



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,
Volumen 8, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3

HERRAMIENTAS DE SOFTWARE PARA SIMULACIÓN Y EMULACIÓN DE REDES DE COMPUTADORAS: IMPLEMENTACIÓN EN ENTORNOS DE LABORATORIO

**SOFTWARE TOOLS FOR SIMULATION AND EMULATION
OF COMPUTER NETWORKS: IMPLEMENTATION IN
LABORATORY ENVIRONMENTS**

Ximena del Carmen Pacheco Armijos
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Joffre Jeorwin Cartuche Calva
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Nancy Magaly Loja Mora
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12276

Herramientas de Software para Simulación y Emulación de Redes de Computadoras: Implementación en Entornos de Laboratorio

Ximena del Carmen Pacheco Armijos¹xpacheco1@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-0941-4616>Universidad Técnica de Machala
Ecuador**Joffre Jeorwin Cartuche Calva**jcartuche@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-1633-2291>Universidad Técnica de Machala
Ecuador**Nancy Magaly Loja Mora**nmloja@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-5583-4278>Universidad Técnica de Machala
Ecuador

RESUMEN

Este estudio compara el simulador Cisco Packet Tracer y el emulador GNS3 en la implementación de la topología HSRP para prácticas de redes de computadoras en entornos de laboratorio. El objetivo es determinar cuál herramienta es más adecuada para estudiantes universitarios. El estudio se estructura en cinco fases: búsqueda de información, selección de herramientas, configuración de la topología, implementación en simulador y emulador, y evaluación según parámetros clave. Los resultados indican que ambos sistemas son eficaces en la configuración y el envío de paquetes, pero difieren significativamente en usabilidad, consumo de recursos y licenciamiento. Se concluye que Cisco Packet Tracer es más accesible para principiantes debido a su interfaz intuitiva y bajo requerimiento de recursos, mientras que GNS3 ofrece flexibilidad avanzada y control detallado sobre configuraciones de red más complejas. Esta investigación proporciona una guía práctica para educadores y estudiantes al seleccionar la herramienta más apropiada según las necesidades específicas del curso y los objetivos de aprendizaje.

Palabras clave: simuladores, emuladores, packet tracer, GNS3, topología de red

¹ Autor principal

Correspondencia: xpacheco1@utmachala.edu.ec

Software Tools for Simulation and Emulation of Computer Networks: Implementation in Laboratory Environments

ABSTRACT

This study compares the Cisco Packet Tracer simulator and the GNS3 emulator in implementing the HSRP topology for computer network practices in laboratory environments. The objective is to determine which tool is more suitable for university students. The study is structured into five phases: information search, tool selection, topology configuration, implementation in simulator and emulator, and evaluation based on key parameters. The results indicate that both systems are effective in configuration and packet forwarding, but differ significantly in usability, resource consumption, and licensing. It is concluded that Cisco Packet Tracer is more accessible for beginners due to its intuitive interface and low resource requirements, while GNS3 offers advanced flexibility and detailed control over more complex network configurations. This research provides a practical guide for educators and students in selecting the most appropriate tool according to specific course needs and learning objectives.

Keywords: simulators, emulators, packet tracer, GNS3, network topology

*Artículo recibido 23 mayo 2024
Aceptado para publicación: 25 junio 2024*



INTRODUCCIÓN

La educación, como pilar fundamental del desarrollo humano, ha enfrentado desafíos significativos debido a las perturbaciones provocadas por la crisis sanitaria mundial. En este contexto, la tecnología ha desempeñado un papel crucial al permitir la continuidad de actividades como el trabajo y el estudio. Específicamente, en el ámbito de las redes de computadoras, una asignatura teórico-práctica, se utilizan diversas herramientas de simulación y emulación para fortalecer los conocimientos adquiridos en laboratorios de clase.

Los simuladores son herramientas computarizadas que ofrecen una experiencia similar a la realización de actividades reales (Marcano et al., 2019). En el caso de los simuladores de redes, permiten evaluar el comportamiento y rendimiento de nuevas topologías, así como diseñar, probar, analizar y recopilar información de las simulaciones (Zarrad & Alsmadi, 2017).

