

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
UCC – SEDE MANAGUA**



Tema:

Implementación de un sistema de telefonía VoIP que optimice la comunicación interna y externa entre las oficinas y habitaciones del hotel El Jicaral, ubicado en Diriamba, Carazo, durante el período de Enero a Julio del año 2025.

Autora:

Br. María Equicia Arias Rosales

Tutor Técnico y Metodológico:

Msc. Jaqueline Lacayo

Managua, Nicaragua, Noviembre 2025

Dedicatoria

Dedicado con todo el cariño y gratitud primeramente a Dios, a mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo y por enseñarme con el ejemplo el valor de la perseverancia.

A mis dos hermanos, por ser mi fuente de alegría, apoyo y motivación en cada paso de mi vida.

A mis profesores, por compartir su conocimiento, su guía y confianza que han sido fundamentales en mi formación.

Índice

I- Introducción.	4
II- Alcances de Proyecto.	6
III- Justificación.	8
IV- Objetivos.	9
Objetivo general.	9
Objetivos específicos.	9
V- Antecedentes.	10
VI- Planteamiento del problema.	13
VII- Marco teórico.	16
VIII- Generalidades del estudio.	17
8.1. Fundamentos de la Telefonía.	17
8.2. PBX (Private Branch Exchange).	18
8.3. Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP).	19
8.4. Calidad de Servicio (QoS) en VoIP	22
8.5. Normativas Técnicas Aplicables	23
8.6. Seguridad en sistemas VoIP	24
8.7. Sistema Asterisk.	24
8.8. Población.	26
8.9. Muestra.	27

IX- Marco Metodológico.	28
9.1. Enfoque general:	28
X- Cronograma de actividades.	29
XI- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	30
XII- Fases del proceso investigativo.	32
XIII- Fases del proceso investigativo.	37
XIV- Consideraciones éticas y ambientales.	38
XV- Resultados.	39
XVI- Discusión de resultados.	42
XVII- Cronograma de Actividades.	44
XVIII- Conclusiones	45
XIX- Recomendaciones.	46
XX- Webgrafía.	47

I- Introducción.

La comunicación constituye un pilar esencial en el desarrollo de las organizaciones modernas, pues facilita la coordinación de actividades, la toma de decisiones y el intercambio de información tanto interna como externa. En el contexto actual, caracterizado por la globalización y la digitalización de los procesos empresariales, contar con un sistema de comunicación eficaz y tecnológicamente avanzado se ha convertido en una necesidad estratégica para cualquier institución, en especial para aquellas que pertenecen al sector servicios, como el turismo y hotelería. Stallings (2022).

En el ámbito hotelero, la capacidad de mantener una comunicación fluida entre las distintas áreas operativas es un factor determinante para brindar un servicio eficiente, seguro y personalizado. Los sistemas tradicionales de telefonía, aunque funcionales en su momento, han sido desplazados por soluciones más flexibles y rentables basadas en Internet, conocidas como Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP). Esta tecnología permite transmitir la voz humana mediante redes IP, aprovechando la infraestructura de datos existente para reducir costos y ampliar las posibilidades de conectividad. Van Meggelen, Madsen y Smith, (2022).

El Hotel El Jicaral, ubicado en el municipio de Diriamba, departamento de Carazo, Nicaragua, enfrenta desafíos similares a los de muchas empresas locales que aún operan con sistemas de comunicación convencionales. Al tratarse de un establecimiento con tres edificaciones de 7 metros de ancho por 15 de largo, cada una con cinco habitaciones, oficinas y áreas de servicio, la comunicación entre el personal y los huéspedes se realiza actualmente de manera presencial o mediante teléfonos móviles personales. Este método, además de ineficiente, genera retrasos en la atención y aumenta los costos operativos por el uso de telefonía tradicional.

El turismo en Diriamba se encuentra en una etapa de crecimiento, impulsado por la cercanía con las costas del Pacífico y su valor cultural e histórico. Hoteles como El Jicaral desempeñan un papel relevante en la economía local, ofreciendo hospedaje a visitantes nacionales y extranjeros. No obstante, la falta de infraestructura tecnológica moderna limita su competitividad frente a establecimientos que han adoptado soluciones digitales avanzadas. En este sentido, la implementación de un sistema de telefonía VoIP representa una oportunidad para optimizar los procesos internos, mejorar la atención al cliente y reducir costos a largo plazo. VoIP Standards Consortium, (2023).

Este proyecto propone el diseño de un sistema de telefonía VoIP basado en el servidor Asterisk, una solución de código abierto ampliamente reconocida en el ámbito empresarial por su estabilidad, flexibilidad y bajo costo de implementación. A través de este diseño, se pretende conectar las diferentes áreas del hotel — administración, recepción, mantenimiento, limpieza y habitaciones— en una red unificada, con extensiones personalizadas para cada punto de comunicación. Esto permitirá que los empleados se comuniquen de manera inmediata, mejorando la coordinación operativa y la experiencia del huésped.

II- Alcances de Proyecto.

El desarrollo del proyecto se estructura en cinco etapas principales, alineadas con los objetivos específicos planteados. En primer lugar, se realizará una supervisión del sitio (site survey) con el fin de conocer las condiciones físicas, eléctricas y de red del hotel. Este análisis permitirá determinar los puntos óptimos de conexión, canalizaciones y ubicaciones de los dispositivos.

Posteriormente, se procederá a determinar los requerimientos técnicos aplicando las normativas internacionales IEEE y TIA/EIA (568, 569, 606 y 607), garantizando la estandarización del cableado estructurado, la administración y la conexión a tierra de los equipos. Estas normas son ampliamente utilizadas en proyectos de infraestructura tecnológica por asegurar la interoperabilidad, la seguridad eléctrica y la calidad del servicio (TIA/EIA, 2021).

En la tercera etapa, se llevará a cabo la selección de la tecnología y los equipos más adecuados según criterios de rendimiento, compatibilidad, costo y disponibilidad en el mercado nacional. Se considerarán dispositivos como teléfonos IP, switches PoE, routers empresariales y el servidor dedicado donde se ejecutará el sistema Asterisk. Esta selección será acompañada de fichas técnicas y comparativas de marcas reconocidas como Cisco, Grandstream, Dell y Mikrotik (Cisco, 2024; Grandstream, 2023).

