

Estrategia de transición de IPv4 a IPv6: Un enfoque Dual Stack para un proveedor de servicio de Internet¹

Strategic IPv4 to IPv6 transition: A Dual Stack approach for Internet service provider

V. Pailiacho, A. Gómez, E. Garcés y D. Chicaiza.

Recibido: mayo 14 de 2025 – Aceptado: abril 18 de 2026.

Resumen—El agotamiento de direcciones IPv4 a nivel mundial, impulsa la transición a IPv6 en los Proveedores de Servicios de Internet (ISP), el objetivo de esta investigación es diseñar un plan de transición de IPv4 a IPv6 para ISP Gomes Comunicaciones, que presta servicio en el cantón Pillaro en Ecuador, las demandas actuales hacen que esta transición sea fundamental para asegurar la continuidad de los servicios y mejorar la competitiva de la empresa, para el desarrollo se utilizaron dos métodos Kanban y ADVI. Como resultado se obtuvo un plan de transición sólido, basado en el análisis de la infraestructura existente en la empresa, selección del método de transición y el detalle de actividades técnicas para la transición de manera adecuada. Se validó el plan con los miembros directivos y técnicos de la empresa donde corroboran la claridad, objetividad y detalle técnico; además se realizó una simulación del escenario en GNS3.

Palabras clave— Dual stack, ISP, Transición de IPv4 a IPv6.

Abstract— The global exhaustion of IPv4 addresses is driving the transition to IPv6 among Internet Service Providers (ISPs).

The objective of this research is to design an IPv4-to-IPv6 transition plan for Gomes Comunicaciones, an ISP operating in the Pillaro canton of Ecuador. Current demands make this transition essential to ensure service continuity and enhance the company's competitiveness. Two methodologies were employed in the development: Kanban and ADVI. As a result, a robust transition plan was obtained, based on an analysis of the company's existing infrastructure, the selection of a transition method, and the detailed technical activities required for a proper migration. The plan was validated by the company's management and technical staff, who confirmed its clarity, objectivity, and technical detail. Additionally, a scenario simulation was conducted in GNS3.

Keywords— Dual stack, ISP, IPv4 to IPv6 transition.

I. INTRODUCCIÓN

EL crecimiento exponencial del uso de Internet ha transformado significativamente los procesos sociales, económicos y tecnológicos en todo el mundo. La interconexión global de dispositivos y servicios digitales depende de diversos protocolos de comunicación, entre los cuales el protocolo de Internet (IP) constituye el elemento fundamental para el direccionamiento y la transmisión de datos dentro de las redes. Durante décadas, la versión predominante de este protocolo ha sido IPv4, que permite la identificación única de los dispositivos conectados a la red [1].

Sin embargo, el incremento sostenido en el número de usuarios, dispositivos móviles, sensores, servicios digitales y aplicaciones basadas en la nube ha provocado un crecimiento acelerado en la demanda de direcciones IP. Este escenario ha generado el agotamiento progresivo del espacio de direccionamiento disponible en IPv4, lo que ha impulsado el desarrollo e implementación del protocolo IPv6 como una solución para garantizar la escalabilidad futura de Internet [2], [3].

IPv6 fue diseñado por la Internet Engineering Task Force (IETF) como una evolución del protocolo IPv4 y se encuentra definido actualmente en la RFC8200, este protocolo introduce un sistema de direccionamiento de 128 bits que permite aproximadamente 3.4×10^{38} direcciones únicas, proporcionando así una solución al problema de escasez de

¹Producto derivado del proyecto de titulación “Diseño de un plan de transición de IPv4 a IPv6 para el ISP Gomes Comunicaciones”, desarrollado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato en la escuela de ingenierías.

V. Pailiacho, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, Ambato, Ecuador, email: vpailiacho@pucesa.edu.ec.

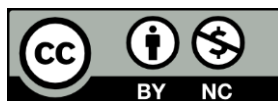
A. Gómez, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, Ambato, Ecuador, email: wilson.a.gomez.v@pucesa.edu.ec.

E. Garcés, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, Ambato, Ecuador, email: egarcés@pucesa.edu.ec.

D. Chicaiza, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, email: dv.chicaiza@uta.edu.ec.

Como citar este artículo: Pailiacho, V., Gómez, A., Garcés, E. y Chicaiza, D. Estrategia de transición de IPv4 a IPv6: Un enfoque Dual Stack para un proveedor de servicio de Internet, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 20, no. 39, pp. 09-18, enero-junio 2026.

DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.3226>.



direcciones IP y facilitando el crecimiento continuo de Internet [4]. Además del incremento en el espacio de direccionamiento, IPv6 incorpora mejoras en aspectos como la autoconfiguración de direcciones, la eficiencia en el enrutamiento, el soporte para movilidad y la integración de mecanismos de seguridad como Ipsec [5].

A pesar de las ventajas técnicas que ofrece IPv6, la transición desde IPv4 representa un proceso complejo debido a que ambos protocolos no son directamente compatibles entre sí. Esta incompatibilidad obliga a implementar mecanismos de transición que permitan la coexistencia de ambos protocolos durante el proceso de migración, evitando interrupciones en los servicios existentes y garantizando la interoperabilidad entre redes basadas en IPv4 y redes que ya operan con IPv6 [6], [7]. Por lo tanto, el desafío actual es la implementación de IPv6, pues apenas el 45% del mundo ha migrado de IPv4 a IPv6, en particular en el ámbito empresarial y de los ISP [2].

La literatura especializada identifica diferentes estrategias para facilitar esta transición. Entre las principales se encuentran la implementación de Dual Stack, las técnicas de tunneling y los mecanismos de traducción de direcciones. Diversos estudios han analizado la transición entre IPv4 e IPv6 en diferentes contextos organizacionales y empresariales. Algunas investigaciones destacan la necesidad de establecer planes de transición estructurados que permitan garantizar la continuidad de los servicios de red durante el proceso de migración [8], mientras que otros trabajos han evaluado el impacto de la adopción de IPv6 en aspectos como el rendimiento, la seguridad y la gestión de la infraestructura de red [9]. En este sentido, la implementación de estrategias planificadas resulta fundamental para reducir los riesgos asociados al proceso de migración y asegurar la estabilidad de los servicios de conectividad.

En el contexto de los proveedores de servicios de Internet (ISP), la transición hacia IPv6 adquiere una relevancia particular debido al crecimiento constante de la demanda de conectividad y servicios digitales. La empresa Gomes Comunicaciones, ubicada en el cantón Santiago de Pillaro en la provincia de Tungurahua (Ecuador), ofrece servicios de acceso a Internet mediante tecnologías de fibra óptica y redes inalámbricas, cubriendo gran parte de la región, incluso zonas rurales. El crecimiento sostenido de su base de clientes y el incremento del consumo de servicios de transmisión de datos, televisión IP y aplicaciones digitales han generado una mayor presión sobre la infraestructura basada en IPv4, lo que plantea la necesidad de diseñar una estrategia que permita garantizar la continuidad y escalabilidad de la red [10].