Entre los simuladores destacados se encuentra Cisco Packet Tracer, valorado por su interfaz gráfica avanzada que facilita la configuración de enrutadores, conmutadores y dispositivos finales como computadoras y servidores (Muniasamy et al., 2019). Por otro lado, NS-3 es un simulador de código abierto que ofrece mejoras en el realismo del modelo y soporta programación en C++ o Python, incluyendo el protocolo IPv6 (Polanco, 2017). OMNET++ proporciona un entorno de simulación robusto con herramientas gráficas y de línea de comandos, ideal para la automatización de simulaciones en escenarios específicos (Bautista et al., 2020; López Escobar et al., 2020). OPNET, desarrollado por OPNET Technology Corporation, permite el análisis detallado de redes informáticas y de comunicación, soportando múltiples protocolos como VoIP y IPv6 (Nie & Hu, 2019). Boson Netsim, aunque con una curva de aprendizaje larga, ofrece virtualización de routers, switches y protocolos de comunicación en entornos de capacitación virtual (Podsadnikov et al., 2021; Kertesz et al., 2019).

En contraste, los emuladores imitan el comportamiento de sistemas reales, utilizando imágenes de equipos físicos para crear escenarios cercanos a la realidad (Fernandez-Berrueta et al., 2020; Veltri et al., 2019). GNS3 permite el diseño, configuración y prueba de topologías complejas utilizando dispositivos de red reales virtualizados (Manzoor et al., 2020; Peña et al., 2018). EVE-NG, una tecnología basada en la nube, facilita la virtualización dinámica para simular ambientes de trabajo reales (Tobarra et al., 2019). Mininet, enfocado en redes definidas por software (SDN), permite la



configuración detallada de parámetros de red como retrasos y ancho de banda (Ibarra-Lancheros et al., 2018).

Ante la diversidad de herramientas disponibles, surge la necesidad de evaluar su rendimiento y características para determinar cuál proporciona la mejor experiencia de usuario tanto para estudiantes como para docentes. Esta investigación se propuso analizar y comparar las diferencias, semejanzas, ventajas y desventajas de estas herramientas, con el fin de orientar la selección adecuada según las necesidades específicas de aprendizaje en el contexto educativo de redes de computadoras.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación exhaustiva de simuladores y emuladores de redes, incluyendo Cisco Packet Tracer, Network Simulator – NS-3, OMNeT++, OPNET, Boson NetSim, GNS3, EVE-NG y Mininet. Se recopiló información detallada sobre las características, capacidades y requerimientos mínimos de instalación de cada herramienta mediante revisión de documentación oficial y estudios previos.

Para definir la topología de red a implementar, se seleccionaron cuatro guías de práctica de laboratorio utilizadas en las asignaturas de Tecnologías de Conmutación I y II, así como prácticas comunes de la asignatura Gestión de Redes de la carrera de Tecnologías de la Información en la Universidad Técnica de Machala. Estas guías proporcionaron el marco necesario para establecer los parámetros de configuración en los simuladores y emuladores evaluados.

Se realizó una comparativa detallada entre los simuladores y emuladores considerados, resultando en la elección de Cisco Packet Tracer como simulador y GNS3 como emulador para la implementación de la topología definida. Esta selección se basó en criterios como facilidad de uso, soporte de dispositivos, compatibilidad con protocolos y capacidad de simulación/emulación.

Posteriormente, se procedió a configurar y replicar la misma topología de red en Packet Tracer y GNS3. Esto incluyó la configuración detallada de dispositivos como routers, switches y hosts, siguiendo las especificaciones definidas en las guías de práctica y prácticas de laboratorio seleccionadas.

Una vez implementada la topología en ambas herramientas, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas para evaluar el funcionamiento y rendimiento de cada una. Las pruebas abarcaron aspectos críticos como la

conectividad de red, capacidad de gestión de tráfico, estabilidad de la configuración y cualquier otro parámetro relevante identificado durante la fase de diseño y planificación.

Los resultados obtenidos de las pruebas fueron analizados para comparar el desempeño de Cisco Packet Tracer y GNS3 en términos de funcionalidad y eficiencia. Se identificaron y discutieron las fortalezas y posibles limitaciones de cada herramienta en relación con la topología implementada y las condiciones de prueba definidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las características configurables de las topologías utilizadas en las prácticas de laboratorio de diversas asignaturas. Tras una comparación exhaustiva, la topología "HSRP" fue seleccionada debido a su capacidad para abarcar todas las características relevantes, estableciéndose como el foco de esta investigación, implementada tanto en la herramienta de simulación como en la de emulación.