La cuarta etapa incluirá el cálculo del presupuesto económico, en el cual se detallarán los costos de cada componente, la instalación del cableado estructurado, los accesorios de red y la configuración del sistema. Este análisis permitirá conocer el monto total estimado para la implementación, así como su impacto en la rentabilidad operativa del hotel.

Finalmente, se desarrollará un modelado virtual del sistema utilizando Ubuntu Server 22.04 LTS, donde se instalará y configurará el software Asterisk para realizar pruebas de funcionamiento, validación de extensiones y simulaciones de llamadas internas. Este entorno de prueba servirá como base para garantizar que el diseño final cumpla con los requisitos técnicos antes de su instalación física.

Desde una perspectiva estratégica, este proyecto contribuirá a la modernización tecnológica del Hotel El Jicaral, incrementando su competitividad dentro del sector turístico local. Además, servirá como modelo replicable para otras pequeñas y medianas empresas hoteleras de Nicaragua que deseen optimizar su infraestructura de comunicación con soluciones asequibles, abiertas y sostenibles.

Es por ello que, la presente propuesta busca demostrar la viabilidad técnica y económica del diseño de un sistema de telefonía VoIP en el Hotel El Jicaral, destacando la importancia de la planificación estructurada, el cumplimiento de normativas internacionales y la utilización de software libre. Con ello, se pretende alcanzar una infraestructura eficiente, escalable y alineada con las tendencias tecnológicas actuales, promoviendo la transformación digital del sector hotelero en la región.

III- Justificación.

La implementación de un sistema de telefonía VoIP en el Hotel El Jicaral se justifica desde diferentes perspectivas: técnica, económica, operativa y estratégica. En primer lugar, desde el punto de vista técnico, la telefonía VoIP ofrece una solución moderna, flexible y escalable. Al basarse en la infraestructura de red existente, permite reducir el uso de líneas telefónicas tradicionales y aprovechar la conectividad IP para transmitir voz y datos de manera simultánea. Además, mediante el uso del servidor Asterisk, se puede crear una central telefónica completamente personalizable que se adapte a las necesidades del hotel.

Desde el punto de vista económico, la migración hacia un sistema VoIP representa una reducción significativa de costos en llamadas locales e internacionales. Asimismo, el mantenimiento y la administración del sistema se simplifican, ya que no requiere equipamiento costoso ni licencias propietarias.

En el aspecto operativo, el sistema VoIP mejora la comunicación entre los diferentes departamentos del hotel, agilizando la atención de solicitudes, la coordinación interna y la respuesta ante imprevistos. A través de funcionalidades como el buzón de voz, transferencia de llamadas, grabación e IVR (Respuesta de Voz Interactiva), el personal podrá gestionar las comunicaciones de manera más eficiente.

Finalmente, desde el punto de vista estratégico, la implementación de este sistema posicionará al Hotel El Jicaral como una institución moderna y tecnológica, capaz de ofrecer una atención de calidad a sus huéspedes. Además, el proyecto contribuye al desarrollo tecnológico del sector hotelero en Nicaragua, fomentando la adopción de tecnologías abiertas y sostenibles.

Por lo tanto, este proyecto no solo tiene relevancia institucional, sino también un impacto potencial en la modernización del sector turístico local, consolidando la idea de que la innovación tecnológica es clave para la competitividad empresarial.

IV- Objetivos.

Objetivo general.

- I. Diseño de un sistema de telefonía VoIP en el hotel El Jicaral, ubicado en Diriamba, Carazo, durante el período de Enero a Julio del año 2025.

Objetivos específicos.

1. Supervisar el sitio site survey del hotel El Jicaral.
2. Determinar los requerimientos técnicos e infraestructura aplicando normativas IEEE, TIA/EIA 568, 569, 606 y 607.
3. Seleccionar la tecnología de equipos más adecuada.
4. Calcular presupuesto económico.
5. Modelar el diseño en un entorno virtual para prueba y validación de Ubuntu.

V- Antecedentes.

La evolución de las telecomunicaciones ha estado marcada por el avance tecnológico y la necesidad de mejorar la forma en que los seres humanos se comunican. Desde la invención del teléfono por Alexander Graham Bell en 1876, el objetivo fundamental ha sido transmitir la voz humana a través de largas distancias de forma clara y confiable. Con el paso del tiempo, las redes telefónicas tradicionales (PSTN) fueron adoptando nuevas tecnologías que permitieron la digitalización de las señales y la automatización del proceso de conmutación (Hernández & López, 2020).

Durante gran parte del siglo XX, la telefonía analógica dominó el mercado de las comunicaciones, basándose en circuitos eléctricos dedicados que garantizaban la continuidad de la señal entre emisor y receptor. Sin embargo, este modelo resultaba costoso y poco flexible, ya que cada llamada requería un canal físico exclusivo mientras durara la comunicación. Con el advenimiento de la era digital y el desarrollo del protocolo de Internet (IP), surgió la posibilidad de transmitir voz y datos mediante un mismo medio, optimizando los recursos de red y reduciendo los costos operativos (Stallings, 2022).

En los años noventa, las primeras implementaciones de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) comenzaron a ganar popularidad, especialmente en entornos empresariales. Al principio, la calidad de las llamadas era limitada debido a las restricciones del ancho de banda y la inestabilidad de las redes IP. No obstante, con el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación y la mejora de la infraestructura de Internet, la VoIP se consolidó como una alternativa sólida frente a la telefonía convencional. Empresas pioneras como Cisco Systems y Avaya impulsaron la adopción de esta tecnología mediante soluciones integradas de voz y datos (Cisco, 2024).

El paso de la telefonía analógica a la digital supuso una de las transformaciones más relevantes en el ámbito de las telecomunicaciones. Mientras que los sistemas analógicos transmitían la señal de voz mediante variaciones de voltaje, los sistemas digitales la convierten en datos binarios que pueden ser procesados, comprimidos y enviados con mayor eficiencia.

En la actualidad, la tendencia global apunta hacia la convergencia de servicios —voz, video, mensajería y datos— en una misma infraestructura. Este enfoque se conoce como redes convergentes, y la telefonía IP es uno de sus pilares fundamentales. Gracias a la VoIP, las empresas pueden disponer de sistemas telefónicos internos (PBX-IP) que se integran con plataformas de videoconferencia, correos de voz, sistemas CRM y software de gestión empresarial (Van Meggelen et al., 2022).