En este contexto surge la necesidad de responder a la pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar una estrategia de transición de IPv4 a IPv6 para un proveedor de servicios de Internet que permita garantizar la continuidad de los servicios y la eficiencia operativa de la infraestructura de red? Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación consiste en diseñar un plan de transición de IPv4 a IPv6 para el ISP Gomes Comunicaciones, considerando el análisis de la infraestructura existente, la selección del mecanismo de transición más adecuado y la definición de procedimientos

técnicos que permitan gestionar el proceso de migración de forma estructurada. [11]. Para ello, se propone el método ADVI basada en el análisis de la red, el diseño del esquema de direccionamiento IPv6 y la validación del modelo mediante herramientas de simulación de redes, como método de gestión del proyecto se utilizó Kanban por la continuidad el flujo del trabajo y su fácil seguimiento [12].

La importancia de esta investigación radica en varios aspectos clave que reflejan que es imperativa la transición de IPv4 a IPv6 en el ISP Gomes Comunicaciones por diversas razones fundamentales: en primer lugar, la necesidad de adaptarse tecnológicamente para mantener la competitividad y ofrecer servicios de calidad, ya que IPv6 proporciona mejoras sustanciales en capacidad de direccionamiento y seguridad [5]; en segundo lugar, para garantizar la sostenibilidad y escalabilidad a largo plazo de su infraestructura de red, dado el agotamiento de direcciones IPv4 y el continuo crecimiento de dispositivos conectados; en tercer lugar, como oportunidad para mejorar la calidad de los servicios ofrecidos, gracias a las características avanzadas de calidad de servicio (QoS) de IPv6, lo que contribuye a una conexión más rápida, estable y segura, aumentando así la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa; y por último, para cumplir con los requisitos normativos gubernamentales e industriales, que pueden exigir la implementación de IPv6 para garantizar la seguridad y la interoperabilidad de las redes, siendo esencial para mantener la licencia como proveedor de servicios de Internet y evitar posibles sanciones legales. Cabe mencionar que este artículo está basado en la tesis de tercer nivel titulada: Diseño de un plan de transición de IPv4 a IPv6 para el ISP Gomes Comunicaciones [11].

El documento contiene en la sección II los fundamentos de IPv4 e IPv6 y mecanismos de transición, en la sección III el método de desarrollo del plan de transición, en la Sección IV los resultados obtenidos y finalmente en la Sección V se presentan las conclusiones.

II. FUNDAMENTOS DE IPV4, IPV6 Y MECANISMOS DE TRANSICIÓN

El protocolo IPv4 fue definido originalmente en la RFC 791 por la Internet Engineering Task Force (IETF) y ha sido durante décadas el principal protocolo de direccionamiento utilizado en Internet. Este protocolo utiliza direcciones de 32 bits representadas en formato decimal separado por puntos, lo que permite aproximadamente 4.3 mil millones de direcciones únicas. Aunque esta capacidad fue suficiente durante las primeras etapas del desarrollo de Internet, el crecimiento acelerado de dispositivos conectados ha provocado el agotamiento progresivo de este espacio de direccionamiento [1], [13].

Para mitigar temporalmente este problema se implementaron mecanismos como Network Address Translation (NAT), que permiten que múltiples dispositivos dentro de una red privada compartan una única dirección IP pública. Sin embargo, estas soluciones introducen limitaciones

en la conectividad extremo a extremo y aumentan la complejidad en la gestión de las redes.

Con el objetivo de superar estas limitaciones, se desarrolló el protocolo IPv6, definido actualmente en la RFC 8200. Este protocolo utiliza direcciones de 128 bits, proporcionando un espacio de direccionamiento considerablemente mayor y permitiendo soportar el crecimiento futuro de Internet y de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) [4]. Además, IPv6 introduce mejoras importantes en aspectos como autoconfiguración de direcciones, optimización del encabezado del protocolo, soporte para movilidad y mecanismos de seguridad integrados [5].

Debido a que IPv4 e IPv6 no son directamente interoperables, la comunidad técnica ha desarrollado diferentes mecanismos de transición que permiten facilitar la migración entre ambos protocolos. Entre los mecanismos más utilizados se encuentran Dual Stack, tunneling y traducción de direcciones. El enfoque Dual Stack permite que los dispositivos de red ejecuten simultáneamente ambos protocolos, permitiendo que las aplicaciones utilicen IPv4 o IPv6 dependiendo de la disponibilidad del destino. Esta estrategia ha sido ampliamente adoptada debido a su capacidad para facilitar una transición progresiva sin afectar los servicios existentes [6], [7].

Por otra parte, las técnicas de tunneling encapsulan paquetes IPv6 dentro de paquetes IPv4, permitiendo que el tráfico IPv6 pueda atravesar redes que aún operan únicamente con IPv4. Este mecanismo permite extender la conectividad IPv6 mientras la infraestructura de red se adapta gradualmente al nuevo protocolo [7], [14]. Finalmente, existen técnicas de traducción de direcciones, como NAT64, que permiten la comunicación entre dispositivos que utilizan IPv6 y servicios que aún funcionan sobre IPv4. Estas soluciones resultan especialmente útiles en escenarios donde la migración completa hacia IPv6 aún no es viable [15], [16].

Diversos estudios han analizado el desempeño de estos mecanismos de transición y destacan la importancia de establecer estrategias planificadas que permitan garantizar la continuidad de los servicios de red durante el proceso de migración [8], [9]. En particular, el enfoque Dual Stack ha demostrado ser una alternativa eficiente para proveedores de servicios de Internet, ya que permite implementar IPv6 de forma gradual mientras se mantiene la compatibilidad con la infraestructura existente basada en IPv4 [17]. Otros estudios han evaluado el desempeño de distintos mecanismos de transición como Dual Stack, tunneling y NAT utilizando entornos de simulación. Un análisis de rendimiento de técnicas de transición IPv4-IPv6 implementado en GNS3 demostró que los mecanismos Dual Stack y tunneling ofrecen mejores resultados en términos de rendimiento y compatibilidad en redes heterogéneas [18]. Asimismo, investigaciones experimentales han comparado el comportamiento de IPv4 e IPv6 en entornos reales de red. Un estudio empírico que analizó el rendimiento de más de 1700 sitios dual-stack a nivel mundial evaluó métricas como pérdida de paquetes, latencia y throughput, evidenciando que la implementación simultánea de ambos protocolos es una estrategia común durante los procesos de migración hacia IPv6 [19]. Otros trabajos han comparado diferentes tecnologías de transición evaluando métricas de rendimiento

como RTT (tiempo de ida y vuelta), jitter y pérdida de paquetes. Estas investigaciones destacan que el mecanismo Dual Stack continúa siendo una de las estrategias más utilizadas por organizaciones y proveedores de Internet debido a su capacidad para mantener compatibilidad con infraestructuras IPv4 mientras se implementa gradualmente IPv6 [20]. Adicionalmente, algunos estudios han analizado el impacto de estos mecanismos en entornos de proveedores de servicios de Internet, señalando que el uso de Dual Stack permite operar simultáneamente ambos protocolos y facilita la migración progresiva de las redes hacia IPv6 sin afectar la continuidad de los servicios existentes [21].

