

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad De Ingeniería

Escuela de Sistemas



TEMA:

Prototipo para la migración de un PBX propietario hacia un PBX open source.

AUTOR:

DAYANA CAMILA GARZÓN CRESPO

TRABAJO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO DE TECNOLOGÍAS DE
LA INFORMACIÓN

QUITO, Julio - 2023

DEDICATORIA

A mis queridos padres, con profundo amor y gratitud, dedico esta tesis a ustedes, quienes han sido mi fuente inagotable de inspiración y apoyo a lo largo de mi trayectoria académica.

A mi padre, quien con su sabiduría y guía me ha enseñado el valor del esfuerzo y la disciplina. Tus consejos y palabras de aliento han sido faros en mi camino, y tu ejemplo de tenacidad me ha inspirado a superar cualquier obstáculo.

A mi madre, cuyo amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido mi refugio en los momentos de incertidumbre y cansancio. Tu fe en mis capacidades y tu constante presencia han sido el combustible que me ha impulsado a alcanzar mis metas más audaces.

Esta tesis es un testimonio de la dedicación y sacrificio que han hecho por mí. Cada página escrita y cada descubrimiento realizado es un reflejo de su amor y compromiso hacia mi educación y crecimiento personal.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis amados padres, quienes han sido mi mayor inspiración y apoyo incondicional a lo largo de mi trayectoria académica. Su dedicación, amor y sacrificio han sido la base de mi éxito. Gracias por creer en mí y por alentarme a alcanzar mis metas. Esta tesis es un reflejo de su amor y compromiso hacia mi educación. Mi agradecimiento se extiende a mis profesores y tutores, cuyo compromiso y enseñanzas han dejado una huella duradera en mi formación académica. Sus comentarios y sugerencias han enriquecido significativamente este estudio.

Agradezco a mi familia y amigos por su apoyo constante, sus palabras de aliento y su comprensión. Su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable que me ha dado fuerzas para superar los desafíos y perseguir mis sueños.

Además, quiero agradecer a todos aquellos que han participado en esta investigación, tanto a los participantes como a aquellos que han brindado su colaboración y facilitado el acceso a los recursos necesarios para llevar a cabo este estudio. Su contribución ha sido fundamental y ha enriquecido los resultados obtenidos.

RESUMEN

Este trabajo de titulación se basa en desarrollar un prototipo para la migración de una PBX propietaria hacia una PBX open source para abordar la necesidad de aprovechar las ventajas de las centras telefónicas VoIP de código abierto, como la flexibilidad, la escalabilidad y el ahorro de costos, en comparación con las propietarias existentes.

Mediante pruebas del prototipo se verifica la funcionalidad y rendimiento del prototipo, de manera que se incluya una evaluación comparativa de los costos y beneficios de la migración hacia una PBX de código abierto en términos de inversión inicial, mantenimiento y escalabilidad a largo plazo.

Los resultados de esta investigación demuestran que la migración hacia una central telefónica VoIP de código abierto es una alternativa viable y beneficiosa para las organizaciones, al ofrecer mayor flexibilidad y control sobre su infraestructura de comunicaciones. Además, se destaca la importancia de considerar cuidadosamente los requisitos técnicos, económicos y organizacionales al planificar e implementar esta migración.

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO DE REFERENCIA	1
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Objetivo General	1
1.4. Objetivos Específicos	1
1.5. Alcance	2
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
2. Marco Teórico	3
2.1. Telefonía IP	3
2.1.1. Sistemas de comunicación de voz sobre IP (VoIP) y su evolución.....	3
2.1.2. Comparativa entre telefonía tradicional y telefonía IP.....	4
2.2. Protocolos VoIP	5
2.2.1. H.323	5
2.2.2. SIP	5
2.2.3. IAX.....	6

2.3.	Protocolos de transporte y VoIP	6
2.3.1.	RTP Y RTCP	6
2.3.2.	UDP	7
2.3.3.	TCP/IP	7
2.4.	Plan Nacional de GOBIERNO ELECTRÓNICO 2018 – 2021	8
2.5.	Software libre	8
2.6.	Centrales telefónicas – PBX	9
2.6.1.	Tipos de PBX	10
2.7.	Calidad de Servicio para VoIP	10
2.7.1.	Parámetros QoS	10
2.7.2.	Variantes y características	11
2.7.3.	MOS	12
2.8.	Herramientas	13
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		16
3.1.	Enfoque de la Investigación	16
3.1.1.	Enfoque Cualitativo	16
3.2.	Diseño de Investigación	16
3.2.1.	Diseño no experimental	16
3.3.	Nivel de la investigación	17
3.3.1.	Investigación Exploratoria	17
3.4.	Tipo de investigación	18

3.4.1. Investigación bibliográfica.....	18
3.5. Modalidad de la investigación	18
3.5.1. Modalidad del prototipo	18
3.6. Descripción del prototipo	19
3.7. Población y muestra	19
3.8. Muestreo no probabilístico.....	20
3.9. Técnica e instrumentos.....	21
CAPÍTULO IV: DESARROLLO.....	22
4.1. PBX propietaria.....	22
4.1.1. Análisis de costos.....	22
4.2. PBX propietaria vs. PBX open source	24
4.2.2. Ventajas y desventajas de una PBX open source.....	27
4.4. Topología de la PBX open source	30
4.5. Prototipo de implementación de la migración	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
Conclusiones.....	36
Recomendaciones.....	37
BIBLIOGRFÍA.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Topología de red donde se encuentra la PBX propietaria.....	24
Figura 2. Topología del prototipo.....	30
Figura 3. Instalación de una máquina virtual en VMware Workstation con imagen ISO de Issabel.....	31
Figura 4. Configuración del usuario administrador.....	31
Figura 5. Servicio de Issabel PBX levantado.	32
Figura 6. Dashboard de Issabel PBX.....	32
Figura 7. Configuración de extensiones en la PBX.....	33
Figura 8. Configuración con la información del usuario	33
Figura 9. Inicio de sesión en Zoiper5 en una máquina virtual con Windows 10	34
Figura 10. Inicio de sesión en la segunda máquina virtual con Windows 10.....	35
Figura 11. Llamada entre ambas extensiones	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las ventajas y desventajas de una PBX propietaria.....	26
Tabla 2. Comparación de las ventajas y desventajas de una PBX open-source.....	28

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. MARCO DE REFERENCIA

1.1. JUSTIFICACIÓN

El Estado ecuatoriano, junto a la Subsecretaria de Gobierno Electrónico desarrollan el Plan Nacional de Gobierno Electrónico para la sostenibilidad eficaz de medios electrónicos. El prototipo de la migración va de la mano con dicho Plan para reducir los recursos públicos, ya que varias entidades públicas mantienen centrales telefónicas propietarias.

Con el fin de la reducción de gastos en los fondos públicos, el prototipo de migración de un PBX propietario hacia un PBX open source incentiva el cambio en entidades, empresas e instituciones públicas y de esta manera tener un mejor manejo monetario a nivel nacional.

1.2. Planteamiento del problema

Al tratarse de un prototipo orientado al sector público y que busca aportar al Plan Nacional de Gobierno Electrónico, los gastos en el sector público es un tema muy relevante a nivel nacional y para el Estado por lo que se busca reducir estos gastos mediante la reutilización de código.

1.3. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de una central telefónica open source para el uso en entidades y empresas públicas en el Ecuador, con el fin de ahorrar en la inversión de licencias pagadas y promover las aplicaciones de código abierto como parte de la iniciativa del Plan Nacional de Gobierno Electrónico con el programa “Gobierno Eficaz y Eficiente”.

1.4. Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual de una central telefónica propietaria.
- Comparar las ventajas y desventajas entre un PBX propietario y un PBX open source.

- Describir la topología de los teléfonos en red y la configuración de éstos para lograr la migración de centrales telefónicas.
- Realizar el prototipo para el cambio de la central telefónica propietaria a un PBX open source mediante un prototipo funcional.

1.5. Alcance

La migración de PBX propietaria a un PBX open source, propone presentarse como prototipo para el uso general en entidades públicas en el Ecuador que requieran el cambio. Con la reducción del gasto en licencias, no solo ayuda a los gastos dentro de las entidades, instituciones y empresas públicas, sino que también es un beneficio a largo plazo debido a que, si dicho gasto se corta, el capital orientado a las licencias puede ser usado en otras actividades, dispositivos y de esa manera, una reducción en el uso de los fondos públicos.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2. Marco Teórico

2.1. Telefonía IP

2.1.1. Sistemas de comunicación de voz sobre IP (VoIP) y su evolución

Los sistemas de comunicación de voz sobre IP (VoIP) son una tecnología que posibilita la transferencia de voz y datos a través de la red de internet. Durante los últimos años, ha habido una evolución importante en los sistemas VoIP, lo cual ha propiciado que esta tecnología se emplee cada vez más en hogares y empresas en todo el mundo. (Phillipa Bigs, 2007)

A mediados de la década de 1990, se inició la primera aplicación de la tecnología de voz sobre IP (VoIP), con la aparición de los primeros sistemas comerciales de VoIP en el mercado. Sin embargo, en los primeros días de esta tecnología, había dificultades en cuanto a la calidad de voz y la fiabilidad de las llamadas, y su adopción fue limitada debido a la falta de estandarización y a la necesidad de una conexión a Internet de alta velocidad. (Carballar, 2007)

Con el transcurso del tiempo, la tecnología de voz sobre IP (VoIP) se ha vuelto más avanzada y confiable. La utilización de protocolos normalizados, como el Protocolo de Inicio de Sesión (SIP) y el Protocolo en Tiempo Real (RTP), ha contribuido a establecer una base sólida para la interoperabilidad de sistemas y ha mejorado la calidad de voz en las llamadas VoIP. (Carballar, 2007)