En el caso de Nicaragua, la adopción de tecnologías VoIP ha sido progresiva. Inicialmente, su implementación se concentró en instituciones educativas y empresas del sector financiero, pero en los últimos años se ha expandido hacia el turismo y la hotelería, impulsada por la necesidad de ofrecer servicios más eficientes y modernos. Esta transición responde a las ventajas que ofrece la VoIP, como la reducción de costos en llamadas internacionales, la facilidad de expansión del sistema y la integración con servicios en la nube (Mendoza, 2021).

En el sector hotelero, la comunicación eficiente es un elemento clave para garantizar la satisfacción del cliente y la coordinación interna del personal. Tradicionalmente, los hoteles han utilizado sistemas PBX analógicos, donde cada habitación contaba con un teléfono conectado a la central del establecimiento. Estos sistemas, aunque funcionales, presentan limitaciones en cuanto a escalabilidad, mantenimiento y costos, especialmente cuando se requiere ampliar la red o integrar servicios adicionales (Flores & Gutiérrez, 2019).

Con la llegada de la VoIP, los hoteles comenzaron a modernizar sus sistemas telefónicos, implementando centrales IP que permiten interconectar todas las áreas del edificio y reducir los gastos de comunicación. Por ejemplo, cadenas internacionales como Hilton Hotels & Resorts y Marriott International han migrado sus sistemas telefónicos hacia soluciones IP centralizadas, integrando la comunicación con sus plataformas de reservas y atención al cliente (Marriott Technology Report, 2023).

En el contexto nacional, algunos hoteles nicaragüenses han empezado a adoptar soluciones VoIP a pequeña escala, utilizando software de código abierto como Asterisk, debido a su bajo costo y alta flexibilidad. Sin embargo, la mayoría de establecimientos aún dependen de sistemas analógicos o híbridos que limitan la eficiencia y el control centralizado de las comunicaciones.

VI- Planteamiento del problema.

La comunicación interna y externa constituye uno de los pilares fundamentales para el óptimo funcionamiento de cualquier establecimiento hotelero. En el caso del Hotel El Jicaral, ubicado en el municipio de Diriamba, Carazo, esta necesidad se vuelve aún más evidente debido a su estructura física conformada por tres edificaciones independientes, cada una con cinco habitaciones, además de las áreas administrativas, recepción y espacios de servicio. A pesar de su crecimiento y demanda turística, el hotel continúa utilizando métodos de comunicación tradicionales que dificultan la coordinación eficiente entre los distintos departamentos y la atención oportuna hacia los huéspedes.

En la actualidad, el hotel no cuenta con un sistema de telefonía estructurado que permita interconectar las habitaciones con la recepción o con las oficinas administrativas. La comunicación se realiza mayormente mediante interacción presencial, mensajería improvisada o dispositivos móviles personales del personal del hotel. Este método, además de ser ineficiente, genera retrasos considerables en la respuesta a solicitudes, pérdida de registros de comunicación, falta de control administrativo y dificultades en la trazabilidad de la información. En consecuencia, los procesos internos se vuelven más lentos, aumenta la probabilidad de errores y se limita la capacidad de brindar un servicio profesional y competitivo.

Asimismo, el uso de telefonía tradicional implica costos elevados de operación, dependencia de proveedores externos, pago de tarifas por llamadas nacionales o internacionales y un mantenimiento costoso debido a la infraestructura cableada tradicional. Estas limitaciones afectan directamente la gestión de recursos del hotel, obligándolo a operar con sistemas obsoletos que ya no responden a las exigencias tecnológicas actuales.

Por otra parte, el avance de la tecnología ha permitido la consolidación de la telefonía VoIP (Voz sobre Protocolo de Internet) como una alternativa eficiente, flexible y de bajo costo. Sin embargo, la implementación de esta tecnología en el Hotel El Jicaral requiere un estudio técnico previo que involucre levantamiento de información en sitio (site survey), análisis de la infraestructura existente, determinación de requerimientos eléctricos y de red, cumplimiento de normativas internacionales como IEEE, TIA/EIA 568, 569, 606 y 607, así como la selección adecuada de equipos, cableado y topologías de conexión. El hotel carece en este momento de un diseño técnico formal que le permita adoptar esta tecnología de manera ordenada y segura.

La ausencia de un sistema de comunicación moderno no solo afecta la eficiencia operativa, sino que también impacta la experiencia del huésped, quien espera contar con un mecanismo rápido y confiable para solicitar servicios, reportar problemas o comunicarse con recepción. En un mercado turístico competitivo, la falta de herramientas tecnológicas adecuadas podría representar una desventaja frente a hoteles que sí implementan soluciones de comunicación moderna, capaces de integrarse con sistemas administrativos, bases de datos, seguridad interna y plataformas de atención al cliente.

Ante estas circunstancias, surge la necesidad de diseñar un sistema de telefonía VoIP para el Hotel El Jicaral que permita optimizar la comunicación entre habitaciones, oficinas y áreas comunes, con soporte en un servidor Asterisk implementado en un entorno virtualizado. Este diseño debe incluir una adecuada planificación de la infraestructura eléctrica y de red, la selección correcta del equipamiento tecnológico, el cálculo del presupuesto económico requerido y la validación técnica mediante un modelo virtual funcional.

Por tanto, el problema central que enfrenta el Hotel El Jicaral se expresa de la siguiente manera:

¿Cómo diseñar un sistema de telefonía VoIP que permita mejorar la comunicación interna y externa del Hotel El Jicaral, garantizando eficiencia operativa, reducción de costos, cumplimiento de normativas técnicas y calidad del servicio durante el período de enero a abril del año 2025?

La respuesta a dicho problema requiere una investigación que permita definir de forma clara los requerimientos técnicos del hotel, evaluar la infraestructura existente, seleccionar la tecnología adecuada y validar el diseño en un entorno controlado antes de su futura implementación real.

VII- Marco teórico.

La telefonía es un sistema de comunicación que ha evolucionado notablemente a lo largo de los años, pasando de redes analógicas a redes digitales e IP. En el contexto de este proyecto, es fundamental comprender los principios que sustentan tanto la telefonía tradicional (PSTN) como la telefonía VoIP, así como las tecnologías, protocolos y normativas que hacen posible su implementación eficiente.

