



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Desarrollo de escenarios de simulación de protocolos de enrutamiento
reactivos para redes inalámbricas malladas**

AUTOR:

Amaya Fariño, Luis Miguel

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de

MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

Guayaquil, 30 de enero de 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Magíster **Amaya Fariño, Luis Miguel** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN TELECOMUNICACIONES**.

TUTOR

Palacios Meléndez, Edwin Fernando

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Romero Paz, Manuel de Jesús

Guayaquil, 30 de enero de 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Amaya Fariño, Luis Miguel**

DECLARÓ QUE:

El Trabajo de Titulación “**Desarrollo de escenarios de simulación de protocolos de enrutamiento reactivos para redes inalámbricas malladas**”, previa a la obtención del grado Académico de **Magíster en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 30 de enero de 2017

EL AUTOR

Amaya Fariño, Luis Miguel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Amaya Fariño, Luis Miguel**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación de Maestría titulado: “**Desarrollo de escenarios de simulación de protocolos de enrutamiento reactivos para redes inalámbricas malladas**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 30 de enero de 2017

EL AUTOR

Amaya Fariño, Luis Miguel

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento	Amaya_Final_MET2016.docx (D25010927)
Presentado	2017-01-15 21:07 (-05:00)
Presentado por	fernandopm23@hotmail.com
Recibido	edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com
Mensaje	2da revisión Mostrar el mensaje completo 2% de esta aprox. 21 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 2 fuentes.

Lista de fuentes		Bloques
+	Categoría	Enlace/nombre de archivo
+	>	FINAL_TESIS_RL_01122016_FINAL_MAESTRI... <input type="checkbox"/>
+		Trabajo de titulacion Santiago Ramos Ofic... <input type="checkbox"/>
+		Trabajo de titulacion Santiago Ramos Ofic... <input type="checkbox"/>
+		Trabajo de titulacion Paola Santos_Final.d... <input type="checkbox"/>
+		http://www.angelfire.com/mac2/rodrigo/t... <input checked="" type="checkbox"/>

Reiniciar Exportar Compartir ?

0 Advertencias.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO MAESTRÍA EN
TELECOMUNICACIONES

TEMA: Desarrollo de escenarios de simulación de
protocolos de enrutamiento reactivos para redes
inalámbricas malladas

AUTOR: Amaya Fariño, Luis Miguel

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado
Académico de Magíster en Telecomunicaciones

TUTOR: Palacios Meléndez, Edwin Fernando

Guayaquil, Ecuador

Guayaquil, 15 de noviembre del 2016

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE

Dedicatoria

Dedico esta tesis sobre todas las cosas a Dios.

De igual forma dedico de manera especial esta parte de mi vida profesional a mi esposa, a mis hijos, a mis padres que sin su ayuda y con su esfuerzo lograron darme las bases de responsabilidad y deseos de superación.

Este logro se los dedico a ustedes, este proyecto de vida fue una meta que la cumplí por ustedes y para ustedes, a Dios gracias por la hermosa familia que tengo ese fue el pilar fundamental para seguir adelante y ser un ejemplo de superación para mis hijos.

Agradecimientos

Primeramente agradezco a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil a la Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo a su cuerpo de docentes por haberme inculcado las bases profesionales para culminar esta etapa profesional.

Un agradecimiento muy especial al Director del Programa Ing. Manuel De Jesús Romero Paz, por su apoyo en cada etapa del programa del masterado.

Agradezco de manera fundamental al Ing. Edwin Fernando Palacios Meléndez, por brindarme sus conocimientos científicos y capacidades de docencia durante todo el desarrollo de la tesis.

También agradezco a mis amigos de masterado que con su ayuda y motivación lograron guiarme en la culminación del programa.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO

TUTOR

f. _____

CÓRDOVA RIVADENEIRA, LUIS SILVIO

REVISOR

f. _____

ZAMORA CEDEÑO, NESTOR ARMANDO

REVISOR

f. _____

ROMERO PAZ MANUEL DE JESÚS

DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
Resumen	XIV
Abstract.....	XV
Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.....	16
1.1. Introducción.....	16
1.2. Antecedentes.....	17
1.3. Definición del problema	18
1.4. Objetivos.....	18
1.5. Hipótesis.....	18
1.6. Metodología de investigación.....	19
Capítulo 2: Estado del Arte.....	20
2.1. Redes inalámbricas malladas.....	20
2.1.1. Enrutadores de malla.....	20
2.1.2. Clientes de malla	21
2.2. Arquitectura de redes inalámbricas malladas.....	22
2.2.1. Redes inalámbricas malladas de infraestructura o backbone. 22	
2.2.2. Red inalámbrica mallada de cliente.....	24
2.2.3. Red inalámbrica mallada híbrida.....	25
2.3. Características de las redes inalámbricas malladas.....	26
2.4. Diferencia entre redes inalámbricas malladas y Ad-Hoc.....	26
2.5. Tecnología de las redes inalámbricas malladas.....	27
2.6. Redes Ad-Hoc vs Redes Ad-Hoc móviles	27
2.7. Historia de las redes MANETs.....	30
2.8. Protocolos de enrutamiento para MANETs	30
2.8.1. Protocolo DSDV.....	33

2.8.2.	Protocolo CGSR.....	34
2.8.3.	Protocolo AODV.....	37
2.8.4.	Protocolo DSR.....	39
2.8.5.	Protocolo TORA.....	41
Capítulo 3: Desarrollo y Evaluación.....		42
3.1.	Configuración de parámetros del entorno de simulación.....	42
3.2.	Desarrollo de escenarios de simulación.....	44
3.2.1.	Primera parte: escenarios de simulación 1.....	44
3.2.2.	Segunda parte: escenarios de simulación 2.....	44
3.3.	Configuraciones de los protocolos de enrutamiento reactivo.....	46
3.3.1.	Configuración del protocolo de enrutamiento de origen dinámico.....	47
3.3.2.	Configuración del algoritmo de enrutamiento temporalmente ordenado.....	48
3.4.	Análisis de resultados obtenidos.....	49
3.4.1.	Análisis del rendimiento de la red inalámbrica mallada.....	50
3.4.2.	Resultados del escenario con nodos sin soporte de movilidad.....	50
3.4.3.	Resultados del escenario con nodos con soporte de movilidad.....	55
Conclusiones.....		61
Recomendaciones.....		62
Bibliografía.....		63

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2:

Figura 2. 1: Ejemplos de enrutadores de malla basados en diferentes sistemas embebidos: (a) PowerPC y (b) ARM.....	21
Figura 2. 2: Ejemplos de clientes de malla: (a) laptop, (b) Tablet o iPad, (c) Smartphone y (d) lector RFID Wifi.	21
Figura 2. 3: Esquemático de red inalámbrica mallada de infraestructura o backbone.	22
Figura 2. 4: Red inalámbrica malla de cliente.	24
Figura 2. 5: WMNs híbridos.	25
Figura 2. 6: Ejemplo de una red Ad-hoc híbrida.....	28
Figura 2. 7: Categorización de los protocolos de enrutamiento Ad-Hoc.	32