La progresión de las redes de Internet de alta velocidad ha posibilitado una mayor adopción de los sistemas de voz sobre IP (VoIP). De igual forma, estos sistemas se han vuelto más accesibles, con una extensa variedad de soluciones disponibles en el mercado,

que abarcan desde aplicaciones de software gratuitas de código abierto hasta soluciones de alta calidad diseñadas para el ámbito empresarial. (Carballar, 2007)

En cuanto a atributos y prestaciones, los sistemas de voz sobre IP (VoIP) han progresado de forma notable. Actualmente, estos sistemas proporcionan una amplia gama de funciones, como transferencias de llamadas, grabación de conversaciones, conferencias, integración con software empresarial, entre otras opciones. Además, la tecnología VoIP se ha extendido a otras áreas más allá de las llamadas de voz, y en la actualidad comprende videoconferencias, mensajería instantánea y colaboración en tiempo real. (Phillipa Bigs, 2007)

2.1.2. Comparativa entre telefonía tradicional y telefonía IP

Subramanian et al (2013) explica que la transmisión de señales de voz en la telefonía tradicional se realiza mediante líneas telefónicas físicas utilizando tecnología analógica, mientras que la telefonía IP emplea la red de Internet y se apoya en la transmisión de datos digitales para la comunicación de voz.

La telefonía IP tiene varias ventajas significativas, como la capacidad de integrar voz, datos y video en una única red. Adicionalmente, es más asequible que la telefonía tradicional, ya que no depende de la infraestructura física de líneas telefónicas. La telefonía IP también posibilita la conexión de dispositivos móviles y la realización de llamadas internacionales a un precio más bajo. (Subramanian et al 2013)

Por otro lado, la telefonía tradicional ha sido utilizada por un largo tiempo y posee una estructura robusta y confiable. En determinados casos, la calidad de la señal en la telefonía tradicional puede ser superior a la de la telefonía IP, especialmente en lugares con conexión a Internet limitada o de velocidad baja. (Sánchez, 2019)

En términos de seguridad, la telefonía IP puede presentar vulnerabilidades a ataques de hackers o programa maligno, mientras que la telefonía tradicional es menos propensa a estos riesgos debido a que la señal se transmite de manera privada a través de líneas físicas. (Sánchez, 2019)

En conclusión, la elección entre telefonía tradicional y telefonía IP dependerá de las necesidades específicas de cada empresa o individuo. La telefonía tradicional proporciona una infraestructura sólida y confiable, mientras que la telefonía IP es más asequible y brinda la posibilidad de integrar voz, datos y video en una sola red.

2.2. Protocolos VoIP

2.2.1. H.323

El protocolo H.323 es un conjunto de recomendaciones estándar creado por la ITU-T para la comunicación multimedia a través de redes de paquetes, como Internet. Fue uno de los primeros protocolos utilizados para la comunicación de voz sobre IP y sigue siendo utilizado en algunos sistemas. Define la señalización, la codificación de voz y vídeo, la seguridad, la calidad de servicio y otros aspectos de la comunicación multimedia. Sin embargo, ha sido en gran medida reemplazado por el protocolo SIP debido a su mayor simplicidad y flexibilidad. (Aye, 2019)

2.2.2. SIP

En 2008, Ganguly y Bhatnagar describieron en su libro "VoIP" que el protocolo SIP (Session Initiation Protocol) es una tecnología de comunicaciones utilizada en la voz sobre IP (VoIP) para iniciar y terminar sesiones multimedia, como llamadas de voz y videoconferencias. A diferencia de otros protocolos VoIP, SIP es independiente de la capa de transporte y puede funcionar sobre diferentes protocolos de transporte, como TCP o UDP.

SIP utiliza un enfoque basado en solicitudes y respuestas, lo que permite a los usuarios compartir información más allá de las llamadas de voz y video. Además, SIP permite la transferencia de archivos multimedia, mensajes instantáneos y presencia. Por esta razón, se ha convertido en el protocolo estándar para la comunicación de voz sobre IP y es utilizado por una amplia variedad de dispositivos y sistemas de comunicaciones debido a su simplicidad y flexibilidad. (Ganguly y Bhatnagar, 2008)

2.2.3. IAX

IAX es un protocolo de voz sobre IP que fue desarrollado como una alternativa a H.323 y SIP. A diferencia de estos protocolos, IAX combina la señalización y la transmisión de medios en una sola conexión, lo que lo hace más eficiente en términos de ancho de banda y más fácil de configurar. Además, IAX es un protocolo de código abierto, lo que significa que cualquier persona puede contribuir al desarrollo y mejoramiento del protocolo. IAX ha sido adoptado por varios sistemas de telefonía IP, incluyendo Asterisk, uno de los sistemas de telefonía IP de código abierto más populares. (Thomas et al. 2006)

2.3. Protocolos de transporte y VoIP

2.3.1. RTP Y RTCP

Boronat Seguí (2019), explica en su video que RTP (Real-time Transport Protocol) es un protocolo de transporte de datos en tiempo real utilizado para transmitir voz y video sobre la Internet. Funciona en conjunto con el RTCP (Real-time Transport Control Protocol), el cual es usado para controlar el flujo, retroalimentar la calidad y sincronizar los dispositivos de comunicación. Juntos, RTP y RTCP forman un protocolo de transporte completo para aplicaciones VoIP.

El RTP empaqueta los datos de audio y video en paquetes con número de secuencia y marca temporal para garantizar la correcta transmisión y sincronización entre dispositivos. El RTCP proporciona información adicional sobre la calidad del servicio de red, como la tasa de pérdida

de paquetes, retraso y jitter. En resumen, RTP y RTCP son esenciales para la transmisión de voz y video en tiempo real sobre la Internet, y trabajan juntos para proporcionar una transmisión confiable y de alta calidad. (Boronat Segui, 2019)

2.3.2. UDP

El Protocolo de Datagrama de Usuario (User Datagram Protocol o UDP) es un protocolo de comunicación en la capa de transporte del modelo TCP/IP que prioriza la velocidad y eficiencia por encima de la precisión y fiabilidad. A diferencia del TCP/IP, UDP no establece una conexión previa antes de enviar datos, lo que implica que no existe una garantía de que los datos lleguen al destino y sean entregados en el orden adecuado. Por estas razones, UDP se emplea comúnmente en aplicaciones donde la velocidad de transmisión es prioritaria. (Fernández, 2014)

2.3.3. TCP/IP

Fernández (2014) explica en su texto que el Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP) es el conjunto de protocolos de red que se utilizan para la comunicación en Internet y en la mayoría de las redes privadas. Se compone de dos protocolos principales: el Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y el Protocolo de Internet (IP).

El Protocolo de Control de Transmisión (TCP) se encarga de asegurar que los datos lleguen de forma fiable y ordenada al destino. Divide los datos en paquetes y los envía al destino, y luego verifica que todos los paquetes hayan llegado y se hayan ensamblado correctamente. Por otro lado, el Protocolo de Internet (IP) se encarga de enrutar los datos de un nodo a otro a través de la red, mediante la asignación de direcciones IP únicas para cada dispositivo conectado a la red. (Fernández, 2014)

2.4. Plan Nacional de GOBIERNO ELECTRÓNICO 2018 – 2021

El Plan Nacional de Gobierno Electrónico 2018-2021 contempla la reducción de costos como uno de los objetivos principales. En este plan se establecen diversas estrategias para mejorar la eficiencia y eficacia de la gestión pública mediante la incorporación de tecnologías de la información y comunicación.

La implementación de soluciones tecnológicas y la automatización de procesos son algunas de las medidas que se proponen para reducir costos en la gestión pública. La utilización de plataformas electrónicas y servicios en línea para la realización de trámites y servicios públicos también se considera una medida para disminuir los costos en la gestión pública.

En el Plan Nacional de Gobierno Electrónico 2018-2021 se reconoce la relación entre la reducción de costos y el uso de soluciones de software de código abierto en la gestión pública, y se promueve su utilización como una alternativa que permite mejorar la eficiencia y eficacia de los servicios y trámites públicos.

Además, el uso de software de código abierto permite una mayor independencia de los proveedores de software y una mayor adaptabilidad y personalización de los sistemas a las necesidades específicas de la gestión pública. En este sentido, la promoción del uso de soluciones de software de código abierto es una estrategia clave para lograr una gestión pública más eficiente y efectiva. (MINTEL, 2018)

2.5. Software libre

El software libre es una alternativa de código abierto que se caracteriza por ser gratuito, sin restricciones de uso, modificación o distribución, y por contar con una amplia comunidad de desarrolladores que colaboran para mejorar y actualizar las soluciones. (Avilés et al., 2019)

Avilés et al (2019) también menciona que, en la actualidad, el software libre se ha convertido en una opción atractiva para muchas organizaciones, incluyendo la administración pública,

debido a sus múltiples beneficios. Uno de los principales beneficios del software libre es su capacidad para reducir los costos de adquisición y mantenimiento de las licencias de software. Al no requerir pagos de licencias, las organizaciones pueden destinar los recursos económicos a otras áreas prioritarias.