Tabla 1: Comparativa de las Topologías de red

Características	Topología	Configuración básica del Switch	STP	TFTP y FLASH	RIPv2	OSPFv2 de área única –1	OSPFv2 de área única – 2	CDP	LLDP	NTP	Syslog y NTP	HSRP
Aspectos básicos del Switch		✓	✓		✓		✓	✓				✓
Operación del Switch		✓	✓		✓		✓	✓				✓
Configuración de la VLAN 1		✓	✓		✓		✓	✓				✓
Administración de VLANs		✓	✓		✓		✓	✓				✓
Enlaces troncales			✓									✓
VTP			✓									✓
DTP			✓									✓
Depuración de enlaces troncales			✓									✓
Verificación de STP			✓									✓
Aspectos básicos del Router				✓	✓	✓	✓	✓				✓
Configuración de las interfaces				✓	✓	✓	✓	✓				✓
Respaldo y restauración de archivos de configuración del router				✓	✓	✓	✓	✓				✓
Rutas estáticas					✓	✓	✓					✓
Rutas predeterminadas					✓	✓	✓					✓
RIPv2					✓	✓	✓	✓				✓
VLSM					✓	✓	✓					✓
Resumen de rutas					✓	✓	✓					✓
Direccionamiento IPv6					✓	✓	✓	✓				✓
Proceso EUI-64					✓	✓	✓	✓				✓
RIPng					✓	✓	✓					✓
Transición IPv4 a IPv6 (Doble Pila)					✓	✓	✓					✓
OSPFv2					✓	✓	✓	✓				✓
CDP		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
LLDP		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
NTP					✓					✓	✓	✓
Syslog					✓					✓	✓	✓
HSRP												✓



Para comparar los simuladores y emuladores, se consideraron diversos estudios (ver Tablas 2 y 3) que evaluaron parámetros como compatibilidad con sistemas operativos, licenciamiento, soporte de equipos Cisco, aplicabilidad investigativa, interfaz gráfica, curva de aprendizaje, ejecución de programas reales y requisitos de potencia computacional (School of Informatics and Applied Mathematics, Universiti Malaysia Terengganu, 2018; Cisco Networking Academy; Mallisery et al., 2019; entre otros).

Tabla 2: Comparativa de los Simuladores

Parámetros de Evaluación	Herramientas				
	Packet Tracer	NS-3	OMNET ++	OPNET	Boson NetSim
Sistema Operativo	Windows y Linux	Linux, FreeBSD y Mac.	Windows, Mac, Linux, Ubuntu, Fedora, Red Hat.	Windows, Red Hat y Fedora.	Windows
Tipo de Licencia	Comercial	Libre	Libre	Comercial	Comercial
Uso Investigativo	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio
Tecnología Cisco	✓	–	–	–	✓
Soporte de diferentes Protocolos	✓	✓	✓	✓	✓
Curva de Aprendizaje	✓	✓	✓	✓	✓
Interfaz Gráfica	✓	✓	✓	✓	✓
Potencia computacional	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

Tabla 3: Comparativa de los Emuladores

Parámetros de Evaluación	Herramientas		
	GNS3	EVE-NG	Mininet
Sistema Operativo	Windows, Linux y macOS.	Linux	Linux
Tipo de Licencia	Libre / Comercial	Libre / Comercial	Libre
Uso Investigativo	Alto	Medio	Alto
Manejo de equipos Cisco	✓	✓	–
Soporte de diferentes Protocolos	✓	✓	✓
Curva de Aprendizaje	✓	✓	✓
Ejecución de programas reales	✓	✓	✓
Equipos con potencia computacional	Media	Alta	Media

Según los resultados obtenidos, Cisco Packet Tracer y GNS3 destacaron por ofrecer características superiores para la configuración de la topología HSRP. Ambas herramientas son compatibles con los sistemas operativos más comunes, soportan una amplia gama de protocolos y pueden ejecutarse

eficientemente en la mayoría de los equipos. Además, su interfaz amigable facilita su uso, especialmente en entornos educativos y de formación profesional.

