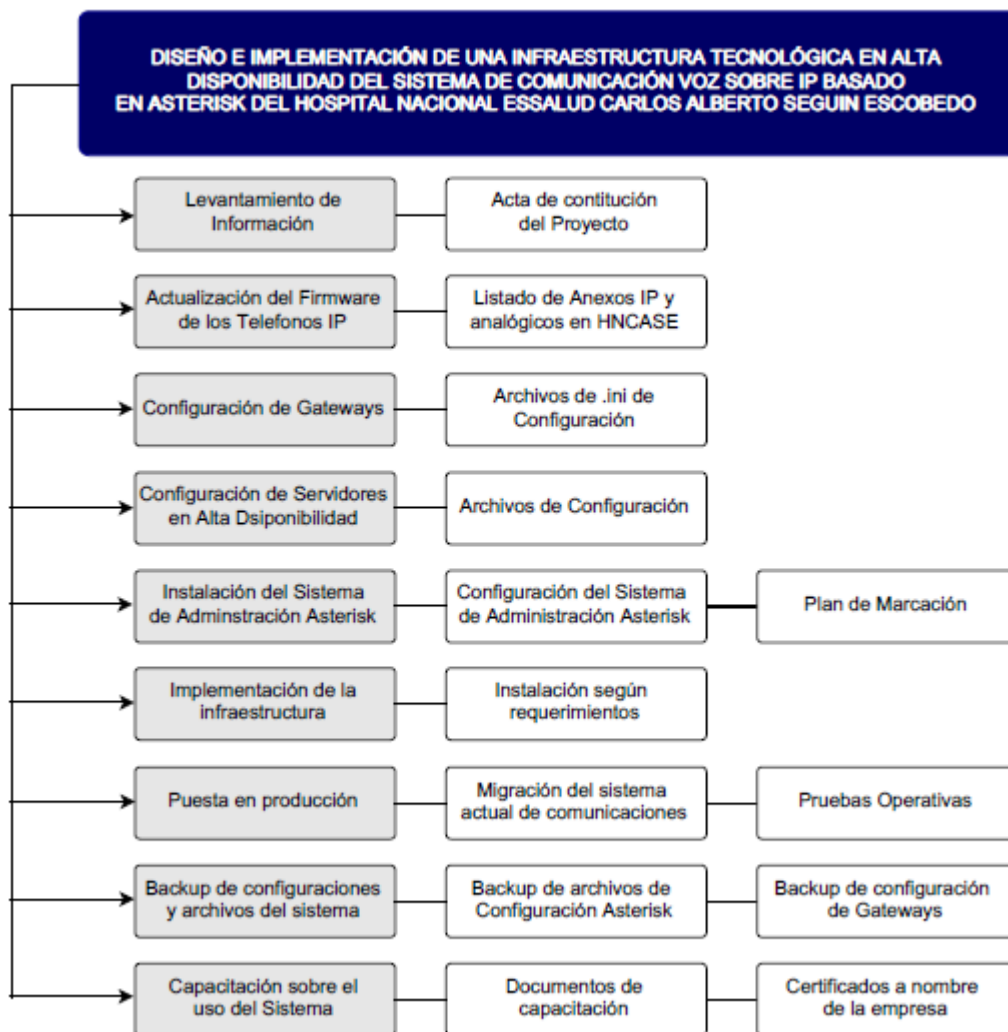
Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.2.3. Estructura de desglose de trabajo (EDT/EBS)

Esta estructura de desglose es una herramienta que nos ayuda a describir el alcance del proyecto en base a sus entregables.

En la figura 14 se muestra la estructura de desglose que detalla el alcance.

Figura 14. Estructura de desglose de trabajo



Fuente: Elaboración propia

3.2.5.2.4. Cronograma del Proyecto (EDT/EBS)

En el cronograma del proyecto se mapeó todas las actividades, hitos y fechas que fueron determinados por el jefe del proyecto.

Tabla 8. Tabla de gestión del tiempo

GESTION DEL TIEMPO	
CRONOGRAMA	
Las actividades, hitos, criterios que se desarrollaron en el presente proyecto se detallan en la tabla 9.	
HERRAMIENTAS UTILIZADAS	
Para el diseño del cronograma del proyecto se utilizó el diagrama de Gantt. Se aprecia en el Anexo 1.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Cronograma del proyecto

CRONOGRAMA - PROYECTO			
HITOS O FASES DEL PROYECTO			
Nombre	Código	Nombre	Descripción
Diseño e implementación de una infraestructura tecnológica en alta disponibilidad del sistema de comunicación VoIP basado en Asterisk para HNCASE	1		
Levantamiento de información del sistema actual de comunicaciones de HNCASE.	1.1		
	1.1.1	Acta de constitución	Acta de constitución, definición del alcance en base a objetivos, requisitos

			del sistema, cronograma y presupuesto del proyecto.
Actualización del firmware de 600 Teléfonos IP marca SNOM de HNCASE	1.2		
	1.2.1	Listado de Anexos instalados en HNCASE	Listado de todos los anexos instalados en HNCASE por nombre de área, modelo de teléfono, versión actual y versión actualizada.
Configuración de Gateway de Comunicaciones	1.3		
	1.3.1	Configuración de Gateways IP	Configuración del Gateway IP Mediant 1000 y exportar archivo .ini
Configuración de Servidores en Alta Disponibilidad	1.4		
	1.4.1	Configuración de Servidores en Alta Disponibilidad	Diagrama de la infraestructura, comandos de recuperación del sistema
Instalación del Sistema de Gestión del servidor de comunicaciones, actualización del plan de marcado	1.5		

	1.5.1	Configuración del Sistema de Gestión de comunicaciones Asterisk	Configuración del Sistema de Gestión de comunicaciones Asterisk, Detalle del plan de marcación
	1.5.2	Plan de Marcación	Detalle del plan de marcación
Implementación de la infraestructura y pruebas funcionales	1.6		
	1.6.1	Instalación y configuración del sistema	Instalación y configuración del sistema Programación
	1.6.2	Nuevos requerimientos del Plan de Marcación	Diseño y programación del plan de Marcación
Puesta en producción	1.7		
	1.7.1	Migración en caliente	Migración del sistema actual del servicio de comunicaciones Asterisk. Pruebas operativas
	1.7.2	Pruebas Operativas	Pruebas operativas del funcionamiento del sistema migrado
Pruebas operativas, monitoreo y corrección de la solución instalada	1.8		
	1.8.1	Checklist funcionamiento	- CheckList del funcionamiento

			del sistema, Monitoreo de la solución instalada - Manual del Sistema
Backup de configuraciones y archivos del sistema	1.9		
	1.9.1	Backup de las configuraciones de la solución instalada	- Backup de archivos de configuración Asterisk - Backup de configuración de Gateways de comunicaciones IP
Capacitación sobre el uso del Sistema de Administración	1.10		
	1.10.1	Capacitación	Documentos de capacitación Certificados a nombre de la empresa

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.2.5 Definición del equipo del proyecto

En este documento se gestionó el equipo humano que formó parte del proyecto, cada uno con un rol específico dentro del desarrollo del proyecto.

Tabla 10. Definición del equipo del proyecto

PLAN DE GESTIÓN DE RECURSOS HUMANOS	
ROLES	
- 1 Jefe de Proyecto - 2 Consultores especialistas a cargo de la implementación - 2 Consultores técnicos	
ADQUISICIÓN DE PERSONAL	
Para el presente proyecto sólo se utilizó trabajadores contratados por la empresa ejecutora.	
CRITERIOS DE LIBERACIÓN DE PERSONAL DEL PROYECTO	
El personal se liberó cuando se entregó el proyecto	
ROLES DESEMPEÑADOS	
- El rol desempeñado por jefe del proyecto fue realizar el plan de proyecto estimando tiempos y definiendo entregables para cada fase - El rol de los consultores especialistas en el software libre Asterisk estuvo bajo la coordinación y mentoría del jefe del proyecto. Además de realizar las principales configuraciones de la solución - El rol de los consultores técnicos estará bajo la supervisión de los consultores especialistas y del jefe del proyecto	

Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.2.6. Descripción de Roles

Tabla 11. Descripción del Rol N°1

DESCRIPCIÓN DEL ROL N°1	
NOMBRE DE ROL	
Jefe de Proyecto	
OBJETIVOS DEL ROL	
Planificar, gestionar y estimar los tiempos del proyecto así como manejar al personal encargado del proyecto	
RESPONSABILIDADES	
Correcta gestión del proyecto tal que se lleguen a cumplir los entregables del proyecto en el tiempo definido según cronograma.	
FUNCIONES	
- Planificación de fases, cronograma y entregables del proyecto - Cumplir con el desarrollo de los objetivos del proyecto - Cumplir con el cronograma de trabajo - Cierre del proyecto.	
AUTORIDAD DE LOS ROLES	
Representa el máximo nivel de autoridad en el proyecto	
REQUISITOS DEL ROL	
Habilidades	- Certificación PMP - Conocimientos en Linux Redhat - Conocimientos en bash Linux - Conocimientos de redes - Conocimientos en Base de datos

	- Conocimientos en Python - Conocimientos en Java - Habilidades para la resolución de problemas
Habilidades	- Solución de problemas - Habilidades de comunicación - Trabajo bajo presión
Experiencia	- Experiencia en implementación de servidores en Alta disponibilidad - Experiencia en configuración, soporte y mantenimiento de centrales telefónicas VoIP basados en software libre Asterisk