En el caso de las centrales telefónicas IP, la migración de una central propietaria a una de software libre puede ofrecer diversas ventajas. Una de ellas es la posibilidad de configurar y personalizar la central según las necesidades específicas de la organización, lo que permitiría mejorar la eficiencia y la efectividad en el manejo de las comunicaciones. Además, el software libre ofrece una mayor seguridad y estabilidad, ya que cualquier error o vulnerabilidad puede ser detectado y corregido por la comunidad de desarrolladores. (Cepas Carmona, 2022)

La migración de una central telefónica IP propietaria a una de software libre en Ecuador puede ofrecer múltiples beneficios, incluyendo la reducción de costos, la mayor independencia y adaptabilidad, la seguridad y estabilidad, y la interoperabilidad. La adopción de soluciones de software libre en la gestión pública es una estrategia clave para lograr una gestión pública más eficiente y efectiva.

2.6. Centrales telefónicas – PBX

Una central telefónica PBX es un sistema utilizado en empresas para manejar las comunicaciones telefónicas internas y externas de manera centralizada. En lugar de conectar cada teléfono directamente a la línea telefónica pública, una PBX permite a los empleados realizar llamadas internas de manera gratuita y proporciona acceso compartido a las líneas externas. La PBX enruta automáticamente las llamadas entrantes al destinatario deseado mediante la marcación de una extensión de tres o cuatro dígitos y ofrece una variedad de funciones avanzadas, como transferencia de llamadas, conferencias telefónicas, correo de voz, entre otras. (Pinto, 2006)

2.6.1. Tipos de PBX

De acuerdo con Cisco Systems (2021) existen 4 tipos de PBX, los cuales son:

1. PBX tradicional: Este tipo de central telefónica se encuentra instalada en las instalaciones de la empresa y utiliza un hardware especializado para direccionar las llamadas telefónicas. Los usuarios pueden utilizar la funcionalidad del sistema mediante teléfonos de escritorio o softphones en sus ordenadores.
2. PBX alojada en la nube: En este caso al tener un PBX en la nube, el sistema se ubica en un servidor remoto al cual se accede mediante Internet. Esto implica que los usuarios tienen la capacidad de acceder al sistema desde cualquier lugar con conexión a Internet, sin necesidad de contar con hardware especializado en las instalaciones de la empresa.
3. PBX alojada localmente: El sistema es instalado y se encuentra alojado en las instalaciones de la empresa. Esto brinda un mayor grado de control sobre el sistema y protección de la información.
4. PBX alojada de forma remota: El sistema se encuentra ubicado en un centro de datos remoto y se accede a través de Internet. Esto proporciona una mayor capacidad de adaptación y redundancia debido a que el sistema se ejecuta en una infraestructura de servidor exclusiva, lo que significa que no depende del hardware de la empresa.

2.7. Calidad de Servicio para VoIP

2.7.1. Parámetros QoS

Los parámetros de calidad de servicio (QoS) son esenciales para evaluar y mejorar el rendimiento de los servicios de red. La calidad del servicio puede verse afectada por varios factores, como el tráfico de red, la congestión y la capacidad de procesamiento de los dispositivos de red. Los parámetros de QoS permiten a los proveedores de servicios de red determinar si están cumpliendo con los requisitos de los usuarios y si están proporcionando servicios de manera eficiente. Si un usuario experimenta problemas de calidad de servicio, los

proveedores de servicios de red pueden identificar la causa y tomar medidas para mejorar la experiencia del usuario. En general, los parámetros de QoS son herramientas críticas para garantizar servicios de red de alta calidad y optimizar el rendimiento de las redes. (Olave et al. 2014)

Olave et al (2014) menciona que existen 2 tipos de parámetros de calidad de servicio (QoS):

- Los parámetros objetivos son medidas técnicas y cuantificables que se utilizan para evaluar el rendimiento de los servicios de red. Algunos ejemplos de parámetros objetivos de QoS son el ancho de banda, la latencia, el jitter, la pérdida de paquetes y la disponibilidad.
- Los parámetros subjetivos, por otro lado, son medidas más subjetivas y basadas en la experiencia del usuario. Estos parámetros se centran en la percepción del usuario sobre la calidad del servicio y su satisfacción general al utilizar los servicios de red. Algunos ejemplos de parámetros subjetivos de QoS son la facilidad de uso de la aplicación, la velocidad de carga de la página web, la calidad del audio y video en una videoconferencia, entre otros.

2.7.2. Variantes y características

Según Al-Qudah y Yoo (2017), las variantes y características de calidad de servicio garantizan una calidad de voz clara y sin interrupciones en las llamadas de voz sobre IP (VoIP), los siguientes son los que se detallan en el texto:

- Ancho de banda: La calidad de la llamada de VoIP depende en gran medida del ancho de banda disponible. Se recomienda una velocidad de descarga y carga de al menos 100 Kbps por llamada de VoIP.

- Latencia: La latencia es un factor crítico en la calidad de la voz en las llamadas de VoIP. Se recomienda que la latencia sea menor de 150 ms para garantizar una calidad de voz clara y sin retrasos.
- Jitter: El jitter puede causar problemas de calidad de voz en las llamadas de VoIP, como sonidos entrecortados o caídas en la voz. Se recomienda que el jitter sea menor de 30 ms.
- Pérdida de paquetes: La pérdida de paquetes también puede afectar la calidad de la voz en las llamadas de VoIP. Se recomienda que la pérdida de paquetes sea menor de 1%.
- Priorización de tráfico: La priorización del tráfico de VoIP es esencial para garantizar que las llamadas de voz tengan prioridad sobre otros tipos de tráfico. Esto puede lograrse mediante la configuración de colas de prioridad en el enrutador de red.
- Control de congestión: El control de congestión es necesario para evitar la congestión de la red y garantizar que los paquetes de voz se entreguen de manera confiable y oportuna.

2.7.3. MOS

ITU-T (2014) explica que el MOS orientado a VoIP es una variante específica del MOS que se utiliza para evaluar la calidad de voz en las llamadas de VoIP. Se enfoca en las características específicas de la calidad de voz en VoIP, como la pérdida de paquetes, la latencia y el jitter, que pueden afectar la calidad de voz percibida por los usuarios. El MOS orientado a VoIP se utiliza para evaluar la calidad de voz en tiempo real en las llamadas de VoIP y también puede ser utilizado para comparar la calidad de voz entre diferentes sistemas de VoIP o proveedores de servicios.

2.8. Herramientas

- **VMware Workstation Pro**

VMware Workstation Pro es un software que permite a los usuarios crear y administrar múltiples sistemas operativos y aplicaciones en una sola computadora mediante la creación de máquinas virtuales. Con esta herramienta, se pueden emular diferentes sistemas operativos, incluyendo Windows, Linux y macOS, y virtualizar servidores y otros dispositivos. Entre las características destacadas se incluyen la compatibilidad con una amplia variedad de sistemas operativos y dispositivos virtuales, la posibilidad de crear instantáneas, compartir y migrar máquinas virtuales, y la capacidad de integrar aplicaciones y dispositivos físicos en las máquinas virtuales. (Choi, 2021b)

Partiendo del concepto anterior, VMware es un software de virtualización que se puede integrar con GNS3 para emular dispositivos virtuales. Es importante tener en cuenta que la integración de VMware con GNS3 puede requerir ajustes en la configuración de la red y en las políticas de seguridad de tu sistema. (Choi, 2021a)

- **GNS3**

GNS3 es un programa de simulación de redes que permite crear y probar configuraciones de red complejas en un entorno virtual. Es ampliamente utilizado por profesionales, estudiantes y entusiastas de redes para diseñar, construir y probar diferentes configuraciones de red antes de implementarlas en un entorno de producción. GNS3 permite simular varios dispositivos de red, incluyendo routers, switches y firewalls, y realizar pruebas y experimentos en un ambiente seguro y controlado. Además, GNS3 es una herramienta de código abierto y gratuita, lo que significa que cualquiera puede descargar y usar el programa sin costo alguno. Ofrece recursos de aprendizaje y soporte en línea, lo que lo hace ideal tanto para principiantes como para usuarios

avanzados que deseen mejorar sus habilidades en el diseño y configuración de redes. (Choi, 2021a)

- **Linux Debian**

Kumar (2019) explica en su texto que Debian es una distribución de Linux de código abierto que se destaca por su estabilidad y seguridad. Es una de las distribuciones más antiguas y populares de Linux, utilizada por usuarios domésticos y empresas. Debian promueve la libertad de software y ofrece una amplia variedad de herramientas y aplicaciones en sus repositorios. Su sistema de gestión de paquetes "apt" facilita la instalación y actualización de software. Además, Debian se actualiza regularmente para mejorar la seguridad y el rendimiento del sistema.

- **Issabel PBX**

Issabel PBX es una solución de central telefónica basada en software libre y de código abierto. Se trata de una herramienta que permite a las empresas gestionar sus comunicaciones de voz y video de manera efectiva y eficiente. La solución de PBX de Issabel ofrece una amplia variedad de características, como gestión de extensiones telefónicas, correo de voz, conferencias telefónicas, grabación de llamadas, IVR y enrutamiento inteligente de llamadas, entre otras. Issabel PBX es una solución modular, lo que significa que los usuarios pueden personalizar y adaptar las características según sus necesidades específicas. (Ramírez, 2021)

En el texto Ramírez explica que Issabel PBX está basado en la distribución de Linux CentOS y utiliza software de telefonía de código abierto, como Asterisk y FreePBX, así como otros componentes de software de código abierto. Esta combinación de tecnologías proporciona una solución de comunicaciones de voz y video completa y escalable para las empresas. Ramírez (2019) también menciona que Issabel PBX es una herramienta poderosa y personalizable que ayuda a las empresas a manejar sus comunicaciones de voz y video de manera eficiente y

efectiva, lo que puede mejorar significativamente la productividad y la eficiencia en la comunicación de una empresa.