Capítulo 3:

Figura 3. 1: Diseño de simulación de 25 nodos móviles MANET con movilidad.....	45
Figura 3. 2: Diseño de simulación de 25 nodos móviles MANET sin movilidad.....	46
Figura 3. 3: Parámetros de enrutamiento en redes inalámbricas malladas.	47
Figura 3. 4: Parámetros requeridos en el protocolo de enrutamiento de origen dinámico.....	48
Figura 3. 5: Parámetros requeridos del algoritmo de ruteo temporalmente ordenado.....	49
Figura 3. 6: Rendimiento protocolo DSR con 10 nodos.	50
Figura 3. 7: Rendimiento protocolo DSR con 25 nodos.	51
Figura 3. 8: Comparativa entre nodos móviles para el protocolo DSR.	51
Figura 3. 9: Rendimiento protocolo TORA con 10 nodos.....	52
Figura 3. 10: Rendimiento protocolo TORA con 25 nodos.....	52
Figura 3. 11: Comparativa entre nodos móviles para el protocolo TORA.	53
Figura 3. 12: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 10 nodos móviles.....	54

Figura 3. 13: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 25 nodos móviles.....	54
Figura 3. 14: Rendimiento protocolo DSR con 10 nodos con soporte de movilidad.....	55
Figura 3. 15: Rendimiento protocolo DSR con 25 nodos con soporte de movilidad.....	56
Figura 3. 16: Comparativa entre 10 y 25 nodos móviles del protocolo DSR con soporte de movilidad.	56
Figura 3. 17: Rendimiento protocolo TORA con 10 nodos con soporte de movilidad.....	57
Figura 3. 18: Rendimiento protocolo TORA con 25 nodos con soporte de movilidad.....	57
Figura 3. 19: Comparativa entre 10 y 25 nodos móviles para el protocolo TORA con soporte de movilidad.	58
Figura 3. 20: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 10 nodos móviles con soporte de movilidad.	58
Figura 3. 21: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 25 nodos móviles con soporte de movilidad.	59

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Configuración de los parámetros del primer escenario de simulación..... 44

Tabla 3. 2: Configuración de los parámetros del segundo escenario de simulación..... 45

Resumen

Durante el desarrollo del trabajo de titulación se buscó la herramienta de simulación de redes de comunicaciones, que satisfaga con la mayoría de características de una red inalámbrica mallada (WMN). Antes de la búsqueda se realiza una descripción general de las redes inalámbricas, ventajas y principales funciones. También, se describe ciertos protocolos de enrutamiento reactivos, entre los cuales se explican el protocolo de enrutamiento de origen dinámico (DSR) y algoritmo de ruteo temporalmente ordenado (TORA). La plataforma de simulación que se utiliza es Opnet Modeler, siendo esta herramienta la más completa al momento de modelar diferentes redes de comunicaciones utilizando diferentes escenarios, tales como, protocolos de enrutamiento, modulaciones analógicas y digitales, entre otras. Se modelan escenarios de simulación para nodos móviles con y sin soporte de movilidad de una red inalámbrica mallada (WMN) a través de protocolos de enrutamiento reactivos. Finalmente, el protocolo DSR resulta tener el mejor rendimiento durante las ejecuciones de los dos escenarios de simulación.

Palabras clave: MANET, WMN, DSR, TORA, Simulación, Rendimiento.

Abstract

During the development of the titling work we searched for the communications network simulation tool, which satisfies most of the characteristics of a wireless mesh network (WMN). Before the search, a general description of the wireless networks, advantages and main functions is realized. Also, certain reactive routing protocols are described, among which the dynamic source routing protocol (DSR) and the temporally ordered routing algorithm (TORA) are explained. The simulation platform that is used is Opnet Modeler, being this tool the most complete when modeling different communication networks using different scenarios, such as, routing protocols, analog and digital modulations, among others. Simulation scenarios are modeled for mobile nodes with and without mobility support of a wireless mesh network (WMN) through reactive routing protocols. Finally, the DSR protocol has the best performance during the execution of the two simulation scenarios.

Key words: MANET, WMN, DSR, TORA, Simulation, Performance.

Capítulo 1: Generalidades del proyecto de grado.

1.1. Introducción.

A diferencia de las redes inalámbricas tradicionales, las redes inalámbricas malladas (WMN) no se basan en infraestructura fija. En lugar de esto, los hosts dependen unos de otros para mantener la conexión. Las WMNs proporcionan acceso a Internet de banda ancha de bajo costo, cobertura de redes de área local inalámbrica (WLAN) y conexión de red a hosts fijos o móviles para operadores de redes y usuarios. La razón de preferir redes inalámbricas malladas es que son fáciles de implementar y rápidas.

De manera general, una WMN típica consiste en enrutadores de malla y clientes de malla. Los enrutadores de malla están fijos. Tienen una infraestructura inalámbrica y trabajan con las otras redes para proporcionar un servicio de acceso a Internet de múltiples saltos para clientes de malla. Por otro lado, los clientes de malla pueden conectarse a la red a través de enrutadores de malla y otros clientes. En estas redes, debido al gran número de nodos, se requiere trabajar con algunos temas como seguridad, escalabilidad y capacidad de administración. Por lo tanto, las nuevas aplicaciones de WMNs requieren de implementación de mecanismos de seguridad.

A pesar de los avances significativos en los últimos años, aún quedan muchos problemas por resolver antes de que se cumpla plenamente la promesa de las WMN. El rendimiento del tráfico unicast, multicast y de difusión sigue siendo un tema de investigación. Existen problemas con el rendimiento de la capa física y el control de acceso al medio eficaz en un entorno multihost.

La asignación de canales en redes multiradio (para minimizar la interferencia) también ha atraído su atención. La industria, la academia y los organismos de normalización están trabajando activamente para llevar esta tecnología al mercado.

Aunque, el principal problema de esta tecnología es la complejidad de las WMN. Aunque el diseño, el despliegue y la transmisión de paquetes son fáciles, es realmente difícil alcanzar un rendimiento óptimo para proporcionar seguridad y robustez, aunque no imposible de implementar mecanismos de seguridad.

1.2. Antecedentes.

Durante la fase investigativa, se encontraron trabajos donde evalúan mediante herramientas de calidad y posterior ensayo de prototipos en un ambiente cercano al entorno real. En el caso de redes inalámbricas malladas, en comparación con las redes inalámbricas tradicionales, hay un desafío adicional, debido a la estructura de la red, los roles de la red, así como la movilidad de los clientes y sus funciones.