La configuración específica de la topología se ilustra en la Figura 1 para Packet Tracer y en la Figura 2 para GNS3. En Packet Tracer, el proceso incluye la selección e interconexión de dispositivos, configuración de direccionamiento IPv4, OSPFv2 y finalmente HSRP en los routers designados. En contraste, GNS3 requiere la descarga y carga de imágenes de equipos, seguida de la configuración de interconexiones, direccionamiento IPv4, OSPFv2 y HSRP.

Figura 1: Topología HSRP configurada en Cisco Packet Tracer

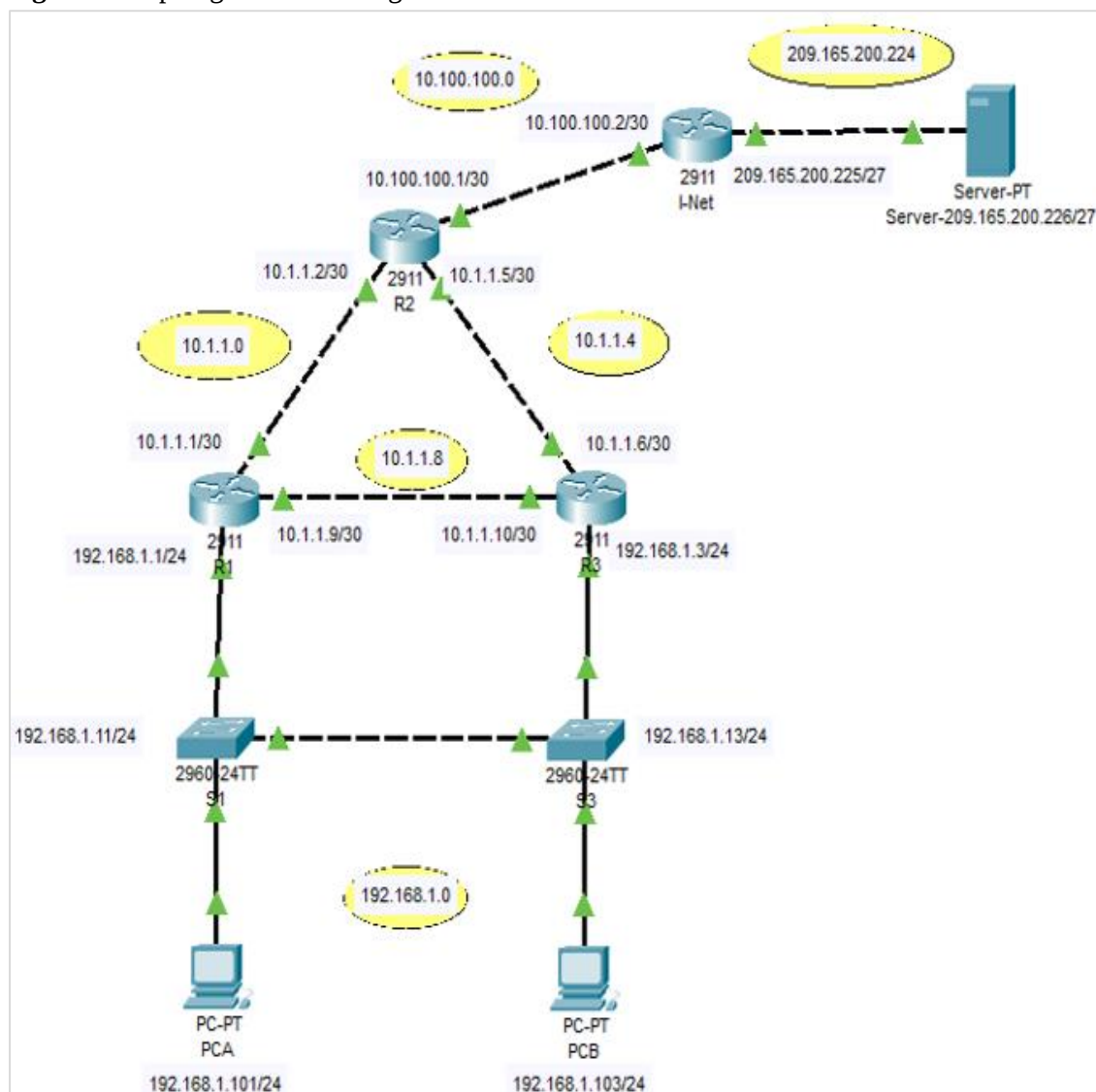
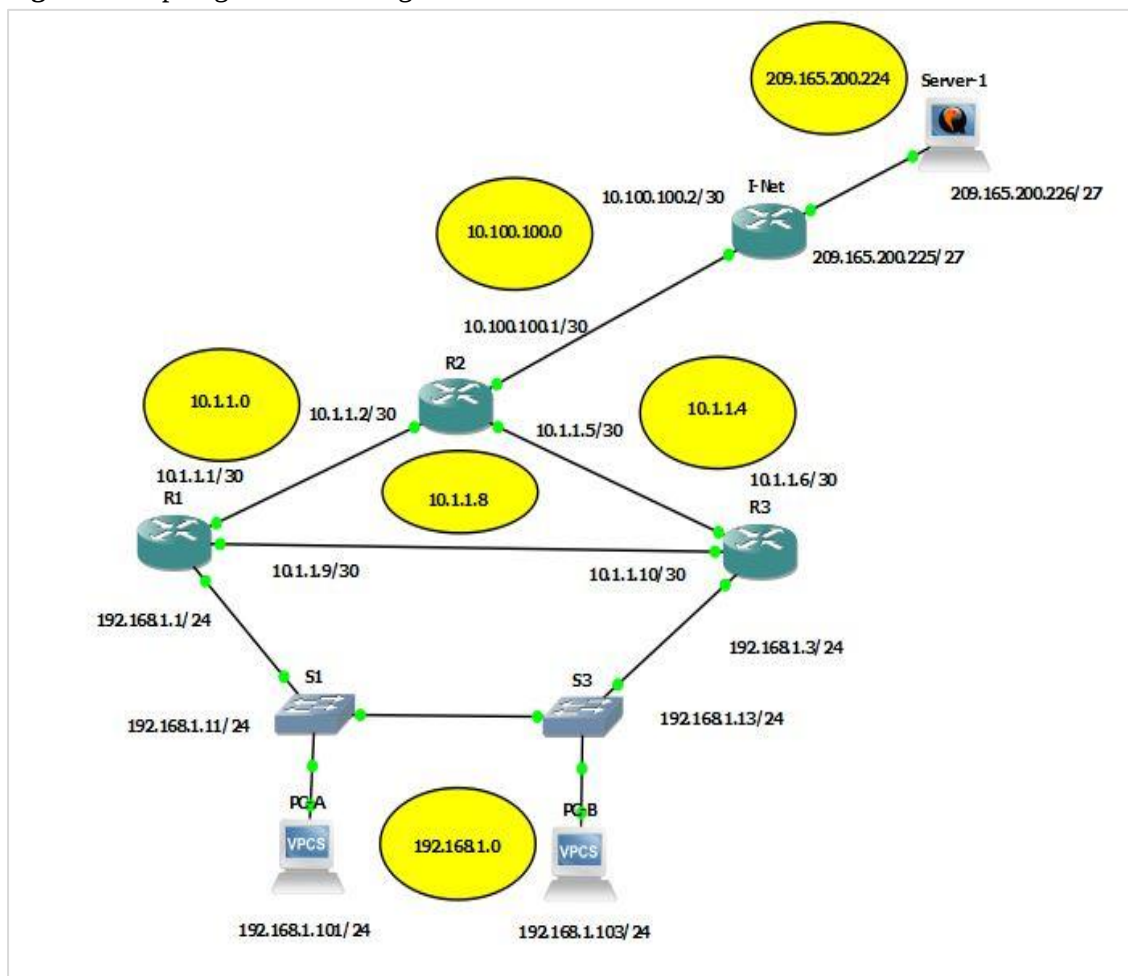