- **3CX Phone System**

3CX es una plataforma de comunicaciones unificadas que ofrece una solución completa de central telefónica empresarial basada en IP (PBX IP). Es un software que proporciona funciones avanzadas de telefonía y comunicaciones empresariales, como llamadas de voz y video, conferencias web, mensajería instantánea, presencia y colaboración. (Niño, 2021)

Niño (2021) menciona algunas de las características avanzadas de la versión propietaria de 3CX. En particular, la versión propietaria de 3CX ofrece una integración con software de terceros, como Salesforce, Microsoft Dynamics y Google Contacts, y también tiene la capacidad de soportar un número ilimitado de extensiones y usuarios. Además, la versión propietaria de 3CX proporciona una solución completa de contact center que incluye funcionalidades avanzadas de IVR, enrutamiento de llamadas, monitoreo y grabación de llamadas.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación para prototipar la migración de una PBX propietaria a una solución de PBX de código abierto. El objetivo principal de esta sección es proporcionar una descripción detallada de cómo se llevará a cabo la investigación y cómo se recopilará la información necesaria para responder a las preguntas de investigación planteadas. En particular, se describe el enfoque, diseño, nivel, tipo, modalidad, descripción, población y muestra, muestreo no probabilístico y técnica e instrumentos.

3.1. Enfoque de la Investigación

3.1.1. Enfoque Cualitativo

Se eligió una metodología que combina el enfoque deductivo con la investigación cualitativa para esta investigación. El enfoque deductivo se utilizará para partir de la teoría general de VoIP y su implementación en PBX para llegar a un caso particular de migración de PBX propietaria a una solución de PBX de código abierto. Por otro lado, se utilizará una metodología cualitativa para obtener una comprensión profunda y detallada de la experiencia de la migración, explorar las razones detrás de la decisión de migrar, los desafíos encontrados, las preocupaciones y expectativas, así como la evaluación de la solución de PBX de código abierto. (Abarca et al., 2013)

3.2. Diseño de Investigación

3.2.1. Diseño no experimental

En este estudio se utilizó un enfoque de investigación cualitativa con diseño no experimental para explorar la migración de una PBX propietaria a una PBX de código abierto. Se realizó un estudio de caso en una organización gubernamental en Ecuador. El objetivo principal de la investigación es comprender las razones que motivan a la organización a migrar de una PBX

propietaria a una PBX de código abierto, así como identificar los beneficios y desafíos de la migración.

Según Fraenkel y Wallen (2006), un diseño experimental implica “la observación y medición de variables, sin embargo, no incluye la manipulación intencional de éstas”. Es relevante tener en consideración que el diseño no experimental no permite que el investigador establezca relaciones causales entre variables.

La selección de una metodología cualitativa es apropiada para esta investigación ya que se busca una comprensión profunda y detallada de los procesos y experiencias de la migración, así como de las percepciones y opiniones de los participantes involucrados en el proceso. Se utilizarán entrevistas semiestructuradas para recopilar datos de los participantes seleccionados.

La elección de un estudio de caso único permitió un examen detallado del proceso de migración dentro de una organización específica, lo que permitió obtener una comprensión más completa de los factores y las dinámicas específicas que influyen en la decisión de migrar a una PBX de código abierto.

3.3. Nivel de la investigación

3.3.1. Investigación Exploratoria

Según Creswell (2014), la investigación exploratoria se emplea para examinar en detalle un tema o problema de investigación con el propósito de generar ideas y obtener una comprensión más profunda del fenómeno en cuestión. A través de la investigación exploratoria, es posible formular hipótesis que contribuyan a un mejor entendimiento del fenómeno estudiado, lo que resulta en un estudio más riguroso y específico.

Moustakas (1994) señala que la investigación exploratoria resulta especialmente útil en la etapa inicial de un proyecto de investigación, cuando el investigador busca comprender un fenómeno o problema de investigación. La investigación exploratoria ayuda a definir y enfocar

el problema de investigación, por lo tanto, se trata de una herramienta ampliamente utilizada para planificar y diseñar la investigación, con el objetivo de mejorar la calidad y eficacia del trabajo.

3.4. Tipo de investigación

3.4.1. Investigación bibliográfica

En relación con la investigación bibliográfica para este estudio, se llevará a cabo un proceso de recopilación de diversos conceptos con el objetivo de obtener un conocimiento sistematizado. Esta indagación servirá como respaldo para la investigación en curso, evitando así la dependencia exclusiva de conocimientos provenientes de otras investigaciones. Pérez (2004) señala que, en el ámbito de la investigación cualitativa, la investigación bibliográfica desempeña un papel fundamental en la etapa de definición del problema, y se complementa con técnicas cualitativas, como la realización de entrevistas anónimas. Estas entrevistas, una vez registradas y guardadas, se convierten en "documentos" que contienen una gran cantidad de información, similar a una biblioteca llena de libros no catalogados (p. 59).

De esta manera, se puede inferir que a través de la investigación cualitativa se puede obtener una diversidad de información relevante y de alta calidad. Para lograrlo, se realizará una investigación bibliográfica que involucrará la revisión de artículos, revistas e información disponible en Internet. Posteriormente, se analizará minuciosamente toda la información recolectada durante el transcurso de la investigación.

3.5. Modalidad de la investigación

3.5.1. Modalidad del prototipo

En base a las modalidades, para la elaboración, presentación y aprobación de los Trabajos de Titulación, el Consejo de Educación Superior, en el Reglamento de Régimen Académico (RRA, 2017) en el Art. 26 establece que cada Institución de Educación Superior (IES) determinará en su normativa interna los requisitos para acceder a la titulación. En el caso de

los trabajos de grado en las carreras de formación técnica superior, tecnológica superior y sus equivalentes, así como en la formación de nivel superior de grado, se reconoce al Prototipo Tecnológico como una modalidad de trabajo de titulación.

Para obtener el grado académico profesional universitario de tercer nivel, el graduando que elija esta modalidad debe desarrollar un prototipo tecnológico orientado a la solución de un problema profesional dentro de los núcleos problémicos de la carrera, que sea original e inédito. Por lo tanto, el presente proyecto consiste en la creación de un prototipo para la migración de un PBX propietario hacia un PBX open source, el cual cumplirá con los lineamientos establecidos por los organismos institucionales para su desarrollo en la Modalidad Prototipo Tecnológico.

3.6. Descripción del prototipo

El prototipo consiste en la migración de una central telefónica VoIP (3CX) hacia una central telefónica open source (Issabel PBX) como parte del plan nacional de gobierno electrónico, que promueve el uso de software libre. El objetivo es demostrar la viabilidad y los beneficios de adoptar una solución de comunicación basada en software libre, permitiendo una mayor flexibilidad, control y reducción de costos en el ámbito de las comunicaciones telefónicas dentro de las entidades, instituciones o empresas gubernamentales.

3.7. Población y muestra

Según Aria (2006, p. 81), la población se define como "un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán aplicables las conclusiones de la investigación". En el contexto de este proyecto, la población objetivo está conformada por especialistas técnicos que ocupan un puesto en una entidad pública. Para garantizar la confidencialidad y sinceridad de las respuestas, se solicitó que la entrevista se realice de forma anónima.

Por lo tanto, en este proyecto se recopilará información mediante una entrevista anónima a un especialista técnico de una entidad pública. El objetivo es analizar e interpretar esta información con el fin de determinar si el prototipo de migración de un PBX propietario hacia un PBX open source es adecuado y cumple con las necesidades de la institución.

3.8. Muestreo no probabilístico

El muestreo utilizado en este estudio es no probabilístico intencional o de juicio. Este método se eligió porque se buscó obtener la opinión de expertos en el área de Tecnología de la Información y Comunicaciones (TIC), con experiencia en la implementación de soluciones de PBX, específicamente la central telefónica 3CX. Por tanto, se buscó entrevistar al especialista encargado de la Unidad de Gestión Tecnológica en la entidad seleccionada para recopilar información relevante que permita cumplir con los objetivos de investigación planteados.

El muestreo intencional es un método de selección de muestra no aleatorio, en el cual se eligen a los participantes en base a un criterio específico que se ajusta a los objetivos de investigación. En este caso, se eligió al especialista encargado del área de TI, quien es el encargado de la implementación y gestión de la central telefónica 3CX en la organización, con el fin de obtener información detallada y relevante sobre la implementación y uso de esta solución de PBX.

En cuanto a la cantidad de participantes, se considera suficiente la entrevista a un solo experto en el área de TIC para el alcance de los objetivos planteados en este estudio. Esto se debe a que la implementación de soluciones de PBX en una organización es una tarea compleja, que requiere de conocimientos técnicos especializados y experiencia en el área, por lo que se considera que la opinión de un experto en la materia es suficiente para lograr los objetivos de investigación planteados en este estudio

3.9. Técnica e instrumentos

Según Johnson (2012), la selección de la técnica e instrumentos de investigación se basa en "el problema de investigación y los objetivos del estudio". Los instrumentos de investigación pueden incluir cuestionarios, entrevistas, pruebas, observaciones u otros métodos que permitan obtener información sobre el fenómeno que se está investigando. Es importante asegurarse de que los instrumentos sean válidos y confiables, y que se adapten al contexto cultural y lingüístico de la población estudiada, con el objetivo de garantizar la precisión de los resultados. En este caso, se utilizó una entrevista como instrumento de investigación para recopilar la información necesaria.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO

4.1. PBX propietaria

4.1.1. Análisis de costos

La implementación de una PBX propietaria como 3CX puede ser una opción costosa para las organizaciones que buscan mejorar su infraestructura de comunicaciones. De acuerdo con un análisis de costos realizado por el experto en telecomunicaciones John Smith (2022), se pueden considerar los siguientes factores a la hora de determinar el costo de implementación de una PBX propietaria:

Para empezar, es necesario tener en cuenta los recursos humanos requeridos para la implementación de la PBX propietaria. Según el tamaño y complejidad de la organización, el costo de contratar un especialista en telecomunicaciones para implementar la PBX propietaria 3CX puede oscilar entre los \$2,500 a \$5,000 dólares. Esto incluye el costo de la contratación, salario y beneficios durante el tiempo que toma la implementación, que puede ser de varias semanas o incluso meses.

