



## Impacto de las redes definidas por software (SDN) en la gestión de redes tradicionales mediante un enfoque de simulación y aprendizaje

Impact of software-defined networking (SDN) on traditional network management using a simulation and learning approach

**Miguel Ángel Zúñiga Sánchez**

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

[mzuniga@utb.edu.ec](mailto:mzuniga@utb.edu.ec) <https://orcid.org/0009-0001-5305-0883>

**Omar Rodrigo Mόνtece Moreno**

Universidad Técnica Babahoyo, Ecuador

[omontece@utb.edu.ec](mailto:omontece@utb.edu.ec) <https://orcid.org/0000-0001-5421-1581>

**Gricelda Emperatriz Posligua Ruiz**

Universidad Técnica Babahoyo, Ecuador

[geposligua@fafi.utb.edu.ec](mailto:geposligua@fafi.utb.edu.ec) <https://orcid.org/0009-0004-8103-6378>

**Autor de correspondencia:** ([mzuniga@utb.edu.ec](mailto:mzuniga@utb.edu.ec))

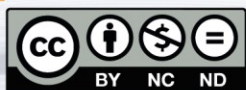
Fecha de recepción: 17/02/2025

Fecha de aceptación: 14/04/2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/synergia.v4n1.7182>

### Resumen

Este estudio analiza el impacto de las Redes Definidas por Software (SDN) en la gestión de redes tradicionales mediante un enfoque de simulación y aprendizaje. El objetivo es determinar cómo la adopción de SDN puede mejorar la eficiencia operativa y la flexibilidad en la gestión de redes convencionales. La investigación se estructura en etapas: Análisis teórico mediante una revisión documental exhaustiva para conceptualizar SDN y su impacto en redes tradicionales. Para comparar el rendimiento y la gestión entre redes SDN, se realizaron simulaciones utilizando Mininet, una herramienta de emulación de redes ampliamente utilizada en la investigación de SDN. Los resultados de la investigación indican que la adopción de SDN puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia operativa, especialmente en la configuración y el manejo del tráfico de red. Estos resultados subrayan la capacidad de SDN para simplificar y agilizar los procesos de gestión de red, proporcionando una mayor flexibilidad y control. Sin embargo, también se identificaron varios desafíos, como la interoperabilidad con equipos de red existentes y la necesidad de formación técnica especializada para el personal de TI. La adopción de SDN en redes tradicionales puede proporcionar grandes beneficios en términos de eficiencia y flexibilidad. Las conclusiones del estudio destacan la importancia de una planificación cuidadosa y una formación continua para una transición exitosa a





SDN en entornos de redes tradicionales. Se recomienda considerar estos factores críticos al planificar la implementación de SDN para maximizar los beneficios potenciales y minimizar los riesgos asociados. Este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y prácticas en la integración de SDN, ofreciendo tanto una visión general de sus ventajas.

**Palabras clave:** administración, arquitectura, optimización, protocolo, simulación.

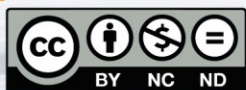
## Abstract

This study analyzes the impact of Software Defined Networking (SDN) on traditional network management using a simulation and learning approach. The goal is to determine how SDN adoption can improve operational efficiency and flexibility in conventional network management. The research is structured in stages: Theoretical analysis through an exhaustive documentary review to conceptualize SDN and its impact on traditional networks. To compare performance and management between SDN networks, simulations were performed using Mininet, a network emulation tool widely used in SDN research. The research results indicate that the adoption of SDN can lead to significant improvements in operational efficiency, especially in the configuration and handling of network traffic. These results underscore SDN's ability to simplify and streamline network management processes, providing greater flexibility and control. However, several challenges were also identified, such as interoperability with existing network equipment and the need for specialized technical training for IT staff. Adopting SDN in traditional networks can provide great benefits in terms of efficiency and flexibility. The study's findings highlight the importance of careful planning and ongoing training for a successful transition to SDN in traditional networking environments. It is recommended that you consider these critical factors when planning your SDN implementation to maximize the potential benefits and minimize the associated risks. This study provides a solid foundation for future research and practices in SDN integration, both offering an overview of its advantages.

**Keywords:** administration, architecture, optimization, protocol, simulation.

## Introducción

Las redes de telecomunicaciones actuales son estáticas y complejas e involucran una diversidad de equipos como routers, switches y otros. El tráfico de paquetes IP es controlado por las reglas y políticas de administración y control. La administración se preocupa de fallas, configuración de los dispositivos, registro de actividades, rendimiento y seguridad. (Bernal y Mejía, 2016), por lo que las Redes Definidas por Software (SDN) representan un cambio en la arquitectura y gestión de redes, separando el plano de control del plano de datos, derivando el control a una computadora (controlador). Esta separación permite una mayor flexibilidad, control centralizado y





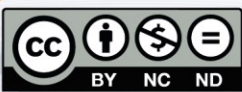
automatización, contrastando significativamente con las redes tradicionales donde ambos planos están integrados, lo que limita la capacidad de adaptación y escalabilidad.