El enrutamiento es un mecanismo a través del cual el paquete puede transferir desde la fuente hasta el destino final. Debido a las características de autoconfiguración y autoconocimiento de las WMNs, se espera que en los nodos de WMN puedan decidir el mejor camino automáticamente. La comunicación eficiente en WMN depende de estas decisiones de enrutamiento

También vale la pena mencionar que existen algunas características específicas de las redes inalámbricas malladas que proporcionan condiciones adicionales para simularlas, tales como:

- a. tasas de transmisión implícita limitada y alta tasa de pérdida;
- b. saltos múltiples para que el tráfico que se envía a través de nodos que no estén en el rango directo del nodo que lo genera;

- c. redundancia que implica enlaces redundantes en la red backbone inalámbrica;
- d. movilidad mientras que los nodos principales son en su mayoría estacionarios, los clientes de la red deben ser tratados en modelos de simulación como móviles;

1.3. Definición del problema

La mayoría de redes inalámbricas típicas se modelan de acuerdo a los estándares de la IEEE, aunque muy pocos trabajos realizan modelos de simulación de redes inalámbricas malladas. Por tal motivo, surge la necesidad de diseñar diferentes escenarios de simulación de protocolos de enrutamiento proactivos para redes inalámbricas malladas con 10 y 25 nodos móviles con y sin soporte de movilidad, para el cual se utilizará la herramienta Opnet Modeler.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Desarrollar escenarios de simulación de protocolos de enrutamiento reactivos para redes inalámbricas malladas sobre la plataforma Opnet.

1.4.2. Objetivos específicos.

- ✓ Describir el estado del arte de las redes inalámbricas y de protocolos de enrutamiento reactivos.
- ✓ Diseñar los escenarios de simulación para 10 y 25 nodos con y sin soporte de movilidad de una red inalámbrica mallada sobre Opnet.
- ✓ Analizar los resultados de la métrica de rendimiento de la red inalámbrica mallada.

1.5. Hipótesis

Mediante el desarrollo de los escenarios de simulación se comprobará que el protocolo de enrutamiento de origen dinámico tiene mejor métrica de rendimiento que el algoritmo de ruteo temporalmente ordenado.

1.6. Metodología de investigación.

El método que se utiliza en el presente trabajo de examen complejo es el empírico. El cual nos permite realizar experimentos y observar cómo resultó y sacar conclusiones. Por ejemplo, se utilizará modelos formales de simulación, en un nivel "fácil de entender" y realizar "experimentos artificiales" a través de un ordenador (PC o laptop), también se puede recoger estadísticas y sacar conclusiones de las ejecuciones realizadas.

Capítulo 2: Estado del Arte

2.1. Redes inalámbricas malladas.

El término WMNs describe a las redes inalámbricas malladas (Wireless Mesh Network, WMN) en las que los nodos pueden comunicarse directa o indirectamente con uno o más par de nodos. La palabra malla (mesh) describe que todos los nodos están conectados a todos los otros nodos directamente, pero en la mayoría de las mallas modernas se conectan sólo a un subconjunto de nodos entre sí.

En las redes inalámbricas malladas se tienen dos tipos de nodos, que son:

- a) Enrutadores de malla
- b) Clientes de malla

Ambos tipos de nodos pueden funcionar como un host y enrutador también. Los paquetes se están reenviando en nombre de otros nodos que pueden no estar dentro del rango de transmisión inalámbrica directa de sus destinos.

2.1.1. Enrutadores de malla

Los enrutadores de malla son principalmente dispositivos estacionarios. A través de la tecnología de saltos múltiples (multi-hop), se pueden lograr la misma cobertura que un enrutador convencional, pero con mucha menos energía. Tienen funciones de enrutamiento adicionales que admiten redes de malla. Su gran ayuda a los usuarios, es conectándolos con enrutadores de malla inalámbrica a través de Ethernet a pesar de que no tienen NIC inalámbrico, por lo que el usuario puede estar siempre en línea, en cualquier lugar y a cualquier hora. A través de funciones de pasarela o puente, se integran con diferentes redes inalámbricas existentes, como celulares, o estándares inalámbricos, tales como 802.11 a, b, g y 802.11n.



Figura 2. 1: Ejemplos de enrutadores de malla basados en diferentes sistemas embebidos: (a) PowerPC y (b) ARM.

Elaborado por: Autor

2.1.2. Clientes de malla

Los clientes de malla pueden ser móviles o estacionarios también. Los clientes de malla tienen funciones de malla necesarias y pueden actuar como enrutadores, pero no tienen funcionalidad de puerta de enlace o puente. Sólo tienen una interfaz inalámbrica. Tenemos gran variedad de dispositivos que pueden actuar como clientes de malla.



Figura 2. 2: Ejemplos de clientes de malla: (a) laptop, (b) Tablet o iPad, (c) Smartphone y (d) lector RFID Wifi.

Elaborado por: Autor.

2.2. Arquitectura de redes inalámbricas malladas.

Una WMN se puede clasificar en tres diferentes arquitecturas de red basadas en la topología de red y la funcionalidad de los nodos. Estas categorías se discuten brevemente a continuación.

2.2.1. Redes inalámbricas malladas de infraestructura o backbone.

En este tipo de arquitectura, la red se forma conectando diferentes tipos de nodos que son enrutadores y clientes. Cada nodo está en el mismo nivel que el de sus pares. Incluyen enrutadores de malla que forman una infraestructura para clientes que se conectan a ellos. La infraestructura puede ser construida utilizando diferentes tipos de tecnologías de radio y esta tecnología varía significativamente, tal como se muestra en la figura 2.3.

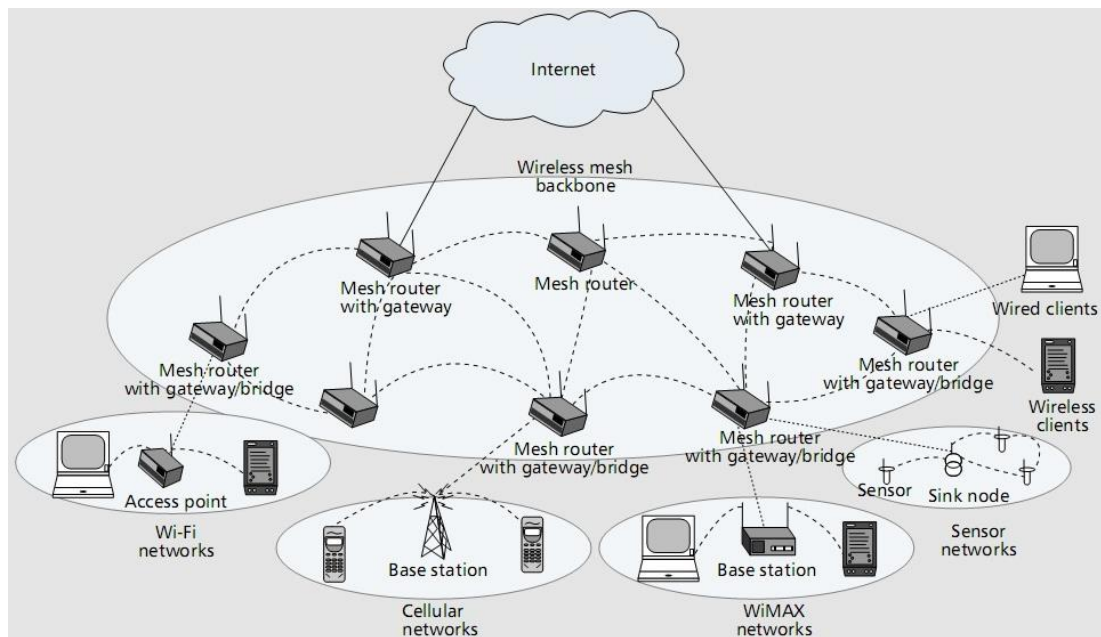


Figura 2. 3: Esquemático de red inalámbrica mallada de infraestructura o backbone.