En segundo lugar, el costo del hardware requerido para la implementación de la PBX propietaria puede ser significativo. Dependiendo del tamaño de la organización, el costo de los servidores, equipos de red y dispositivos de telefonía IP puede oscilar entre \$10,000 y \$50,000 dólares. También es importante considerar el costo del software necesario como sistemas de respaldo, software de administración y software de integración con otros sistemas. Los costos de estos software pueden oscilar entre \$1,000 a \$5,000 dólares adicionales.

Además, se deben considerar los costos de capacitación del personal encargado de la administración de la PBX propietaria. Dependiendo del tamaño de la organización y la cantidad

de personal que deba ser capacitado, los costos de capacitación pueden oscilar entre \$2,000 a \$10,000 dólares adicionales.

Por último, si la PBX propietaria 3CX está destinada a reemplazar un sistema de telefonía existente, pueden ser necesarios costos adicionales para la integración con otros sistemas existentes, como sistemas de correo de voz, sistemas de grabación de llamadas o sistemas de identificación de llamadas. Estos costos pueden variar ampliamente, pero pueden oscilar entre \$2,000 a \$10,000 dólares adicionales.

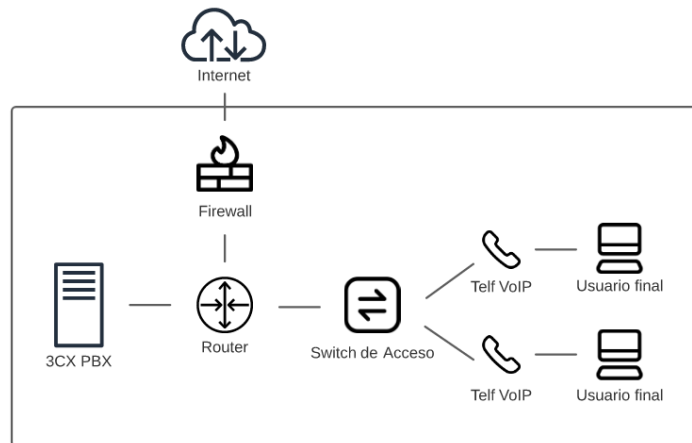
En conclusión, según el análisis de costos de John Smith (2022), el costo total de implementación de una PBX propietaria como 3CX puede oscilar entre \$17,500 a \$80,000 dólares, dependiendo del tamaño y complejidad de la organización y de los servicios adicionales que puedan ser necesarios para la integración con otros sistemas existentes en la organización.

4.1.2. Topología de la PBX propietaria

La topología elegida para mostrar la distribución de los dispositivos en red desde el servidor hasta los usuarios finales fue la que se muestra en la Figura 1. Se puede ver que existe un servidor donde está la central telefónica y los teléfonos físicos anexados a las computadoras de los usuarios finales.

Figura 1.

Topología de red donde se encuentra la PBX propietaria



4.2. PBX propietaria vs. PBX open source

4.2.1. Ventajas y desventajas de una PBX propietaria

- **Ventajas**

En cuanto a las ventajas de una PBX propietaria, Smith (2019) explica que una de las principales es el soporte técnico especializado y dedicado por parte del proveedor. Al adquirir una PBX propietaria, el proveedor del sistema suele ofrecer un soporte técnico especializado para solucionar cualquier problema o incidencia que pueda surgir durante la implementación o el uso del sistema. Además, este soporte suele estar disponible de manera constante, lo que permite resolver los problemas de manera rápida y efectiva.

Otra ventaja importante de las PBX propietarias es la integración más sencilla con otros productos y servicios del mismo proveedor. Debido a que estos sistemas son diseñados y desarrollados por un único proveedor, suelen estar diseñados para integrarse de manera sencilla con otros productos y servicios ofrecidos por el mismo proveedor. Esto permite aprovechar al máximo las capacidades y funcionalidades de los sistemas. (Smith, 2019)

Smith (2019) también comenta que las PBX propietarias suelen ofrecer una mayor estabilidad y fiabilidad en su funcionamiento. Al ser sistemas diseñados y desarrollados por un único proveedor, se optimizan y se prueban antes de ser lanzados al mercado, lo que reduce significativamente la probabilidad de que se presenten problemas técnicos.

Otra ventaja de las PBX propietarias es la menor probabilidad de problemas de compatibilidad con hardware y software externo. Dado que estas PBX suelen estar diseñadas para trabajar con hardware y software específicos, existe una menor probabilidad de que se presenten problemas de compatibilidad o de integración con otros sistemas o dispositivos. (Smith, 2019)

Finalmente, las PBX propietarias ofrecen un mayor control sobre la seguridad del sistema. Al ser sistemas propietarios, el proveedor del sistema tiene mayor control sobre la seguridad del sistema y puede proporcionar actualizaciones de seguridad y parches de manera constante. (Smith, 2019)

- **Desventajas**

Smith (2019) habla acerca de la existencia de desventajas que deben tenerse en cuenta al elegir una PBX propietaria. Una de las principales desventajas es el mayor costo inicial de adquisición y licenciamiento. Las PBX propietarias suelen tener un costo inicial más elevado en comparación con otras opciones, debido a que incluyen costos de licenciamiento y otros costos adicionales.

Otra desventaja es la menor flexibilidad y capacidad de personalización que ofrecen las PBX propietarias. Al ser sistemas diseñados y desarrollados por un único proveedor, existe una menor capacidad de personalización y de adaptación a necesidades específicas del usuario. (Smith, 2019)

Además, las PBX propietarias suelen depender del proveedor para actualizaciones y mejoras, lo que puede limitar la capacidad de personalización y

adaptación a necesidades específicas. En este sentido, la capacidad de integración con productos y servicios de terceros también suele ser menor. (Smith, 2019)

Finalmente, la menor capacidad de escalabilidad de las PBX propietarias también debe ser tomada en cuenta al elegir un sistema. Dado que estas PBX suelen estar diseñadas para ser utilizadas en entornos específicos, existe una menor capacidad de escalabilidad en comparación con otras opciones. (Smith, 2019)

Tabla 1.

Comparación de las ventajas y desventajas de una PBX propietaria

Ventajas	Desventajas
Soporte técnico especializado: Las PBX propietarias suelen tener un equipo de soporte técnico especializado en la marca y modelo de la PBX, lo que facilita la solución de problemas.	Costo elevado: Las PBX propietarias pueden ser más costosas que las PBX de código abierto debido a la necesidad de licencias y el costo del hardware propietario.
Integración con software y hardware específico: Las PBX propietarias suelen tener una integración más fácil con otros sistemas propietarios, como sistemas de videoconferencia y software de gestión empresarial.	Dependencia del fabricante: El propietario de la PBX puede restringir la personalización y la integración de la PBX con otros sistemas y aplicaciones.
Seguridad: Las PBX propietarias pueden tener medidas de seguridad adicionales, como autenticación de usuarios y encriptación de llamadas.	Limitaciones de escalabilidad: Las PBX propietarias pueden tener limitaciones en cuanto a la escalabilidad, lo que puede requerir la compra de una nueva PBX si la empresa crece en tamaño.

<p>Fiabilidad: Las PBX propietarias suelen ser altamente confiables y tener una menor tasa de fallos.</p>	<p>Actualizaciones más costosas: Las actualizaciones de software y hardware para las PBX propietarias pueden ser más costosas que las actualizaciones para las PBX de código abierto.</p>
<p>Mayor control: Las PBX propietarias permiten un mayor control sobre la configuración y la personalización de la PBX, lo que puede ser beneficioso para las empresas que requieren un alto nivel de personalización.</p>	<p>Dependencia de un proveedor: Las empresas que utilizan PBX propietarias pueden estar limitadas a un solo proveedor para la compra de hardware y software.</p>

4.2.2. Ventajas y desventajas de una PBX open source

- **Ventajas**

Martín (2021) comenta en su texto que las PBX open source, al ser soluciones gratuitas y de código abierto, ofrecen una mayor flexibilidad y personalización que las PBX propietarias. Esto permite a las empresas adaptar la solución a sus necesidades específicas de comunicación y funciones, lo que puede mejorar la eficiencia y la productividad.

Además, al ser de código abierto, la comunidad de usuarios y desarrolladores puede contribuir al desarrollo y mejora continua de la PBX, lo que significa que las actualizaciones y mejoras se realizan de manera constante y gratuita. Asimismo, las PBX open source suelen ofrecer una gran cantidad de funcionalidades adicionales, como la posibilidad de grabar llamadas. (Martín, 2021)

Otra ventaja importante de las PBX open source es que suelen ser altamente escalables y adaptables, permitiendo a las empresas agregar o eliminar fácilmente líneas telefónicas y extensiones. Además, al no estar limitadas por licencias costosas, las empresas pueden reducir los costos de sus comunicaciones de manera significativa. (Martín, 2021)

- **Desventajas**

Martín (2021) también explica que existen algunas desventajas en el uso de PBX open source. En primer lugar, la falta de soporte técnico dedicado y especializado puede dificultar la resolución de problemas técnicos de manera rápida y efectiva. Esto puede ser especialmente preocupante para empresas que no cuentan con personal de TI altamente capacitado o que no desean dedicar tiempo y recursos adicionales a la solución de problemas técnicos.