En el ámbito de la educación e investigación, herramientas como Mininet han facilitado la simulación y experimentación con SDN, proporcionando un entorno accesible para comprender su impacto en la gestión de redes convencionales. A pesar de los avances en la enseñanza de redes, aún existen interrogantes sobre la efectividad de las herramientas de simulación en la formación de los estudiantes, especialmente en el aprendizaje de redes definidas por software (SDN). La presente investigación busca responder la siguiente pregunta: ¿De qué manera el uso de Mininet facilita la comprensión de la gestión y configuración de redes en el ámbito educativo, en comparación con herramientas de simulación tradicionales?

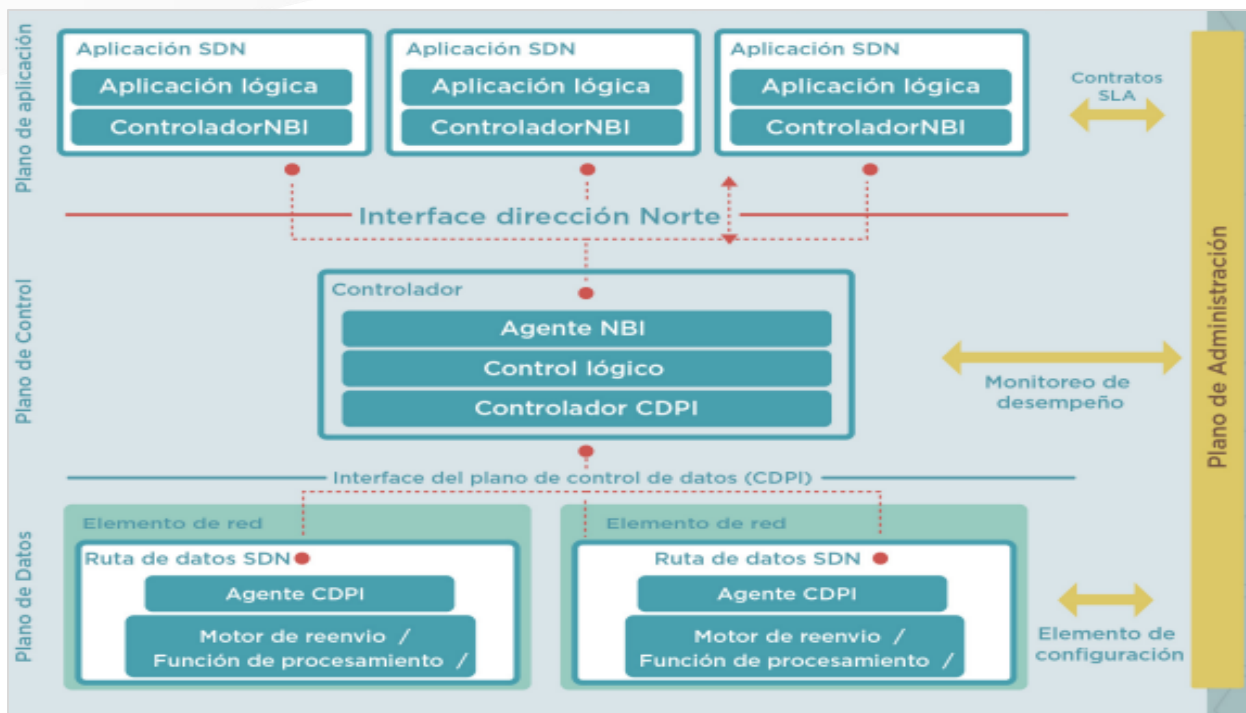
Se considera que la enseñanza de redes definidas por software (SDN) en entornos educativos proporciona una experiencia de aprendizaje más realista y flexible en comparación con el enfoque basado en redes tradicionales. Además, se espera que su implementación en la enseñanza de redes proporcione una comprensión más profunda de la gestión de redes modernas, aunque con el desafío de requerir una mayor familiarización técnica por parte de los docentes y estudiantes.

El desarrollo de las SDN se inició a partir de 1990, donde se incluye funciones programables en la red. En el 2001-2007, se separó el plano de control y de datos, mejorando con esta innovación. A partir del 2007-2010, se implementa los API OpenFlow y se presenta como una interfaz abierta, presenta diversas maneras la separación del plano de control y de datos para que sea escalable, práctica donde virtualización jugó un rol importante en esta evolución de SDN (Sulca, 2018).