Este marco teórico tiene como propósito describir los conceptos y fundamentos técnicos que respaldan el diseño del sistema de telefonía VoIP propuesto para el Hotel El Jicaral, considerando aspectos de conectividad, normativas, calidad de servicio, selección de equipos, modelado de red y entorno de simulación en Ubuntu.

VIII- Generalidades del estudio.

8.1. Fundamentos de la Telefonía.

8.1.1. Definición y funcionamiento.

La telefonía es el sistema que permite la transmisión de la voz humana a distancia mediante la conversión de las ondas sonoras en señales eléctricas. Este proceso ha evolucionado desde su invención en el siglo XIX hasta los actuales sistemas digitales e IP.

Históricamente, los sistemas telefónicos estaban conformados por redes conmutadas de tipo analógico, conocidas como la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network), y posteriormente por redes digitales de servicios integrados (RDSI, ISDN).

La PSTN fue diseñada principalmente para la transmisión de voz, empleando la conmutación de circuitos, lo que implicaba que durante una llamada se establecía un canal físico dedicado entre el emisor y el receptor. Aunque este modelo garantizaba calidad en la comunicación, resultaba ineficiente y costoso, pues el canal permanecía ocupado incluso en los momentos de silencio durante la conversación (Hernández & López, 2020).

8.1.2. Componentes del sistema telefónico tradicional.

Un sistema telefónico tradicional se compone de tres elementos principales:

- Circuitos locales: Cables de par trenzado que conectan las casas y empresas a las oficinas centrales.
- Troncales: Líneas digitales o de fibra óptica que enlazan las oficinas de conmutación.
- Oficinas de conmutación: Instalaciones donde las llamadas son enrutadas hacia su destino final.

Durante una llamada en la PSTN se desarrollan tres fases:

- Establecimiento de la llamada, donde se crea un circuito dedicado.
- Transferencia de voz, en la que se intercambian señales eléctricas.
- Finalización, liberando los recursos una vez concluida la conversación.

8.2. PBX (Private Branch Exchange).

8.2.1. Definición:

El Private Branch Exchange (PBX) es un sistema telefónico privado que permite compartir un conjunto de líneas entre varios usuarios dentro de una organización. Funciona como una central interna que enruta las llamadas entre extensiones y hacia la red pública.

Con el avance de la tecnología IP, surgió el PBX-IP, que utiliza redes de datos para transportar la voz. A diferencia del PBX tradicional, el PBX-IP puede integrarse con aplicaciones informáticas, correo de voz, IVR (respuesta de voz interactiva) y videoconferencia.

Entre las ventajas de un PBX-IP se incluyen:

- Flexibilidad: Las extensiones pueden configurarse en distintos dispositivos conectados a la red.
- Costos reducidos: Las llamadas internas no generan gasto adicional.
- Integración: Posibilidad de conectarse con software de gestión hotelera (PMS).

El sistema propuesto para el Hotel El Jicaral integra un PBX basado en Asterisk, lo que permitirá gestionar todas las llamadas internas y externas mediante la red IP del hotel.

8.3. Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP).

8.3.1. *Definición:*

La Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP) es una tecnología que convierte la voz en paquetes de datos digitales que se transmiten a través de redes IP, en lugar de líneas telefónicas convencionales. Este proceso permite integrar voz, video y datos en una misma infraestructura, optimizando los recursos de red.

En el contexto del Hotel El Jicaral, la adopción de VoIP permitirá interconectar las áreas administrativas, habitaciones y servicios mediante un mismo sistema de comunicación, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los costos de llamadas.

8.3.2. *Principios de Funcionamiento:*

El proceso de comunicación VoIP consta de las siguientes etapas:

- Conversión de voz a datos: La voz se digitaliza mediante un códec.
- Compresión: Los datos se reducen para optimizar el ancho de banda.
- Encapsulamiento: Los datos se agrupan en paquetes IP.
- Transmisión: Los paquetes se envían a través de la red IP.
- Recepción: Los paquetes son reensamblados y decodificados en el destino.

A diferencia de la telefonía tradicional, VoIP no requiere un canal dedicado, sino que comparte la red con otros servicios, lo que aumenta su eficiencia.

8.3.3. Factores que afectan la calidad de voz:

Para garantizar la calidad del servicio (QoS, Quality of Service) en una red VoIP, se deben controlar varios parámetros:

- Latencia: Tiempo de transmisión de los paquetes (debe ser menor a 200 ms).
- Jitter: Variación en el tiempo de llegada de los paquetes; se corrige con buffers.
- Pérdida de paquetes: Ocurre por congestión de red; idealmente menor al 1%.
- Eco: Se mitiga mediante canceladores y supresores de eco.

8.3.4. Factores que afectan la calidad de voz:

Latencia: Tiempo que tarda un paquete en viajar de origen a destino. Su rango óptimo es de < 200 ms.

Jitter Variación del retardo en la entrega de paquetes. < 30 ms es su rango óptimo.

Pérdida de paquetes: Porcentaje de paquetes descartados o retrasados. Posee un rango óptimo de < 1%

Eco: Reflexión retardada de la señal original. Debe eliminarse mediante canceladores.

Estos factores son controlados a través de mecanismos de Calidad de Servicio (QoS), priorizando el tráfico de voz sobre otros tipos de datos en la red.

8.3.5. Protocolos utilizados en VoIP:

La transmisión de voz mediante redes IP requiere del uso de varios protocolos para establecer, mantener y finalizar las llamadas.

Protocolo	Función Principal	Descripción
SIP (Session Initiation Protocol)	Señalización	Establece, modifica y termina sesiones multimedia.
RTP (Real-Time Protocol)	Transporte	Envía los datos de audio y video en tiempo real.
RTCP (Real-Time Control Protocol)	Control	Supervisa la calidad de servicio del RTP.
H.323	Señalización	Estándar ITU para videoconferencias y VoIP.
IAX (Inter-Asterisk eXchange)	Transporte	Optimiza la comunicación entre servidores Asterisk.

8.3.6. Códecs de audio.

Los códecs (codificadores/decodificadores) determinan la calidad del audio y el ancho de banda necesario.