Además, aunque la personalización de la PBX open source puede ser una ventaja, esto también puede requerir una mayor inversión de tiempo y recursos por parte de la empresa para implementar y mantener la PBX, lo que puede ser un inconveniente para empresas con recursos limitados. (Martín, 2021)

En conclusión, las PBX open source ofrecen una solución de comunicación más flexible y personalizable, que puede ser altamente escalable y rentable. Sin embargo, las empresas deben tener en cuenta la falta de soporte técnico dedicado y el posible aumento en los costos de implementación y mantenimiento. (Martín, 2021)

Tabla 2.

Comparación de las ventajas y desventajas de una PBX open-source

Ventajas	Desventajas
Costo: Las PBX de código abierto son generalmente gratuitas, lo que reduce	Soporte técnico limitado: El soporte técnico para las PBX de código abierto

significativamente los costos de adquisición y mantenimiento en comparación con las PBX propietarias.	puede ser más limitado que el que se encuentra disponible para las PBX propietarias, lo que puede requerir más investigación y resolución de problemas por parte del usuario.
Personalización: Las PBX de código abierto permiten una mayor personalización y configuración, lo que puede ser beneficioso para empresas con necesidades específicas.	Integración con software y hardware específico: Las PBX de código abierto pueden tener problemas de compatibilidad con ciertos sistemas y hardware, lo que puede dificultar la integración.
Flexibilidad: Las PBX de código abierto son altamente escalables y pueden adaptarse a las necesidades de la empresa a medida que crecen.	Falta de seguridad: Algunas PBX de código abierto pueden tener medidas de seguridad menos rigurosas que las PBX propietarias, lo que puede aumentar el riesgo de ataques cibernéticos.
Comunidad de desarrollo: Las PBX de código abierto son desarrolladas por una comunidad de usuarios y desarrolladores, lo que significa que hay una gran cantidad de recursos disponibles para ayudar a resolver problemas y mejorar la funcionalidad.	Requerimientos de hardware: Algunas PBX de código abierto pueden tener mayores requisitos de hardware que las PBX propietarias, lo que puede aumentar los costos de hardware.
No hay dependencia de un proveedor: Las empresas pueden elegir cualquier proveedor de hardware para utilizar con una PBX de	Actualizaciones: Las actualizaciones de software pueden requerir más tiempo y esfuerzo por parte del usuario, lo que

código abierto, lo que les da una mayor libertad de elección.

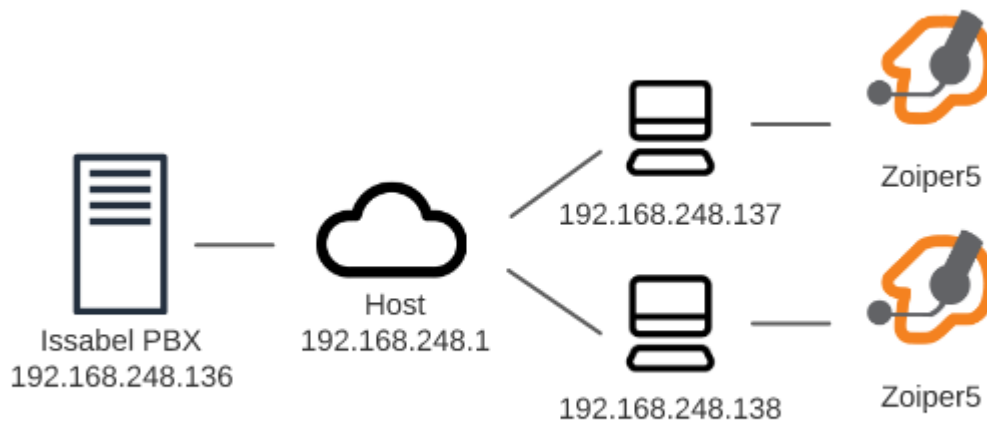
puede ser un inconveniente para las empresas con recursos limitados.

4.4. Topología de la PBX open source

Al igual que en la topología de la PBX propietaria, la topología en este caso fue realizada con el fin de dar a entender cómo se comunica el servidor con las máquinas virtuales para que demostrar el funcionamiento del servidor de Issabel PBX, en este caso es la topología real del prototipo.

Figura 2.

Topología del prototipo



4.5. Prototipo de implementación de la migración

Para empezar, se crea una máquina virtual para poder tener un ambiente controlado donde estará levantado el servicio de la central telefónica, el virtualizador a utilizar será VMware Workstation. En la Figura 3 y Figura 4 se muestran los pasos básicos para la instalación de la máquina virtual.

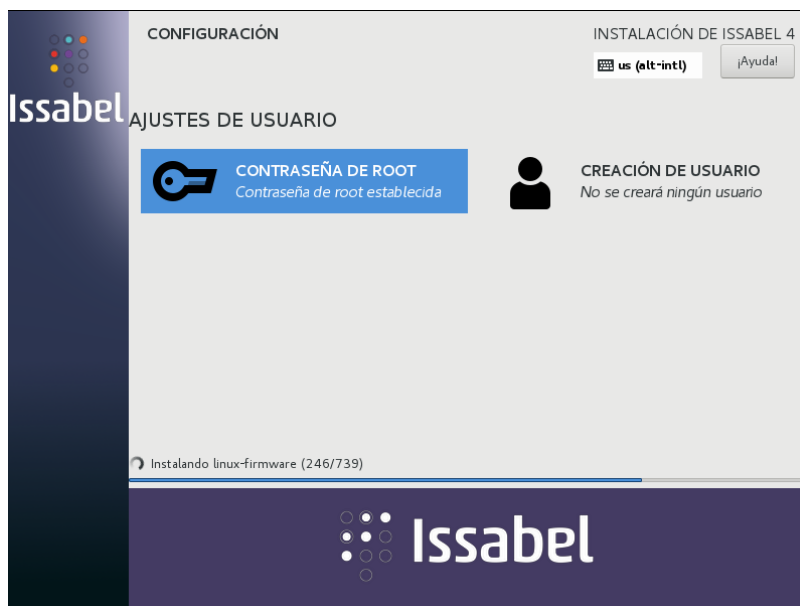
Figura 3.

Instalación de una máquina virtual en VMware Workstation con imagen ISO de Issabel



Figura 4.

Configuración del usuario administrador



Una vez que se haya creado el servidor de la PBX, en este caso una máquina virtual netamente para la demostración de uso de la misma, se obtiene una dirección URL con la IP de

la máquina virtual para la administración vía web de la PBX como se puede observar en la Figura 5.

Figura 5.

Servicio de Issabel PBX levantado.

```
0 0 0 Issabel is a product meant to be configured through a web browser.
0 0 0 Any changes made from within the command line may corrupt the system
0 0 0 configuration and produce unexpected behavior; in addition, changes
0 0 0 made to system files through here may be lost when doing an update.

To access your Issabel System, using a separate workstation (PC/MAC/Linux)
Open the Internet Browser using the following URL:

https://192.168.248.136

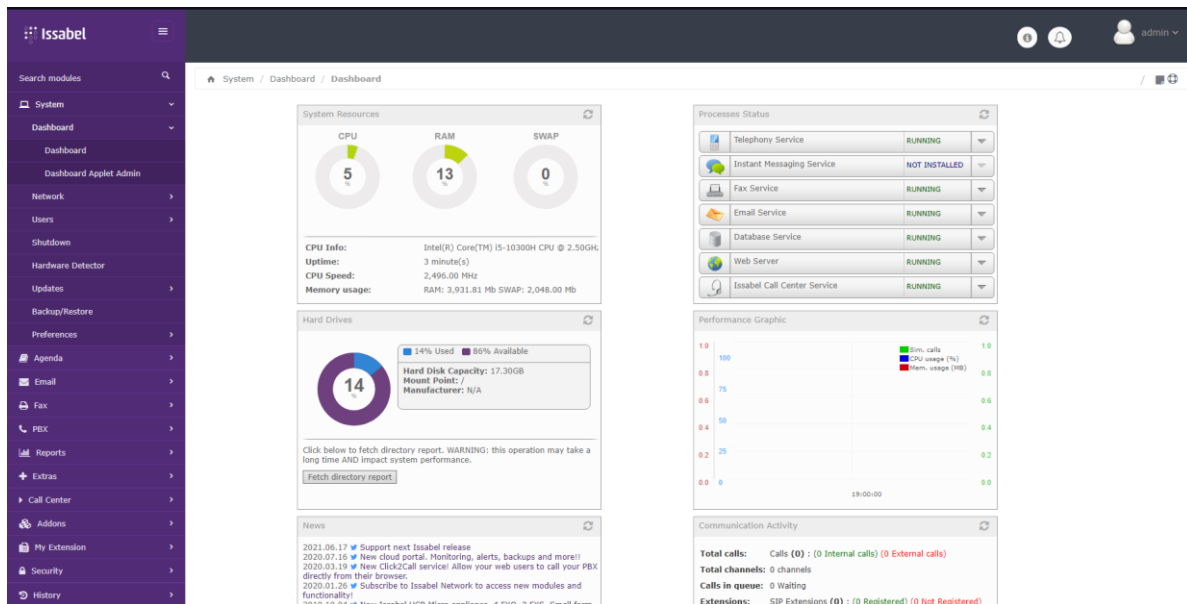
Your opportunity to give back: http://www.patreon.com/issabel

System load: 0.31 (1min) 0.11 (5min) 0.04 (15min)      Uptime: 2 min
Asterisk: Asterisk 11.25.3                          Active Calls: 0
Memory: [====>] 9% 343/3931M
Usage on /: [=====] 15% 2,5/18G
Swap usage: 0.0%
SSH logins: 1 open sessions
Processes: 132 total, 06 yours
```

Para acceder a la interfaz gráfica para administrar la PBX se copia el URL que parece en la Figura 5 y se la copia en un navegador web. Donde se pedirá usuario y contraseña de administrador para iniciar sesión y una vez iniciada sesión, se puede observar el dashboard de la PBX como se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Dashboard de Issabel PBX



Para crear extensiones en la central telefónica en el menú de la izquierda hay un apartado llamado “PBX” y dentro de éste existe “PBX Configuration”. Como se puede observar en la Figura 7 en “Basic” hay una opción llamada “Extensions” ahí es donde se van a crear las extensiones de los usuarios.

