



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

**FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN, FINANZAS E
INFORMÁTICA**

PROCESO DE TITULACIÓN

DICIEMBRE 2021 - ABRIL 2022

EXAMEN COMPLEXIVO DE GRADO O DE FIN DE CARRERA

PRÁCTICA

INGENIERÍA EN SISTEMAS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN SISTEMAS

TEMA:

**5G BASADO EN OPEN SOURCE COMO UNA SOLUCIÓN DE BAJO
COSTO PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS COMUNICACIONES
INALÁMBRICAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO
DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN BABAHOYO**

EGRESADO:

YOMAIRA KATIUSCA SELLAN VERA

TUTOR:

Ing. CARLOS JULIO SOTO VALLE

AÑO 2022

RESUMEN

En la presente investigación se describe como las redes de comunicaciones móviles conectan a gran parte de la población del Cantón Babahoyo, específicamente en el Edificio del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Babahoyo. La seguridad de la transferencia de la información, los mensajes y los datos de los usuarios dependen de las garantías proporcionadas por protocolos de autenticación y técnicas de cifrado. En la Quinta Generación (5G) de red para ambientes inalámbricos se deben desarrollar nuevos protocolos para garantizar la integridad, privacidad y la consistencia de los datos. Este documento presenta un estudio exhaustivo sobre las características y desafíos de seguridad de los sistemas de redes inalámbricas 5G basados en Open Source. En cada caso de vulnerabilidades descritas se recomiendan posibles soluciones vis-a-vis a los ataques y a las debilidades encontradas; por ende, basado en el actual trabajo de investigación sobre una nueva arquitectura para el Internet de las Cosas (IoT) con el fortalecimiento de un sistema operativo open source, así también se realiza un abordaje a los principales desafíos y amenazas potenciales en las redes de comunicación inalámbricas 5G.

Cabe indicar que las características avanzadas de los sistemas de red inalámbricas van desde el plano de la red móvil 5G generando nuevos requisitos y desafíos de seguridad de los sistemas de comunicación inalámbricas en comparación con las redes celulares tradicionales; El documento aborda una revisión de las particularidades de las redes inalámbricas 5G, así como de los nuevos requisitos y motivaciones de la seguridad inalámbrica 5G. Los posibles ataques y servicios de seguridad se resumen con la consideración de nuevos requisitos de servicio y nuevos casos de uso en redes inalámbricas 5G.

Palabras Claves: Redes Inalámbricas, 5G, Comunicaciones, Redes de Datos

ABSTRACT

This research describes how mobile communications networks connect a large part of the population of the Babahoyo Canton, specifically in the Municipal Decentralized Autonomous Government Building of the Babahoyo Canton. The security of the transfer of information, messages and user data depends on the guarantees provided by authentication protocols and encryption techniques. In the Fifth Generation (5G) network for wireless environments, new protocols must be developed to guarantee data integrity, privacy and consistency. This document presents an exhaustive study on the characteristics and security challenges of 5G wireless network systems based on Open Source. In each case of vulnerabilities described, possible solutions are recommended vis-à-vis the attacks and the weaknesses found; Therefore, based on the current research work on a new architecture for the Internet of Things (IoT) with the strengthening of an open source operating system, an approach is also made to the main challenges and potential threats in Internet networks. 5G wireless communication.

It should be noted that the advanced features of wireless network systems range from the 5G mobile network plane, generating new requirements and security challenges for wireless communication systems compared to traditional cellular networks; The document addresses a review of the particularities of 5G wireless networks, as well as the new requirements and motivations of 5G wireless security. Potential attacks and security services are summarized with consideration of new service requirements and new use cases in 5G wireless networks.

Keywords: Wireless Networks, 5G, Communications, Data Networks

DESARROLLO

La visión de las comunicaciones inalámbricas 5G de próxima generación radica en proporcionar velocidades de datos muy altas (generalmente del orden de Gbps), latencia extremadamente baja, un aumento múltiple en la capacidad de la estación base y una mejora significativa en la calidad de servicio (QoS) percibida por los usuarios, en comparación a nivel celular sería con Redes 4G LTE y a nivel de Redes de Datos informáticos e inalámbricos sería con WiFi versión 6.

En ese orden el investigador Harish Viswanathan en su reciente investigación para la IEEE indica que la proliferación cada vez mayor de dispositivos inteligentes, la introducción de nuevas aplicaciones multimedia emergentes, junto con un aumento exponencial en la demanda y el uso de datos inalámbricos (multimedia) ya está creando una carga significativa en las redes celulares existentes así también en las numerosas redes inalámbricas ya sean domésticas o laborales (Viswanathan, 2020).