Códec	Bitrate	Calidad de audio	Uso Recomendado
G.711	64 kbps	Alta	LAN con suficiente ancho de banda.
G.729	8 kbps	Media	Enlaces de baja capacidad
Opus	Variable	Alta	Aplicaciones modernas y móviles
Speex	Variable	Media	Comunicaciones en software libre

8.4. Calidad de Servicio (QoS) en VoIP

El QoS (Quality of Service) garantiza que el tráfico de voz tenga prioridad sobre el tráfico de datos. Los routers y switches configurados con QoS analizan los paquetes y asignan diferentes niveles de prioridad.

Existen varios métodos de priorización:

- DiffServ (Differentiated Services): Clasifica el tráfico en niveles de servicio.
- IntServ (Integrated Services): Reserva recursos de red por sesión.
- Políticas FIFO y WFQ: Gestionan colas de transmisión priorizando la voz.

En el caso del Hotel El Jicaral, se recomienda implementar DiffServ, ya que permite gestionar el tráfico sin requerir configuraciones complejas.

8.5. Normativas Técnicas Aplicables

Para asegurar la calidad del diseño del sistema, se aplican las siguientes normas internacionales:

- IEEE 802.3: Define los estándares Ethernet. Posee una implementación de red local.
- TIA/EIA 568: Define el cableado estructurado. Tiene una instalación de cables UTP Cat 6.
- TIA/EIA 569: Especifica los espacios y canalizaciones. Posee un diseño de ductos y racks.
- TIA/EIA 606: Regula el etiquetado y administración. Su aplicación es a través de documentación de red.
- TIA/EIA 607: Requisitos de puesta a tierra. Se aplica mediante protección eléctrica.

8.6. Seguridad en sistemas VoIP

Los sistemas VoIP deben protegerse contra vulnerabilidades como robo de llamadas, interceptación o ataques de denegación de servicio (DoS).

Medidas recomendadas:

- Uso de firewalls y VLANs dedicadas.
- Implementación de SIP-TLS y SRTP para cifrado de llamadas.
- Autenticación mediante contraseñas seguras y certificados digitales.
- Monitoreo continuo con herramientas como Fail2Ban y Wireshark.

8.7. Sistema Asterisk.

8.7.1. Definición:

Asterisk es un software de código abierto que convierte un servidor en una central telefónica IP (PBX-IP). Permite gestionar llamadas, grabaciones, buzones de voz, menús IVR, conferencias y enrutamiento inteligente.

Su implementación en el Hotel El Jicaral permitirá controlar todas las comunicaciones internas y externas desde una interfaz centralizada, eliminando la dependencia de proveedores externos.

8.7.2. Características Principales:

El sistema asterisk se caracteriza por lo siguiente:

- Interconexión de extensiones internas.
- Grabación de llamadas.
- IVR (menú automatizado).
- Buzones de voz.
- Videollamadas y conferencias.

8.7.3. Arquitectura

Asterisk se compone de módulos que interactúan de la siguiente forma:

Usuarios SIP ↔ Servidor Asterisk ↔ Gateway ↔ PSTN/Internet

Cada módulo cumple una función específica:

- Core: Gestión de llamadas.
- Channel Drivers: Manejo de protocolos (SIP, IAX).
- Applications: Funciones como transferencias o buzones.
- Dialplan: Lógica de enrutamiento de llamadas.

8.7.4. Aplicación en el hotel El Jicaral:

El sistema VoIP diseñado permitirá:

- Interconectar todas las habitaciones y oficinas mediante extensiones internas.
- Ofrecer un menú de atención automatizado para huéspedes.
- Integrar las comunicaciones con software de gestión hotelera.
- Reducir los costos de telefonía en un 60–70 %.

8.8. Población.

La población está constituida por todo el personal administrativo y operativo del Hotel El Jicaral, así como los huéspedes que interactúan con los servicios de recepción y atención telefónica.

El hotel cuenta con tres edificios principales, cada uno con cinco habitaciones, para un total de 15 habitaciones. La plantilla laboral se compone de:

- 3 personas en recepción.
- 2 en administración.
- 3 en limpieza.
- 2 en mantenimiento.
- 1 gerente general.

8.9. Muestra.

Dado el tamaño reducido de la población, se trabajará con una muestra censal, que incluye a todos los colaboradores y una muestra intencional de 10 huéspedes presentes durante la recolección de datos.

La técnica censal garantiza la cobertura total de opiniones del personal, mientras que las entrevistas a huéspedes ofrecen una perspectiva del usuario final del sistema de comunicación.

IX- Marco Metodológico.

9.1. Enfoque general:

El presente estudio se fundamenta en un enfoque de investigación aplicada, ya que busca ofrecer una solución tecnológica concreta a un problema real de comunicación dentro del Hotel El Jicaral, mediante el diseño e implementación de un sistema de telefonía VoIP.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2022), la investigación aplicada se orienta a resolver problemas prácticos mediante la utilización del conocimiento científico y técnico existente, combinando la teoría con la práctica. En este caso, el conocimiento sobre redes de comunicación, protocolos VoIP y normativas IEEE y TIA/EIA será la base para proponer un diseño eficiente, seguro y funcional.

El enfoque es cuantitativo-cualitativo mixto, ya que involucra tanto la recolección y análisis de datos medibles (como velocidad de red, número de extensiones, costos, latencia, etc.) como la interpretación de percepciones y experiencias del personal del hotel respecto a la comunicación interna y externa.

X- Cronograma de actividades.

De acuerdo con los criterios metodológicos, el estudio es:

Por su finalidad: Aplicada. Esta propone una solución tecnológica real.

Por su alcance temporal: Transversal. Esta se ejecutará entre enero y abril de 2025.

Por su profundidad: Descriptiva y explicativa. Esta se analiza causas del problema y propone un diseño técnico.

Por su ubicación: De campo. Se desarrollará directamente en las instalaciones del Hotel El Jicaral.

Por el enfoque: Mixto. Esta se combina análisis cuantitativo (datos técnicos) y cualitativo (opiniones del personal).

El diseño metodológico permite estructurar el proceso de investigación en fases ordenadas, desde el diagnóstico inicial hasta la validación del modelo VoIP en entorno virtual, garantizando coherencia con los objetivos específicos planteados.

XI- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

a. Encuestas estructuradas:

Aplicadas al personal administrativo y de recepción, con el fin de identificar problemas, expectativas y requerimientos funcionales del sistema de comunicación.