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Descripción del Rol N°2

DESCRIPCIÓN DEL ROL N°2	
NOMBRE DE ROL	
Consultor Especialista	
OBJETIVOS DEL ROL	
Planificar, gestionar y estimar los tiempos del proyecto, así como manejar al personal encargado del proyecto	
RESPONSABILIDADES	
Correcta gestión del proyecto tal que no se presenten retrasos en los entregables del proyecto	
FUNCIONES	
- Planificación de fases, cronograma y entregables del proyecto - Cumplimiento de los objetivos del proyecto - Cumplimiento del cronograma de trabajo - Gestión de cierre del proyecto.	
NIVELES DE AUTORIDAD	
Máximo nivel de autoridad	
REQUISITOS DEL ROL	
Conocimiento	- Conocimientos en Linux Redhat - Conocimientos en bash Linux - Conocimientos de redes - Conocimientos en Base de datos - Conocimientos en Python - Conocimientos en Java - Habilidades para la resolución de problemas
Habilidades	- Solución de problemas - Habilidades de comunicación - Trabajo bajo presión
Experiencia	- Experiencia en implementación de servidores en Alta disponibilidad - Experiencia en configuración y mantenimiento de centrales telefónicas Asterisk

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Descripción del Rol N°3

DESCRIPCIÓN DEL ROL N°3	
NOMBRE DE ROL	
Consultor Técnico	
OBJETIVOS DEL ROL	
Realizar tareas operativas designadas por el jefe de proyecto y por el consultor especialista	
RESPONSABILIDADES	
Cumplir con los requerimientos del proyecto en el cronograma	
FUNCIONES	
Realización las actividades designadas en cada fase o hito del proyecto	
NIVELES DE AUTORIDAD	
Bajo el rol del jefe de proyectos y de los consultores especialistas	
REQUISITOS DEL ROL	
Conocimiento	- Conocimientos en Linux - Conocimientos en Servicios Linux - Conocimientos de redes - Habilidades para la resolución de problemas
Habilidades	- Solución de problemas - Habilidades de comunicación
Experiencia	- Experiencia en proyectos de centrales telefónicas VoIP basadas en el software libre Asterisk - Experiencia en servicios Linux

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3. Fase de Ejecución

En esta fase se describieron las actividades llevadas con la finalidad de generar los entregables del proyecto (EDT) cumpliendo con los requerimientos y objetivos. Las actividades desarrolladas fueron elaboradas dentro del cronograma.

3.2.5.3.1. Estructura del proyecto - solución

En la estructura del proyecto de la solución se detallaron los siguientes componentes que intervienen en la implementación del proyecto para el HNCASE

Tabla 14. Equipos de la Infraestructura

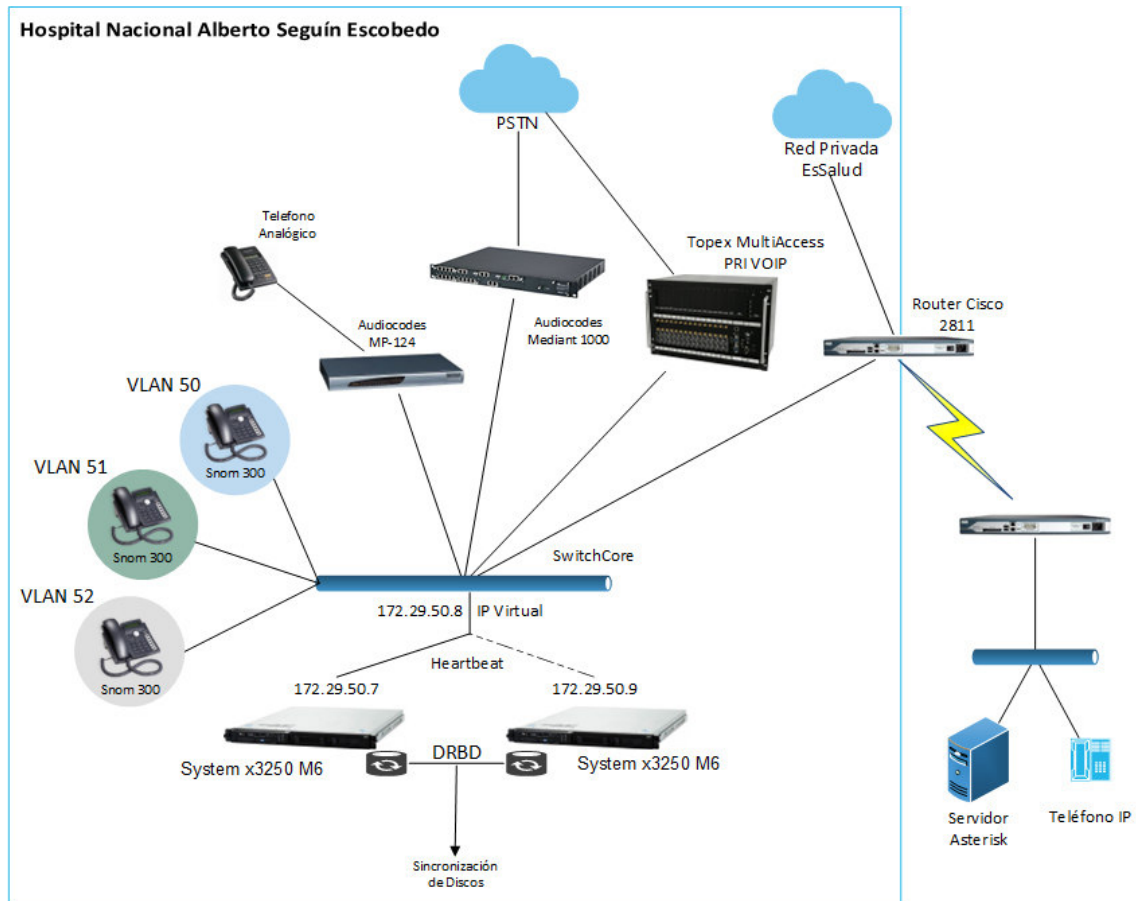
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Servidores IBM System 3250 M6	2	Servidores de alta gama los cuales se configuraron en Alta disponibilidad
Gateway Audiocodes MP-	1	Gateway de Comunicaciones que

124		permite integrar los teléfonos analógicos distribuidos en HNCASE al sistema de Telefonía IP
Gateway Audiocodes Mediant 1000	2	Gateway de Comunicaciones que permite conectar líneas en los modulos PRI de 30 canales (Es decir, se pueden recibir o hacer llamadas 30 en simultaneo)
Teléfonos IP SNOM Modelos 300 y 370	560	Teléfonos IP marca Snom modelo 300 (administrativo) 370 (gerencial) distribuidos en todas las áreas y consultorios del hospital HNCASE
Topex Multiaccess PRO VoIP	1	Gateway GSM de 30 canales (30 chips de telefonía) para recibir y hacer llamadas mediante la central telefónica

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la Arquitectura de la solución en la ***Figura 15***.

Figura 15. Infraestructura Telefonía IP – Alta Disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.2. Levantamiento de información del sistema actual de comunicaciones de HNCASE.

Se obtuvo el levantamiento de información a través de los ficheros principales de configuración Asterisk, ubicados en /etc/asterisk. Los archivos de configuración principales se aprecian en la tabla número 15 y en la figura 16.

Tabla 15. Tabla de archivos de configuración

Archivos de configuración	Descripción
modules.conf	Habilitar o deshabilitar módulos que iniciarán al cargar Asterisk
extensions.conf	Es el archivo más importante, en él se definen las reglas de marcado y acciones de la central telefónica
sip.conf	Permite crear y administrar las cuentas SIP (cuentas de anexos) y las troncales de los Gateways de comunicaciones.
iax2.conf	Permite la creación de usuarios IAX2

	para interconexión con otras centrales Asterisk
queues.conf	Permite crear Colas y campañas para Call Center Asterisk (ACD)
agents.conf	Permite crear y administrar los agentes del ACD que irán registrados en las colas de Call Center
cdr_pgsql.conf	Permite configurar la cuenta de interconexión con PostgreSQL

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Ficheros de configuración Asterisk

```
[root@pbx-asterisk asterisk]# pwd
/etc/asterisk
[root@pbx-asterisk asterisk]# ls
acl.conf                cel_pgsql.conf          iaxprov.conf            res_ldap.conf
ads_i.conf              cel_sqlite3_custom.conf indications.conf          res_odbc.conf
agents.conf             cel_tds.conf            logger.conf              resolver_unbound.conf
alarmreceiver.conf      chan_dahdi.conf         manager.conf             res_parking.conf
alsa.conf               chan_mobile.conf        meetme.conf              res_pgsql.conf
amd.conf                cli_aliases.conf        mgcp.conf                res_pktccops.conf
app_mysql.conf          cli.conf                minivm.conf              res_snmp.conf
app_skel.conf           cli_permissions.conf    misdn.conf               res_stun_monitor.conf
ari.conf                codecs.conf              modules.conf              rtp.conf
ast_debug_tools.conf    confbridge.conf          motif.conf                say.conf
asterisk.ads_i           config_test.conf         musiconhold.conf          sip.conf
asterisk.conf            console.conf             muted.conf                sip_extensions.conf
calendar.conf            dbsep.conf               ooh323.conf              sip_notify.conf
ccss.conf               dnsmgr.conf              osp.conf                  skinny.conf
cdr_adaptive_odbc.conf   dsp.conf                 oss.conf                  sla.conf
cdr_banstalkd.conf      dundi.conf               phone.conf                smdi.conf
cdr.conf                enum.conf                phoneprov.conf            sorcery.conf
cdr_custom.conf          extconfig.conf           pjproject.conf            ss7.timers
cdr_manager.conf         extensions.ael            pjsip.conf               stasis.conf
cdr_mysql.conf           extensions.conf           pjsip_notify.conf         statsd.conf
cdr_odbc.conf            extensions.lua            pjsip_wizard.conf         stir_shaken.conf
cdr_pgsql.conf           extensions_minivm.conf    queuerules.conf           telcordia-l.ads_i
cdr_sqlite3_custom.conf  features.conf             queues.conf                test_sorcery.conf
cdr_syslog.conf          festival.conf             res_config_mysql.conf      udptl.conf
cdr_tds.conf             followme.conf             res_config_sqlite3.conf    unistim.conf
cel_banstalkd.conf       func_odbc.conf            res_config_sqlite.conf     users.conf
cel.conf                hep.conf                  res_corosync.conf          voicemail.conf
```

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.2.1. Reglas de Plan de Marcado

Se realizó el respaldo del archivo de configuración “extensions.conf” el cual contiene las reglas de marcación que definen el funcionamiento de la central telefónica.