La tecnología SDN permite que las aplicaciones utilicen interfaces de programación abierta para controlar y conceder recursos de red para las diversas necesidades de los usuarios, procesos, técnicas y tipos de datos de la aplicación. Es decir, las SDN funcionan fundamentalmente generando redes virtuales que son independientes de las redes físicas. Esta tecnología hace que las aplicaciones "piensen" que tienen toda la red para sí mismas, cuando en realidad la están compartiendo, obteniendo como resultado que más servidores puedan usar la red. (Silva, 2021).



La arquitectura general de SDN se estructura en planos o capas funcionales: de datos o infraestructura, de control, de aplicación y de administración, tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.**

*Arquitectura de una Red Definida por Software (SDN)*

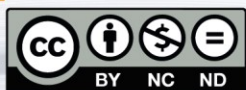


**Nota:** Esta figura ilustra la arquitectura de una Red Definida por Software (SDN), destacando sus componentes principales, como la aplicación lógica, el controlador, las interfaces NBI y CDPI y los elementos de red. Adaptado de (Fundación Carlos Slim, s.f.)

El plano de datos o infraestructura comprende los elementos de red, cuyas rutas de datos SDN manipulan sus capacidades a través de la interface de los planos de control y datos. Mientras que plano de control, traduce los requerimientos y ejerce un dominio de bajo nivel sobre las rutas de datos SDN, además, de que brinda información relevante a las aplicaciones. En el plano de aplicación, su propósito es la comunicación de requerimiento de red, vía una interface dirección norte. Por otra parte, el plano de administración es la responsable de establecer los elementos de red, asignar las rutas de datos SDN al controlador y configurar las políticas. (Fundación Carlos Slim, s.f.) De acuerdo con Bernal & Mejía (2016), La flexibilidad de las SDN puede emplearse para resolver los problemas de las redes actuales. Un aspecto clave de las SDN es que proporcionan una serie de abstracciones y API (Application Programming Interfaces) para programar y controlar las funciones y los servicios de los recursos de red. Los principales componentes de SDN incluyen: el controlador SDN, que actúa como el cerebro de la red gestionando políticas y decisiones de enrutamiento; los switches SDN, que son los dispositivos encargados de ejecutar las decisiones del controlador; y los protocolos de comunicación, como OpenFlow, que facilitan la interacción entre el controlador y los dispositivos de red. Estos elementos trabajan juntos para proporcionar una red más flexible y eficiente.

Un aspecto importante del controlador SDN que menciona Santamaría Sandoval (2020) es que el controlador tiene el rol de sistema operativo (OS, por sus siglas en inglés) para la red e implementa el plano de control de esta. También, el controlador implementa las políticas de red y controla los dispositivos SDN que pertenecen a la red y proporciona la interfaz hacia las API de usuario. Y, a bajo nivel, su interfaz permite la comunicación con los conmutadores del protocolo de flujo abierto, OpenFlow.

Según Pereira & Gamess (2017), OpenFlow es la primera interfaz estandarizada diseñada específicamente para SDN, brindando alto desempeño, y control de tráfico granular en dispositivos de múltiples fabricantes. OpenFlow es un protocolo SDN abierto que se utiliza para controlar el plano de datos de los dispositivos SDN desde un nodo central. Constituye la primera interfaz de comunicación estándar definida entre los planos de datos y control de una arquitectura SDN y





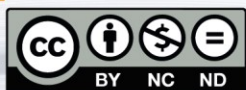
permite el acceso directo y la manipulación del plano de datos de routers y switches, tanto físicos, como virtuales. El protocolo se implementa en ambos lados de la interfaz entre los dispositivos de la infraestructura de red y el software de control SDN. Utiliza el concepto de flujos para identificar el tráfico de la red basado en reglas estáticas predefinidas o en reglas programadas dinámicamente por el software de control SDN.

De acuerdo a Dueñas Santos, Marín Muro, & Cruz Enríquez (2017), entre una red SDN y una red tradicional, el enfoque que existe es diferente: una red SDN después de instalados los flujos, las rutas para encaminar las tramas se almacenan en la memoria para lograr un mejor rendimiento; mientras que en una red tradicional es necesario analizar todas las tramas entrantes en cada conmutador, como parte del proceso de aprendizaje de direcciones MAC así como de actualización de una base de datos interna en el conmutador que posee la dirección física del host y el puerto de origen. En la Tabla 1, se presenta una comparativa de sus características y diferencias.