Fuente: (Babilon, Soares, De Guimaraes, & Marques, 2016)

Tenemos típicamente dos tipos de radios que se utilizan en routers, uno para la comunicación de la columna vertebral y otro para la comunicación del usuario. Las antenas direccionales se utilizan para la

comunicación de largo alcance en la comunicación del backbone. Las redes backbone se están formando mediante auto-configuración.

La red inalámbrica mallada tiene la capacidad de configurarse por sí mismo. Como cualquier nodo final se activa, escucha y encuentra los nodos vecinos y les envía una solicitud para unirse a las redes y luego los nodos se admiten después de cumplir con los requisitos de seguridad de la red. El nodo final establecerá automáticamente la ruta o las rutas, ya que la información que transmite se retransmitirá por nodos vecinos hasta que llegue al nodo central.

Si uno o varios nodos finales se mueven de una ubicación a otra, entonces la función de auto-configuración proporciona la reorganización para esos nodos en redes malladas y mantiene esos nodos funcionando en la red. Esta función proporciona redundancia en la red mallada porque si un nodo se elimina o falla en la red, entonces el mensaje puede transmitirse a través de la red a través de otros nodos. La auto-configuración de la capacidad no proporciona ninguna intervención humana para volver a enrutar los mensajes a los nodos de destino.

A través de la funcionalidad de puerta de enlace, los enrutadores de malla se pueden conectar a Internet y proporciona la red backbone para los clientes convencionales en la red mallada. Los usuarios que tienen interfaz de Ethernet pueden conectarse a routers de malla mediante enlaces Ethernet. Los enrutadores forman una malla conectándose entre sí y son responsables de enrutar los datos del cliente. Los datos pueden viajar a través de múltiples saltos de enrutador antes de llegar a su destino final.

La principal ventaja de esta arquitectura es su simplicidad, y sus desventajas incluyen la falta de escalabilidad de la red y las limitaciones de recursos. Si los clientes convencionales tienen la misma tecnología de radio

que los enrutadores de malla, entonces pueden comunicarse directamente con enrutadores de malla, pero si tienen diferentes tecnologías de radio, los clientes deben comunicarse con las estaciones base que tienen conexiones Ethernet a enrutadores de malla. Por ejemplo: las redes de la comunidad y del vecindario se pueden construir usando esto, los routers de la malla se pueden colocar en el tejado que sirven como punto de acceso para el usuario si son usuarios caseros o lo están utilizando en la carretera.

2.2.2. Red inalámbrica mallada de cliente.

Proporciona las redes peer-to-peer entre los clientes, los nodos clientes realizan el enrutamiento y otras funcionalidades de configuración, además de proporcionar aplicaciones de usuario final a los clientes (véase la figura 2.4). Los clientes mismos realizan estas responsabilidades y mantienen la conectividad de la red. En esto tenemos dispositivos finales más tensos que los de infraestructura. No tenemos una infraestructura central para realizar funciones de red regulares. La malla de cliente se parece a una MANET. No necesitamos enrutador de malla para realizar este tipo de funciones.

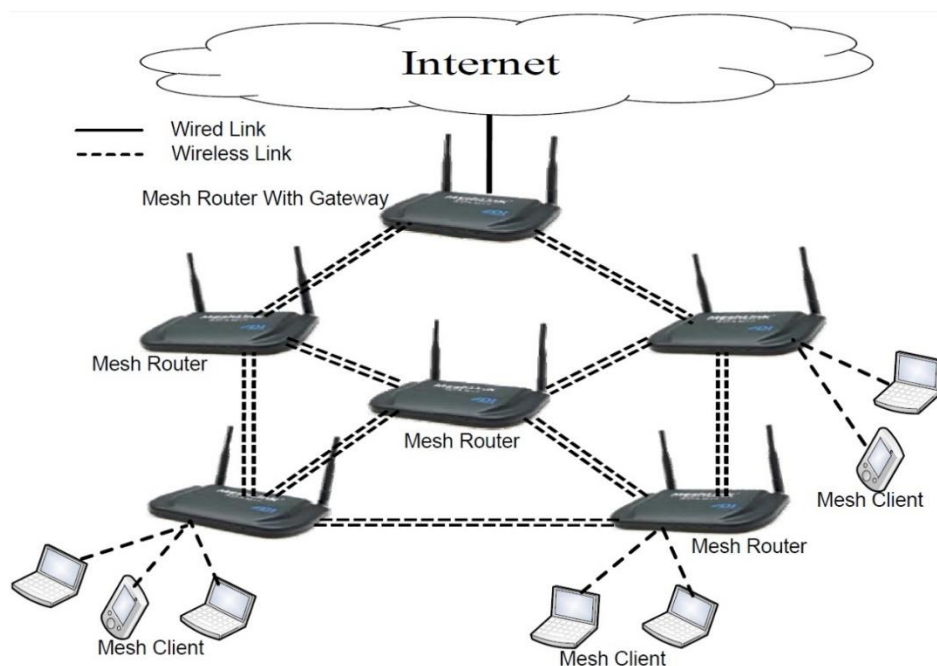


Figura 2. 4: Red inalámbrica mallada de cliente.

Fuente: (A., Othman, Subramaniam, & Abdul Hami, 2012)

Se utilizan nodos múltiples para la entrega de paquetes desde la fuente hasta el destino. Los WMN de cliente se forman mediante el uso de un tipo de radios en los nodos. Dado que los usuarios finales tienen que realizar funciones adicionales, como la auto configuración y el enrutamiento, aumentan sus requisitos en los dispositivos de usuario final en comparación con el mapeo de infraestructura.

2.2.3. Red inalámbrica mallada híbrida.

Esta es la combinación de ambas arquitecturas de infraestructura y cliente. En la malla híbrida a través de enrutadores de malla o directamente mallado cliente con otros clientes de malla pueden tener acceso a la red. Como ya he comentado anteriormente, la infraestructura proporciona conectividad a otras redes como Internet, Wi-Fi, WiMAX, redes celulares y de sensores.