Estos trabajos evidencian que la transición hacia IPv6 requiere estrategias bien planificadas que consideren la infraestructura existente, los mecanismos de interoperabilidad y el análisis de rendimiento en entornos de red reales o simulados.

III. DESARROLLO DEL PLAN DE TRANSICIÓN

Para realizar el plan de transición de IPv4 a IPv6 en esta investigación se propone tomar como base el modelo cascada, por su desarrollo secuencial, y hacerle ajustes para que las fases sea acoplen mejor al proyecto siendo las siguientes: Análisis, Diseño, Validación e Implementación, por lo que lo llamaremos método ADVI, las tareas del método que se describen en Fig. 1, hay que considerar que las fases son secuenciales, pero las tareas internas pueden realizarse de manera simultánea, dependiendo de la complejidad del proyecto.



Fig. 1. Método ADVI.

Para la gestión operativa de esta investigación se utilizó el método Kanban, que combina la gestión visual y continua del flujo de trabajo, a través de un tablero que permite visualizar fácilmente el avance de las tareas del proyecto, identificando rápidamente los cuellos de botella lo que permitió ir solucionando los problemas reduciendo así los tiempos de entrega [22]. Para esta investigación se modificó al tablero convencional organizando las fases de ADVI en las columnas

del tablero, es necesario mencionar, que la implementación no está contemplada en esta investigación. Por cada fase se establecieron tareas, porcentaje de estado de la tarea y porcentaje de estado de la fase; estos dos últimos están codificación con iconos y colores para una rápida visualización de las tareas representadas de la siguiente manera: tareas con 0% de avance son las tareas pendientes de hacer se marcan de color rojo, las tareas entre 1% - 99% son las que se están haciendo se marcan de color amarillo y las tareas con 100% son las ya realizadas y se pintan de color verde, así se obtiene una visualización completa del proyecto, siendo necesario cumplir con todas las tareas de la fase para pasar a la siguiente, este tablero esta desarrollado en Microsoft Excel por lo que, la simbología de colores e iconos es automática, de esta manera se respeta el enfoque Kanban que proporciona una base flexible y visualmente gestionada, asegurando que se cumplan todas las actividades planteadas [23].

A continuación, se muestra el tablero de Kanban para ADVI, las fases y tareas desarrolladas para el diseño del plan de transición, además en la Fig. 2 se evidencia como se realizó el seguimiento de la investigación.

PLAN DE TRANSICIÓN DE IPv4 A IPv6						
Análisis			Diseño			Validación
Tareas	% Estado de la tarea	% Estado de la fase	Tareas	% Estado de la tarea	% Estado de la fase	Tareas
Análisis de la infraestructura de la red existente	100	100	Cambios de la infraestructura	100	100	Simulación de la implementación del plan de transición
Análisis de Servicios	100		Selección del método de transición	100		Socialización del plan con la gerencia y departamento técnico
Análisis de tráfico	100		Planificación y configuración de direccionamiento IPv6	100		Evaluación del plan por parte de la gerencia y departamento técnico
Evaluación del Hardware	100		Cambios en los servicios de red	100		
			Cronograma de implementación y capacitación del personal de implementación	100		

Simbología	100	50	0
Hecho	Haciendo	Por hacer	

Fig. 2. Tablero Kanban.

IV. RESULTADOS

Se obtuvo como resultado un plan de transición de IPv4 a IPv6 para el ISP Gomes Comunicaciones, en este artículo se resaltan de manera resumida las principales actividades del plan.

A. Fase 1 – Análisis.

Se llevó a cabo una serie de entrevistas con el personal técnico para entender la infraestructura actual de la red, identificar posibles obstáculos y determinar las necesidades específicas de la transición. Además, se realizó un exhaustivo análisis de la infraestructura de la red para evaluar su capacidad de migración a IPv6, así como un análisis detallado del hardware de equipamiento de la red para identificar si es

compatible con IPv6. También se examinó en detalle los servicios de red existentes para determinar cómo se verán afectados por el cambio a IPv6.

1) Análisis de la infraestructura de la red existente.

Se identificaron los componentes de la red actual, incluyendo routers, switches, terminales de línea óptica (OLT), distribuidores de fibra óptica (ODF) y servidores. Se evaluó la capacidad de estos equipos para soportar tanto protocolos IPv4 como IPv6, así como la necesidad de posibles actualizaciones o reemplazos. La topología de la red, la distribución de direcciones IP y los cuellos de botella o puntos de fallo potenciales que podrían afectar la transición a IPv6. La base sólida para el diseño e implementación del plan de transición se establecerá con este análisis detallado.

a) Descripción de la Red.

El nodo principal de Gomes Comunicaciones es el núcleo central de su infraestructura de red, donde convergen diversos componentes clave para el funcionamiento y la operación eficiente de la empresa. Este nodo está diseñado para garantizar la máxima disponibilidad, rendimiento y seguridad de los servicios proporcionados a los clientes. En este espacio, se encuentran ubicados los equipos de recepción de servicio de los proveedores y los equipos propios de la empresa por los cuales efectúa la distribución de su servicio.

TABLA I
EQUIPAMIENTO PRINCIPAL DE LA RED.

Cantidad	Equipos	Descripción
1	Router Cisco	Recepción proveedor 1
1	Cloud Core Router Mikrotik	Recepción proveedor 2
1	Cloud Router Switch Mikrotik	Recepción proveedor 3
2	EdgeRouter Infinity Ubiquiti	Routers principales de la red
3	Cloud Core Router Mikrotik	Routers repartición de red
3	EdgeSwitch 48 PoE Ubiquiti	Switch para repartición de red
11	Fiber OLT Ubiquiti GPON	Repartición de red fith GPON Ubiuiti
2	OLT Huawei MA5800-X7 XPON	Repartición de red fith XPON Huawei
4	ODF 96 Port	Repartición de red fith
16	Cloud Core Router Mikrotik	Routers nodos Wireless

La empresa Gomes Comunicaciones cuentan con tres Carrier que prestan el servicio principal, se cuenta con esta cantidad de proveedores debido a que la red cuenta con un balanceo y la implementación del protocolo BGP (Border Gateway Protocol) para la optimización de la salida de tráfico de los usuarios finales, tiene implementado un router de borde de marca Ubiquiti el cual soporta un tráfico máximo de 10G, el que se conecta con otro router de la misma marca y características el que distribuye toda la red Wireless y Fibra óptica (Fig. 3).