**Tabla 1.**  
*Comparación entre una Red SDN y una Red Tradicional*

Red SDN	Red Tradicional
Control centralizado	Control específicas de los dispositivos
Es programable	No es programable
Interfaz abierta	Interfaz cerrada.
El plano de datos y el plano de control están desacoplado por software.	El plano de datos y el plano de control se montan en el mismo plano.
Puede priorizar y bloquear paquetes de red específicos.	Es compatible con la configuración estática/manual, por lo que lleva más tiempo.
La complejidad estructural es baja.	La complejidad estructural es alta.
Acceso por software al plano de datos.	Acceso al plano de datos en el hardware.
Arquitectura flexible y fácil de escalar.	Arquitectura estática difícil de modificar.
Facilita la adopción de nuevas tecnologías.	Más lenta, debido a la complejidad de implementación.

**Nota:** Esta tabla compara las características principales de las Redes Definidas por Software (SDN) con las redes tradicionales, destacando aspectos como el control, la programabilidad, la arquitectura





y la escalabilidad. Adaptado de (Amaya Fariño et al., 2022).

El impacto de SDN en redes tradicionales es notable en varios aspectos. En cuanto a la eficacia operativa, la segregación del plano de control facilita una configuración y una administración más eficaces de la red. Además, la flexibilidad y adaptabilidad les permite ajustarse rápidamente a cambios en el tráfico y las políticas, lo que mejora significativamente la calidad del servicio. La capacidad de programar la red introduce un alto grado de automatización, permitiendo automatizar numerosas tareas de gestión, lo que reduce errores humanos y tiempos de configuración.

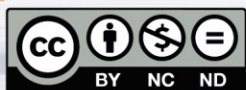
## Métodos y materiales

Para la realización de este estudio, se empleó un enfoque documental y bibliográfico, complementado con simulaciones prácticas llevadas a cabo en entornos controlados. El análisis teórico permitió la recopilación de información y la conceptualización de los principios fundamentales de SDN. Además, las simulaciones se realizaron utilizando el software Mininet, ejecutado sobre el hipervisor VirtualBox, lo que permitió la configuración y ejecución de distintas topologías de red para SDN.

Para simular una red tradicional, se utilizó Packet Tracer, proporcionando una visión detallada del comportamiento y la configuración de las redes convencionales. Los materiales utilizados incluyen un computador adecuado para ejecutar las simulaciones, y el software empleado fue Mininet para la creación de las topologías SDN, Packet Tracer para la simulación de redes tradicionales, y literatura académica relevante. Esta combinación de métodos teóricos y prácticos permitió una evaluación integral del impacto de SDN en redes tradicionales.

## Resultados

Mediante la utilización de la herramienta de emulación de redes SDN mininet se pueden desarrollar escenarios para compartir conocimientos sobre cómo manejar los laboratorios de ciencia de manera virtual y efectiva y, así, beneficiar las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Estos laboratorios virtuales que utilizan tecnología SDN, ofrecen a los usuarios, especialmente a profesores y estudiantes, experiencias de aprendizaje que pueden resultar poco prácticas en las aulas físicas. Los

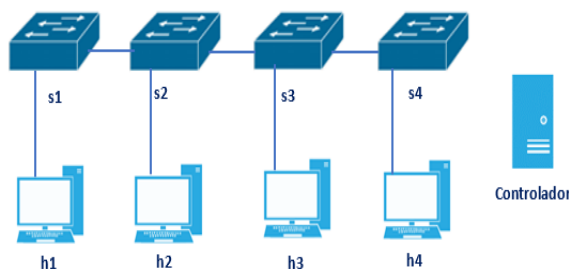


usuarios pueden diseñar, desarrollar y lograr experimentos predeterminados que simulen experiencias y procesos en contextos del mundo real (Silva, 2021).

A través de la información recopilada y las simulaciones realizadas, se obtuvo un análisis detallado de los diversos aspectos abordados en relación con el impacto de las Redes Definidas por Software (SDN) en la gestión de redes tradicionales, así como su aplicación en entornos de simulación y aprendizaje. En la "Guía de implementación y uso del emulador de redes Mininet", de Ramírez (2015), describe detalladamente cómo utilizar Mininet para crear y gestionar redes simuladas. Esta guía permitió el desarrollo de diversos escenarios y topologías de red para evaluar el impacto de las Redes Definidas por Software (SDN) en la gestión de redes tradicionales. Por ejemplo, en la figura 2, se utilizó el comando: ***sudo mn --topo=linear,k=4,n=1*** este comando genera una topología lineal donde ***k=4*** indica que se crean 4 switches conectados en serie, y ***n=1*** indica que se conecta un host por cada switch de flujo abierto. Además, se incluye un controlador ***c0*** que gestiona los switches. Esta configuración permite evaluar la propagación del tráfico y la latencia. a través de una cadena de switches.