Ali Raza profesor propagación de señales de la Universidad de UTA manifiesta que se espera que los sistemas inalámbricos 5G, con velocidades de datos, capacidad, latencia y calidad de servicio mejoradas, sean la panacea para la mayoría de los problemas de las redes inalámbricas; razón por la cual se hace una revisión exhaustiva de la evolución inalámbrica hacia las redes 5G. Primero analizando los nuevos cambios arquitectónicos asociados con el diseño de la red de acceso ya sea en Wireless, Gpon, FTTH o FTTB incluidas las interfaces aéreas, las antenas inteligentes, la nube y heterogénea comunicación entre los equipos punto a punto y multipunto (Raza, 2020).

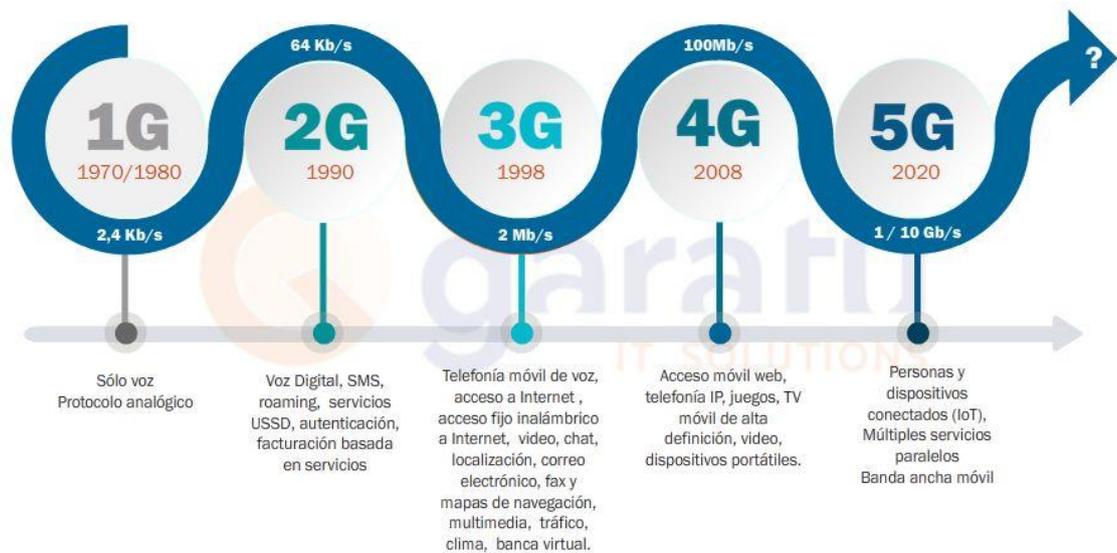


Ilustración 1 Evolución de las Redes Inalámbricas

Fuente: IEEE, Access Magazine

En la gráfica se muestra la evolución de los sistemas de comunicación inalámbricos que van desde su origen en la versión 1G (1980), 2G(1990), 3G(1998), 4G(2008) y 5G(2020).

De acuerdo con Shakil Ahmed, la presente investigación aplica un estudio en profundidad de las nuevas tecnologías de capa física de onda milimétrica subyacentes, que abarcan la estimación de nuevos modelos de canales, el diseño de antenas direccionales, los algoritmos de formación de haces y las tecnologías MIMO masivas; las mismas que ayudan a analizar los detalles de los protocolos de la capa MAC y los esquemas de multiplexación necesarios para admitir de manera eficiente esta nueva capa física (Ahmed, 2020).

También se logra analizar las aplicaciones asesinas, consideradas como la principal fuerza impulsora detrás de 5G. Para comprender la experiencia de usuario mejorada, se proporcionan aspectos destacados de las nuevas características de QoS, QoE y se asocian con la evolución 5G. Para aliviar el aumento del consumo de energía

de la red y los gastos operativos, hacemos una revisión detallada de la conciencia energética y la rentabilidad. Dado que comprender el estado actual de la implementación de 5G es importante para su eventual comercialización, también analizamos las pruebas de campo, las pruebas de manejo y los experimentos de simulación relevantes. finalmente, se señala los principales problemas de investigación existentes y se identifica posibles direcciones futuras de investigación.

Cobertura de la Red Inalámbrica 5G

De acuerdo con las investigaciones realizadas por el Ph. D. Nadra Guizani director de señales radioeléctricas, se define que las redes inalámbricas tienen su nivel de participación en la mayoría de los escenarios disponibles desde lo domestico, académico, laboral, social e investigativo; es así como se recurre al criterio del investigador para determinar los índices de cobertura que dispone un usuario final en base a la exposición del espectro radio eléctrico (Guizani, 2020).



Ilustración 2 Niveles de Cobertura

Fuente: www.ieee.org

Thorsten Wild opina que la cobertura para equipos inalámbricos fluctúa según el estado, área geográfica, clima, densidad, y obstáculos que se interpongan entre el equipo emisor y los equipos receptores; se produce de forma intrínseca una sinergia de fuerzas en el radio espectro lo cual ocurre en el instante que se genera la propagación de la señal en un radio de 30 a 50 metros a la redonda (Systems, 2021).