La zona 2 de la Fig. 3, es la topología de la red de Wireless, que cuenta con dos switches de 48 puertos los que distribuyen la señal a los routers que están distribuidos en diferentes zonas geográficas, estas se interconectan directamente por fibra óptica y por backups de antenas de radio enlace con la tecnología punto a punto.

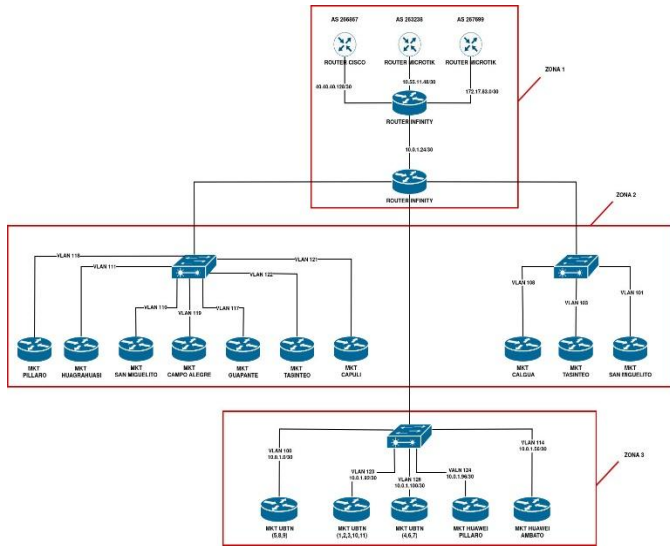


Fig. 3. Topología Lógica de la Red Gomes Comunicaciones.

En la zona 3 de la Fig. 3, se muestra la topología de la red de Fibra Óptica en la que se basa para esta propuesta de transición, cuenta con 11 OLT de marca Ubiquiti que manejan la tecnología GPON (Gigabit Passive Optical Network), estos equipos se encuentran distribuidos por tres routers que administran cada uno de estos, y cuenta con dos OLT de marca Huawei con 7 tarjetas de tecnología XGPON, estos equipos cuentan con un router por encima de cada uno, llegando el servicio al cliente final por 4 ODF los que se interconectan por fibras de 96 hilos para la distribución de la red óptica.

b) Descripción de la Red Wireless.

La zona 2 de la Fig. 3, corresponde a esta red, que es un sistema de comunicación que transmite datos a través de ondas de radio entre dos o más lugares, este tipo de red permite la conexión punto a multipunto o punto a punto mediante enlaces de radio, lo que elimina la necesidad de cables físicos. Utilizan antenas para enviar y recibir señales de radio, estas antenas están ubicadas en torres, edificios u otras estructuras elevadas en diferentes puntos geográficos entre el cantón Pillaro, Ambato y Salcedo siempre teniendo un punto de vista entre cada una de ellas para su comunicación, así se asegura una línea de visión clara entre los puntos de transmisión y recepción [24].

Este tipo de red se utiliza en áreas donde la instalación de cables es difícil o costosa, como zonas rurales, áreas montañosas, para garantizar un rendimiento óptimo, se deben tener en cuenta factores como la velocidad de operación y la capacidad de transmisión, la dirección y el ángulo de las antenas, así como la interferencia de otras señales de radio en

el área. Gomes Comunicaciones cuenta con 5 nodos principales a los que se conectan los nodos secundarios ampliando así la zona de cobertura de esta red.

c) Descripción de la Red de Fibra Óptica.

Corresponde a la zona 3 de la Fig. 4, se analiza que la distribución de la red FTTH se basa en 5 routers en los que se divide:

- R1: vlan 100 conecta las OLTs Ubiquiti 5, 8 y 9
- R2: vlan 123 está conectado la OLTs Ubiquiti 1, 2, 3, 10, 11.
- R3: vlan 126 está conectado la OLTs Ubiquiti 4, 6 y 7
- R4: vlan 124 está conectado la OLT Huawei Pillaro.
- R5: vlan 114 está conectado la OLT Huawei Ambato.

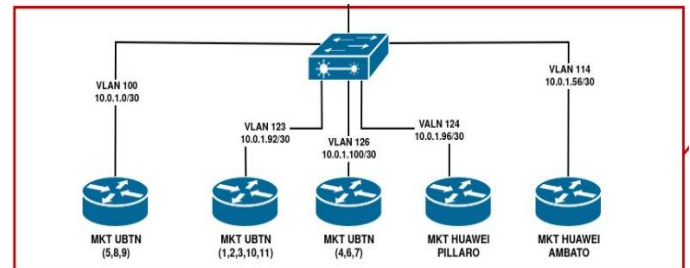


Fig. 4. Zona 3 Topología Lógica de la Red FTTH GOMES Comunicaciones.

La red de fibra óptica de Gomes Comunicaciones al salir del nodo principal se distribuye a través de minipostes estratégicamente ubicados en diferentes puntos de su área de cobertura. Estos minipostes albergan cables de fibra óptica de 96 hilos, los cuales se dividen en múltiples hilos utilizando dispositivos denominados splitters y NAP (Network Access Points) y Mangas que distribuyen en toda el área geográfica con fibra ADSS de 48, 24, 12 y 6 según el área de distribución [25].

d) Tecnologías de Red Óptica.

Actualmente, Gomes Comunicaciones opera dos redes de fibra óptica distintas.

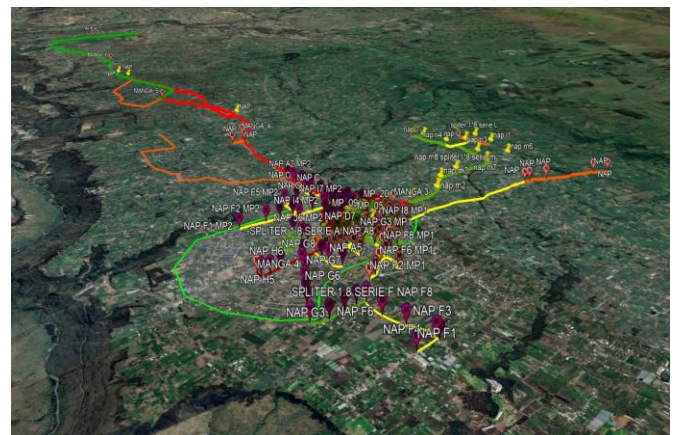


Fig. 5. Distribución de la fibra óptica Principal zona Urbana Pillaro.