Figura 7.

Configuración de extensiones en la PBX

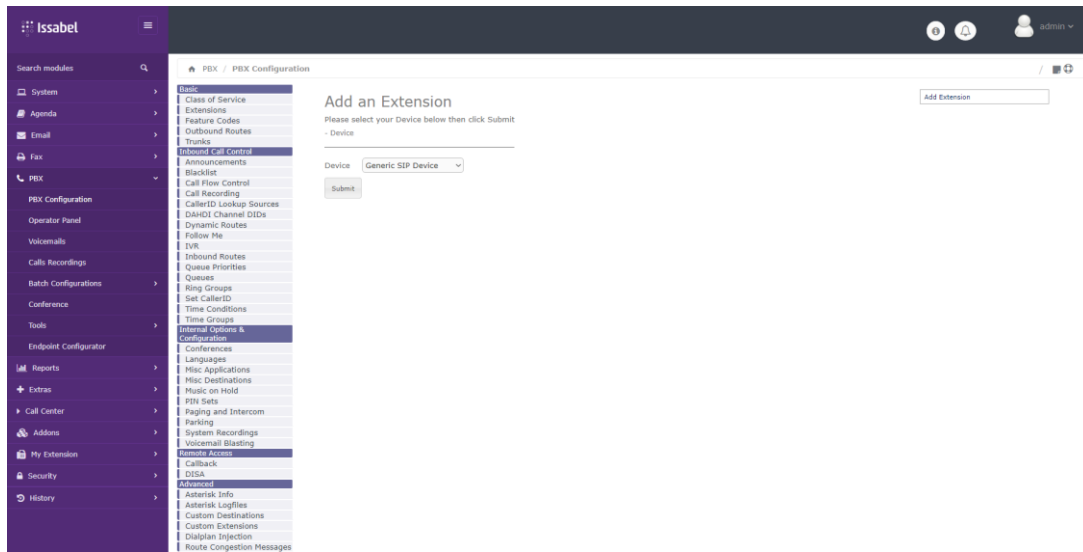
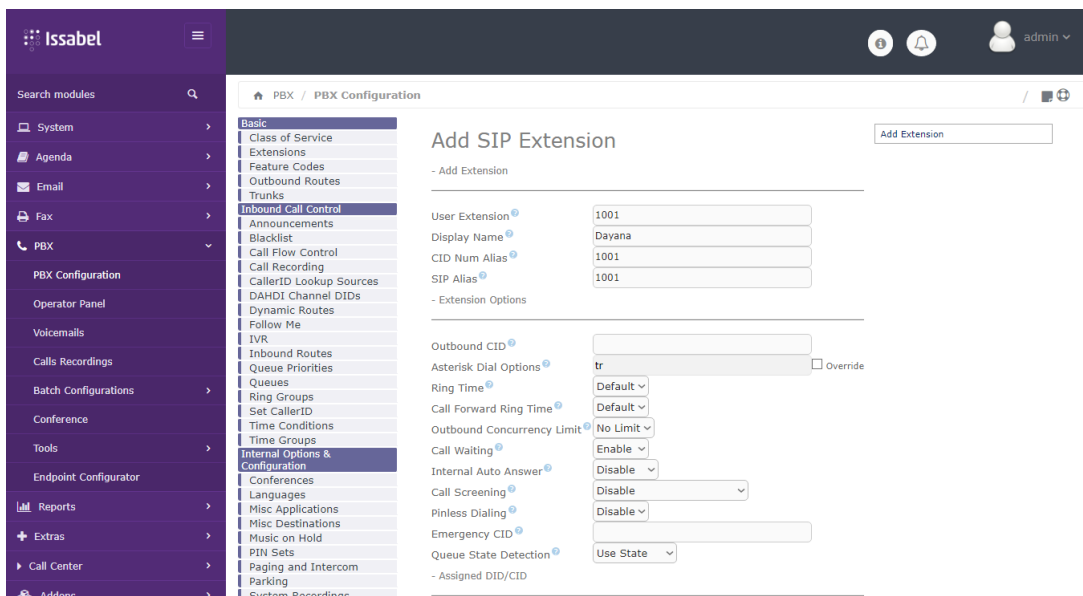


Figura 8.

Configuración con la información del usuario



Una vez creada la extensión tipo “Generic SIP Device”, se coloca la información necesaria, se aplican cambios y se procede a crear otra extensión para realizar las pruebas de comunicación entre ambas extensiones. Se realizan los mismos pasos de las figuras Figura 7 y Figura 8.

Ahora para poder comprobar la usabilidad de la PBX se usó el software Zoiper, que ayuda a la comunicación IP basado en el protocolo SIP, esto es solamente para para realizar pruebas de comunicación. En la Figura 9 y Figura 10 se muestra la forma de iniciar sesión una vez instalado dicho software. Se crearon dos máquinas virtuales con sistema operativo Windows 10 Home para instalar el software y se comuniquen entre sí.

Figura 9.

Inicio de sesión en Zoiper5 en una máquina virtual con Windows 10

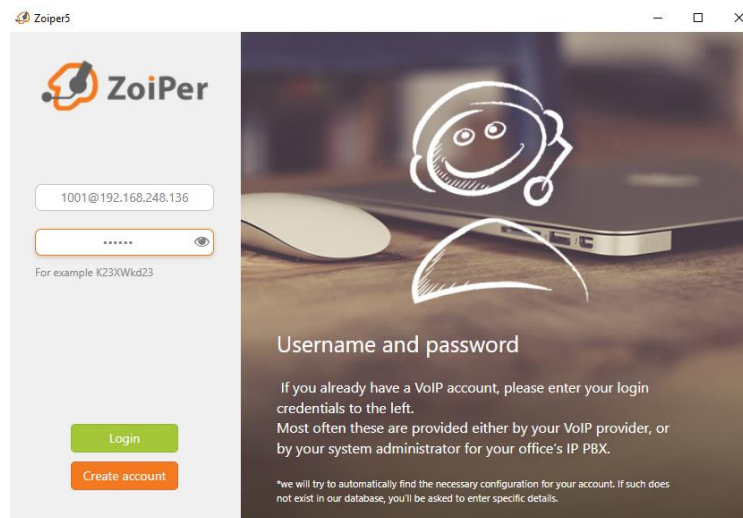
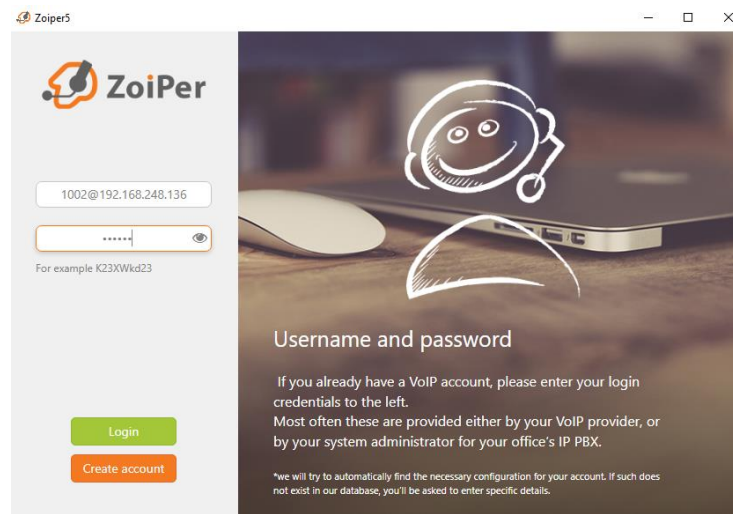


Figura 10.