Ilustración 3 Cobertura Inalámbrica en 2.4Ghz
 Funete: IEEE Access

Syed Junaid Nawaz comenta a través de su estudio de señales en radio espectro que el desarrollo reciente y los esquemas existentes para la seguridad inalámbrica 5G se presentan en función de los servicios de seguridad correspondientes, que incluyen autenticación, disponibilidad, confidencialidad de datos, gestión de claves y privacidad; sin embargo el problema actual que persiste en estas tecnologías es los niveles de cobertura, el solapamiento de canal y el no aprovechamiento del ancho de banda a su mayor expresión (Nawaz, 2021) .

Ecosistema de las comunicaciones 5G.

Cuando los usuarios se conectan a la red wifi, no suelen estar acostumbrados en colocar atención a ciertos detalles debido al anhelo por disfrutar de sus bondades y de alguna manera este hecho opaca los aspectos técnicos de algo fundamental que ocurre de manera invisible. Estas conexiones son posibles gracias a ciertas definiciones de ingeniería eléctrica y electrónica que se traducen, por ejemplo en el estándar 802.11ac y 802.11ax denominado Wi-Fi 6.

Por esta razón Nasar Aldian Ambark Shashoa describe un ecosistema ideal para las redes de comunicaciones inalámbricas basadas en 5G con sistemas operativos open

source, en el cual se prefiere distribuciones de Linux basado en Kernel de Debian y con una demanda emergente de mayores velocidades, menor latencia y mayor densidad de conexión, los proveedores de telecomunicaciones han comenzado a implementar 5G (Shashoa, 2021).

Por otra parte Wenhua Chen indica que si bien la implementación inicial suele llevar meses, todo el proceso llevará años. Esto se debe a que diseñar e implementar 5G implica una serie de desafíos; incliyendo la implementación y las operaciones de la infraestructura física y la incorporación y orquestación de VNF (funciones de red virtual). Y para el efecto se describen los beneficios de usar los encantos de Juju para fines de implementación de 5G Core. Se muestra cómo se pueden superar los desafíos antes mencionados. Finalmente, demostramos cómo una entidad puede implementar 5G Core con encantos Juju, usando BT como ejemplo.

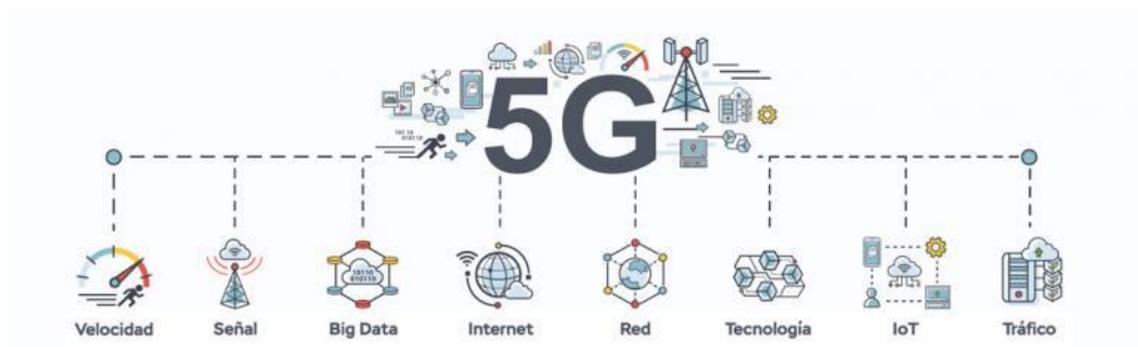


Ilustración 4 Implementación de 5G a través de Open Source
Funete: Debian Foundation with 5G Core.

Redes Inalámbricas del GAD de Babahoyo

En la actualidad el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cantón Babahoyo, ha desplegado una serie de redes inalámbricas en todas sus edificaciones con el objetivo de mantener a todos sus usuarios y colaboradores directamente conectados a la red de datos y en el mismo contexto el Municipio de Babahoyo ha implementado una Red WiFi en varios sitios estratégicos del Cantón Babahoyo:

- Parque Central de Babahoyo
- Parque de Patinaje
- Malecón de Babahoyo
- Parque Lineal
- Parque Central Parroquia Urbana Barreiro
- Malecón Parroquia Urbana El Salto
- Parque Central Parroquia Rural Caracol
- Parque Central Parroquia Rural La Unión
- Parque Central Parroquia Rural Pimocha
- Parque Central Parroquia Rural Febres Cordero (Mata de Cacao)