Red GPON Ubiquiti: Esta red utiliza la tecnología GPON (Gigabit-Passive Optical Network) de la marca Ubiquiti. Se compone de 1580 clientes y se caracteriza por:

- Capacidad: Hasta 2.5 Gbps por puerto.
- Bajo costo: Solución económica para implementaciones a gran escala [26].
- En esta red cuenta con 11 OLT

Red XPON Huawei: Esta red utiliza la tecnología XPON (10 Gigabit-Passive Optical Network) de la marca Huawei. Se compone de 1320 clientes y se destaca por:

- Alta velocidad: Hasta 10 Gbps por puerto.
- Baja latencia: Ideal para aplicaciones que requieren tiempos de respuesta rápidos.
- Escalabilidad: Permite un crecimiento futuro sin necesidad de cambios significativos en la infraestructura [27].
- Es esta red se cuenta con una OLT Huawei ma5800-x7 que cuenta con 7 tarjetas de 16 puertos XGPON

2) Análisis de servicios.

La empresa Gomes Comunicaciones ofrece servicios como proveedor de servicios de Internet, contando con un servidor DNS (Domain Name System) dentro de su red. Además, está en proceso de implementación de un servicio de televisión, para el cual ya ha obtenido los permisos necesarios. Este servicio se basará en tecnología digital, transmitiendo la señal a través de la tecnología CATV (Community Antenna Television) en el que se utiliza la fibra óptica como medio de transmisión. Como parte de esta implementación, se establecerá una plataforma IPTV (Internet Protocol Television) que funcionará dentro de la misma red [28], [29].

3) Análisis de tráfico.

El ISP Gomes Comunicaciones cuenta con una capacidad de 10G en sus equi-pos de red, distribuidos en 3 proveedores que son: Ufinet (5G), Fibramax (2G) y Cubo Net (3G). Todos los proveedores utilizan el protocolo BGP para la gestión del enrutamiento. La red de Gomes Comunicaciones está configurada con balan-ceo de carga y optimización de salida internacional, eligiendo la salida más rápido según los proveedores disponibles. El consumo promedio durante las horas pico es de 8G, para los 4000 clientes que maneja la empresa.

4) Evaluación del Hardware.

Se ha revisado las características de todos los equipos de la red descritos anteriormente y luego de la verificación se ha determinado que todos mantienen compatibilidad con IPv6, por lo que no se requiere una planificación para cambios o migración a nuevos equipos.

B. Fase 2 – Diseño.

En esta etapa, se realiza la selección del método de transición más adecuado, considerando factores como la complejidad de la red y la disponibilidad de recursos, análisis de los cambios necesarios en la infraestructura de la red para

garantizar una transición fluida y eficiente, la elaboración de un plan detallado de direccionamiento IPv6, y demás tareas necesarias para la transición.

1) Cambios de la infraestructura.

Después de analizar la red y equipos del ISP Gomes Comunicaciones para identificar los cambios necesarios en infraestructura, facilitar la transición de IPv4 a IPv6 y asegurar la compatibilidad con IPv6, se determinó que todos los equipos de la zona 1 y zona 3 son aptos para la transición, en la zona 2 no se realizó el análisis, pues un requerimiento del ISP es que esta zona siga trabajando en IPV4, por conectividad con equipos de lugares remotos.

2) Selección del método de transición.

Para Gomes Comunicaciones es importante implementar este proceso gradualmente para garantizar la compatibilidad entre las dos versiones del protocolo, otro parámetro a considerar es que la zona 2 no debe ser incluida en esta transición, pues se debe mantener las inversiones en infraestructura IPv4 y garantizar una coexistencia eficiente, razón por la cual se elige como mecanismo de transición a Dual Stack, pues permite a los dispositivos comunicarse tanto en IPv4 como en IPv6 sin necesidad de traducción o túneles, garantizando la conectividad con las redes IPv4. Además, no se incrementará latencias adicionales como sucede en como NAT64.

El uso de DualStack en la red de Gomes Comunicaciones implicará la implementación simultánea de IPv4 e IPv6. Se establecerá un entorno donde los dispositivos puedan comunicarse utilizando cualquiera de las dos versiones de IP, lo que facilitará la transición sin interrupciones para los clientes. Se diseñará una estrategia para asignar direcciones IPv6 a los nuevos dispositivos, al tiempo que se mantendrá la compatibilidad con los existentes que utilizan IPv4, asegurando una transición eficiente, además, al implementar Dual Stack, el ISP se asegura de que los servicios existentes que dependen de IPv4 no se vean afectados, al tiempo que se prepara para en el futuro realizar una adopción total de IPv6, si así fuera necesario. Otra ventaja clave es la simplificación de la transición, ya que no es preciso convertir todos los sistemas y servicios de IPv4 a IPv6 de una vez [27], pero si se reducirá el uso de NAT, mejorando así la estabilidad y eficiencia de las conexiones.

3) Planificación y configuración de direccionamiento IPv6.

El plan de direccionamiento IPv6 para el ISP Gomes Comunicaciones se basa en la asignación de direcciones IPv6 a cada uno de los dispositivos de la red. En base a la topología y los requisitos de direccionamiento, se implementó un esquema de direccionamiento jerárquico que facilite la administración y el enrutamiento eficiente de los paquetes IPv6, se asignarán subredes según las necesidades de cada segmento de la red, tomando en cuenta el crecimiento futuro. En cuanto a la seguridad es importante remarcar que al usar IPv6 inmediatamente se mejora la seguridad por su soporte

nativo de IPSec, permitiendo un cifrado en la comunicación de extremo a extremo, mitiga los ataques de suplantación de identidad por la extensión SEND (Secure Neighbor Discovery), evita ataques como el MITM (Man-in-the-Middle) y el spoofing de direcciones dentro de la red.

Los pasos que se desarrollaron se resumen a continuación:

a) Evaluar los requerimientos y la preparación.

Análisis de las necesidades. Evaluar las necesidades de direccionamiento IPv6 de la red, que incluyen el número de subredes previsto, la cantidad de hosts por subred y las posibilidades de crecimiento futuro.

Solicitar el bloque de IPv6. A LACNIC (Registro de Direcciones de Internet de América Latina y Caribe). Se le debe solicitar un bloque IPv6, hay que considerar que para iniciar el proceso con LACNIC se le debe proporcionar los requisitos de direccionamiento de la red y la topología [30].

b) Asignar y organizar el bloque de direcciones IPv6.

Recibir el bloque designado: Verificar y registrar la información proporcionada, incluido el tamaño del bloque y los rangos de direcciones disponibles, una vez que el bloque de direcciones haya sido asignado por LACNIC.

Segmentación de la red: Usando una convención de nomenclatura clara y coherente, se divide el bloque asignado en subredes lógicas según la topología de la red y los requisitos de seguridad [30] y las redes de clientes, por seguridad del ISP no se muestra al detalle la segmentación a utilizarse.

c) Configurar los dispositivos de red.