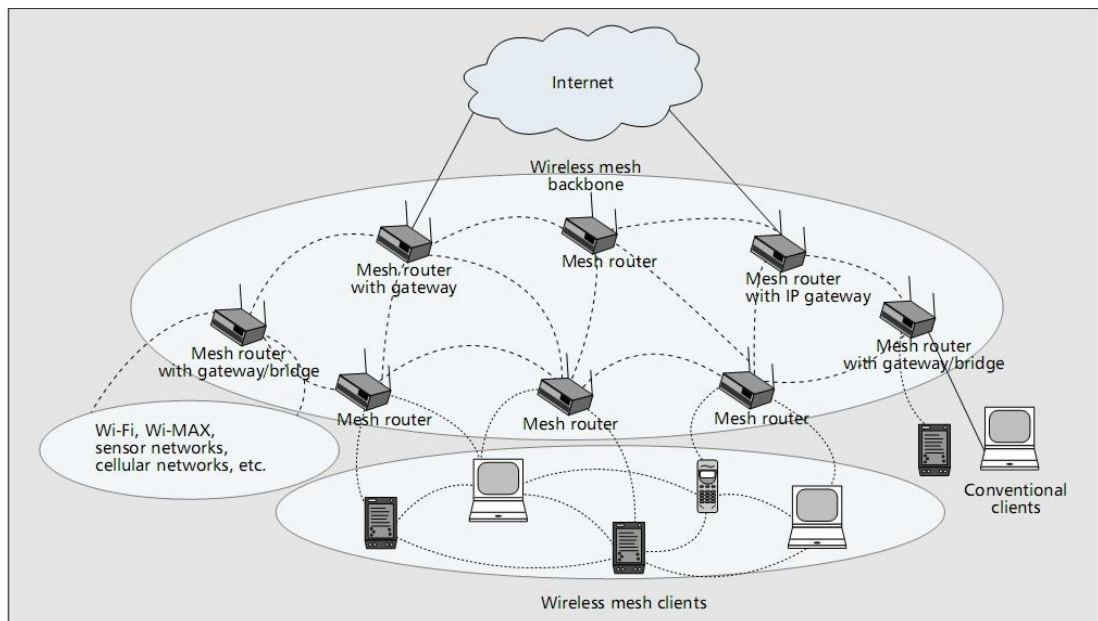


Figura 2. 5: WMNs híbridos.
Fuente: (Babilon et al., 2016)

Las capacidades de enrutamiento de los clientes proporcionan conectividad y cobertura mejoradas dentro del WMN. Dado que el crecimiento de WMN depende en gran medida de cómo funciona con otras

soluciones de redes inalámbricas existentes, esta arquitectura se vuelve muy importante y más aplicable en redes inalámbricas malladas.

2.3. Características de las redes inalámbricas malladas.

Las redes inalámbricas malladas son redes de salto múltiple y ofrecen un amplio rango de cobertura. Al igual que si un nodo falla o se apaga luego a través de otros nodos, el mensaje puede ser transmitido a los nodos de destino que la función proporciona la redundancia en la red de malla. Tienen capacidad de auto-configuración, auto-formación, organización propia y proporcionan apoyo para redes ad hoc.

Como tenemos múltiples saltos se logra mayor rendimiento, y una frecuencia más eficiente de reutilización. Proporcionan bajo costo para su implementación debido a la reducción del número de puntos de acceso a Internet por lo que las principales ventajas de las redes inalámbricas malladas es que son de fácil despliegue. También, hay compatibilidad con redes inalámbricas existentes como WiMax, Wi-Fi, redes celulares. Es decir, que tiene arquitectura de red flexible.

2.4. Diferencia entre redes inalámbricas malladas y Ad-Hoc.

A continuación, se describe brevemente la comparación de las redes WMN y Ad-Hoc:

a. Infraestructura inalámbrica mallada.

Las WMNs consisten en backbone inalámbrico con enrutadores de malla. También, WMNs proporciona una gran cobertura, conectividad y robustez. Por otra parte, la cobertura de las redes Ad-Hoc dependen de las contribuciones de los usuarios finales, que pueden no ser fiables.

b. Enrutamiento y configuración dedicada.

Para estas funcionalidades, las WMNs contienen enrutadores de malla, y en redes Ad-Hoc, los dispositivos de usuario final realizan funcionalidades de enrutamiento y configuración para todos los demás nodos o usuarios. Es

decir, que en redes WMNs no tenemos mucha carga en dispositivos de usuario final.

c. Múltiples radios

En los WMN, los enrutadores de malla pueden tener múltiples radios para realizar y acceder a funcionalidades. El enrutamiento y la configuración se realizan entre enrutadores de malla que mejoran la capacidad de la red y en Ad hoc tenemos una radio para todas las funciones que funciona en el mismo canal.

d. Movilidad

La topología de la red cambió dinámicamente en las redes Ad-Hoc porque tenemos redes móviles altas y depende del movimiento de usos. Por otro lado, las WMNs tienen nodos fijos y proporcionan una movilidad relativamente estática, y su movilidad de red es relativamente baja comparada con las redes Ad-Hoc.

2.5. Tecnología de las redes inalámbricas malladas.

Es un modelo de red de comunicaciones que funciona de la misma manera que funciona el Internet por cable. Tenemos más de una vía posible entre cada nodo para la comunicación. En la arquitectura de red mallada tenemos múltiples conexiones posibles para cada otro nodo que mejora la comunicación punto a punto y punto a multipunto como concentrador centralizado y de las topologías ya descritas.

2.6. Redes Ad-Hoc vs Redes Ad-Hoc móviles

Las redes Ad-Hoc se forman espontáneamente sin necesidad de una infraestructura o un controlador centralizado. Este tipo de sistema punto a punto (peer-to-peer) infiere que cada nodo, o usuario, en la red puede actuar como un punto final de datos o un repetidor intermedio. Por lo tanto, todos los usuarios trabajan juntos para mejorar la fiabilidad de las comunicaciones de red. Estos tipos de redes también se conocen popularmente como "redes

malladas" porque las topologías de las redes de comunicaciones se asemejan a una malla.