**Figura 2**  
*Topología lineal*

```
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo=linear,k=4,n=1
*** Creating network
*** Adding controller
*** Adding hosts:
h1 h2 h3 h4
*** Adding switches:
s1 s2 s3 s4
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s2) (h3, s3) (h4, s4) (s2, s1) (s3, s2) (s4, s3)
*** Configuring hosts
h1 h2 h3 h4
*** Starting controller
c0
*** Starting 4 switches
s1 s2 s3 s4 ...
*** Starting CLI:
mininet> _
```



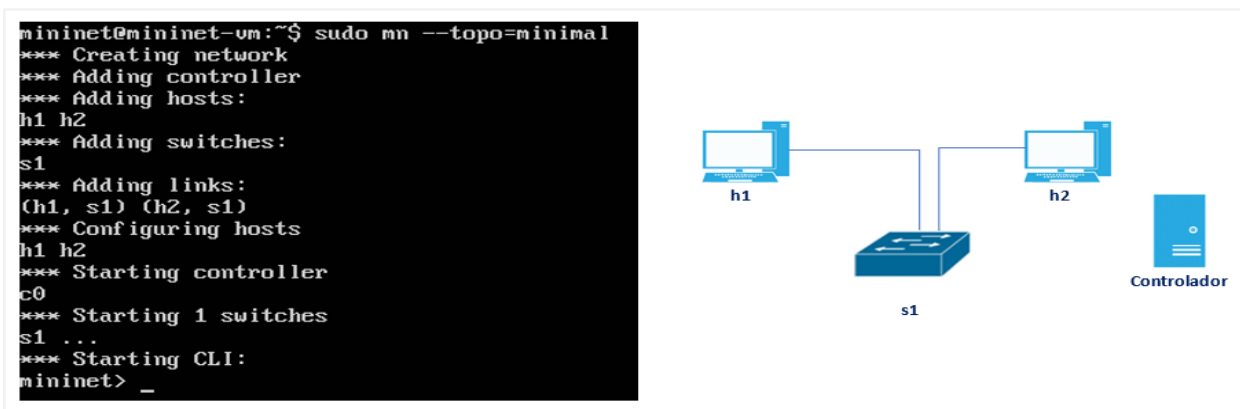
**Nota:** Captura de pantalla de la simulación en Mininet que muestra una topología lineal.



Para una topología mínima, se empleó el comando ***sudo mn --topo=minimal***. Este comando crea la configuración de red más básica posible, con un solo switch y dos hosts conectados a él, gestionados por un controlador ***co***. Esta topología sirve como base para comparar la eficiencia de gestión y control en una configuración simplificada.

**Figura 3.**

*Topología básica (minimal)*

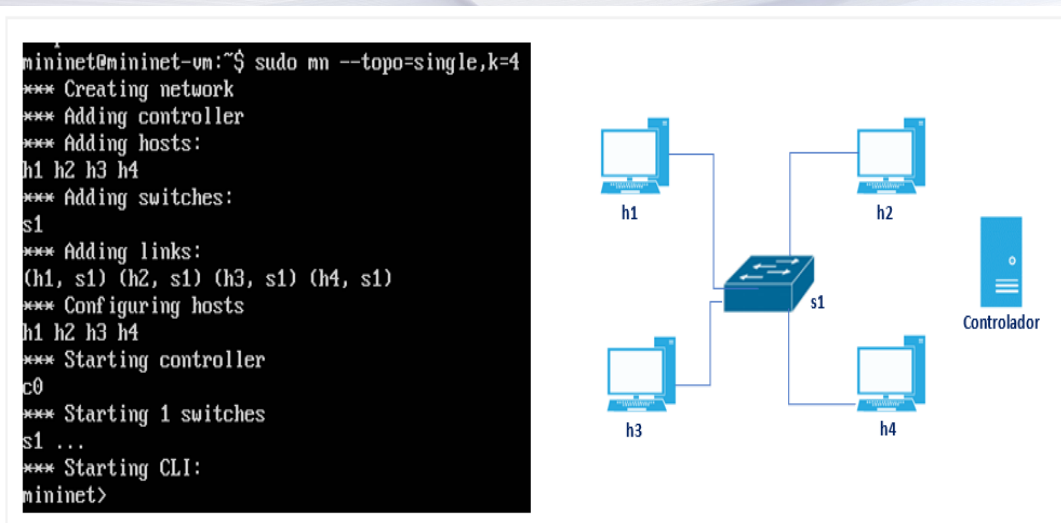


**Nota:** Captura de pantalla de la simulación en Mininet que muestra una topología minimal.

Para una topología con un solo switch y varios hosts, se utilizó ***sudo mn --topo=single,k=4***. Con este comando, se genera una topología con un solo switch (***single***) al que se conectan 4 hosts (***k=4***), controlados por un controlador ***co***. Esta configuración permite analizar la gestión del tráfico y la latencia en una red con un único punto de conmutación.