En la figura 17 se muestra parte del archivo extensions.conf que contiene la configuración de la central telefónica.

Figura 17. Ejemplo plan de marcación

```
[llamada-local-conclave]
;Llamada Local con Clave con salida a través del topeX
exten => _XXXXXX,1,Macro(blackout,${EXTEN})
exten => _XXXXXX,n,Set(DYNAMIC_FEATURES=automon)
exten => _XXXXXX,n,Macro(local,${CALLERID(num)},${EXTEN})
exten => _XXXXXX,n,Macro(outrecordingcheck,${CALLERID(num)},${EXTEN})
exten => _XXXXXX,n,ResetCDR()
exten => _XXXXXX,n,Set(CDR(userfield)=11)
;exten => _XXXXXX,n,Dial(SIP/trunk-mediante/${EXTEN},45,${DIALOPTS})
exten => _XXXXXX,n,Dial(SIP/licea-topeX/074${EXTEN},45,${DIALOPTS})
exten => _XXXXXX,n,Playback(all-outgoing-lines-unavailable)
exten => _XXXXXX,n,Hangup()

[macro-calltoagent]
;macro para
AGENT_INCOMING_LIMIT = 1
exten => s,1,Answer()
exten => s,n,Set(ORIG=${ARG1})
exten => s,n,Set(RECDIR=${STRFTIME(${EPOCH},,%Y%m)})
exten => s,n,Set(AGENTE=${DEVUELVE_AGENTE(${CHANNEL(channeltype)})/${CHANNEL(peername)}})
exten => s,n,Set(MES=${STRFTIME(${EPOCH},,%Y%m)})
exten => s,n,Set(DIA=${STRFTIME(${EPOCH},,%d)})
exten => s,n,System(sh /usr/local/sbin/checkAgentDir.sh ${MES} ${DIA})
exten => s,n,MixMonitor(/opt/audioGrab/${MES}/${DIA}/IN-${STRFTIME(${EPOCH},,%Y%m%d-%H%M%S)}-${ORIG}-${AGENTE}.WAV,b)
exten => s,111,Goto(call-to-agent-exit,s-${DIALSTATUS},1)
```

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5.3.2.2. Listado de Anexos por Áreas

Se realizó el respaldo del archivo de configuración sip.conf el cual contiene las cuentas creadas para el registro de los anexos y gateways IP. El respaldo de los archivos se realizó a través del software WinSCP. Los archivos que se respaldaron se guardaron en una unidad extraíble con la finalidad de guardar el historial y reutilizar el código para la configuración de la nueva central a instalar. En la tabla 16 mostramos los parámetros para la configuración de los Anexos SIP y en la figura 18 se muestra un ejemplo de configuración en el archivo sip_extensions.conf.

Tabla 16. Parámetros para la configuración de Anexos SIP

Parámetro	Descripción
type=friend	Tipo de extensión, puede ser user, peer o friend, user solo puede recibir y peer solo puede hacer mientras que friend puede hacer y recibir llamadas.
accountcode=3515	El código de cuenta del canal
language=es	Se define el idioma que usará la extensión
secret=3515	Clave de registro de la extensión
qualify=yes	Para saber el status de la extensión si está conectado o no

mailbox=3515@default	Casilla de voz de la extensión
host=dynamic	Si la conexión se conecta de manera dinámica cambiando de dirección IP
deny=0.0.0.0/0.0.0.0 permit=x.x.x.x/255.255.255.255	Se configura una dirección IP única para el registro de la extensión
dtmfmode=rfc2833	Protocolo para reconocer los tonos de marcado DTMF
context=nivel-1	Contexto que usará la extensión
callerid=Serv. Psiquiat.-Hospitaliz.-Jefat.<3515>	El CallerID y el número de identificación del anexo SIP
disallow=all allow=ulaw,alaw,gsm	Deshabilita todos los códecs y habilita los códecs ulaw,alaw y gsm en ese orden

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Ejemplo de configuración de Anexo

```
allow=ulaw,alaw,gsm
transport=udp

[3515]
type=friend
accountcode=3515
language=es
secret=W3kKR4p5wJtYsjd-wtOh6hsbz
qualify=yes
mailbox=3515@default
host=dynamic
deny=0.0.0.0/0.0.0.0
permit=10.6.5.186/255.255.255.255
dtmfmode=rfc2833
context=registro-corporativo
directmedia=no
callerid=Serv. Psiquiat.-Hospitaliz.-Jefat. <3515>
callgroup=
pickupgroup=
disallow=all
allow=ulaw,alaw,gsm
transport=udp
```

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.2.2. Audios IVR

Se realizó el respaldo de los audios del IVR de HNCASE. Los audios en formato WAV se tomaron del directorio /opt/audios-ivr. En la figura 19 se muestran los audios del IVR.

Figura 19. Audios IVR HNCASE

```
[root@pbx-asterisk audios-ivr]# pwd
/opt/audios-ivr
[root@pbx-asterisk audios-ivr]# ls
audio_entrada_ivr2.WAV  audio_entrada_ivr.WAV  audio_espera_callcenter.WAV
[root@pbx-asterisk audios-ivr]#
```

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.3. Actualización firmware 600 Teléfonos IP SNOM

Se realizó la actualización de 650 anexos marca Snom300 y Snom370, a través de un Servicio Web montado en el servidor Principal. El modo de actualización fue a través de la interfaz web del teléfono en el parámetro URL para anexos de versiones compatibles con esta modalidad de actualización y a través de un servidor TFTP para restablecer de fábrica con la última versión para los demás teléfonos. La última versión del firmware del teléfono IP para snom300 fue “*snom300-8.7.5.25-SIP-f.bin*” y para snom370 fue “*snom370-8.7.5.25-SIP-f.bin*”.

3.2.5.3.3.1. Anexos Snom300 y Snom370 actualizados mediante interfaz web

El servidor web se montó sobre el servidor con los links de las versiones snom300-8.7.5.25.bin y snom370-8.7.5.25.bin, para servir como input del campo “Manual Software Update” de la interfaz de los teléfonos Snom, como se muestra en la Figura 20.

En la tabla 17 se muestra la interfaz web de los teléfonos SNOM.

Figura 20. Interfaz Web Teléfonos SNOM – actualización manual



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Fragmentos de lista de anexos Snom300 y Snom370 actualizados

Numero	Anexo	IP	Versión
1	80000	172.29.50.195	snom300/8.7.3.25
2	80001	172.29.51.6	snom300/8.7.3.25
3	80002	172.29.51.7	snom300/8.4.18

4	80004	172.29.51.9	snom300/8.7.3.25
5	80005	172.29.51.10	snom300/8.7.3.25
6	80006	172.29.51.11	snom300/8.7.3.25
7	80007	172.29.51.12	snom300/8.7.3.25
8	80008	172.29.51.13	snom300/8.7.3.25
9	80009	172.29.51.14	snom300/8.7.3.25

...

273	80597	172.29.50.120	snom300/8.4.18
274	80598	172.29.50.81	snom300/8.7.3.25
275	80599	172.29.50.122	snom300/8.7.3.25
276	80600	172.29.50.123	snom300/8.7.3.25
277	80604	172.29.50.127	snom300/8.7.3.25
278	80606	172.29.50.129	snom300/8.7.3.25
279	80609	172.29.50.132	snom300/8.7.3.25
280	80610	172.29.50.133	snom300/8.7.3.25
281	80611	172.29.50.134	snom300/8.4.18
282	80613	172.29.50.136	snom300/8.7.3.25

...

642	85807	172.30.36.186	snom300/7.3.14
643	85808	172.30.36.187	snom300/8.7.3.25
644	85809	172.30.36.188	snom300/8.7.3.25
645	85810	172.30.36.189	snom300/8.7.3.25
646	85811	172.30.36.190	snom300/7.3.14
647	85812	172.30.36.191	snom300/8.7.3.25
648	85813	172.30.36.192	snom300/8.7.3.25
649	85814	172.26.130.70	snom300/7.3.14
650	85815	172.26.130.54	snom300/8.7.3.25

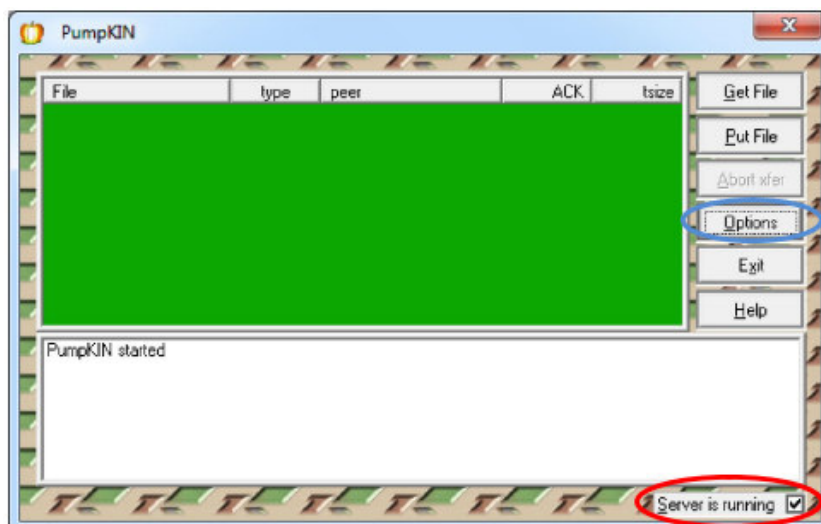
Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.3.1. Anexos Snom300 y Snom370 actualizados mediante servidor TFTP

En la actualización de los anexos IP Snom300 y Snom370, debido a la versión de los teléfonos SNOM, No permitían actualización mediante servidor Web, por ello, se utilizó el software PunKIN.exe. Este software PunKIN.exe es un ejecutable que se monta en una Maquina con Windows 7 (Versiones de compatibilidad). Se registra la ruta del firmware para actualizar los teléfonos a valores de fábrica.