Configuración de enrutadores. Tanto los de borde, como los de distribución para soportar el enrutamiento IPv6 y establecer rutas estáticas o dinámicas hacia las subredes Ipv6.

Configuración de ONU (Unidad de Red Óptica). Configurar las ONU para que puedan operar con IPv6 y habilite la función de autoconfiguración de direcciones IPv6 [30].

d) Asignar direcciones IPv6 a subredes.

Asignación de prefijos de subred. Utilizando un método de enrutamiento sumariado, asignar un prefijo de subred único a cada segmento de red para reducir la complejidad y el desperdicio de direcciones.

Configuración de rutas estáticas. Configure direcciones IPv6 estáticas para dispositivos y servidores críticos que requieran conectividad constante y predictiva [30].

4) Cambios en los servicios de red.

La transición hacia IPv6 en los servicios de DNS es fundamental adaptar la configuración del servidor DNS para admitir tanto registros IPv4 como registros IPv6, permitiendo así la resolución de nombres de dominio en ambas pilas de protocolos. Esto implica actualizar las zonas DNS con registros AAAA para reflejar las nuevas direcciones IPv6 de los servicios y dispositivos de red. Además, se requieren ajustes en la configuración de los clientes y dispositivos para asegurar que puedan utilizar tanto IPv4 como IPv6 para las

consultas DNS, garantizando una conectividad fluida en la red [31].

5) Cronograma de implementación y capacitación del personal.

El plan de transición incluye un cronograma de implementación de seis semanas iniciando por las áreas menos críticas y avanzado hacia las más sensibles, además se determinan los riesgos de la implementación identificando como riesgo principal la interrupción del servicio, si esto ocurriera se recomienda antes de la implementación tener listos los equipos backup de la empresa, cabe recalcar que el monitoreo y el soporte técnico son esenciales para garantizar la estabilidad de los servicios de red durante y después de la transición. Además, se contempla un programa de formación exhaustivo que abarcará desde los conceptos fundamentales de IPv6 hasta la implementación práctica en la red, el personal técnico, administrativo y de soporte será instruido en las diferencias clave entre IPv4 e IPv6, así como en la resolución de problemas y la gestión de la red en el nuevo entorno, se realizarán sesiones teóricas y prácticas, con la participación activa de los empleados en la configuración y operación de redes duales, además, se proporcionarán recursos y materiales de referencia para garantizar la continuidad del aprendizaje y la actualización constante de conocimientos [32].

C. Fase 3 – Validación.

La validación del diseño del plan de transición se realizó mediante la simulación de la infraestructura de red utilizando el simulador GNS3 [33], una herramienta ampliamente utilizada para el modelado y análisis de redes complejas en entornos académicos y profesionales [34]. El objetivo de esta simulación fue evaluar la viabilidad técnica del plan propuesto y analizar el comportamiento de la red bajo un escenario de coexistencia entre los protocolos IPv4 e IPv6.

Para la simulación se reprodujo la topología lógica de la red del ISP Gomes Comunicaciones, incluyendo los principales elementos de la infraestructura como routers de borde, routers de distribución y dispositivos de acceso. En este entorno se configuró un esquema Dual Stack, permitiendo que los dispositivos de red operaran simultáneamente con direccionamiento IPv4 e IPv6, de acuerdo con el mecanismo de transición seleccionado en el diseño del plan.

Durante el proceso de simulación se realizaron diferentes pruebas con el propósito de verificar el funcionamiento del esquema propuesto. Entre los aspectos evaluados se encuentran la asignación de direcciones IPv6 en los dispositivos de red, la configuración del enrutamiento entre segmentos de red, la conectividad entre nodos y la correcta transmisión de paquetes en un entorno de doble pila de protocolos. Asimismo, se utilizaron herramientas de diagnóstico de red, como ping y traceroute, para comprobar la comunicación entre los distintos dispositivos y validar la interoperabilidad entre IPv4 e IPv6.

El uso de GNS3 permitió analizar el comportamiento del diseño propuesto en un entorno controlado antes de su implementación en la infraestructura real del ISP, facilitando la identificación de posibles errores de configuración, cuellos de botella o vulnerabilidades que podrían afectar el

funcionamiento de la red. De esta manera, la simulación contribuyó a mejorar la robustez del plan de transición y a garantizar su confiabilidad a largo plazo (Fig. 6).

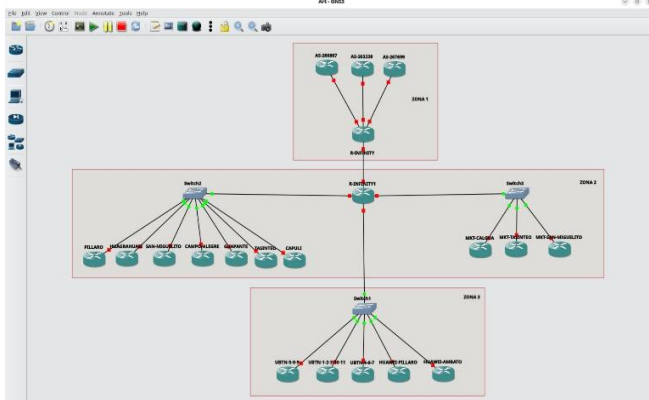


Fig. 6. Simulación GNS3.

Una vez completadas las pruebas de simulación, los resultados obtenidos fueron socializados con la gerencia y el equipo técnico de la empresa, quienes realizaron una evaluación del plan considerando aspectos como la claridad de los procedimientos propuestos, la estructura del plan de transición, el nivel de detalle técnico, la pertinencia de los recursos considerados y la facilidad de implementación dentro de la infraestructura existente. Los resultados de esta evaluación confirmaron la viabilidad del plan de transición propuesto, por lo que se concluyó que el diseño cumple con los requisitos técnicos necesarios para su futura implementación en la red del ISP Gomes Comunicaciones.

V. CONCLUSIONES

Para el diseño del plan de transición de IPv4 a IPv6 fue necesario comprender y organizar las necesidades y proyecciones del ISP Gomes Comunicaciones, por lo que para el desarrollo de la parte técnica se utilizó el método ADVI que es una modificación al modelo cascada, que incluye las fases de Análisis, Diseño, Validación del plan e Implementación, aunque no es parte de esta investigación la implementación se describen los pasos que se deberían seguir, la ventaja de usar este método radica en tener una estructura clara y definida para su desarrollo. Por otra parte, fue necesario gestionar el proceso, para lo cual se implementó Kanban con una modificación al tablero convencional, organizando las tareas en fases y llevando un control mucho más visual del avance del proyecto con porcentajes e iconos de avance. Esta combinación resultó efectiva en esta investigación, pues se pudo definir las actividades técnicas con secuencias establecidas a través de ADVI, mientras que con Kanban se realizó un seguimiento continuo al avance de la investigación.