**Figura 4.**

*Topología con un solo switch (single)*



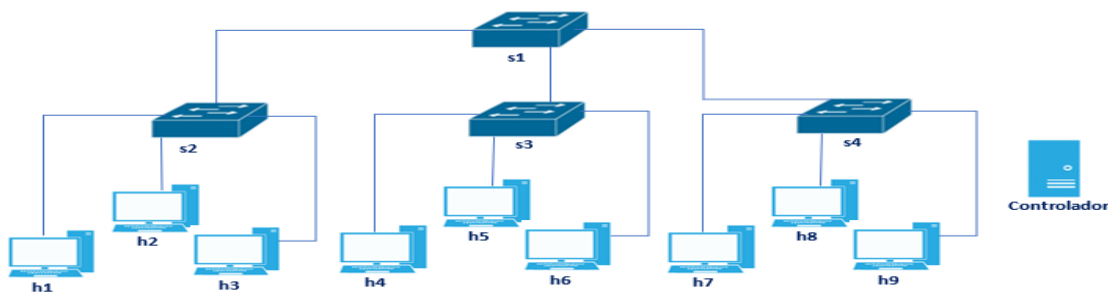
**Nota:** Captura de pantalla de la simulación en Mininet que muestra una topología single.

Para una topología en forma de árbol, se ejecutó ***sudo mn --topo=tree,depth=2,fanout=3***. Este comando crea una topología en forma de árbol con una profundidad de 2 niveles ( $depth=2$ ) y un factor de expansión de 3 ( $fanout=3$ ). Esto significa que hay una switch raíz que se conecta a 3 switches de primer nivel, y cada uno de estos switches de primer nivel se conecta a 3 hosts, todo gestionado por un controlador co. Esta estructura es útil para evaluar la escalabilidad y la eficiencia de la gestión de tráfico en una red jerárquica.

**Figura 5.**

## Topología árbol

```
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo=tree,depth=2,fanout=3
*** Creating network
*** Adding controller
*** Adding hosts:
h1 h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9
*** Adding switches:
s1 s2 s3 s4
*** Adding links:
(s1, s2) (s1, s3) (s1, s4) (s2, h1) (s2, h2) (s2, h3) (s3, h4) (s3, h5) (s3, h6) (s4, h7) (s4, h8) (s4, h9)
*** Configuring hosts
h1 h2 h3 h4 h5 h6 h7 h8 h9
*** Starting controller
c0
*** Starting 4 switches
s1 s2 s3 s4 ...
*** Starting CLI:
mininet> _
```



**Nota:** Captura de pantalla de la simulación en Mininet que muestra una topología árbol.

En Mininet, para verificar la conectividad entre todos los hosts en una red simulada, se ejecutó la siguiente línea de comando **sudo mn --test pingall**. Al ejecutarlo, se pide a Mininet que envíe paquetes de ping desde cada host a todos los demás, asegurando así que todos los nodos puedan comunicarse entre sí.

Usando **sudo**, se obtienen los permisos necesarios para realizar estas configuraciones de red. Si todos los pings tienen éxito, significa que la red está correctamente configurada y funcionando; si hay fallos, indica problemas de conectividad que deben resolverse.

**Figura 6.**

*Test de conectividad*

```
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --test=pingall
*** Creating network
*** Adding controller
*** Adding hosts:
h1 h2
*** Adding switches:
s1
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s1)
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Waiting for switches to connect
s1
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> h2
h2 -> h1
*** Results: 0% dropped (2/2 received)
*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 2 links
..
*** Stopping 1 switches
s1
*** Stopping 2 hosts
h1 h2
*** Done
completed in 5.377 seconds
mininet@mininet-vm:~$ _
```

**Nota:** Captura de pantalla de la simulación en Mininet que muestra los resultados del test de conectividad (pingall) entre los hosts h1 y h2 en una topología simple.