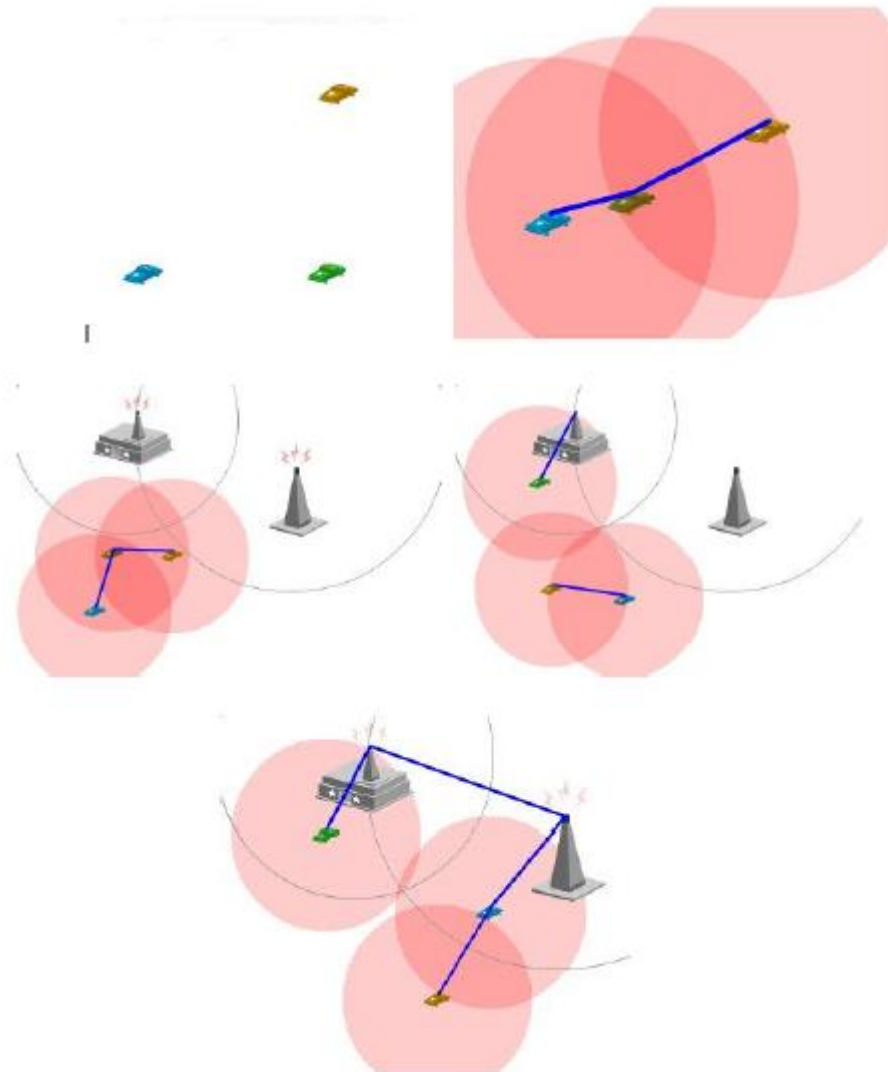


Figura 2. 6: Ejemplo de una red Ad-hoc híbrida.
Fuente: (Regan, Martin, & Manickam, 2016)

Las rutas de comunicación redundantes proporcionadas por las redes malladas Ad-Hoc, mejoran drásticamente la tolerancia a fallos de la red. Además, la capacidad de los paquetes de datos para "saltar" de un usuario a otro extiende efectivamente el área de cobertura de red y proporciona una solución para superar los problemas de no línea de visión (LOS).

Las aplicaciones móviles presentan desafíos adicionales para las redes malladas, ya que los cambios en la topología de la red son rápidos y generalizados. Tales escenarios requieren el uso de la tecnología de redes Ad-Hoc móviles (Mobile Ad-hoc NETWORKING, MANET) para asegurar que las rutas de comunicación se actualizan de forma rápida y precisa. Las redes MANETs se auto-forman, auto-mantienen y auto-configuran, lo que permite una flexibilidad de red extrema.

Aunque las MANETs pueden ser completamente independientes, también pueden estar vinculados a una red global o local basada en IP (por ejemplo, redes internas o privadas). Estos se denominan MANET híbridos. En la figura 2.6 se muestra una red híbrida MANET.

En la figura 2.6 se puede ver tres routers móviles de autoconfiguración conectados por enlaces inalámbricos que crean una red MANET. Sin embargo, a medida que los routers se aproximan a las otras dos redes globales o locales basadas en IP, forman una red que las conecta a través de esas otras redes, formando una red MANET híbrida.

Una red Ad-hoc móvil, es una red de auto-configuración de enrutadores móviles (y hosts asociados) conectados por enlaces inalámbricos, cuya unión forma una topología aleatoria. Los routers son libres de moverse aleatoriamente y organizarse al azar. Por lo tanto, la topología inalámbrica de la red puede cambiar rápidamente e impredeciblemente.

Dicha red puede funcionar de manera independiente, o puede estar conectada al Internet más grande. La configuración mínima y el despliegue rápido hacen que las redes Ad-hoc sean adecuadas para situaciones de emergencia como desastres naturales o provocados por el hombre, conflictos militares, situaciones médicas de emergencia, etc.

2.7. Historia de las redes MANETs.

Las primeras redes MANETs fueron llamados redes de "paquetes de radio", y fueron patrocinados por DARPA a principios de 1970. BBN Technologies y SRI International diseñaron, construyeron y experimentaron con estos primeros sistemas. Experimentadores incluidos como, Jerry Burchfiel, Robert Kahn, Ray Tomlinson y más tarde Internet y la fama de correo electrónico.

Es interesante observar que estos primeros sistemas de radio de paquetes anteriores a Internet, y de hecho fueron parte de la motivación de la suite del protocolo de internet (*Internet Protocol, IP*) original. Más tarde DARPA experimenta la red SURAN (*Survivable Radio Network, SURAN*), cuyo proyecto tuvo lugar en la década de 1980.

Otra tercera ola de actividad académica comenzó a mediados de los años noventa con la llegada de las tarjetas de radio baratas 802.11 para computadoras personales. Las MANETs actuales están diseñados como primarios para la utilidad militar; Ejemplos incluyen JTRS y NTDR.

El popular protocolo inalámbrico IEEE 802.11 ("Wi-Fi") incorpora un sistema de red Ad-hoc cuando no hay puntos de acceso inalámbricos, aunque sería considerado un protocolo Ad-hoc de muy baja resolución por especialistas en el campo. El sistema IEEE 802.11 sólo maneja el tráfico dentro de una "nube" local de dispositivos inalámbricos.

Cada nodo transmite y recibe datos, pero no encamina nada entre los sistemas de la red. Sin embargo, los protocolos de nivel superior se pueden utilizar para agregar varias redes IEEE Ad-hoc en MANETs.

2.8. Protocolos de enrutamiento para MANETs

Para facilitar la comunicación dentro de la red, se utiliza un protocolo de enrutamiento para descubrir rutas entre nodos. El objetivo principal de un

protocolo de enrutamiento de redes Ad-hoc, es el establecimiento de rutas correctas y eficientes entre un par de nodos para que los mensajes se puedan entregar de manera oportuna. La construcción de la ruta se debe hacer con un mínimo de gastos generales y el consumo de ancho de banda.

Un protocolo de enrutamiento Ad-hoc es una convención o un estándar que controla cómo los nodos llegan a un acuerdo sobre la forma de enrutar los paquetes entre los dispositivos de computación en una MANET. En las redes ad-hoc, los nodos no tienen un conocimiento a priori de la topología de la red a su alrededor, para lo cual tienen que descubrirlo. La idea básica es que un nuevo nodo anuncia su presencia y escucha anuncios de difusión de sus vecinos.

El nodo aprende acerca de los nuevos nodos cercanos y las formas de llegar a ellos, y anuncia que también puede alcanzar esos nodos. A medida que pasa el tiempo, cada nodo conoce todos los otros nodos y una o más maneras de cómo llegar a ellos.

Los algoritmos de enrutamiento tienen que:

- Mantener la tabla de enrutamiento razonablemente pequeña;
- Elegir la mejor ruta para un destino determinado (este puede ser el más rápido, más confiable, el más alto rendimiento o la ruta más barata);
- Mantener la tabla actualizada cuando los nodos mueren, se mueven o se unen;
- Requerir una pequeña cantidad de mensajes / tiempo para converger.

En un contexto más amplio, un protocolo Ad-hoc también puede significar un protocolo improvisado y, a menudo improvisado para un propósito específico en particular. Desde el advenimiento de las redes de radio por paquetes DARPA a principios de los años 70, se han desarrollado

numerosos protocolos para redes Ad-hoc móviles. Tales protocolos deben tratar con las limitaciones típicas de estas redes, que incluyen alto consumo de energía, bajo ancho de banda y altas tasas de error.