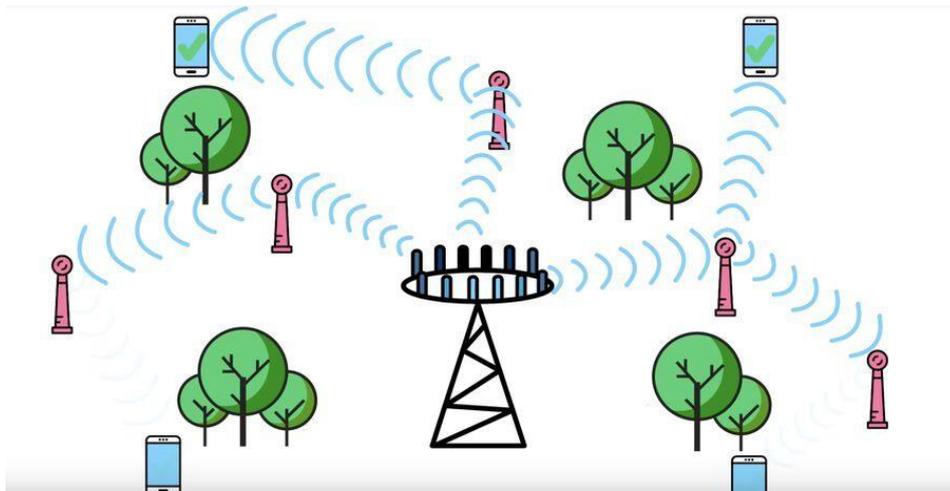


Ilustración 5 Esquema de Conexión Inalámbrica del GAD de Babahoyo

Fuente: Dirección de Tecnología del GAD de Babahoyo

En base a la anterior ilustración existe un criterio de concuerda con la presente investigación; para ello el investigador Praveen Jaraut indica en su trabajo de redes inalámbricas que el propósito fundamental y objetivo de toda red de datos es garantizar que la disponibilidad del servicio y del sistema en general debe ser del 99.9% con tolerancia a fallas y con niveles de redundancia que permitan alcanzar niveles de eficiencia para un correcto desempeño (Jaraut, 2021).

Justus Rischke profesor de redes inalámbricas y microondas para la Universidad de Singapur explica en su ensayo sobre comunicaciones en medios no guiados, que el escenario de transporte, tráfico, medición y despliegue de soluciones informáticas que sean capaces de emular, modular, codificar y decodificar una señal desde un emisor hasta un receptor, siempre estará predominado por el equipamiento, diseño y configuraciones que el cuerpo de ingenieros implementen en función de las necesidades primordiales de la entidad requirente (Rischke, 2021).

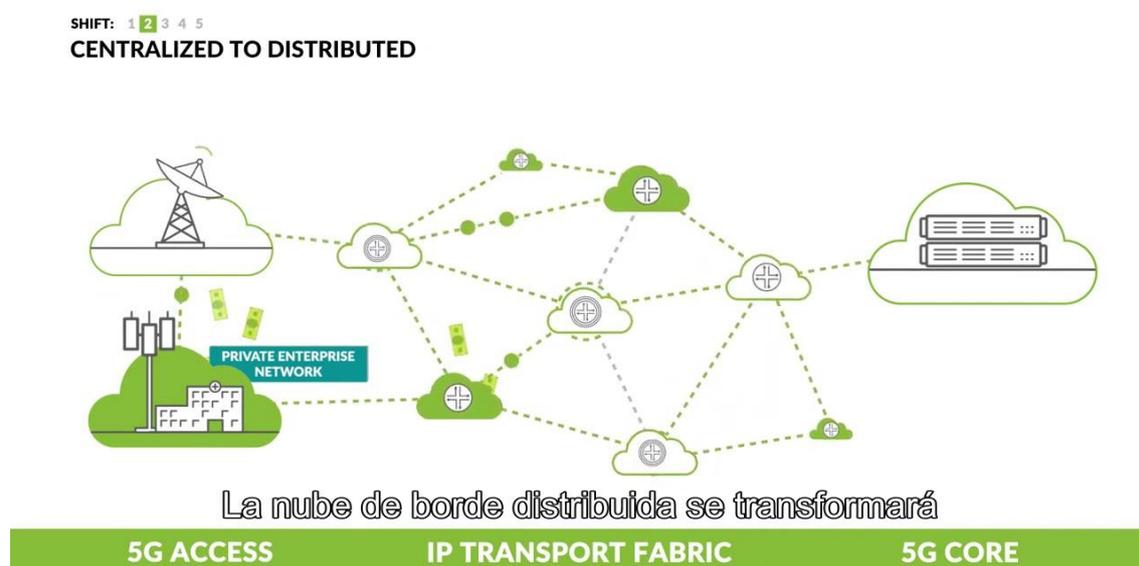


Ilustración 6 Escenario de Telecomunicaciones
Fuente: IEEE, 5G Access

Shree Krishna Sharma comunica en su reciente trabajo como se conjuga y se fusionan todas las nuevas tecnologías de las telecomunicaciones a favor del correcto funcionamiento de cada uno de los elementos de la red de datos; desde el servidor de telecomunicaciones, radio base, onu, odu, idu, router, firewall y demás aditamentos necesarios en la puesta a punto de un proyecto de comunicaciones inalámbricas; en esa misma línea se dice que la adopción de NFV (virtualización de funciones de red) requiere la implementación de las dos capas siguientes: NFVI (infraestructura de NFV) y MANO (gestión y orquestación) (Sharma, 2021).