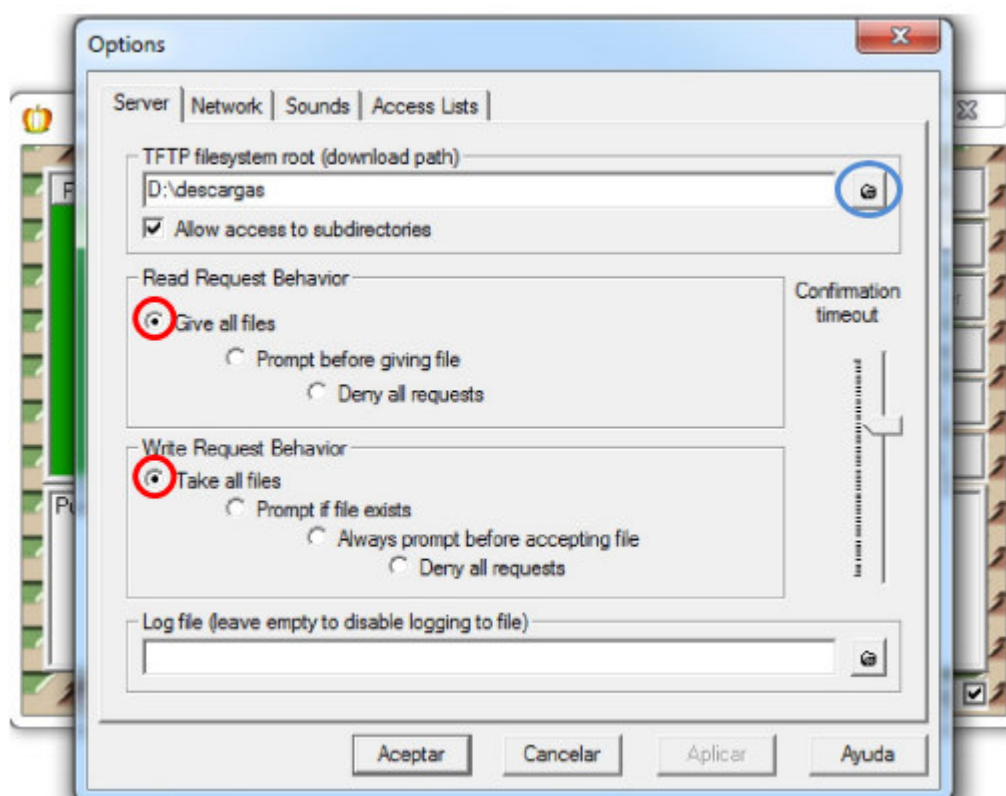
En la figura 21 y 22 se muestra la interfaz del software de escritorio Pumkin.exe, el cuál ya está configurado con los firmware de los teléfonos IP SNOM.

Figura 21. Software PunKIN



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Software PunKIN – Ubicación del firmware



Fuente: Elaboración propia

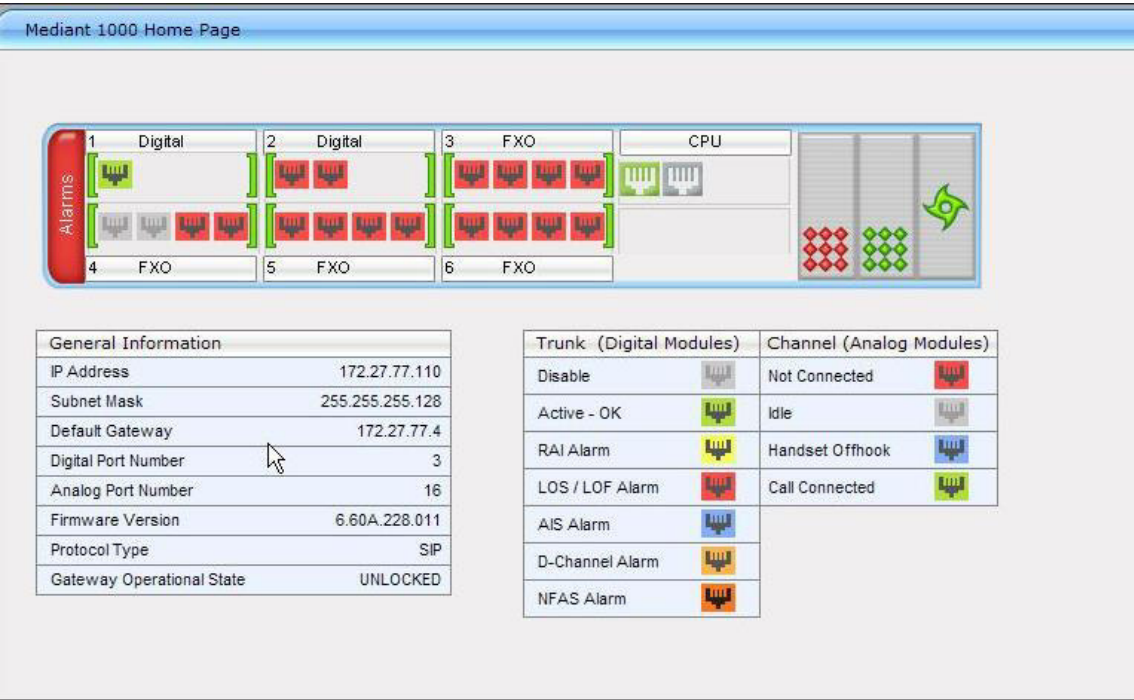
3.2.5.3.4. Configuración de Gateway de Comunicaciones

3.2.5.3.4.1. Configuración de Gateway FXO/PRI Audiocodes Mediant 1000

Para las líneas Digitales (PRI) se configuraron reglas entrada y salida desde la interfaz Web del Gateway de comunicaciones Audiocodes Mediant 1000.

Configuraciones Generales de Mediant 1000. En la imagen 23 se muestra la interfaz principal referencial del home del Gateway Mediant1000 con módulos digitales y analógicos (FXO). En la tabla 13 se detalla la configuración realizada sobre el Gateway de comunicaciones.

Figura 23. Home – Mediant1000



Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Configuración del Gateway de Comunicaciones Mediant1000

Configuración	Detalle
Troncal SIP – Configuración para el registro del Gateway IP como troncal SIP en Asterisk	<pre>[Mediant1000] type=peer host=172.29.50.10 fromdomain=172.29.50.10 trustpid=yes trunk=yes port=5060 disallow=all qualify=yes allow=ulaw allow=alaw allow=gsm canreinvite=no context=mediant dtmfmode=auto</pre>

Llamadas Salientes – Configuración en el Gateway que detalla las reglas de salida de llamadas.	(Figura 26) - Identificador 8000 para llamadas salientes – Trunk Group Table con Group ID 1 - Identificador 9000 para llamadas salientes a líneas extendidas – Trunk Group Table con Group ID 2 - Prefijo para llamadas a través de líneas extendidas: 8 - Prefijo para el resto de llamadas: * (cualquier número que no inicie por 8)
Llamadas Entrantes - Configuración en el Gateway que detalla las reglas de entrada de llamadas	(Figura 27) - Todas las llamadas que ingresen a través del identificador 8000 (Group ID 1) se derivan a la central telefónica: 172.29.50.8 - Todas las llamadas que ingresen a través del identificador 9000 (Group ID 2) se derivan a la central telefónica: 172.29.50.8
Exportación del archivo BOARD.INI	Mediant1000 tiene la propiedad de exportar la configuración que se ha realizado en el Gateway, a través de descarga desde su propia interfaz gráfica.

Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Configuración de Llamadas Salientes – Mediant1000

The screenshot displays two configuration windows from the Mediant1000 interface.

Trunk Group Table: This window has a title bar "Trunk Group Table". It contains two dropdown menus: "Add Phone Context As Prefix" set to "Disable" and "Trunk Group Index" set to "1-12". Below these is a table with 8 columns: Group Index, Module, From Trunk, To Trunk, Channels, Phone Number, Trunk Group ID, and Tel Profile ID. The table has 5 rows. Row 1: Group Index 1, Module 2, From Trunk (empty), To Trunk (empty), Channels 1-30, Phone Number 8000, Trunk Group ID 1, Tel Profile ID 0. Row 2: Group Index 2, Module 1, From Trunk (empty), To Trunk (empty), Channels 1-30, Phone Number 9000, Trunk Group ID 2, Tel Profile ID 0. Rows 3, 4, and 5 are empty.

IP To Hunt Group Routing Table: This window has a title bar "IP To Hunt Group Routing Table". It contains two dropdown menus: "Routing Index" set to "1-12" and "IP To Tel Routing Mode" set to "Route calls after manipulation". To the right is an "Advanced Parameter List" dropdown. Below is a table with 6 columns: Dest. Phone Prefix, Source Phone Prefix, Source IP Address, Hunt Group ID, and IP Profile ID. The table has 4 rows. Row 1: Dest. Phone Prefix 8, Source Phone Prefix *, Source IP Address 172.29.50.8, Hunt Group ID 2, IP Profile ID 0. Row 2: Dest. Phone Prefix *, Source Phone Prefix *, Source IP Address 172.29.50.8, Hunt Group ID 1, IP Profile ID 0. Rows 3 and 4 are empty.

Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Configuración de Llamadas Entrantes – Mediant1000

The screenshot displays the "Tel to IP Routing" configuration window from the Mediant1000 interface. It has a title bar "Tel to IP Routing". It contains two dropdown menus: "Routing Index" set to "1-10" and "Tel To IP Routing Mode" set to "Route calls before manipulation". To the right is an "Advanced Parameter List" dropdown. Below is a table with 11 columns: Src. Hunt Group ID, Dest. Phone Prefix, Source Phone Prefix, Dest. IP Address, Port, Transport Type, Dest. IP Group ID, Dest. SRD, IP Profile ID, and C. Grou. The table has 3 rows. Row 1: Src. Hunt Group ID 1, Dest. Phone Prefix *, Source Phone Prefix *, Dest. IP Address 172.29.50.8, Port 5060, Transport Type UDP, Dest. IP Group ID -1, Dest. SRD -1, IP Profile ID 0, C. Grou. Non. Row 2: Src. Hunt Group ID 2, Dest. Phone Prefix *, Source Phone Prefix *, Dest. IP Address 172.29.50.8, Port 5060, Transport Type UDP, Dest. IP Group ID -1, Dest. SRD -1, IP Profile ID 0, C. Grou. Non. Row 3: Src. Hunt Group ID 3, Dest. Phone Prefix (empty), Source Phone Prefix (empty), Dest. IP Address (empty), Port (empty), Transport Type Not Configured, Dest. IP Group ID -1, Dest. SRD (empty), IP Profile ID (empty), C. Grou. Non.

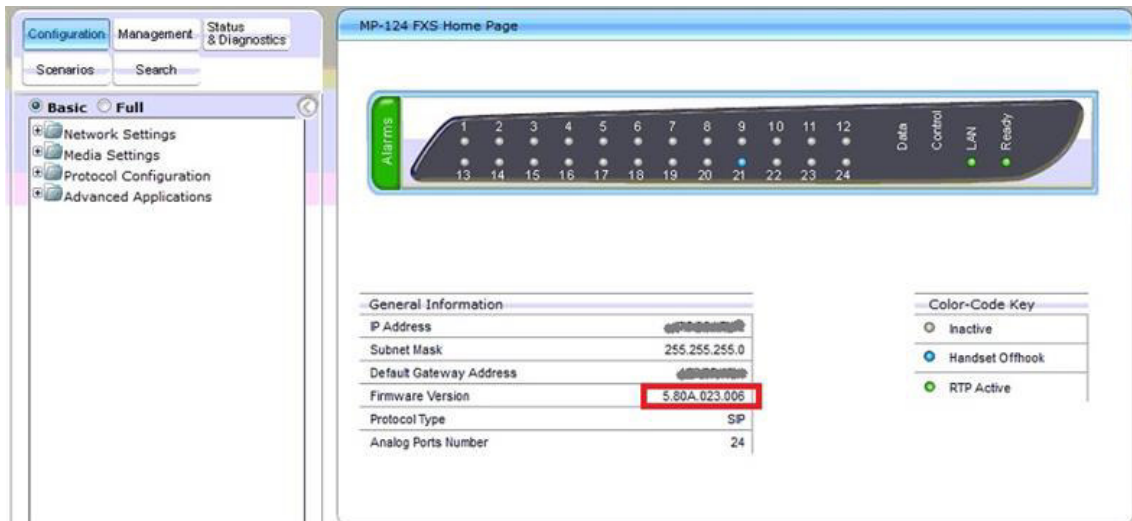
Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.4.2. Configuración de Gateway FXS Audiocodes MP-124

La configuración del Gateway FXS Audiocodes MP-124 cuenta con 24 puertos FXS y nos permite integrar las líneas analógicas distribuidas en el HNCASE a la central telefónica IP basada en Asterisk.

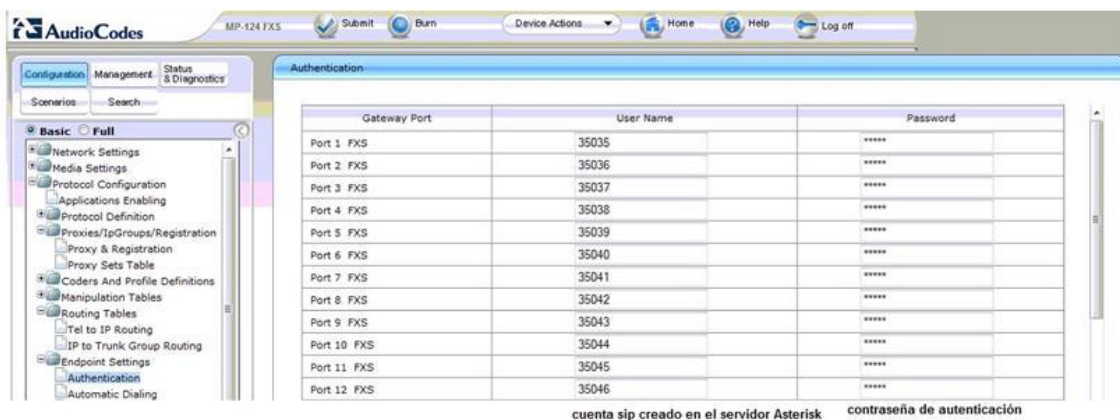
En la figura 26 se muestra el HomePage del equipo, y posteriormente su configuración. En la figura 27 se muestran los campos donde se configura las cuentas SIP con sus respectivas contraseñas todas pertenecientes al GroupID 0. En la figura 28 se muestra la configuración del enrutamiento de las líneas analógicas hacia el servidor Asterisk

Figura 26. HomePage Audiocodes MP-124 FXS



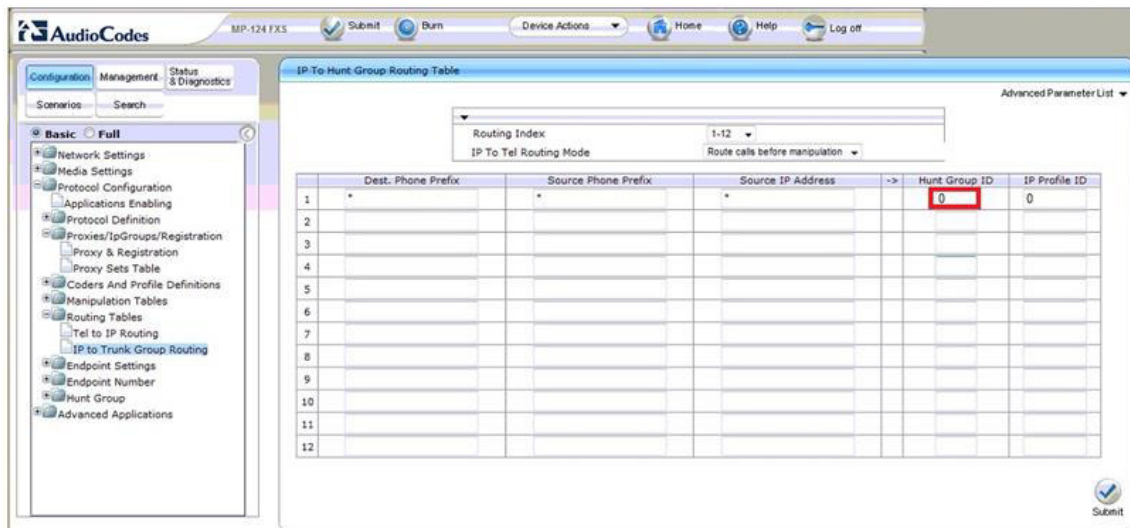
Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Configuración de Anexos analógicos



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Enrutamiento de Anexos por Group ID 0



Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.5. Configuración de Servidores en Alta Disponibilidad

3.2.5.3.5.1. Heartbeat

Para el monitoreo de los servicios y de la dirección IP virtual mediante Heartbeat, se configuraron IP estáticas fijas y una IP Virtual (Seteada en Heartbeat) que nos va a permitir intercalar entre un servidor y otro en caso de fallo.

3.2.5.3.5.2. DRBD

Para la sincronización en tiempo real de los espacios de discos asignados se utiliza interfaces de red exclusivos en cada servidor, es decir, conectados punto a punto de manera directa.

3.2.5.3.5.3. Configuración de Clúster en Alta disponibilidad

La configuración del clúster en alta disponibilidad se realizó asignando los mismos recursos e instalando los servicios compartidos, así como el disco de sincronización. En la tabla 14 se detalla la asignación de recursos de ambos servidores. En la figura 29 se detalla un clúster en alta disponibilidad.

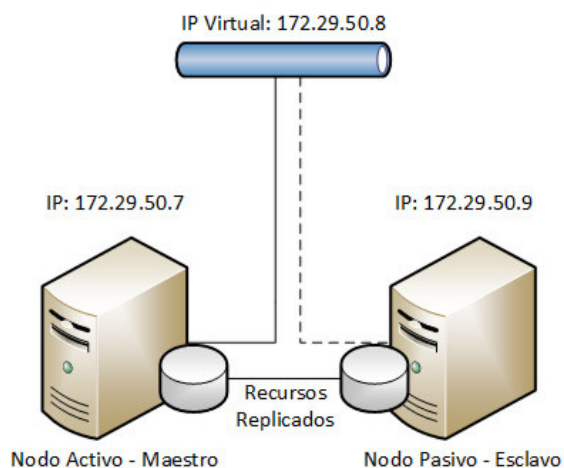
El resumen de las dependencias y configuraciones del clúster en Alta disponibilidad son detallados en el Anexo 2.

Tabla 19. Configuración del clúster en Alta disponibilidad

Configuración	Detalle
Particionamiento de Discos	El particionamiento de discos se realiza en el momento de la instalación del Sistema operativo RedHat 6.
Asignación de Direcciones IP	Se asignan las direcciones IP de cada servidor. IP fija en maestro y esclavo para el monitoreo mediante el servicio HeartBeat e IP virtual para la conexión con los demás equipos de la solución (Anexos, Gateways, etc.) Se asignan direcciones IP estáticas para la sincronización de discos mediante DRBD. Esta conexión se da mediante interfaces de red exclusivos conectados punto a punto.
Formatear Particiones en Maestro/Esclavo	Las particiones de cada servidor se deben formatear para luego ser sincronizadas.
Instalación de dependencias	Se instalan las dependencias de DRBD y Heartbeat en cada servidor
Configuración de DRBD	En los servidores primario y secundario se se configura DRBD
Sincronización de discos	Se inician los procesos de sincronización de las particiones de discos entre los servidores maestro y esclavo
Creación de directorio a sincronizar	Se crea un directorio donde irán los archivos de configuración de los servicios apuntando los archivos con enlaces simbólicos.
Configuración de Heartbeat	Se configura Heartbeat para obtener el monitoreo de los nodos a nivel de IP y de servicios

Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Clúster en Alta disponibilidad



Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.6. *Instalación del Sistema de Gestión del servidor de comunicaciones, actualización del plan de mercado*

Los procesos de instalación del Sistema de Administración del software de comunicaciones se realizaron en ambos servidores. Se definen los siguientes pasos en la tabla 15. En la figura 30 se muestra el login del sistema de Administración de la central telefónica. En la figura 31 se muestra el módulo de creación de Anexos y en el figura 32 el módulo de reportes.