Figura 2: Topología HSRP configurada en GNS3



Considerando que en ambas herramientas se implementa la misma topología, se configuran y usan los mismos dispositivos; durante su puesta en marcha no se observan grandes diferencias en la parte de interconexión, direccionamiento, envío de paquetes y soporte de protocolos.

Las diferencias se ven reflejadas en su uso y la cantidad de recursos que consumen del computador. En el caso de Packet Tracer su instalación es de un aproximado de 3 minutos y sumamente sencilla, mientras que la dificultad de GNS3 es media y el tiempo estimado que se necesita es de 15 minutos.

Así mismo Packet Tracer es más sencillo de utilizar y mucho más interactivo que GNS3, el cual tiene una dificultad media, necesita de la integración de las imágenes de los equipos y de guardar las configuraciones en cada uno de ellos.

A nivel de consumo de recursos se evidencia la diferencia más grande que existe entre las herramientas, por un lado, Packet Tracer consume un aproximado del 20% del CPU y 200 MB de RAM del

computador, en tanto GNS3 consume aproximadamente el 90% del CPU y 400 MB de RAM por dispositivo.

Es importante mencionar que una de las ventajas del uso de GNS3 es el soporte multiplataforma que permite trabajar con otros entornos como es el caso de Mikrotik, Fortinet y más, mientras que Packet Tracer no lo soporta.

CONCLUSIONES

La tecnología es el mecanismo que ayuda a impulsar el desarrollo educativo de los estudiantes, al brindar diversos entornos de aprendizaje interactivo que ayudan y mejoran el proceso de enseñanza.

Con base en la investigación realizada, se determinó que en ámbitos de laboratorio de la cátedra de Redes de Computadores es recomendable el uso de Packet Tracer, ya que su instalación es sumamente sencilla e intuitiva, consume pocos recursos del computador e integra los dispositivos más comunes a usarse para la configuración de las diferentes topologías.

En el caso de que se necesite realizar pruebas detalladas o en entornos empresariales donde los resultados deben ser más precisos, GNS3 es la mejor opción. Esta herramienta es gratuita, sin embargo, el licenciamiento de las imágenes representa un costo, requiere de tiempo para su instalación, consume una cantidad considerable de recursos del computador a nivel de RAM y CPU.

La selección entre Cisco Packet Tracer y GNS3 debe basarse en las necesidades particulares de enseñanza, investigación o implementación de redes. Ambas herramientas ofrecen capacidades únicas que pueden potenciar significativamente el aprendizaje práctico y el desarrollo profesional en el campo de las redes de computadoras, dependiendo del contexto y los objetivos específicos de uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adeyemi, O. J., Popoola, S. I., Atayero, A. A., Afolayan, D. G., Ariyo, M., & Adetiba, E. (2018).

Exploration of daily Internet data traffic generated in a smart university campus. *Data in Brief*, 20, 30-52. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.07.039>

Aldalbahi, A., Rahaim, M., Khreishah, A., Ayyash, M., & Little, T. D. C. (2017). Visible Light Communication Module: An Open Source Extension to the ns3 Network Simulator With Real System Validation. *IEEE Access*, 5, 22144-22158.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2759779>



- Avila, E., Ávila Romano , R., & Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues. (2024). Como retardar o envelhecimento cerebral: Uma análise neurocientífica. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 5(1), 84–95. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i1.76>
- Bautista, P. A. B., Urquiza-Aguiar, L. F., Cardenas, L. L., & Igartua, M. A. (2020). Large-Scale Simulations Manager Tool for OMNeT++: Expediting Simulations and Post-Processing Analysis. *IEEE Access*, 8, 159291-159306. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3020745>
- Becerra Sánchez, L. Y., Valencia-Suárez, B., Santacruz-Pareja, S., & Padilla-Aguilar, J. J. (2017). Uso de Mininet y Openflow 1.3 para la enseñanza e investigación en redes IPv6 definidas por software. *Revista Educación en Ingeniería*, 12(24), 89. <https://doi.org/10.26507/rei.v12n24.794>
- Boson Holdings. (s. f.). Boson. *What are the Minimum System Requirements for NetSim?* <https://www.boson.com/support/178-What-are-the-Minimum-System-Requirements-for-NetSim-12.html>
- Calle, M. A., Tovar, J. D., Castaño-Pino, Y. J., & Cuéllar, J. C. (2018). Comparación de Parámetros para una Selección Apropia de Herramientas de Simulación de Redes. *Información Tecnológica*, 29(6), 253-266. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600253>
- Cisco Networking Academy. (s. f.). Cómo descargar e instalar Packet Tracer. *Packet Tracer FAQs*. <https://www.netacad.com/es/courses/packet-tracer/faq>
- Darabseh, A., Al-Ayyoub, M., Jararweh, Y., Benkhelifa, E., Vouk, M., & Rindos, A. (2017). A novel framework for software defined based secure storage systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 77, 407-423. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2016.05.003>
- Da Silva Santos , F., & López Vargas , R. (2020). Efecto del Estrés en la Función Inmune en Pacientes con Enfermedades Autoinmunes: una Revisión de Estudios Latinoamericanos. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 1(1), 46–59. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v1i1.9>
- EVE-NG. (s. f.). EVE-NG. *EVE-NG System Requirements*. <https://www.eve-ng.net/index.php/documentation/installation/system-requirement/>
- Fernandez-Berrueta, N., Goya, J., Anorga, J., Arrizabalaga, S., De Miguel, G., & Mendizabal, J. (2020). An Overview of Current IP Network Emulators for the Validation of Railways Wireless Communications. *IEEE Access*, 8, 109266-109274.