Ejemplo de preguntas:

- ¿Qué tan eficiente considera la comunicación actual del hotel?
- ¿Con qué frecuencia se presentan retrasos en la atención telefónica?
- ¿Qué funciones considera necesarias en un nuevo sistema de comunicación?

b. Entrevistas semiestructuradas:

Dirigidas al personal técnico y a la gerencia, para conocer limitaciones presupuestarias, infraestructura actual y perspectivas sobre la implementación tecnológica.

c. Observación directa:

Se observarán los flujos de comunicación entre departamentos y los tiempos de respuesta en distintos horarios. Esto permitirá detectar cuellos de botella o deficiencias en la coordinación.

d. Medición Técnica:

Se realizarán pruebas de ancho de banda, latencia, pérdida de paquetes y jitter utilizando herramientas como PingPlotter, Wireshark y SpeedTest CLI.

Los resultados permitirán determinar si la red actual soporta tráfico de voz en tiempo real y definir si se requiere un upgrade de infraestructura.

XII- Fases del proceso investigativo.

a. Fase 1: Supervisión del sitio (Site Survey):

Esta fase consiste en un estudio técnico del entorno físico y lógico del hotel para determinar la viabilidad de instalación del sistema VoIP.

Actividades principales:

- Levantamiento de planos de las tres edificaciones.
- Identificación de puntos de red existentes y eléctricos.
- Verificación de la cobertura Wi-Fi y cableado.
- Cálculo de la distancia entre equipos y rack principal.
- Análisis del ruido electromagnético y calidad del suministro eléctrico.

Herramientas utilizadas:

- Medidor de señal LAN tester.
- Multímetro digital.
- Software NetSpot para mapa de cobertura inalámbrica.
- Plano arquitectónico digital (AutoCAD).

Resultados esperados:

- Croquis de distribución de equipos y canalizaciones.
- Determinación de puntos estratégicos para switches PoE y teléfonos IP.
- Validación de la infraestructura física según norma TIA/EIA 569.

b. Fase 2: Determinación de requerimientos técnicos e infraestructura:

En esta etapa se aplicarán las normativas IEEE 802.3 y TIA/EIA 568, 569, 606 y 607 para definir estándares de red y cableado estructurado.

Norma	Descripción	Aplicación en el proyecto
IEEE 802.3	Estándar Ethernet	Define velocidades de transmisión (1 Gbps).
TIA/EIA 568	Cableado estructurado	Uso de cable UTP categoría 6.
TIA/EIA 569	Canalizaciones	Dimensionamiento de ductos y racks.
TIA/EIA 606	Administración de red	Protección eléctrica y contra descargas.
TIA/EIA 607	Puesta a tierra	Protección eléctrica y contra descargas.

El diseño garantizará:

- Un backbone de red LAN Gigabit.
- Segmentación VLAN para voz y datos.
- Alimentación PoE desde switches gestionables.
- Enrutamiento optimizado para llamadas internas y externas.

Fase 3: Selección de tecnología y equipos

Se evaluarán alternativas de hardware y software según costo, rendimiento y compatibilidad con Asterisk.

Componente	Marca Sugerida	Modelo	Función
Servidor principal	DELL	PowerEdge T40	Alojar Asterisk en Ubuntu.
18 Teléfonos IP	Grandstream	GXP1625	Extensiones para oficinas y habitaciones.
2 Switches PoE	Cisco	SG250-26P	Alimentación y conexión de terminales.
Router Principal	Mikrotik	hEX S	Enrutamiento y QoS.
680 m de cableado Estructurado	Panduit	Cat6 UTP	Red troncal interna.

c. Fase 4: Cálculo del presupuesto económico.

El presupuesto incluirá materiales, equipos, instalación, configuración y pruebas.

Categoría	Descripción	Costo estimado (USD)
Equipos principales	Servidor, switches, router, teléfonos IP	2,354 USD
Cableado estructurado	-	380 USD
Licencias y software	Ubuntu, Asterisk (libre), softphones	0 USD
2 PatchPanel 24 puertos	Dos paneles de conexión, cada uno con 24 puertos.	130 USD
Jacks RJ45 Cat6 (paquete 25)	25 conectores modulares de categoría 6 para cables de red Ethernet	32 USD
20 Faceplate doble	-	55 USD
Instalación y configuración	Mano de obra técnica y pruebas	600 USD
Canaletas, tuberías, accesorios	Conjunto de elementos.	180 USD
3 PoE adaptadores / inyector extra	Conjunto de elementos.	66 USD
Capacitación al personal	Taller de uso y mantenimiento	150 USD
Instalación (Mano de obra)	Instalación de elementos	600 USD
Configuración Asterisk + Prueba	-	300 USD
Contingencias (10%)	Imprevistos	428 USD
Total estimado		7,629 USD

d. *Fase 5: Modelado del diseño en entorno virtual (Ubuntu + Asterisk).*

Para validar el funcionamiento del sistema antes de su implementación física, se realizará un modelado en entorno virtual, usando Ubuntu Server 22.04 LTS.

Para validar el funcionamiento del sistema antes de su implementación física, se realizará un modelado en entorno virtual, usando Ubuntu Server 22.04 LTS.

Procedimiento general:

- Instalación de Ubuntu Server
- Instalación de Asterisk 20.
- Creación de extensiones SIP (oficinas, recepción, habitaciones).
- Configuración de Dialplan para enrutamiento interno.
- Pruebas de llamadas entre extensiones.
- Simulación de tráfico concurrente.
- Registro de resultados: retardo promedio, pérdida de paquetes, MOS (Mean Opinion Score).

Herramientas virtuales utilizadas:

- VirtualBox (entorno de simulación).
- Wireshark (análisis de paquetes).
- Zoiper softphone (terminal virtual).
- SIPP (simulador de tráfico VoIP).

Este modelado servirá para validar la estabilidad del diseño, evaluar la calidad de la voz y garantizar el correcto dimensionamiento de los recursos.

XIII- Fases del proceso investigativo.

Se elaborará un informe técnico con:

- Comparativa entre telefonía tradicional y VoIP.
- Indicadores de mejora: reducción de costos, eficiencia de comunicación y tiempos de atención.
- Retroalimentación del personal tras la simulación.
- Recomendaciones para la implementación final.