Tabla 20. Instalación del sistema de administración Asterisk

Configuración	Detalle
Creación de repositorio local	Se crea un repositorio local en el servidor con todas las dependencias que necesita el sistema
Instalación de Dependencias	Se instalan las dependencias requeridas para la instalación de los servicios: - Asterisk - Dahdi - Libpri - PostgreSQL - Httpd - IPTables - DHCP - OpenLDAP - Sendmail - OpenVPN
Instalación de Dahdi, LibPri, Asterisk	Se instalan los servicios:

	- Dahdi: Servicio para reconocer el hardware (tarjetas FXS, FXO) Digium conectado en las ranuras PCI o PCIExpress. - LipPri: Para reconocer y configurar el hardware de tarjetas primarias - Asterisk: Software de telefonía IP
Instalación y configuración de Java	El sistema de Administración Web es un software privativo desarrollado en Java por la empresa T-Contacta.
Configuración de Tomcat 7	El sistema exporta un WAR que es desplegado utilizando Apache Tomcat7
Configuración de la base de Datos PostgreSQL	Se configura PostgreSQL en ambos servidores. Se restauran las bases de datos de gestión bd_General, para autenticación oauth2 y la base de datos Asterisk.
Configuración de Direcciones IP	Se configuran la dirección IP estática en los archivos de configuración del sistema para que el sistema sea visto desde un explorador Web

Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Login Sistema de Administración T-Contacta



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Administración de Anexos SIP

Agregar Anexo SIP

Extension* Clave
✓ dVo_eci7gChAhsS71H0tR-Pi

Caller ID* Buzón de voz

Correo de voz Contexto

Avanzado

☐ DHCP Host
dynamic Grabación
Ninguna

☐ Desvío Número Otro:

Call Group Pick Group

Codec Seleccionado ☐ TLS-SRTP

Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Reportes de llamadas

Reporte: Llamada General

Origen Destino

Tipo Llamada Disposición
Todos Todos

Desde fecha Desde hora
02-07-2022 00:00

Hasta fecha Hasta hora
02-07-2022 23:59

Desde duración Hasta duración
min min

Ordenar por Fecha

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.7. Implementación de la infraestructura y pruebas funcionales

Se realizaron pruebas de funcionamiento en un ambiente de prueba previa a la puesta en producción. En la tabla 16 de detalla la implementación y el levantamiento del

ambiente de prueba. En la tabla 17 se detalla las pruebas funcionales que se realizaron en el ambiente de prueba.

Tabla 21. Ambiente de prueba previo a puesta en producción

Recursos	Detalle
Servidores configurados en Alta disponibilidad	Los servidores fueron configurados en Alta disponibilidad con la combinación de los servicios Heartbeat y DRBD
Implementación e instalación de software y servicios para el funcionamiento de la solución	Se instalaron en ambos servidores tanto el software de administración T-Contacta como los servicios que implican el funcionamiento de la solución
Restauración y configuración de los requerimientos del Sistema actual	Se realizaron las configuraciones recogidas del servidor en funcionamiento, así como la implementación de las nuevas funcionalidades.
Conexión de los servidores en un switch aislado para las IP principales Heartbeat	Se conectaron las interfaces de red donde están configuradas las IP principales de los servidores (Heartbeat) al switch principal
Conexión de los servidores punto a punto para las IP DRBD	Se conectaron las interfaces de red correspondientes al servicio DRBD para la sincronización de particiones entre los servidores
Conexión de Anexos IP con cuentas de prueba configuradas en el sistema	Se conectaron teléfonos IP al switch del ambiente de prueba, consiguiendo un registro exitoso
Conexión de Gateway IP Mediant1000	Se conectó el Gateway de comunicaciones en el ambiente de prueba, consiguiendo un registro exitoso

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Pruebas funcionales de la solución

Prueba	Resultado esperado	Resultado
- Apagado y encendido del Servidor Maestro - Desconectar el cable de red del Servidor Maestro - Caída y levantamiento intencional del servicio de Heartbeat en el servidor Maestro - Reinicio del Servidor Maestro	- El servidor Esclavo toma la posta de la IP virtual, Sistema de Administración Web y Servicios. Los anexos telefónicos y el Gateway de comunicaciones tardan entre 30 segundos y 1 minuto en registrarse en el servidor esclavo. - Se realizaron cambios en el sistema y una vez que el servidor maestro es encendido, se debe sincronizar los discos y recuperar la posta de la solución. - Los anexos y Gateway regresaron después de 30 segundos o 1 minuto al servidor maestro - Prueba de llamadas entrantes y salientes	Exitoso
- Desconexión y conexión del cable de red de DRBD - Apagado y encendido del Servidor Esclavo	- El servicio sigue activo mediante el servidor maestro, pero las particiones no se sincronizan - El funcionamiento solo es con el servidor maestro - Una vez conectado el cable, las particiones empezaron a sincronizarse	Exitoso
- Llamadas entre anexos, llamadas externas, clave de usuarios, reportes	- Las pruebas para llamadas entre anexos, llamadas externas, llamadas entre sedes de salud, reportes, clave de usuarios se probaron en ambiente maestro y esclavo	Exitoso

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.8. Puesta en producción

Una vez realizadas las pruebas funcionales de la solución instalada se procedió a poner en producción los servidores configurados. Los pasos se definen en la tabla 18.

Tabla 23. Puesta en producción

Pasos	Detalle
Montaje de la solución en el gabinete de servidores	El montaje de los equipos que comprenden la solución fue instalado en los espacios asignados por el personal de EsSalud.
Desconexión de los servidores actuales	Se desconectaron los cables de red de la solución instalada en ese momento. Los servidores no fueron apagados por si cabía la posibilidad de realizar un rollback.
Conexión de los cables de red en los nuevos equipos configurados	Se conectaron los cables de red actuales en los nuevos servidores configurados y tanto los gateways como teléfonos IP empezaron a conectarse.

Fuente: Elaboración propia

- La conexión de los más de 600 anexos tardó alrededor de 3 min en registrarse en su totalidad permutando de un server a otro.
- La puesta en producción no necesito de Rollback, las funcionalidades de la central telefónica funcionaron tanto para la gestión interna y entre sedes de la red asistencial Arequipa y demás.

3.2.5.3.9. Pruebas operativas, monitoreo y corrección de la solución instalada

Las pruebas operativas se realizaron luego de la puesta en producción de la nueva solución. Se detalla en la tabla 19 el funcionamiento general del sistema. En la tabla 20 se detallan las pruebas realizadas al software de administración de la central telefónica.

Tabla 24. Pruebas generales del sistema

N°	Descripción de la Prueba	Resultado/ valor esperado	Resultado/ valor obtenido	Observaciones
1	Prueba de Registro de Usuarios SIP	Se probará que los Usuarios SIP creados en el Sistema se puedan registrar con Éxito en un Teléfono IP o Softphone	Exitoso	
2	Prueba de llamadas entre Anexos	Se probará que los anexos se puedan llamar entre sí	Exitoso	
3	Prueba de Transferencia de llamadas	Se probará que una llamada en curso pueda ser transferida tanto por teléfono como por la configuración de la Central	Exitoso	
4	Prueba de Jalado de Llamadas (Pickup)	Se probará que estando en un mismo grupo de Pickup o Pickup dirigido se puede tomar la llamada	Exitoso	
5	Prueba de Buzón de Correo de voz.	Se probará que los correos de Voz de pueden escuchar marcando *100 y *101 según se den los casos	Exitoso	
6	Prueba de desvío de llamadas	Se probará el desvío de llamadas programado desde el Teléfono y desde el Servicio	Exitoso	

7	Prueba de Parqueo de llamadas	Se probará el parqueo de llamada, el cual se le asignará un número de slot automático.	Exitoso	
8	Prueba de Música en espera	Se probará la música en espera cuando el receptor y/o emisor se pone en espera o parqueado.	Exitoso	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Pruebas operativas Software de Administración T-Contacta

N°	Descripción de la Prueba	Resultado/ valor esperado	Resultado/ valor obtenido	Observaciones
1	Creación de Usuarios SIP	Se crearán Usuarios SIP en el Software T-Contacta, posteriormente se podrán registrar en un Teléfono IP y/o Softphone	Exitoso	
2	Creación de Clave de Usuarios	A través del software T-Contacta se crearán los usuarios con sus contraseñas respectivas para la salida de llamadas	Exitoso	
3	Creación de Área y Centro de Costos	A través del software T-Contacta se definirán y crearán las áreas y centro de costos	Exitoso	
4	Creación de grupos de llamadas	Se probará la creación y uso de un grupo de llamadas a través del Software T-Contacta	Exitoso	
5	Lista Negra	Se probará el uso de la lista negra para llamadas entrantes y llamadas salientes.	Exitoso	

6	Creación de Conferencias	Se probará la creación y puesta en marcha de una sala de conferencia a través del Software T-Contacta	Exitoso	
7	Reporte de Llamadas	Se probará todos los reportes a través del software del Software T-Contacta	Exitoso	
8	Grabación de Llamadas	A través del software T-Contacta se configurará la grabación de llamadas de determinados anexos, así como los mensajes en el buzón de voz.	Exitoso	
9	Tarificador de Llamadas	Se programará y probará el tarificador de llamadas a través del software T-Contacta	Exitoso	
10	Creación de Usuarios de Administración	Se creará a través del software T-Contacta la creación de roles y usuarios de Administración para diversas labores	Exitoso	

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.10. Backup de configuraciones y archivos del sistema

Se realizó el respaldo de los archivos de configuración como se detalla en la tabla 21.