En la figura 2.7 se muestran los protocolos de enrutamiento que pueden clasificarse generalmente como: (a) impulsado por la tabla y (b) impulsado por la fuente a petición. Las líneas sólidas en esta figura representan descendientes directos mientras que las líneas punteadas representan descendientes lógicos. A pesar de estar diseñados para el mismo tipo de red subyacente, las características de cada uno de estos protocolos son muy diferentes.

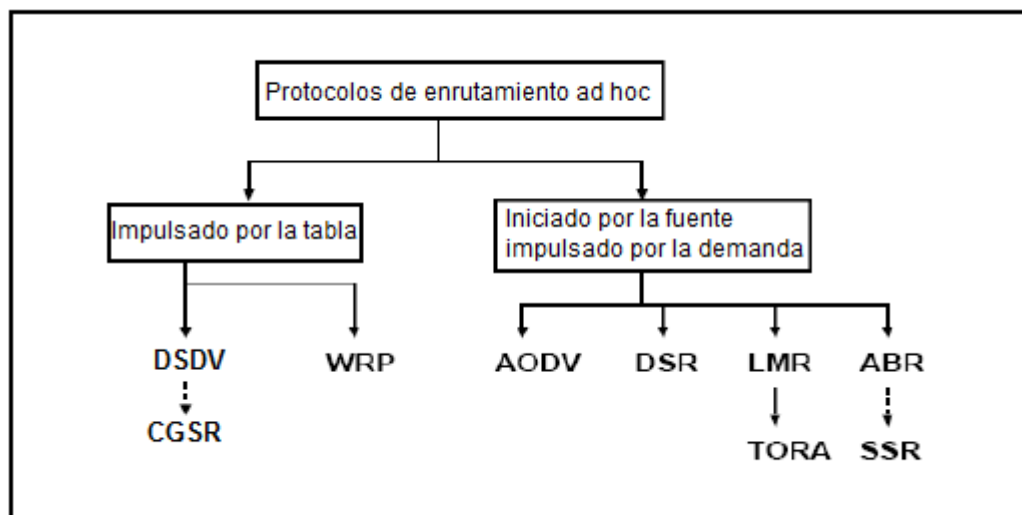


Figura 2. 7: Categorización de los protocolos de enrutamiento Ad-Hoc.
Fuente: (Tamayo, 2016)

Los protocolos de enrutamiento orientados por tablas intentan mantener información de enrutamiento constante y actualizada de cada nodo a cada otro nodo de la red. Estos protocolos requieren que cada nodo mantenga una o más tablas para almacenar la información de enrutamiento y responden a los cambios en la topología de la red al propagar actualizaciones a través de la red para mantener una vista de red consistente.

Las áreas en las que difieren son el número de tablas relacionadas con el enrutamiento necesario y los métodos por los que se transmiten los cambios en la estructura de la red.

2.8.1. Protocolo DSDV.

El protocolo de enrutamiento vectorial de distancia secuencial de destino (*DSDV, Destination-Sequenced Distance-Vector Routing*), es un algoritmo basado en el mecanismo clásico de enrutamiento Bellman-Ford. Las mejoras realizadas al algoritmo de Bellman-Ford incluyen libertad de bucles en tablas de enrutamiento. Cada nodo móvil de la red mantiene una tabla de enrutamiento en la que se registran todos los destinos posibles dentro de la red y el número de saltos a cada destino.

Cada entrada está marcada con un número de secuencia asignado por el nodo de destino. Los números de secuencia permiten a los 2 nodos móviles distinguir rutas obsoletas de nuevas, evitando así la formación de bucles de enrutamiento. Las actualizaciones de la tabla de enrutamiento se transmiten periódicamente a través de la red para mantener la consistencia de la tabla.

Para ayudar a aliviar la cantidad potencialmente grande de tráfico de red que pueden generar dichas actualizaciones, las actualizaciones de rutas pueden emplear dos posibles tipos de paquetes. Este tipo de paquete contiene toda la información de enrutamiento disponible y puede requerir múltiples unidades de datos de protocolo de red (NPDU). Durante los períodos de movimiento ocasional, estos paquetes se transmiten con poca frecuencia. Los paquetes "incrementales" más pequeños se utilizan para retransmitir solamente la información que ha cambiado desde el último volcado completo.

Todas estas emisiones deben encajar en un NPDU de tamaño estándar, disminuyendo así la cantidad de tráfico generado. Los nodos

móviles mantienen una tabla adicional donde almacenar los datos enviados en los paquetes de información de enrutamiento incremental. Las nuevas transmisiones de ruta contienen la dirección del destino, el número de saltos para llegar al destino, el número de secuencia de la información recibida con respecto al destino, así como un nuevo número de secuencia único para la emisión. Siempre se utiliza la ruta marcada con el número de secuencia más reciente. En el caso de que dos actualizaciones tengan el mismo número de secuencia, se utiliza la ruta con la métrica más pequeña para optimizar (acortar) la ruta.

Los nodos móviles también controlan el tiempo de establecimiento de las rutas, o el tiempo medio ponderado de que las rutas a un destino fluctúan antes de que se reciba la ruta con la mejor métrica. Al retrasar la difusión de una actualización de enrutamiento por la duración del tiempo de establecimiento, es decir, que los nodos móviles pueden reducir el tráfico de la red y optimizar rutas eliminando aquellas emisiones que ocurrirían si se descubriera una ruta mejor en un futuro muy próximo.

2.8.2. Protocolo CGSR.

El protocolo de enrutamiento de conmutación a través de cabeceras de cluster (*Clusterhead Gateway Switch Routing, CGSR*) difiere del protocolo DSDV en el tipo de direccionamiento y esquema de organización de red empleado. En lugar de una red "gorda", con el protocolo CGSR sería una red inalámbrica móvil multicapa agrupada con varios esquemas de enrutamiento heurísticos, al tener un jefe de clúster controlando un grupo de nodos Ad-hoc, puede lograrse, un marco para la separación de código (entre clústeres), el acceso al canal, el enrutamiento y la asignación de ancho de banda.

Se utiliza un algoritmo de selección de cabeza de agrupamiento para elegir un nodo como cabeza de conglomerado utilizando un algoritmo

distribuido dentro del conglomerado. La desventaja de tener un esquema de cabecera de clúster es que los cambios frecuentes de la misma pueden afectar negativamente el rendimiento del protocolo de enrutamiento ya que los nodos están ocupados en la selección de cabeceras de clúster en lugar de la retransmisión de paquetes.

Por lo tanto, en lugar de invocar la re-selección de cabeceras de clúster cada vez que cambia la pertenencia a un clúster, se introduce un algoritmo de agrupación de cambio de grupo mínimo (LCC). Utilizando LCC, los cabezales de clúster sólo cambian cuando dos cabeceras de clúster entran en contacto, o cuando un nodo se mueve fuera de contacto de todos los otros cabezales de clúster.