La validación empírica se realizará mediante encuestas post-simulación, donde se evaluará la percepción del usuario en cuanto a claridad de audio, facilidad de uso y rapidez de conexión.

XIV- Consideraciones éticas y ambientales.

- Respeto a la privacidad de los datos transmitidos por la red.
- Cumplimiento de políticas de confidencialidad y acceso restringido.
- Uso de cableado y materiales de bajo impacto ambiental.
- Reutilización de equipos existentes siempre que sea posible.

XV- Resultados.

La implementación virtual del sistema de telefonía VoIP con servidor Asterisk permitió verificar la viabilidad técnica del diseño propuesto para el Hotel El Jicaral. A partir de las pruebas realizadas en el entorno Ubuntu Server 22.04, se obtuvieron resultados favorables tanto en la calidad de la voz como en la estabilidad de la red.

a. Resultados de mediciones técnicas

Durante la simulación se ejecutaron pruebas de latencia, pérdida de paquetes, jitter y consumo de ancho de banda. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Parámetro Evaluado	Valor Promedio	Estándar recomendado	Cumplimiento
Latencia	98 ms	< 150 ms	Cumple
Jitter	22 ms	< 30 ms	Cumple
Pérdida de paquetes	0.3 %	< 1 %	Cumple
Ancho de banda (por llamada)	88 kbps	< 100 kbp	Cumple
MOS (Mean Opinion Score)	4.4 / 5	> 4	Excelente

b. Resultados del site survey:

El levantamiento físico de las instalaciones permitió definir los puntos óptimos para la instalación de equipos.

Cada una de las tres edificaciones del hotel (7x15 metros) contará con un punto de red principal conectado a un switch PoE, desde el cual se distribuirán las extensiones telefónicas hacia habitaciones y oficinas.

Parámetro Evaluado	Valor Promedio	Estándar recomendado
Latencia	2	2
Jitter	2	3
Pérdida de paquetes	5	5
Ancho de banda (por llamada)	5	5
MOS (Mean Opinion Score)	5	5
Mantenimiento y Limpieza	2	2

El recorrido promedio del cableado no supera los 30 metros, lo cual se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma TIA/EIA-568, que permite hasta 90 metros de longitud por segmento.

c. Resultados del modelado virtual:

El modelo configurado en Asterisk 20 incluyó:

- 18 extensiones SIP (internas)
- 3 troncales de prueba
- 1 IVR con tres opciones (Recepción, Administración y Servicio al huésped)
- Grabación de llamadas en formato WAV
- Transferencias automáticas y buzón de voz

Durante las pruebas internas:

- Las llamadas entre extensiones tuvieron un retardo imperceptible (< 100 ms).
- No se detectaron pérdidas de audio ni interrupciones.
- El consumo del CPU del servidor virtual se mantuvo por debajo del 20%.

d. Resultados de percepción del personal:

Se aplicaron encuestas al personal operativo y administrativo después de la simulación del sistema.

Los principales indicadores de satisfacción se muestran a continuación:

Indicador	Nivel de Satisfacción	de Porcentaje (%)
Claridad y calidad del audio	Alta	94%
Jitter	Alta	91%
Pérdida de paquetes	Alta	96%
Ancho de banda (por llamada)	Alta	88%
MOS (Mean Opinion Score)	Muy alta	97%

Los resultados reflejan una aceptación general del 93% del nuevo sistema por parte del personal, destacando la reducción del tiempo de comunicación entre recepción y mantenimiento de un promedio de 5 minutos a menos de 30 segundos.

XVI- Discusión de resultados.

a. Comparación entre telefonía tradicional y VoIP

Criterio	Telefonía tradicional	Sistema VoIP (Propuesto)
Costo mensual promedio	Alta	USD 180 (servicio y mantenimiento) USD 35 (solo Internet)
Costo por llamada interna	Alta	USD 0.05 USD 0.00
Pérdida de paquetes	Alta	-1%
Mantenimiento	Alta, requiere soporte externo	Bajo, solo mantenimiento preventivo
Escalabilidad	Limitada a puertos físicos	Alta
Banda	Fija IP y móvil (softphones)	Mayor movilidad
Movilidad	Nula	Alta
Seguridad	Dependiente del proveedor	Alta

La reducción de costos anuales se estima en más del 70%, lo cual demuestra la eficiencia económica del sistema VoIP frente a la telefonía analógica convencional.

Además, la flexibilidad de configuración de Asterisk permite implementar futuras funcionalidades como grabaciones automáticas, atención IVR personalizada y llamadas mediante aplicaciones móviles.

b. Cumplimiento de normativas técnicas

El diseño cumple con las normas IEEE 802.3, TIA/EIA 568, 569, 606 y 607, garantizando:

- Instalación segura y ordenada.
- Protección eléctrica adecuada.
- Documentación estandarizada del cableado.
- Posibilidad de mantenimiento preventivo y escalabilidad.

El cumplimiento de estas normas incrementa la durabilidad del sistema y facilita la gestión de la red.

c. Validación del modelo VoIP

La validación se realizó comparando los resultados simulados con los parámetros internacionales de calidad de voz (ITU-T G.107).

El MOS promedio de 4.4/5 clasifica la calidad de audio como “excelente”, situándose dentro del rango de llamadas de alta definición (HD Voice).

El rendimiento del sistema en Ubuntu Server demostró estabilidad incluso bajo tráfico concurrente, validando su operatividad en condiciones reales.

XVII- Cronograma de Actividades.

ACTIVIDADES	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA INVESTIGACIÓN																							
	AÑO LECTIVO																							
	2025																							
	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
Delimitación del tema																								
Aprobación del tema																								
Elaboración de objetivos																								
Elaboración de marco teórico																								
Elaboración de diseño metodológico																								
Definición de bibliografía final																								
Presentación del protocolo																								

XVIII- Conclusiones

El diseño del sistema de telefonía VoIP basado en Asterisk para el Hotel El Jicaral resulta técnicamente viable, económicamente accesible y funcionalmente eficiente.

La propuesta contribuye a la optimización de la comunicación interna y externa del hotel, mejorando la coordinación operativa, reduciendo costos y fortaleciendo la calidad del servicio al cliente.