<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002157>

Galaxy Technologies. (s. f.). GNS3. *Documentation*.

<https://docs.gns3.com/docs/getting-started/installation/windows/>

Ibarra-Lancheros, K. S., Puerto-Leguizamón, G., & Suárez-Fajardo, C. (2018). Quality of service evaluation based on network slicing for software-defined 5G systems. *Tecnológicas*, 21(43), 27-41. <https://doi.org/10.22430/22565337.1066>

Kertesz, A., Pflanzner, T., & Gyimothy, T. (2019). A Mobile IoT Device Simulator for IoT-Fog-Cloud Systems. *Journal of Grid Computing*, 17(3), 529-551. <https://doi.org/10.1007/s10723-018-9468-9>

Lai, J., Tian, J., Zhang, K., Yang, Z., & Jiang, D. (2021). Network Emulation as a Service (NEaaS): Towards a Cloud-Based Network Emulation Platform. *Mobile Networks and Applications*, 26(2), 766-780. <https://doi.org/10.1007/s11036-019-01426-0>

López Escobar, J. J. L., Gil-Castiñeira, F., & Díaz Redondo, R. P. D. (2020). JMAC Protocol: A Cross-Layer Multi-Hop Protocol for LoRa. *Sensors*, 20(23), 6893. <https://doi.org/10.3390/s20236893>

Luttringer, J.-R., Vanaubel, Y., Merindol, P., Pansiot, J.-J., & Donnet, B. (2020). Let There Be Light: Revealing Hidden MPLS Tunnels With TNT. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 17(2), 1239-1253. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2019.2962278>

Mallissery, S., Pai, M. M. M., Mehbadi, M., Pai, R. M., & Wu, Y.-S. (2019). Online and offline communication architecture for vehicular ad-hoc networks using NS3 and SUMO simulators. *Journal of High Speed Networks*, 25(3), 253-271. <https://doi.org/10.3233/JHS-190615>

Manzoor, A., Hussain, M., & Mehrban, S. (2020). Performance Analysis and Route Optimization: Redistribution between EIGRP, OSPF & BGP Routing Protocols. *Computer Standards & Interfaces*, 68, 103391. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2019.103391>

Marcano, L., Haugen, F. A., Sannerud, R., & Komulainen, T. (2019). Review of simulator training practices for industrial operators: How can individual simulator training be enabled? *Safety Science*, 115, 414-424. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.019>