De acuerdo con la arquitectura OPNFV (Open Platform for NFV), NFVI Yan yi Wang indica que generalmente se implementa en base a OpenStack, que proporciona la funcionalidad IaaS (Infraestructura como servicio) en la nube y/o Kubernetes, una plataforma de orquestación de contenedores. Sin embargo, se sabe que estas soluciones son difíciles de implementar y operar, especialmente en entornos distribuidos que constan de cientos de nodos. Además, los casos de uso de telecomunicaciones generalmente requieren que se habiliten ciertas extensiones, como SDN (Software Defined Networking) complejo o DPDK (Data Plane Development Kit), lo que hace que todo el proceso sea aún más difícil (Wang, 2021).

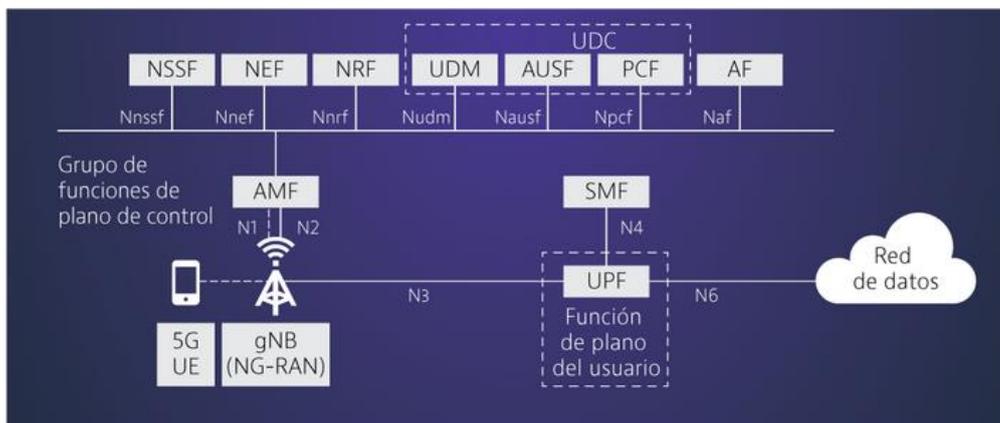


Ilustración 7 Orquestación de las tecnologías para una red 5G Wireless
Fuente: IEEE, Access Networking.

Propuesta técnica para el GAD de Babahoyo

Con respecto a MANO, Ibrahim Notanburg comunica que a diferencia de las primeras generaciones de tecnología NFV, 5G trae requisitos específicos para la incorporación y orquestación de VNF. En lugar de simplemente ejecutar bloques de software monolíticos heredados en un entorno virtualizado, los VNF 5G serán completamente nativos de la nube. Esto significa que deben rediseñarse en función de una arquitectura de microservicios. Esos microservicios luego se ejecutarán dentro de máquinas virtuales o contenedores de alta disponibilidad y escalabilidad masiva, lo que

introduce otra capa de complejidad sobre el ya complejo entorno de la nube (Notanburg, 2021).



Ilustración 8 Análisis de Solapamiento de Canal

Fuente: El Autor

En la ilustración anterior se visualiza la interacción de todas las redes inalámbricas que existen en las edificaciones del GAD de Babahoyo, en la imagen se valida el solapamiento de canal debido a la invasión e interferencia de canal que existen entre todos los dispositivos los cuales se encuentran transmitiendo en el canal 1, 3 y 5 para el efecto se realiza un escaneo de puerto y un escaneo del espectro en todos los niveles del edificio principal y por ende en cada uno de sus oficinas externas.

Para satisfacer los exigentes requisitos de orquestación de servicios y gestión del ciclo de vida, Canonical ha desarrollado Juju, una herramienta de modelado de aplicaciones. Juju usa encantos, una colección de scripts y metadatos, que contienen toda la lógica necesaria para instalar, configurar y operar aplicaciones. Mediante el uso de embelesos para fines de implementación de 5G Core, el GAD de Babahoyo puede beneficiarse de un enfoque DevOps declarativo de automatización completa y tareas

operativas facilitadas, como actualizaciones o copias de seguridad. Todas esas operaciones son administradas por el controlador de Juju. El mismo que combinado con otras herramientas de código abierto de Canonical ayuda a reducir el tiempo necesario para implementar 5G Core de meses a días.