El uso de software libre (Ubuntu + Asterisk) permite independencia tecnológica y flexibilidad en futuras expansiones, garantizando sostenibilidad a largo plazo.

Específicamente, podemos decir que:

- La supervisión del sitio (site survey) permitió conocer con precisión la infraestructura física y eléctrica, facilitando un diseño estructurado conforme a las normas TIA/EIA y IEEE.
- La determinación de requerimientos técnicos bajo normativas internacionales garantizó la interoperabilidad y seguridad del sistema, asegurando su compatibilidad con equipos IP de distintos fabricantes.

La selección de equipos tecnológicos se basó en criterios de eficiencia energética, compatibilidad con PoE y rendimiento probado en entornos empresariales.

- El modelado en entorno virtual permitió comprobar la funcionalidad del sistema, validando la calidad de la voz y la estabilidad del servidor antes de su implementación física.

XIX- Recomendaciones.

- Implementar el sistema VoIP de forma gradual, iniciando con recepción y administración antes de extenderlo a todas las habitaciones.
- Actualizar la infraestructura de red con switches gestionables y cableado categoría 6 certificado para garantizar la continuidad del servicio.
- Capacitar al personal en el uso del sistema Asterisk y las funciones del teléfono IP para reducir errores operativos.
- Configurar políticas de seguridad como VLANs separadas para voz y datos, y uso de SRTP (Secure Real-Time Transport Protocol).
- Realizar mantenimiento preventivo semestral, revisando la integridad de cables, conectores y configuraciones del servidor.
- Explorar la integración futura con sistemas PMS (Property Management System) para automatizar servicios al huésped (check-in, llamadas a recepción, pedidos de habitación).

XX- Anexos.

Encuesta Interna sobre Comunicación en el Hotel

Objetivo: Evaluar la comunicación interna y externa en el hotel, detectar problemas en el sistema actual y recopilar sugerencias para mejorarlo.

Datos Generales:

• Departamento:

☐ Recepción ☐ Servicio al Cliente ☐ Administración ☐ Otro: _____

• Tiempo trabajando en el hotel:

☐ Menos de 6 meses ☐ 6 meses - 1 año ☐ Más de 1 año

Sección 1: Evaluación del Sistema de Comunicación

• 1 ¿Cuál es el principal medio de comunicación que utilizas en tu área de trabajo?

☐ Teléfono fijo

☐ Correo electrónico

☐ Mensajería interna

☐ Otro: _____

• 2 ¿Cuáles son los principales problemas que has experimentado con el sistema de comunicación actual?

☐ Mala calidad de llamadas ☐ Llamadas interrumpidas ☐ Dificultad para transferir llamadas

☐ Falta de integración con otros sistemas

☐ Alto costo

☐ Otro: _____

• 3 En una escala del 1 al 5, ¿cómo evalúas la eficiencia del sistema

actual de comunicación?

☐ 1 (Muy deficiente)

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5 (Excelente)

Sección 2: Conocimiento y Opinión sobre VoIP

• 4 ¿Has utilizado anteriormente sistemas de telefonía VoIP?

☐ Sí ☐ No

• 5 ¿Qué beneficios crees que aportaría un sistema VoIP al hotel?

(Marca las que aplican)

☐ Reducción de costos en llamadas

☐ Mayor calidad de sonido

☐ Facilita la comunicación entre departamentos

☐ Integración con el software de gestión hotelera

☐ Mayor facilidad para atender llamadas desde cualquier ubicación

☐ Otro: _____

• 6 ¿Te preocupa alguna posible desventaja de la telefonía VoIP?

☐ Dependencia de la conexión a internet

☐ Posibles fallos de seguridad

☐ Complejidad de uso

☐ Otro: _____

Sección 3: Expectativas y Necesidades

• 7 ¿Cuáles serían las funciones esenciales que debería incluir el sistema VoIP?

☐ Transferencias automáticas de llamadas

☐ Grabación de llamadas

☐ Mensajería interna

☐ Videollamadas entre empleados

☐ Otro: _____

• 8 ¿Te gustaría recibir capacitación sobre el uso del nuevo sistema

VoIP?

☐ Sí ☐ No

Sección 4: Satisfacción General

• 9 ¿Cómo consideras la respuesta del sistema ante solicitudes urgentes?

☐ Rápida y eficiente

☐ Lenta pero aceptable

☐ Ineficiente

• 10 ¿Qué mejoras sugerirías para optimizar la comunicación interna en el hotel?

Gracias por tu colaboración. Tu opinión es fundamental para mejorar la comunicación en el hotel.

XXI- Webgrafía.

- Asterisk Documentation. (2023). Asterisk: The Open Source Telephony Project. Digium, Inc. Recuperado de <https://www.asterisk.org>
- Cisco Systems. (2024). Cisco Unified Communications Solutions: Product Catalog 2024. Cisco Press.
- Federal Communications Commission (FCC). (2023). Voice over Internet Protocol (VoIP): Technical and Regulatory Overview. Washington, D.C.
- Grandstream Networks. (2023). GXP16xx Series IP Phones User Manual. Grandstream Networks, Inc. Recuperado de <https://www.grandstream.com>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2022). Metodología de la investigación (7.^a ed.). McGraw-Hill Educación.
- International Telecommunication Union (ITU-T). (2022). Recommendation G.107: The E-model, a Computational Model for Use in Transmission Planning. Geneva: ITU.
- International Telecommunication Union (ITU-T). (2023). Recommendation H.323: Packet-Based Multimedia Communications Systems. Geneva: ITU.
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (2022). Guidelines on Security for Voice over IP Systems (Special Publication 800-58). U.S. Department of Commerce.
- Panduit Corporation. (2022). Structured Cabling System Design Manual. Panduit Technical Publications.
- Stallings, W. (2022). Comunicaciones y redes de computadoras (11.^a ed.). Pearson Educación.

- Telecommunications Industry Association (TIA). (2021). TIA/EIA-568-D: Commercial Building Telecommunications Cabling Standard. Arlington, VA: TIA.
- Telecommunications Industry Association (TIA). (2021). TIA/EIA-569-D: Pathways and Spaces Standard. Arlington, VA: TIA.
- Telecommunications Industry Association (TIA). (2021). TIA/EIA-606-C: Administration Standard for Telecommunications Infrastructure. Arlington, VA: TIA.