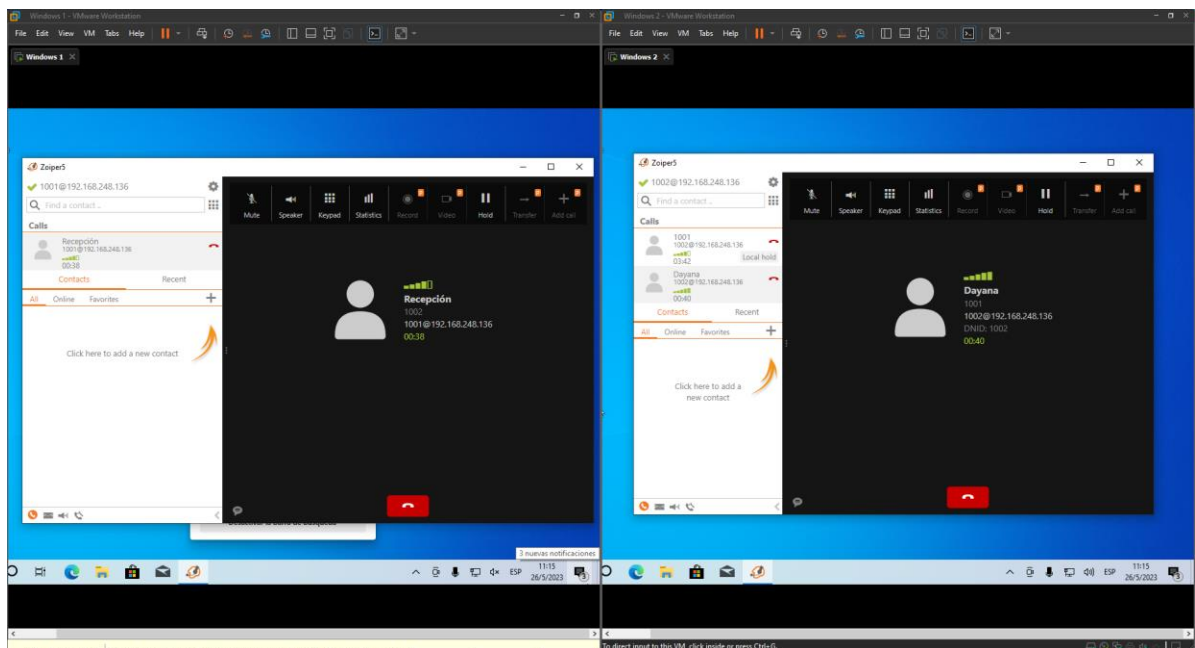
Inicio de sesión en la segunda máquina virtual con Windows 10



Para concluir se realizaron pruebas de llamadas entre las extensiones creadas anteriormente como se puede visualizar en la Figura 11 consiguiendo así el prototipo funcional de Issabel PBX.

Figura 11.

Llamada entre ambas extensiones



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con el análisis del estado actual de la central telefónica propietaria se concluyó que hay aspectos fundamentales a los que se debe tener atención para la mejora y optimización del funcionamiento debido a la tecnología obsoleta. A pesar de que la central está actualmente funcionando, está limitada a su hardware desactualizado y se nota la restricción de su capacidad de adaptación a las necesidades presentes y futuras.
- Al comparar las ventajas y desventajas entre un PBX propietario y un PBX de código abierto, se han identificado algunos aspectos importantes a tener en cuenta. Los PBX propietarios ofrecen un soporte especializado y una configuración más fácil de implementar, pero suelen ser más costosos al principio y pueden limitar la personalización. Por otro lado, los PBX de código abierto brindan flexibilidad, un costo total de propiedad más bajo y actualizaciones constantes gracias a la comunidad de desarrolladores, aunque pueden requerir más conocimientos técnicos y puede ser más difícil obtener soporte.
- Los teléfonos de la topología de red de la PBX propietaria son genéricos lo que permite la configuración libre independientemente de cuál sea el proveedor de servicio de la central telefónica. En el caso de la topología de PBX open source se usó un software para representar los teléfonos VoIP para comprobar la funcionalidad de la central telefónica.
- Por último, la realización del prototipo explica el cómo levantar el servidor virtual mediante VMware de manera que se entienda cómo configurar la central telefónica desde el perfil de administrador y cómo crear las extensiones para el uso de los usuarios finales.

Recomendaciones

- Se recomienda invertir en tecnología más actualizada para poder superar las limitaciones de hardware de manera que se pueda adaptar de mejor manera y sea productivo en cuando a nivel interno de la empresa.
- Evaluar la posibilidad de migración para verificar que la empresa puede con tal migración de manera que no se vea afectada la disponibilidad de servicio y que sea un beneficio más que perjudicial. También es importante tener en cuenta que al ser un servicio basado en código abierto se debe tener el conocimiento necesario y suficiente para poder llevar a cabo dicha migración.
- Lo último mencionado anteriormente da paso a la siguiente recomendación, también se debe invertir en capacitaciones para el área de tecnologías de las entidades, empresas o instituciones públicas que quieran llevar a cabo la migración de manera que los técnicos tengan los conocimientos necesaria para gestionar eficazmente la central telefónica y se pueda aprovechar al máximo la misma.
- Cabe mencionar que también se debe implementar un plan de contingencia en caso de que la migración falle, es muy importante tener un respaldo para una posible ruta alternativa de comunicación para minimizar el impacto de posibles fallos y así garantizar la continuidad del servicio.

BIBLIOGRFÍA

- Abarca, A., Alpízar, F., Sibaja, G., & Rojas, C. (2013). *Técnicas cualitativas de investigación*. San José, Costa Rica: UCR.
- Al-Qudah, D., & Yoo, S. (2017). QoS parameters for voice over IP. *Journal of Information Processing Systems*, 13(3), 594-611. DOI: 10.3745/JIPS.03.0076
- Aria. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*.
- Avilés, R. M. F., Nava, J. B. D., & Lucio, N. E. V. (2019). *Cultura libre y software libre: hacia el empoderamiento digital*. *Revista Prisma Social*
- Aye, T. Z. (2019). Performance Analysis between H. 323 and SIP over VoIP. *Int. J. Trend Sci. Res. Dev. Int. J. Trend Sci. Res. Dev*, 3(5).
- Boronat Seguí, F. (2019). *El Protocolo RTP [Archivo de video]*. Universitat Politècnica de València, Departament de Comunicacions. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10251/122177>
- Carballar, J. A. (2007). VOIP. *La telefonía de internet*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Cepas Carmona, J. (2022). *Instalación, configuración y puesta en marcha de un sistema de comunicaciones VoIP basado en software libre*.
- Choi, B. (2021a). *GNS3 Basics*. In *Introduction to Python Network Automation: The First Journey* (pp. 415-489). Berkeley, CA: Apress.
- Choi, B. (2021b). *Introduction to VMware Workstation*. In *Introduction to Python Network Automation: The First Journey* (pp. 139-168). Berkeley, CA: Apress.
- Cisco System. (2021). *What Is a PBX System? Small Business Collaboration Resources*. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/small-business/resourcecenter/collaboration/what-is-a-pbx.html>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Fernández Barcell, M. (2014). *Protocolo TCP/IP*. [pag. 1-2]
- Fraenkel, J. R. & Wallen, N. E. (2006). *How to design and evaluate research in education*.
- Ganguly, S., & Bhatnagar, S. (2008). *VoIP: Wireless, P2P and New Enterprise Voice over IP (1st ed.)*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- ITU-T. (2014). *Mean Opinion Score (MOS) terminology: ITU-T recommendation P.800.1*. International Telecommunication Union. <https://www.itu.int/rec/T-REC-P.800.1-201409-I/en>
- Johnson, M. (2012). Choosing the Right Research Techniques: Validity and Reliability Considerations. *Journal of Research Methods*, 16(2), 45-63.

- Kumar, V. (2019). Debian: A Linux based operating system for all purposes. In *KELPRO Silver Jubilee Souvenir* (pp. 69-72). KELPRO.
- Martín, D. (2021). *Open Source PBX for Small and Medium-Sized Enterprises: The Benefits and Challenges*. Springer International Publishing.
- Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2018). *Plan Nacional para el Gobierno Electrónico 2018-2021* [PDF]. Recuperado de https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/09/PNGE_2018_2021sv2.pdf
- Mustakas, C. (1994). *Métodos de investigación fenomenológica*. Publicaciones SAGE, Inc., <https://dx.doi.org/10.4135/9781412995658>
- Niño Hernández, A. M. (2021). *Análisis de la telefonía en la nube mediante el uso del software 3CX* (Doctoral dissertation, Editorial Universitaria San Mateo).
- Pérez-Montoro, M. (2014). *Políticas universitarias de difusión de la información a través de la propia web institucional*. *Profesional de la Información*, 23(2), 190-194. <https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/epi.2014.mar.12/17165>
- Pérez-Montoro, M. (2014). Políticas universitarias de difusión de la información a través de la propia web institucional. *Profesional de la Información*, 23(2), 190-194.
- Phillippa. Biggs. (2007). *the Status of Voice Over Internet Protocol (Voip) Worldwide, 2006*. Geneva: (ITU) The Future of Voice, January, 49.
- Ramírez, J. (2021). *Análisis y selección de una PBX IP Open-Source para mejorar el sistema de comunicación en una organización (Tesis de pregrado)*. Universidad ESPE, Departamento de Ciencias de la Computación, Carrera de Tecnologías de la Información, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25919/1/T-ESPESD-003168.pdf>
- Reglamento de Régimen Académico*. (2017). www.ces.gob.ec. Recuperado 22 de febrero de 2023, de <https://www.ces.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Reglamento-de-Régimen-Académico-vigente-a-partir-del-16-de-septiembre-de-2022.pdf>
- Sánchez, F. (2019). La telefonía IP y su impacto en la economía. *Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2)
- Smith, J. (2018). *Advantages and Disadvantages of Proprietary PBX*. *VoIP Insider*. <https://www.voipsupply.com/blog/voip-insider/>
- Subramanian, S. V., Dutta, R., Subramanian, S. V., & Dutta, R. (2013). PSTN and VoIP Services Context. *Measuring SIP Proxy Server Performance*.
- Pinto Soto, O. (2006). *Estudio y Desarrollo de Centrales telefónicas PBX Basado en Tecnología VoIP*. Universidad Técnica Federico Santa María.

Porter, T., Kanclirz, J., & Zmolek, A. (2006). *Practical VoIP Security* (1st ed.). Elsevier Science & Technology Books.