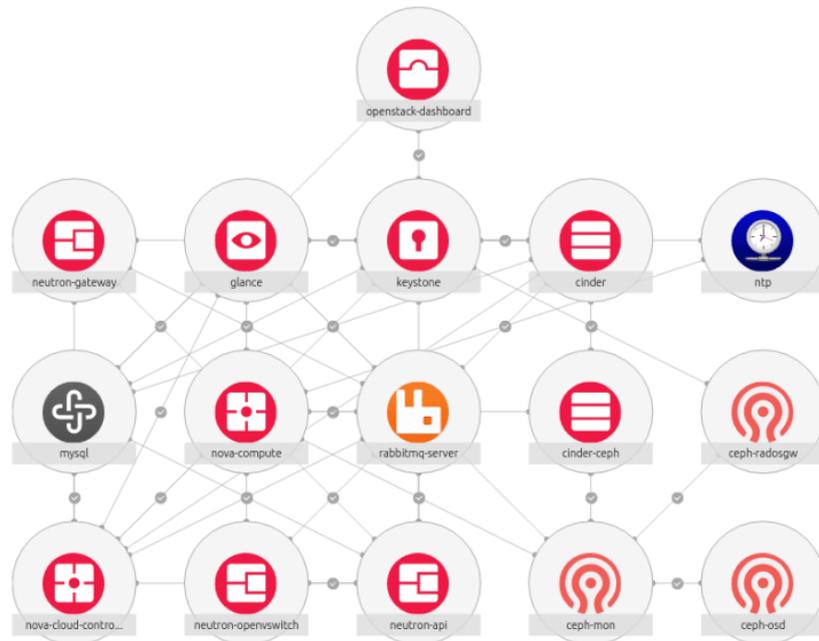


Ilustración 9 *Suit de Aplicativos Open Source para Telecomunicaciones*
Fuente: Debian Canonical Telecommunication

Como se indica en la sección anterior, generalmente se implementa un NFVI de código abierto basado en OpenStack y Kubernetes. Canonical proporciona tanto Charmed OpenStack como Charmed Kubernetes, lo que permite que ambas plataformas se implementen con excelente compatibilidad. Esto significa que el GAD de Babahoyo puede simplemente modelar su NFVI creando un archivo YAML en el que es posible:

- Definir el número de máquinas que se están desplegando
- Definir la solución SDN deseada que se utilizará
- Agregar o eliminar ciertos servicios (como el monitoreo)
- Activar/desactivar ciertas funciones (como DPDK) .

Robert Watlin indica que el resto del trabajo lo realizan las instalaciones y fusiones bajo el control de Juju. Además, las tareas operativas diarias, como las actualizaciones de OpenStack, también se pueden realizar simplemente iniciando una acción contra el controlador

Juju. Esta es una gran mejora en comparación con los métodos de implementación heredados y las herramientas de operaciones basadas en scripts personalizados y libros de jugadas imperativos (Watlin, 2022).

Con respecto a la capa MANO, González Díaz indica que Canonical proporciona OSM (MANO de código abierto) que ofrece una pila de código abierto alineada con los modelos de información ETSI NFV. Juju puede volver a implementar toda la pila de OSM sobre un clúster de Kubernetes, pero el propio OSM también utiliza encantos para la incorporación y orquestación de VNF, incluidas todas las tareas de configuración de DayN (Díaz, 2021).

Diseño de la Red de Datos en Open Source.

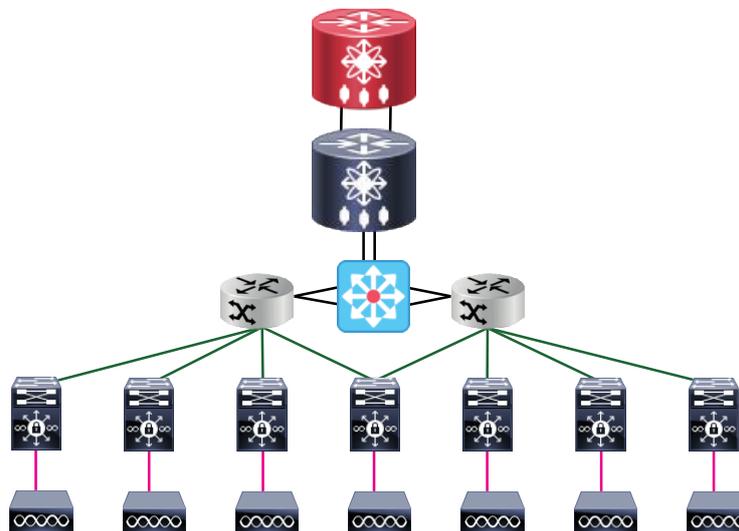


Ilustración 10 Diseño de la Red de Datos GAD de Babahoyo
Fuente: El Autor

Para superar los desafíos asociados con la implementación de 5G Core, BT, una de las empresas de telecomunicaciones más grandes de Europa, recurrió recientemente a Canonical. Con años de experiencia en implementaciones de nube privada, Canonical no solo proporcionará a BT la base de una nube sino también ayudarlos a difundir el poder de Juju en sus casos de uso específicos de telecomunicaciones. Al utilizar Juju para fines de implementación de NFVI, BT pretende usarlo como un instalador de NFVI / VIM (Administrador de infraestructura virtual).