Tabla 26. Backup Solución Sistema de Telefonía

Backup	Entregable
Backup de los archivos de configuración de Asterisk	La carpeta se encuentra en la ubicación: /etc/asterisk
Backup de Base de datos	Backup de la base de datos de Asterisk a través del software de administración PGAdmin3.
Backup del Sistema de Administración T-Contacta	A través del backup de la Base de Datos y ejecutando un script de respaldo

Backup de Mediant1000	A través de la interfaz web del equipo, se exporta un archivo BOARD.ini el cual contiene toda la configuración realizada en el equipo
Backup del Gateway FXS MP-124	A través de la interfaz web del equipo, se exporta un archivo BOARD.ini el cual contiene toda la configuración realizada en el equipo
Backup de configuración de Alta disponibilidad	Se respaldan los archivos de configuración del Alta Disponibilidad ubicados en /etc/drbd y /etc/heartbeat

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3.11. Capacitación sobre el uso del Sistema de Administración

Capacitación realizada al personal de sistemas de cada una de las sedes de la Red Asistencial Arequipa. La duración de la capacitación tuvo una duración de 8 horas distribuidas en 2 días. Se detalla en la tabla 22.

Tabla 27. Capacitación

Capacitación	Detalle
Introducción a Asterisk	Breve teoría sobre Telefonía IP y Asterisk
Instalación del Sistema Operativo CentOS6 en una VM	En la parte práctica, se capacitó sobre la instalación del Sistema Operativo CentOS 6
Instalación de Asterisk	Se capacitó el proceso de instalación de Asterisk
Mi primera llamada	Se crearon anexos telefónicos en Asterisk y se registraron mediante Softphones. Se programó en el plan de marcado para realizar llamadas entre anexos.
Sobre el uso del sistema de	Se capacitó sobre el uso del sistema de

Administración	administración Web para el sistema de comunicaciones.
----------------	---

Fuente: Elaboración propia

3.3. Evaluación

3.3.1 Evaluación económica / evaluación costo-beneficio

3.3.1.1. Beneficios del Proyecto

Las ventajas y beneficios del proyecto realizado son las siguientes.

- Cuenta con una infraestructura de alta disponibilidad que garantiza la continuidad del servicio de comunicaciones del HNCASE.
- Mejora de gestión y administración de recursos al definir reglas de marcado para cada área que compete HNCASE.
- Interconexión entre sedes de la red Asistencial Arequipa a través de enlaces IAX Asterisk
- Reducción de costos internos de mantenimiento. Esto se logra ya que se reutiliza el cableado de red de datos en lugar de utilizar un cableado independiente para la telefonía.
- Facilidad de aumento de nuevos dispositivos a través del software de administración de la central telefónica.

3.3.1.2. Costos del Proyecto

El proyecto realizado tuvo un costo total de 83,368.00 soles. En la tabla 22 se detalla los gastos del proyecto.

Tabla 28. Presupuesto preliminar del Proyecto

PRESUPUESTO PRELIMINAR DEL PROYECTO	
ITEM	MONTO (soles)
Licencia de Sistema Operativo (1 año)	2,652.00
2 servidores System x3250 M6	15,200.00
2 Gateways Mediant 1000 – Audiocodes	14,016.00
Personal para el proyecto (mes)	21,000.00

Transporte	4,500.00
Viáticos	26,000.00
Total	83,368.00

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. REFLEXIÓN CRÍTICA DE LA EXPERIENCIA

El rol desempeñado en el presente proyecto fue el de Consultor Especialista y junto con el jefe de Proyectos y los consultores técnicos se pudo lograr la entrega exitosa del proyecto en los tiempos designados en el plan de proyecto.

El desarrollo e implementación de este proyecto consolida los conocimientos adquiridos en la universidad, cursos de especialización, capacitaciones recibidas en la consultora donde laboré, pero, sobre todo, el aprendizaje aterrizó durante el desarrollo de los proyectos, en campo.

Los aportes del autor en el presente proyecto fueron. Diseño e implementación de la infraestructura de Alta Disponibilidad para el HNCASE, configuración de Gateways de comunicaciones y definición de reglas de enrutamiento en las mismas, configuración de plan de marcado para los nuevos requerimientos, interconexión entre sedes a través de del protocolo iax2, Migración del sistema a la nueva solución, pruebas funcionales y finalmente la validación y aceptación del proyecto.

El éxito del proyecto se debió también en gran parte a la utilización de buenas prácticas, como lo es el PMBOK, el cual se pudo adaptar perfectamente al desarrollo del proyecto.

En el desarrollo del proyecto se presentaron varios retos que fueron manejados de tal manera que no se vieron afectados los tiempos ni el alcance, por ejemplo, en la fase de actualización de firmware de teléfonos IP no se tenía contemplado que algunas versiones no admitían upgrade del firmware a través de servidor web, debido a ello, aquellos teléfonos tuvieron que ser actualizados de manera manual. Otro reto a superar fue en el momento de la migración, el cual se tuvo que realizar en tiempo real cuando el sistema estaba en funcionamiento. Los retos se pudieron superar.

Una lección aprendida en la implementación fue la de definir de manera exacta el alcance del proyecto, pues, el cliente solicitaba más funcionalidades que no estaban contempladas dentro del alcance, como por ejemplo la implementación de peri teléfono por grupos o la instalación de un servidor adicional a la infraestructura instalada.

Finalmente, el proyecto se desarrolló con total transparencia para el usuario final, se tuvo que realizar algunos ajustes puntuales de configuración posterior a la puesta en producción para cubrir la totalidad de funcionalidades descritas en el alcance.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En el presente proyecto se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- En base a las pruebas funcionales realizadas en el proyecto, se logró diseñar e implementar una solución de Alta disponibilidad para el hospital Nacional Carlos Alberto Seguí Escobedo – EsSalud, con la finalidad de mantener la continuidad del servicio de comunicaciones IP. Las pruebas
- Con la nueva infraestructura instalada se logró reducir a la mitad el tráfico de red al contar con una sola IP de registro en el sistema de comunicaciones.
- Se logró mantener el control de la duración de llamadas a través de la configuración del sistema de administración de la Central telefónica.
- Se mejoró la atención del personal interno del Hospital HNCASE y de los asegurados.
- Las buenas prácticas indicadas en la guía PMBOK se ajustó perfectamente al desarrollo e implementación del presente proyecto.
- Los resultados obtenidos con la implementación de la nueva infraestructura son positivos, adicionalmente el soporte hacia la central telefónica es inmediato desde cualquier punto a través de un enlace remoto vía VPN.

5.2 Recomendaciones

- La seguridad en sistemas informáticos es un ámbito muy importante, por lo que se debe contemplar la utilización de ACL a nivel de Switch para tener un control sobre los registros de los anexos que podrían hacer match con el ACL implementado en cada cuenta de Asterisk.
- Se pueden desarrollar e implementar nuevas funcionalidades como campañas de envío de texto masivo vía el Gateway GSM Topex o modulo para la creación de peri teléfono para comunicados masivos a través de los altavoces de los teléfonos.
- Interconexión de redes asistenciales a través del protocolo iax2, se podría ahorrar costos a nivel de tarjetas de voz implementadas en los routers Cisco de cada sede.
- Mantener planes de actualización del firmware de los anexos telefónicos distribuidos en todo el Hospital HNCASE.

5.3 Fuentes de información

- T-Contacta (2019). <https://www.t-contacta.com>. Obtenido de <https://www.t-contacta.com>.
- Libro: Antonio Perpiñan (2009). Fundamentos de Sistemas GNU/Linux. Villa Consuelo, República Dominicana: Fundación Código Libre Dominicano.
- Luis Quiñónez (2005). La voz sobre IP, una guía práctica. (Trabajo de Graduación). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Benjamín Arratia (2011). Implementación de una central telefónica IP Asterisk para las prácticas de laboratorio en el curso EL629, Sistemas de conmutación telefónica, (Tesis Título de Ingeniero de Sistemas). Universidad de Chile, Chile.
- Gladys Toscano (2011). Análisis y diseño de una red de alta disponibilidad para centrales asterisk basada en la tecnología dundi, (Tesis de Grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- José Vera (2016). Diseño e implementación de una solución de alta disponibilidad usando clúster y virtualización de servidores web y de bases de datos para las aplicaciones de la FIEC. (Trabajo de investigación). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador.
- Mapy Castillo (2011). Implementación de un sistema de VoIP de alta disponibilidad basado en Asterisk y Heartbeat. (Trabajo de investigación). Escuela Superior Politécnica del litoral centro de Investigación Científica y Tecnológica, Ecuador.
- Jorge Tito (2021). Diseño e implementación de un sistema de comunicación de voz sobre IP basado en Asterisk: caso EsSalud Hospital Alberto Sabogal Sologuren. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, Lima, Perú.
- Luis Valdiviezo (2013). Diseño e implementación de un Sistema de Clúster de alta disponibilidad para mejorar el desempeño de los Servidores Web. (Tesis). Escuela Académico-Profesional de Informática, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Redes Zone. (2022). VLANs: Qué son, tipos y para qué sirven. Recuperado de <https://www.redeszone.net/>

- Quarea (2019). Gateway IP. Recuperado de <https://quarea.com>

ANEXOS

ANEXO 1: Diagrama de Gantt

Diagrama de Gantt correspondiente al proyecto desarrollado en HNCASE.