La evaluación de las necesidades específicas de la empresa Gomes Comunicaciones ha revelado varios puntos que deben abordarse para la elaboración del diseño del plan de transición. En primer lugar, se ha realizado un análisis profundo de la infraestructura actual para soportar el nuevo protocolo,

incluyendo routers, switches y otros equipos de red, y se ha concluido que todos los equipos son compatibles con la transición a IPv6. Además, se verificaron tres zonas en la red. La Zona 2, debido a las prestaciones de una red inalámbrica de radio y los factores físicos que afectan esta comunicación, no se optará por IPv6. Sin embargo, la Zona 1, siendo una conexión principal, y la Zona 3, que utiliza una red de fibra óptica, sí son aptas para la transición, es esencial capacitar al personal técnico en la gestión y resolución de problemas relacionados con IPv6 para asegurar que estén preparados para manejar cualquier desafío que se presente. También se identificó la necesidad de asegurar la compatibilidad de los servicios y aplicaciones existentes para evitar interrupciones en el servicio, especialmente en las zonas específicas donde se requiere esta transición. Este enfoque garantiza que Gomes Comunicaciones esté bien preparado para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades presentadas por la adopción de IPv6.

Se han desarrollado procedimientos claros y detallados para guiar el proceso de transición a IPv6, seleccionando el método DualStack que permite la convivencia de IPv4 e IPv6, proporcionando una transición gradual y minimizando interrupciones, se desarrolló un plan de direccionamiento para la empresa, configuración de equipos, cambios que se deben realizar en los servicios de red, todo establecido bajo un cronograma, además, la capacitación del personal técnico es crucial para asegurar que puedan gestionar y resolver problemas relacionados con IPv6, la adopción de un enfoque por fases para la implementación de IPv6, comenzando con segmentos menos críticos de la red y avanzando hacia áreas más sensibles, asegura una transición ordenada. Finalmente, el monitoreo continuo y el soporte técnico son esenciales para detectar y resolver problemas rápidamente, garantizando la estabilidad y confiabilidad de los servicios durante y después de la transición. Este enfoque estructurado asegura que pueda gestionarse la transición de manera eficiente.

REFERENCIAS

- [1] J. D. Novoa Socha, "Transición de una red IPv4 a IPv6 manteniendo la coexistencia de los protocolos." 2022. [Online]. Available: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/50263/Jdnovoaos.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- [2] LACNIC, "ESTADÍSTICAS Y TENDENCIAS: EL DESPLIEGUE DE IPV6 EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE 2016-2020." [Online]. Available: <https://www.lacnic.net/innovaportal/file/2943/1/estadisticas-y-tendencias-el-despliegue-de-ipv6-en-lac-2016-2020-es.pdf>.
- [3] L. P. Aguirre, F. González, and D. Mejía, "Aplicaciones de MPLS, Transición de IPv4 a IPv6 y Mejores Prácticas de Seguridad para el ISP Telconet," *Rev. Politécnica*, vol. 32, Jul. 2013, Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/40.
- [4] S. Deering and R. Hinden, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification, Jul. 2017. [Online]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8200>
- [5] G. Jeréz, V. López, and V. Longo, "SEGURIDAD EN LA CONFIGURACIÓN DE REDES IPV6: ANÁLISIS Y BUENAS PRÁCTICAS," 2021, [Online]. Available: <http://revistas.ucse.edu.ar/ojsucse/index.php/difusiones/article/view/402>.
- [6] A. Isa and I. Abdulmumin, "Design and Comparison Migration between Ipv4 and Ipv6 Transition Techniques," *ArXiv*, Dec. 2019, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/>