Qianlong Kang indica que para construir NFVI para su 5G Core, BT utilizará Charmed OpenStack y las herramientas de código abierto de Canonical para automatizar la implementación y las operaciones. La pila completa incluye MAAS para el aprovisionamiento completo, Ubuntu Server LTS como sistema operativo, Juju para el modelado y orquestación de aplicaciones, LXD para la contenedorización de servicios de control y varias aplicaciones encantadas. Los accesos se utilizarán para implementar no solo OpenStack, sino también una variedad de servicios de soporte, como toda la pila de registro y monitoreo (Kang, 2021).

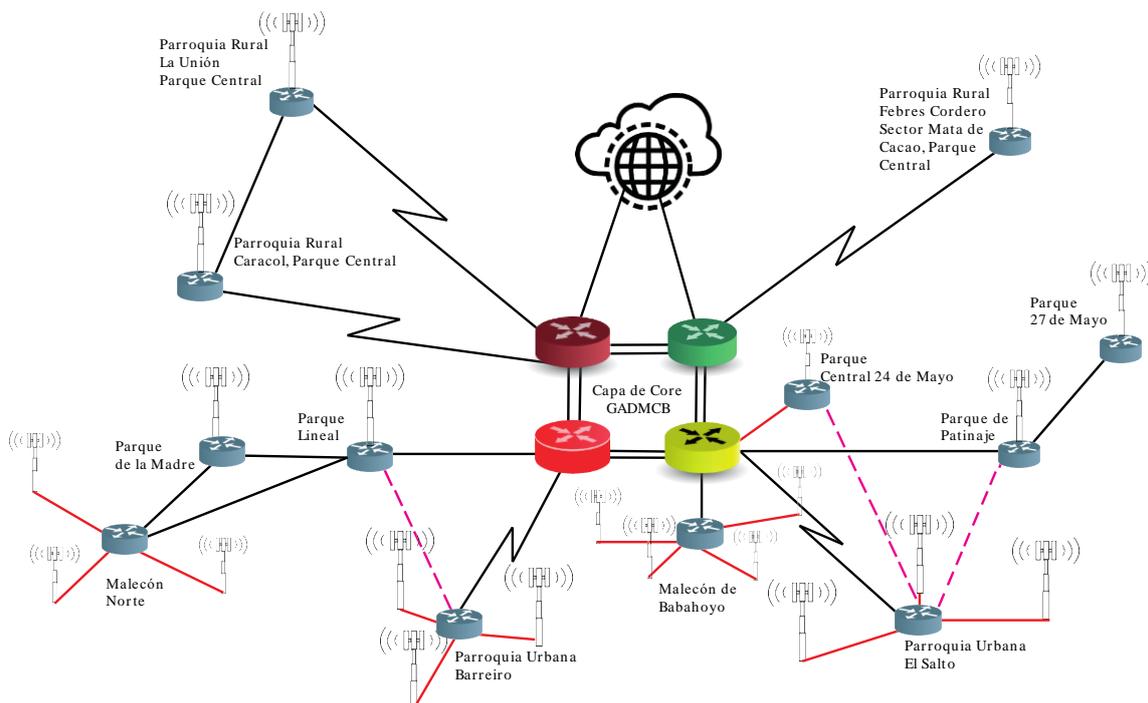


Ilustración 11 Diseño de la Red WiFi 5G basada en Open Source
Fuente; El Autor

Se propone un escenario de virtualización en el cual se emula las conexiones principales y secundarias del GAD de Babahoyo con un sistema de redundancia y tolerancia a fallos; Los empleados inalámbricos en la oficina pueden establecer contactos sin descansar en las computadoras dedicadas, y pueden permanecer para realizar un trabajo productivo mientras están fuera de la oficina. Esto puede dar lugar a nuevos diseños de funcionamiento, incluido el funcionamiento desde el hogar o el acceso directo a datos corporativos en sitios web de consumidores.

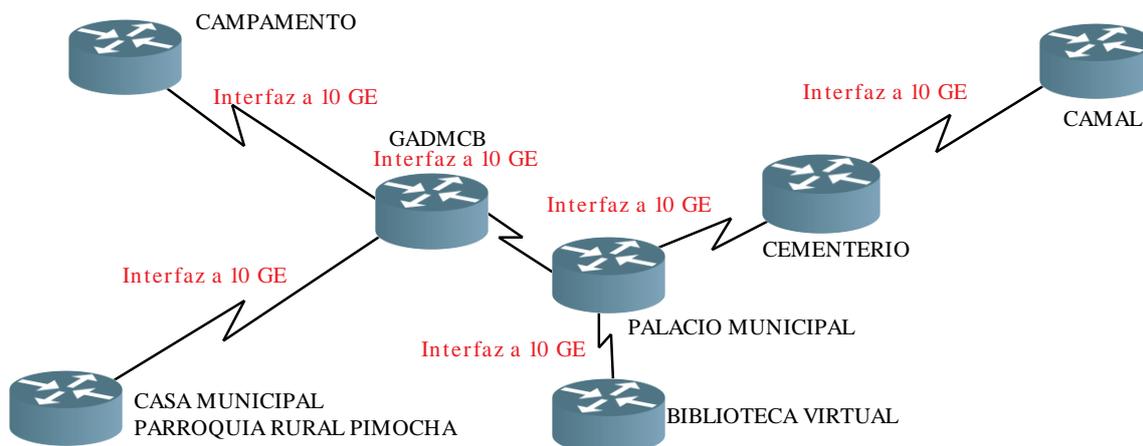


Ilustración 12 Diseño de los Enlaces de Datos para las Redes Inalámbricas del GAD de Babahoyo