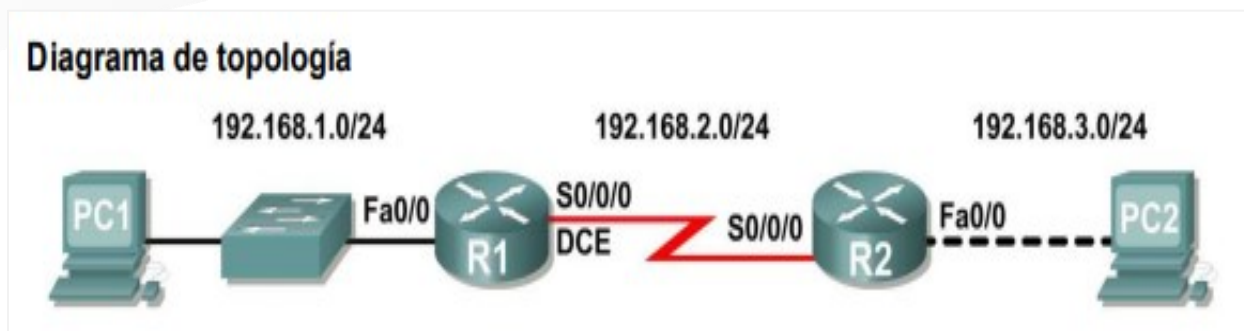
Los escenarios en Mininet proporcionaron un entorno controlado para medir parámetros claves como el tiempo de configuración, la utilización de recursos, lo que facilita una evaluación de los beneficios y desafíos de integrar SDN en infraestructuras de red existentes.

Para evaluar la configuración de redes tradicionales y su comparación con las Redes Definidas por Software (SDN), se llevó a cabo una práctica utilizando Packet Tracer.

La configuración de la red tradicional se basó en el diagrama de topología (figura 7), utilizando routers Cisco 1841 y otros dispositivos de red. El objetivo era conectar los enlaces Ethernet entre los dispositivos. Se utilizó un cable directo de Ethernet para conectar la interfaz FastEthernet 0/0 del router R1 a la interfaz FastEthernet 0/1 del switch S1. Para conectar la tarjeta de interfaz de red (NIC) de PC1 a la interfaz FastEthernet 0/2 del switch S1, se empleó un cable directo de Ethernet. Para conectar la interfaz FastEthernet 0/0 del router R2 a la NIC de la PC2, se utilizó un cable Ethernet de conexión cruzada. Dado que no había un switch entre la PC2 y el router R2, fue necesario un cable de conexión cruzada para establecer un enlace directo entre la PC y el router.

**Figura 7.**

*Topología básica, en Packet Trace*



**Nota:** Esta figura muestra una topología básica simulada en Packet Tracer, que incluye dos redes locales (192.168.1.0/24 y 192.168.2.0/24) conectadas a través de dos routers (R1 y R2) y una conexión serial. Adaptado de (Cisco Networking Academy, s.f.).

## Discusión

Este estudio ha demostrado que las Redes Definidas por Software (SDN) pueden ofrecer mejoras sustanciales en la gestión de redes tradicionales, aunque con ciertos desafíos que deben ser abordados para una adopción exitosa. La simulación y el aprendizaje continuo son esenciales para maximizar los beneficios de SDN y mitigar sus riesgos. Mininet es un entorno muy completo para inmiscuirse en las SDN, pero también tiene sus limitaciones una de esta es que solo es posible ejecutarlo en entornos Linux lo que en caso de querer utilizar otras herramientas exclusivas de otros sistemas no será posible. (Torres Quijije y Zuñiga Paredes, 2021)

La configuración de la red tradicional en Packet Tracer resultó ser más compleja y manual en comparación con la configuración de SDN en Mininet. En las redes tradicionales, cada conexión requiere una configuración física específica y una verificación manual del estado de los enlaces, como se observó con las luces de estado de enlace. Además, la necesidad de utilizar diferentes tipos de cables (directos y cruzados) añade otra capa de complejidad.

En contraste, la configuración de SDN en Mininet permite definir topologías y conexiones de manera programática mediante comandos, lo que simplifica y acelera el proceso de configuración. La



capacidad de gestionar la red de manera centralizada, a través de un controlador SDN también reduce la necesidad de intervenciones manuales y facilita la automatización de tareas de configuración y gestión del tráfico.

El análisis realizado sugiere que la enseñanza de redes definidas por software (SDN) en entornos educativos presenta tanto oportunidades como desafíos. Si bien el uso de simulaciones facilita la comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades prácticas, la transición desde el enfoque tradicional de redes requiere una actualización en los programas académicos y una capacitación constante para docentes y estudiantes. El estudio se basó principalmente en simulaciones y análisis documentales, lo que limita los resultados a implementaciones en entornos de producción reales. Aunque Mininet proporciona una plataforma robusta para probar y evaluar configuraciones de SDN, las condiciones en un entorno de simulación no siempre replican fielmente las complejidades de una red operativa en el mundo real.