Mininet. (s. f.). Mininet. *Download*. <http://mininet.org/download/>



- Muniasamy, V., Ejilani, I. M., & Anadhavalli, M. (2019). Student's Performance Assessment and Learning Skill towards Wireless Network Simulation Tool – Cisco Packet Tracer. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(07), 196.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v14i07.10351>
- Mero Santana, E. A., Caicedo Lastra, Y. L., Delgado Ponce, L. D., Ríos Pincay, K. P., & Parrales Cantos, G. N. (2024). Estudio de Caso sobre la Planificación, Programación y Control de Obra Aplicado al Proceso Constructivo de una Vivienda Unifamiliar en la Ciudadela Municipal del cantón Portoviejo. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 4(1), 1990–2010.
<https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i1.162>
- Mendoza, P. (2023). Assessment of Ethics in Nursing Practice: Perspective of Social Service Students. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 4(1), 52–67.
<https://doi.org/10.61616/rvdc.v4i1.37>
- Martínez, O., Aranda, R., Barreto, E., Fanego, J., Fernández, A., López, J., Medina, J., Meza, M., Muñoz, D., & Urbieto, J. (2024). Los tipos de discriminación laboral en las ciudades de Capiatá y San Lorenzo. *Arandu UTIC*, 11(1), 77–95. Recuperado a partir de
<https://www.uticvirtual.edu.py/revista.ojs/index.php/revistas/article/view/179>
- Nie, L., & Hu, S. (2019). Simulation and analysis of campus network based on OPNET. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 19(1), 3-12.
<https://doi.org/10.3233/JCM-180847>
- NSNAM. (s. f.). NS-3. *Installation*. <https://www.nsnam.org/wiki/Installation>
- Oliveira, V. C. (2020). Simulador Eve-NG em projetos de redes heterogêneas: Um estudo sobre a importância da simulação em redes de computadores. *Research, Society and Development*, 9(11), e1199119562. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9562>
- OPNET Technologies. (2012). *OPNET Modeler*.
<https://support.riverbed.com/bin/support/download?did=qn4i89ijqcve5qdm9bn977mhk&version=17.5-PL6>
- Peña, M., Lauriano da Silva, J., Flebes, O., & Anías, C. (2018). Sistema Para Detección Y Aislamiento De Fallas. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(2), 58-73.



- Podsadnikov, A. V., Rozov, K. V., & Kratov, S. V. (2021). The methods and approaches to computer networks simulation using virtual network infrastructure. *Journal of Physics: Conference Series*, 1791(1), 012082. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1791/1/012082>
- Polanco, O. (2017). NS3-based training system for learning RIPng for IPv6. *Ingeniería y Competitividad*, 19(1), 150-155.
- Powell, C., Desiniotis, C., & Dezfouli, B. (2020). The Fog Development Kit: A Platform for the Development and Management of Fog Systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(4), 3198-3213. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2966405>
- Robles-Gómez, A., Tobarra, L., Pastor-Vargas, R., Hernández, R., & Cano, J. (2020). Emulating and Evaluating Virtual Remote Laboratories for Cybersecurity. *Sensors*, 20(11), 3011. <https://doi.org/10.3390/s20113011>
- the School of Informatics and Applied Mathematics, Universiti Malaysia Terengganu, 21030, Kuala Nerus Terengganu, Malaysia, Noor, N. M. M., Yayao, N., & Sulaiman, S. (2018). Effectiveness of Using Cisco Packet Tracer as a Learning Tool: A Case Study of Routing Protocol. *International Journal of Information and Education Technology*, 8(1), 11-16. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2018.8.1.1004>
- Tobarra, L., Robles-Gómez, A., Pastor, R., Hernández, R., Duque, A., & Cano, J. (2019). A Cybersecurity Experience with Cloud Virtual-Remote Laboratories. *Proceedings*, 31(1), 3. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031003>
- Torres, Á., & Zuñiga, A. (2021). Análisis de herramientas que permitan el modelado de tráfico en redes SD. *Centro Sur Social Science Journal*, 4(2), 1-15. <https://doi.org/10.37955/cs.v4i2.57>
- Varga, A., & OpenSim Ltd. (2016). *OMNeT++ Installation Guide*. <https://doc.omnetpp.org/omnetpp/InstallGuide.pdf>
- Veltri, L., Davoli, L., Pecori, R., Vannucci, A., & Zanichelli, F. (2019). NEMO: A flexible and highly scalable network EMulatOr. *SoftwareX*, 10, 100248. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.100248>
- Vargas Magne, C. A. A., López Morales, D. R., Pérez Molina, J., & Berndorfer, M. (2024). Análisis interseccional sobre la violencia sexual en niñas y adolescentes mujeres en situación de calle



de las ciudades de El Alto, La Paz, Cochabamba y Santa Cruz . Emergentes - Revista Científica, 4(2), 103–123. <https://doi.org/10.60112/erc.v4i2.132>

Wang, L., Wang, W., & Liu, P. (2019). Train network control algorithms of high-speed EMU based on OPNET simulation. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 19, 77-83. <https://doi.org/10.3233/JCM-191012>

Zarrad, A., & Alsmadi, I. (2017). Evaluating network test scenarios for network simulators systems. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 13(10), 155014771773821. <https://doi.org/10.1177/1550147717738216>