Fuente: El Autor

Las redes inalámbricas pueden permitirle ofrecer nuevos servicios o productos. A modo de ejemplo, numerosos escenarios de cambio a favor del GAD de Babahoyo estaciones de bus, centros turísticos, cafeterías y bistrós han establecido empresas de redes inalámbricas de ubicación para que los usuarios móviles puedan conectar sus dispositivos a su oficina mientras viajan.

CONCLUSIÓN

- Implementar y operar el núcleo 5G es una tarea desafiante y compleja. Sin embargo, al usar encantos, toda la complejidad se relaja, lo que permite que las empresas de telecomunicaciones se centren en implementar VNF en lugar del propio 5G Core.
- Los empleados inalámbricos en la oficina pueden establecer contactos sin descansar en las computadoras dedicadas, y pueden permanecer para realizar un trabajo productivo mientras están fuera de la oficina. Esto puede dar lugar a nuevos diseños de funcionamiento, incluido el funcionamiento desde el hogar o el acceso directo a datos corporativos en sitios web de consumidores.
- Las soluciones de nube híbrida de SUSE o DEBIAN aceleran la innovación y permiten que el GAD de Babahoyo pueda responder a las demandas de los mercados con mayor rapidez. Siendo más compatibles con la mayor gama de arquitecturas, virtualización, entornos de ejecución de contenedores, tecnologías de almacenamiento y opciones de red.
- Kubernetes maximiza la agilidad del desarrollo y acelera la transformación digital. SUSE o DEBIAN unifica todos sus clústeres para garantizar operaciones, gestión de cargas de trabajo y seguridad de nivel empresarial coherentes, desde el núcleo hasta la nube.
- SUSE o DEBIAN son líder en soluciones "edge computing" inteligentes basadas en Linux, Kubernetes y productos de almacenamiento ligeros para hardware x86

o ARM. Ofrecemos coherencia, rendimiento, fiabilidad y seguridad: todo ello vital para los casos de uso de vanguardia en fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

- Viswanathan, H. (2020). Communications in the 6G Era. *Access IEEE*, 57063-57074, .
- Raza, A. (2020). Spatial Modeling of Interference in Inter-Vehicular Communications for 3-D Volumetric Wireless Networks. *Access IEEE*, 108281-108299.
- Ahmed, S. (2020). 6G Wireless Communication Systems: Applications Requirements Technologies Challenges and Research Directions. *Communications Society IEEE Open Journal of the*, vol. 1, 957-975.
- Guizani, N. (2020). B5G and Explainable Deep Learning Assisted Healthcare Vertical at the Edge: COVID-19 Perspective. *Network IEEE*, 105.
- Systems, J. D. (2021). Thorsten Wild. *Access IEEE*, 30845-30857.
- Nawaz, S. J. (2021). Non-Coherent and Backscatter Communications: Enabling Ultra-Massive Connectivity in 6G Wireless Networks. *Access IEEE*, 38144-38186,.
- Shashoa, N. A. (2021). 6G Mobile Communications Systems: Requirements Specifications Challenges Applications and Technologies. *Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering MI-STA 2021 IEEE*, 679-683.
- Jaraut, P. (2021). Augmented Convolutional Neural Network for Behavioral Modeling and Digital Predistortion of Concurrent Multiband Power Amplifiers. *Microwave Theory and Techniques IEEE Transactions on*, , 4142-4156.
- Rischke, J. (2021). 5G Campus Networks: A First Measurement Study. *Access IEEE*, , 121786-121803,.
- Sharma, S. K. (2021). Next-Generation Consumer Electronics for 6G Wireless Era". *Access IEEE*, 43198-143211.
- Wang, Y. (2021). Integrated Terahertz High-Speed Data Communication and High-Resolution Radar Sensing System Based-on Photonics. *Optical Communication (ECOC) 2021 European Conference on*, 1-14.
- Díaz, G. (2021). Cost-Efficient 5G Non-Public Network Roll-Out: The Affordable5G Approach. *Communications and Networking (MeditCom) 2021 IEEE International Mediterranean Conference on*,, 221-227.

Watlin, R. (2022). Optimizing the Mutual Information of Frequency-Selective Multi-Port Antenna Arrays in the Presence of Mutual Coupling. *Communications IEEE Transactions*, 2072-2084.

Notanburg, I. (2021). Current status and future perspectives on the Internet of Things in oncology. *Hematology/Oncology and Stem Cell Therapy*, 89-99.