## Conclusiones

El estudio presenta una visión general del impacto de las Redes Definidas por Software (SDN) en la gestión de redes tradicionales, a través de un enfoque documental y bibliográfico complementado con simulaciones prácticas, se logró evaluar de forma práctica cómo SDN puede transformar la administración y el funcionamiento de las redes convencionales.

Mininet es reconocida por su capacidad para replicar redes definidas por software (SDN) e incorporar controladores SDN, lo que proporciona una configuración altamente flexible y personalizada para evaluar las configuraciones de red. Resulta especialmente útil para investigadores y profesionales que buscan una plataforma robusta para experimentar con topologías complejas y evaluar el comportamiento de SDN en ambientes controlados. En el campo educativo, el uso de Mininet permite a los estudiantes adquirir conocimientos prácticos y teóricos de manera interactiva y experimental, facilitando un aprendizaje profundo y comprensivo sobre las tecnologías de redes emergentes.

En la investigación se concluyó que la importancia de esta radica en la necesidad de comprender la manera en que las redes definidas por software (SDN) tienen el potencial de mejorar la





administración de redes convencional al utilizar de una manera más eficiente los recursos y la operatividad. Básicamente, la implementación de la SDN ofrece soluciones para los problemas frecuentes en la administración de redes tradicional, como la complejidad que implica configurar y supervisar el tráfico.

## Referencias bibliográficas

Amaya Fariño, L., Arroyo Pizarro, J., Jaramillo Infante, M., Tumbaco Reyes, A., y Mendoza Morán, B. (2022). SDN Redes Definidas por Software usando MiniNet. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 9, 48-56. <https://doi.org/10.26423/rctu.v9i1.489>

Bernal, I., y Mejía, D. (2016). Las Redes Definidas por Software y los Desarrollos Sobre Esta Temática en la Escuela Politécnica Nacional. *Revista Politécnica*, 37, 12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=688773645006>

Cisco Networking Academy. (s.f.). *Academia - Jorge Ceballos Herrera*. Consultado el 15 de Junio de 2024. CCNA Exploration 4.0 Conceptos y protocolos de enrutamiento Manual de prácticas de laboratorio para el instructor: [https://www.academia.edu/6288572/CCNA\\_Exploration\\_4\\_0](https://www.academia.edu/6288572/CCNA_Exploration_4_0)

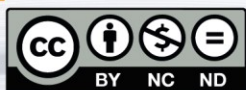
Dueñas Santos, C., Marín Muro, Y., y Cruz Enriquez, H. (2017). *Red SDN vs Red Tradicional*. In Conferencia Científica Internacional Holguin. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Duenas-Santos/publication/319097382\\_SDN\\_Network\\_vs\\_Traditional\\_Network/links/59907fb8458515b87b4ac111/SDN-Network-vs-Traditional-Network.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Duenas-Santos/publication/319097382_SDN_Network_vs_Traditional_Network/links/59907fb8458515b87b4ac111/SDN-Network-vs-Traditional-Network.pdf)

Fundación Carlos Slim. (s.f.). *Fundamentos de redes definidas por software (SDN)*. Consultado: 10 de Junio de 2024. Capacítate para el empleo: <https://capacitateparaelemplo.org/cursos/view/369>

Pereira, G., y Gamess, E. (2017). Lineamientos para el Despliegue de Redes SDN/OpenFlow. *Revista Venezolana de Computación*, 4, 21-33. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_vcomp/article/view/14899](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_vcomp/article/view/14899)

Ramírez, J. L. (2015). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN Y USO DEL EMULADOR DE REDES MININET: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/89be646b-1a80-4624-b773-0387a1c7c67d/content>

Santamaría Sandoval, J. R. (2020). La gestión en redes definidas por software (SDN) desde la perspectiva de FCAPS. *Revistas UNED*, 23, 1-12. <https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.2870>





Silva, J. (2021). Tecnología de red definida por software para el aprendizaje en grupos de investigación y educación. *Revista Innova Educación*, 3, 12. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.03.005.es>

Sulca, M. I. (28 de Febrero de 2018). *Redes Definidas por Software (SDN) - IV Semana de la Informática de 2018*. TECSUP - Universidad Complutense de Madrid : <https://informatica.ucm.es/data/cont/media/www/pag-103596/transparencias/redes-por-software-SDN.pdf>

Torres Quijije, Á., y Zúñiga Paredes, A. (2021). Análisis de herramientas que permitan el modelado de tráfico en redes SD. *CentroSur Editorial*, 1-15. <https://doi.org/10.37955/cs.v4i2.60>