Nombre de tarea						
		Programa de Mantenimiento y Actualización de Centrales Telefonas IP RAAR	31.38 días	lun 13/03/17	mar 25/04/17	
		Entrega de equipos	1 día	lun 27/03/17	lun 27/03/17	Equipo 1
		Hospital Base Carlos Alberto Seguin Escobedo	14 días	lun 13/03/17	jue 30/03/17	Equipo 1
		Levantamiento de información del sistema actual de comunicaciones de HNCASE.	3 días	mar 28/03/17	jue 30/03/17	2
		Actualización del firmware de 600 Teléfonos IP marca SNOM de HNCASE	10 días	lun 13/03/17	vie 24/03/17	
		Configuración de Gateway de Comunicaciones	2 días	lun 13/03/17	mar 14/03/17	
		Configuración de Servidores en Alta Disponibilidad	2 días	lun 13/03/17	mar 14/03/17	
		Instalación del Sistema de Gestión del servidor de comunicaciones, actualización del plan de marcado	10 horas	lun 13/03/17	mar 14/03/17	
		Implementación de la infraestructura y pruebas funcionales	5 días	lun 13/03/17	vie 17/03/17	
		Puesta en producción	1 día	lun 13/03/17	lun 13/03/17	
		Pruebas operativas, monitoreo y corrección de la solución instalada	4 días	lun 13/03/17	jue 16/03/17	
		Backup de configuraciones y archivos del sistema	1 día	lun 13/03/17	lun 13/03/17	
		Capacitación sobre el uso del Sistema de Administración	2 días	mar 14/03/17	jue 16/03/17	8
		Hospital III – Yanahuara	3 días	jue 16/03/17	mar 21/03/17	Equipo 1
		Hospital I – Edmundo Escomel	3 días	mar 21/03/17	vie 24/03/17	Equipo 1
		Hospital I – Samuel Pastor – Camaná	3 días	vie 24/03/17	mié 29/03/17	Equipo 1
		Hospital II – Manuel de Torres Muñoz – Mollendo	3.25 días	mié 29/03/17	lun 3/04/17	Equipo 1
		CAP III Melitón Salas Tejada	3.25 días	lun 3/04/17	jue 6/04/17	Equipo 1
		CAP III Paucarpata	5 días	jue 6/04/17	jue 13/04/17	Equipo 1

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Comandos de Configuración de Alta Disponibilidad en CentOS 6

```
Guía de instalación y configuración de Alta Disponibilidad

Particionar el disco: 1TB

/                ->      20480
Swap             ->      4096
Resto            -> Sin asignar

Datos:

IP Virtual 192.168.3.251
Servidor 1
eth0 192.168.3.250
eth1 192.168.255.253/30

Servidor 2
eth0 192.168.3.252
eth1 192.168.255.254/30

Creamos la partición

fdisk -l          ->      Listamos nuestras particiones
fdisk /dev/sda ->      n, p, 3, enter, enter, t, 3, 83, w
Reiniciar Servidores.

-----

vim /etc/hosts

192.168.3.190      pbx-virtual
192.168.3.191      pbx-nodo1
192.168.3.192      pbx-nodo2

Formatear partición /dev/sda3:

mkfs.ext4 /dev/sda3

Eliminamos el sistema de archivos que se acaba de crear

dd if=/dev/zero bs=1M count=1 of=/dev/sda3; sync

Instalamos DRBD

tar -xf drbd-8.4.3.tar.gz
cd drbd-8.4.3
./configure --prefix=/ --with-km
make KDIR=/usr/src/kernels/2.6.32-431.el6.x86_64
make install

Escribir en /etc/drbd.conf

** En ambos servidores

-----

vim /etc/drbd.conf
```

```

global { usage-count no; }
common { syncer { rate 100M; } }

resource r0 {
    protocol C;
    disk { on-io-error pass_on; }
    startup { wfc-timeout 5; degr-wfc-timeout 3; }
    syncer { rate 100M; }

    on pbx-nodo1 {
        device /dev/drbd0;
        disk /dev/sda3;
        address 192.168.255.253:7789;
        meta-disk internal;
    }

    on pbx-nodo2 {
        device /dev/drbd0;
        disk /dev/sda3;
        address 192.168.255.254:7789;
        meta-disk internal;
    }
}

```

En ambos servidores:

Ejecutamos

```
drbdadm create-md r0
```

Formateamos la particion

```
dd if=/dev/zero of=/dev/xvdd bs=1M count=128
```

Ejecutamos

Iniciar el servicio de DRBD en ambos servidores:

```
/etc/init.d/drbd start
```

```
drbd-overview
```

```
chkconfig --add drbd
```

```
chkconfig drbd on
```

```
modprobe drbd
```

Solo en el servidor primario:

Ver el estado de los nodos

```
drbdadm role r0
```

Sólo el servidor primario: Ahora podemos montar la partición virtual /dev/drbd0, pero primero tenemos que formatear la partición con ext4 con el siguiente comando "Después de reiniciar los dos servers."

```
drbdadm -- --overwrite-data-of-peer primary r0
```

```
mkfs.ext4 /dev/drbd0
```

Vamos a observar algo parecido a esto:

Server 1:

```

[root@pbx-nodo1 ~]# drbd-overview
0:r0/0 SyncSource Primary/Secondary UpToDate/Inconsistent C r----
-
[>.....] sync'ed: 2.7% (127112/130564)M

Server 2:
[root@pbx-nodo2 ~]# drbd-overview
0:r0/0 SyncTarget Secondary/Primary Inconsistent/UpToDate C r----
-
[>.....] sync'ed: 4.6% (124600/130564)M

Al finalizar tendremos lo siguiente en los servidores

Server 1:
[root@pbx-nodo1 ~]# drbd-overview
0:r0/0 Connected Primary/Secondary UpToDate/UpToDate C r-----

Server 2:
[root@pbx-nodo2 ~]# drbd-overview
0:r0/0 Connected Secondary/Primary UpToDate/UpToDate C r-----

Creamos un directorio para la sincronizacion

mkdir /home/data

Montamos mount /dev/drbd0 /home/data

SERVIDOR PRIMARIO
mkdir /home/data/etc
mkdir /home/data/var
mkdir /home/data/var/lib
mkdir /home/data/usr
mkdir /home/data/usr/lib64
mkdir /home/data/spool
mkdir /home/data/var/log

mkdir /usr/src/backup
mkdir /usr/src/backup/etc
mkdir /usr/src/backup/var
mkdir /usr/src/backup/var/lib
mkdir /usr/src/backup/usr
mkdir /usr/src/backup/usr/lib64
mkdir /usr/src/backup/spool
mkdir /usr/src/backup/var/log

cp -r /etc/asterisk /usr/src/backup/etc
cp -r /var/lib/asterisk /usr/src/backup/var/lib/
cp -r /usr/lib64/asterisk /usr/src/backup/usr/lib64/
cp -r /var/spool/asterisk /usr/src/backup/spool/
cp -r /var/lib/pgsql /usr/src/backup/var/lib/
cp -r /var/log/asterisk /usr/src/backup/var/log/
cp -r /var/www /usr/src/backup/var/
cp -r /etc/dahdi /usr/src/backup/etc

mv /etc/asterisk /home/data/etc
mv /var/lib/asterisk /home/data/var/lib/
mv /usr/lib64/asterisk /home/data/usr/lib64/
mv /var/spool/asterisk /home/data/spool/
mv /var/lib/pgsql /home/data/var/lib/

```

```

mv /var/log/asterisk /home/data/var/log/
mv /var/www /home/data/var/
mv /etc/dahdi /home/data/etc

ln -s /home/data/etc/asterisk/ /etc/asterisk
ln -s /home/data/var/lib/asterisk/ /var/lib/asterisk
ln -s /home/data/usr/lib64/asterisk/ /usr/lib64/asterisk
ln -s /home/data/var/spool/asterisk/ /var/spool/asterisk
ln -s /home/data/var/lib/pgsql/ /var/lib/pgsql
ln -s /home/data/var/log/asterisk/ /var/log/asterisk
ln -s /home/data/var/www /var/www
ln -s /home/data/etc/dahdi/ /etc/dahdi

chkconfig asterisk off
chkconfig httpd off
chkconfig dahdi off
chkconfig postgresql off
chkconfig httpd off

EN EL SERVIDOR ESCLAVO

rm -rf /etc/asterisk
rm -rf /var/lib/asterisk
rm -rf /usr/lib64/asterisk
rm -rf /var/spool/asterisk
rm -rf /var/lib/pgsql
rm -rf /var/log/asterisk
rm -rf /var/www
rm -rf /etc/dahdi

ln -s /home/data/etc/asterisk/ /etc/asterisk
ln -s /home/data/var/lib/asterisk/ /var/lib/asterisk
ln -s /home/data/usr/lib64/asterisk/ /usr/lib64/asterisk
ln -s /home/data/var/spool/asterisk/ /var/spool/asterisk
ln -s /home/data/var/lib/pgsql/ /var/lib/pgsql
ln -s /home/data/var/log/asterisk/ /var/log/asterisk
ln -s /home/data/var/www /var/www
ln -s /home/data/etc/dahdi/ /etc/dahdi

chkconfig asterisk off
chkconfig httpd off
chkconfig dahdi off
chkconfig postgresql off
chkconfig httpd off

CONFIGURACION DE HEARTBEAT

- En nodo 1: vim /etc/ha.d/ha.cf

keepalive 2
warntime 5
deadtime 15
initdead 90
udpport 694
auto_failback on
ucast eth0 192.168.3.192
logfile /var/log/ha-log
node pbx-nodo1
node pbx-nodo2

```

```

- En nodo 1: vim /etc/ha.d/authkeys y agregamos las siguientes
líneas

auth 2
2 crc

Le damos los siguientes permisos: chmod 0600 /etc/ha.d/authkeys

- En nodo 1: vim /etc/ha.d/haresources

pbx-nodo1 IPaddr::192.168.3.190/24/eth0:0 drbddisk::r0
Filesystem::/dev/drbd0::/home/data::ext4 dahdi asterisk postgresql
httpd

- Copiamos los archivos en el nodo 2

cd /etc/ha.d/
scp authkeys ha.cf haresources root@192.168.3.192:/etc/ha.d/

- cambiamos en el nodo 2 en el archivo: vim /etc/ha.d/ha.cf

ucast eth0 192.168.3.191

Reiniciar heartbeat

chkconfig heartbeat on

Reiniciar servidores

```

Fuente: Elaboración propia