- paper/Design-andComparison-Migration-between-Ipv4-and-Isa Abdulmumin/0294bc7ed9a24ee3460bcbbd084635be0716ec42.
- [7] E. Khudhair and I. Mohammed, "A Prototype and Roadmap for Transition to IPv6 with Performance Evaluation," *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 14, pp. 299–309, Aug. 2017, doi: 10.19026/rjaset.14.4954.
- [8] G. Ordabayeva, M. Othman, K. Bibinur, Z. Iztaev, and A. Bayegizova, "A Systematic Review of Transition from IPv4 To IPv6. 2020, p. 15. doi: 10.1145/3410352.3410735.
- [9] C. S. Manayay Ramírez and R. E. Olivera Samamé, "Migración de IPv4 a IPv6 para mejorar la seguridad y velocidad de la Red Telemática de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo,," 2015. [Online]. Available: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/894/BC-TES-4177.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [10] L. Gonzáles, S. Osiris, D. Laguía, E. Gesto, and K. Hallar, "Future Internet - Survey of IoT technologies,," 2020, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7756122.pdf>.
- [11] W.-A. Gómez-Velasco and V. Pailiacho-Mena, "Diseño de un plan de transición de IPV4 A IPV6 para el ISP Gomes Comunicaciones,," Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede Ambato, 2024. Accessed: Mar. 19, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/44159>.
- [12] E. Garcés-Freire and V. Pailiacho-Mena, "Kanban como Herramienta de Gestión para Actividades en Grupos de Investigación Informáticos,," in *Ciencia, Innovación y Tecnología*, Ecuador: Centro de Publicaciones PUCE, 2023, pp. 733–740. Accessed: Jul. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.pucesi.edu.ec/webs2/libros-docentes/2023/libro-ciencia-innovacion-tecnologia.pdf>.
- [13] P. J. Ponce de León, *Internet Protocol*, Sep. 1981. [Online]. Available: <https://www.rfc-es.org/rfc/rfc0791-es.txt>.
- [14] E. Nordmark and R. Gilligan, *Basic Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers*, Oct. 2005. [Online]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4213>.
- [15] W. Xuanzhong, Z. Yanan, and G. Jinzhao, "IPv4/IPv6 Interoperability Solution Based on Computer IVI Stateless Translation Technology,," presented at the 2024 IEEE 4th International Conference on Electronic Technology, Communication and Information, ICETCI 2024, 2024, pp. 1081–1086. doi: 10.1109/ICETCI61221.2024.10594664.
- [16] M. Bagnulo and P. Matthews, *Stateful NAT64: Network Address and Protocol Translation from IPv6 Clients to IPv4 Servers*, Apr. 2011. [Online]. Available: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6146>.
- [17] Y. Zhang, Y. Fu, and Q. Wang, "IPv4 to IPv6 Transition Strategy Based on Dual Stack Protocol,," in *Intelligent Computing Technology and Automation*, IOS Press, 2024, pp. 428–435. doi: 10.3233/ATDE231216.
- [18] C. V. Ravi Kumar, K. Venkatesh, M. Vinay Sagar, and K. Praveen Bagadi, "Performance Analysis of IPv4 to IPv6 Transition Methods,," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 9, no. 20, May 2016, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i20/90005.
- [19] K.-H. Li and K.-Y. Wong, "Empirical Analysis of IPv4 and IPv6 Networks through Dual-Stack Sites,," *Information*, vol. 12, no. 6, p. 246, Jun. 2021, doi: 10.3390/info12060246.
- [20] A. T. H. Al-hamadani and G. Lencse, "Survey on the performance analysis of IPv6 transition technologies,," *Acta Tech. Jaurimensis*, vol. 14, no. 2, pp. 186–211, May 2021, doi: 10.14513/actatechjaur.00577.
- [21] A. Hamarshah et al., "Comparative Evaluation of Host-Based Translator Mechanisms for IPv4-IPv6 Communication Performance Analysis With Different Routing Protocols,," *Int. J. Cloud Appl. Comput.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–26, Oct. 2023, doi: 10.4018/IJCAC.332765.
- [22] L. Castellano Lendínez, "KANBAN. METODOLOGÍA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS,," 2021, [Online]. Available: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aged%3A7%3A20014839/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3AAscholar&id=ebsco%3Aged%3A135831578&cr=c>.
- [23] P. E. Colla, "Uso de opciones reales para evaluar la contribución de metodologías KANBAN en desarrollo de software,," presented at the Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE 2016) - JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016), Nov. 2016. Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/57165>.
- [24] N. D. Triviño Herrera and A. Medina Pachon, "Prototipo de enlace wireless punto a punto utilizando antenas de bajo presupuesto,," Sep. 2014, Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11349/1606>.
- [25] M. Abreu, A. Castagna, P. Cristiani, P. Zunino, E. Roldós, and G. Sandler, "Características generales de una red de fibra óptica al hogar (FTTH),," *Mem. Investig. En Ing.*, no. 7, Art. no. 7, Oct. 2009.
- [26] J. C. Villacrés Valverde and A. G. Muriel Bonilla, "Estudio y diseño de una red de planta externa de fibra óptica GPON para proveer servicios de voz, video y datos aplicado a la ciudad de Alausi para la CNT Empresa Pública Riobamba,," bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016. Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/5462>.
- [27] M. N. Carrera Díaz, "Diseño de una red de fibra óptica basado en el estándar XGPON para la expansión de cobertura FTTH de la empresa SYSMARC.NET en la parroquia de Tumbabiro,," bachelorThesis, 2022. Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13243>.
- [28] E. Chambi Nina, "Análisis y diseño de una cabecera CATV digital para la transmisión de TV por medio de una red de fibra óptica existente. Aplicación a la Empresa (ISP) Proveedora de Servicio de Internet T-COM,," Thesis, 2023. Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/34488>.
- [29] Y.-N. Law, M.-C. Lai, W. L. Tan, and W. C. Lau, "Empirical Performance of IPv6 vs. IPv4 under a Dual-Stack Environment,," in 2008 IEEE International Conference on Communications, May 2008, pp. 5924–5929. doi: 10.1109/ICC.2008.1107.
- [30] A. A. Aguilar Alvarado and L. F. Chávez Cruz, "Análisis del direccionamiento IPv6 y estudio comparativo entre los protocolos de enrutamiento orientados a IPv6,," bachelorThesis, Espol, 2014. Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/41822>.
- [31] R. Droms, "DNS Configuration options for Dynamic Host Configuration Protocol for IPv6 (DHCPv6),," Internet Engineering Task Force, Request for Comments RFC 3646, Dec. 2003. doi: 10.17487/RFC3646.
- [32] S. R. Oliva, R. R. Toledo, C. A. Calderón, J. E. Martín, and N. L. Hernández, "Procedimiento para la migración a IPv6 con selección del mecanismo de migración,," *Telemática*, vol. 18, no. 1, Art. no. 1, Sep. 2019.
- [33] GNS3 – Graphical Network Simulator. GNS3 Technologies Inc. [Online]. Available: <https://www.gns3.com/>
- [34] P. Reyes and L. Miguel, "Simulación de funcionamiento del protocolo IPV6 entre una Red Wan y Lan mediante el simulador GNS3,," 2014, Accessed: Aug. 19, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/27702>.



Verónica Maribel Pailiacho Mena. Ingeniera en Sistemas Informáticos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Riobamba, 2004), Magister en Gerencia Informática con mención en Redes y Desarrollo de Software en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Ambato, 2008). Magister en Ciberseguridad en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Ambato, 2021). Docente investigadora en la Escuela Ingenierías de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato desde 2008, trabaja en las áreas de Redes, Programación, Análisis y diseño de Sistemas, Interacción humano computador. Autora y coautora de varios artículos indexados en SCOPUS y Latindex. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8394-3148>.



Wilson Andrés Gómez Velasco. Ingeniero en Tecnologías de la Información por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ambato (PUCE-A, 2024). Desde el año 2021 forma parte de la compañía GOMES COMUNICACIONES DATATV CÍA. LTDA., donde se desempeña como responsable administrativo y supervisor técnico. Su labor se desarrolla principalmente en el cantón Santiago de Pillaro, liderando proyectos de infraestructura tecnológica relacionados con televisión digital ISDB-T, servicios IPTV y OTT, planificación e implementación de redes IPv6, así como el despliegue de redes FTTH para mejorar la velocidad de datos y servicios de televisión. Ha realizado cursos especializados en infraestructura de redes con la marca

Ubiquiti, enfocándose en entornos UniFi, lo que le ha permitido integrar soluciones eficientes de conectividad y gestión de redes para clientes residenciales y corporativos.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5357-9049>



Enrique Xavier Garces Freire. Ingeniero de sistemas y computación (2004, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato), diplomado en Gerencia informática (2006, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato), Master en Tecnologías de la información y multimedia educativa (2014, Universidad Técnica de Ambato). Docente de la PUCESA, en las áreas de Sistemas Operativos, Arquitectura empresarial, Interacción humano computador,

Emprendimiento. Áreas de interés, Ciberseguridad, Accesibilidad, Usabilidad, Experiencia de Usuario.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5566-6825>.



Dennis Vinicio Chicaiza Castillo. Ingeniero en Sistemas Informáticos egresado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Riobamba, 2004), Magister en Gerencia Informática con mención en desarrollo de software y redes (Ambato, 2008), Máster Universitario en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos (La Rioja, 2018). Docente en la Universidad Técnica de Ambato desde el año 2015 en las carreras de Tecnologías de

la Información y Software. Investigador en proyectos de investigación vinculados al área de las tecnologías de la información. Coautor en la publicación de varios artículos científicos, entre los títulos más citados está el Sistema inalámbrico para control, monitorización y mantenimiento preventivo del alumbrado público y Navegación autónoma inteligente del robot kuka youbot.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5066-4444>.