CGSR utiliza DSDV como el esquema de enrutamiento subyacente, y por lo tanto tiene mucho de la misma sobrecarga que DSDV. Sin embargo, se modifica DSDV mediante un enfoque de enrutamiento jerárquico de cabecera a puerta de enlace para enrutar el tráfico desde el origen hasta el destino. Los nodos gateway son nodos que están dentro del rango de comunicación de dos o más cabeceras de clúster.

Un paquete enviado por un nodo se enruta primero a su cabecera de clúster y, a continuación, el paquete se encamina desde la cabecera del clúster a una puerta de enlace a otra cabecera de clúster, y así sucesivamente hasta que se alcanza el jefe de clúster del nodo de destino. El paquete se transmite entonces al destino. Utilizando este método, cada nodo debe mantener una "tabla de miembros de clúster" donde almacena el jefe de clúster de destino para cada nodo móvil en la red. Estas tablas de miembros de clúster son difundidas por cada nodo periódicamente utilizando el algoritmo DSDV.

Además de la tabla de miembros de clúster, cada nodo también debe mantener una tabla de enrutamiento, que se utiliza para determinar el salto siguiente para alcanzar el destino. Al recibir un paquete, un nodo consultará su tabla de miembros de clúster y su tabla de enrutamiento para determinar el jefe de clúster más cercano a lo largo de la ruta al destino. A continuación, el nodo comprobará su tabla de enrutamiento para determinar el nodo con el fin de alcanzar el jefe de clúster seleccionado. A continuación, transmite el paquete a este nodo.

El protocolo de enrutamiento inalámbrico (WRP) es un protocolo basado en tablas con el objetivo de mantener la información de enrutamiento entre todos los nodos de la red. Cada nodo de la red es responsable de mantener cuatro tablas: (a) tabla de distancia, (b) tabla de enrutamiento, (c) tabla de coste de enlace y (d) tabla de lista de retransmisión de mensajes (LMR).

Cada entrada del MRL contiene el número de secuencia del mensaje de actualización, un contador de retransmisión, un vector de indicador requerido por el acuse de recibo con una entrada por vecino y una lista de actualizaciones enviadas en el mensaje de actualización. Los registros MRL para actualizaciones reciben un mensaje de actualización que necesitan ser retransmitidos y que los vecinos deben reconocer la retransmisión.

Los nodos móviles se informan mutuamente de los cambios en los enlaces mediante el uso de mensajes de actualización. Un mensaje de actualización se envía sólo entre nodos vecinos y contiene una lista de actualizaciones (el destino, la distancia al destino y el predecesor del destino), así como una lista de respuestas que indican qué nodos móviles deben reconocer la actualización (ACK).

Los nodos móviles envían mensajes de actualización después de procesar las actualizaciones de los vecinos o de detectar un cambio en un enlace a un vecino. En caso de pérdida de un enlace entre dos nodos, los nodos envían mensajes de actualización a sus vecinos. Los nodos vecinos a continuación, actualizan sus entradas de la tabla de distancia y buscan nuevas rutas posibles a través de otros nodos. En consecuencia, cualquier nueva ruta se retransmite a los nodos originales para que puedan actualizar sus tablas.

Los nodos aprenden de la existencia de sus vecinos desde la recepción de reconocimientos y otros mensajes. Si un nodo no envía mensajes, debe enviar un mensaje de saludo dentro de un período de tiempo especificado para garantizar la conectividad. De lo contrario, la falta de mensajes desde el nodo indica el fallo de ese enlace; esto puede causar una falsa alarma. Cuando un nodo móvil recibe un mensaje de saludo de un nuevo nodo, se añade que el nuevo nodo a la tabla de enrutamiento del nodo móvil y él envía al nuevo nodo una copia de su información de la tabla de enrutamiento.

2.8.3. Protocolo AODV.

El protocolo de vector de distancia sobre demanda Ad-hoc (*Ad-hoc On-Demand Distance Vector, AODV*) se basa en el algoritmo DSDV descrito anteriormente. AODV es una mejora del protocolo DSDV, ya que, por lo general, se reduce al mínimo el número de emisiones requeridas mediante la creación de rutas sobre una base bajo demanda, como oponerse a mantener una lista completa de rutas como en el algoritmo DSDV.

Los autores de AODV lo clasifican como un sistema de adquisición de rutas bajo demanda, ya que los nodos que no están en una ruta seleccionada no mantienen la información de enrutamiento ni participan en los intercambios de la tabla de enrutamiento. Cuando un nodo de origen

desea enviar un mensaje a algún nodo de destino y no tiene ya una ruta válida a ese destino, inicia un proceso de descubrimiento de ruta para localizar el otro nodo. Transmite un paquete de petición de ruta (RREQ) a sus nodos vecinos, que luego reenvían la solicitud a sus nodos vecinos, y así sucesivamente, hasta que se encuentre el destino o un nodo intermedio con una ruta "suficientemente fresca" al destino.

AODV utiliza números de secuencia de destino para asegurarse de que todas las rutas están sin bucles y contienen la información de ruta más reciente. Cada nodo mantiene su propio número de secuencia, así como un identificador de difusión (ID). El identificador de difusión se incrementa para cada RREQ que el nodo inicia y junto con la dirección IP del nodo, identifica de forma exclusiva un RREQ.

Junto con su propio número de secuencia y el ID, el nodo de origen incluye en el RREQ el número de secuencia más reciente que tiene para el destino. Los nodos intermedios pueden responder al RREQ solamente si tienen una ruta al destino cuyo número de secuencia de destino correspondiente es mayor o igual que el contenido del RREQ.

Durante el proceso de reenvío del RREQ, los nodos intermedios registran en sus tablas de rutas la dirección del nodo vecino desde el cual se recibe la primera copia del paquete de difusión, estableciendo así un camino inverso. Si se reciben más copias adicionales del mismo RREQ, estos paquetes se descartan. Una vez que el RREQ alcanza el destino o un nodo intermedio con una ruta lo suficientemente fresca, el nodo de destino / intermedio responde con un paquete de respuesta de ruta (RREP) de vuelta al nodo vecino desde el cual recibió por primera vez el RREQ.

A medida que el RREP es enrutado de nuevo a lo largo de la ruta inversa, los nodos a lo largo de esta ruta configuran entradas de rutas

directas en sus tablas de rutas que apuntan al nodo del cual procede el RREP. Estas entradas de la ruta directa indican la ruta activa hacia adelante. Asociado con cada entrada de ruta hay un temporizador de ruta que causará la eliminación de la entrada si no se utiliza dentro de la vida especificada. Debido a que el RREP se envía a lo largo de la ruta establecida por el RREQ, lo que AODV sólo admite el uso de enlaces simétricos.

Las rutas se mantienen de la siguiente manera: si un nodo fuente se mueve, es capaz de reiniciar el protocolo de descubrimiento de ruta para encontrar una nueva ruta al destino. Si un nodo a lo largo de la ruta se mueve, su vecino ascendente observa el movimiento y propaga un mensaje de notificación de fallo de enlace (un RREP con métrica infinita) a cada uno de sus nodos vecinos activos ascendentes para informarles del borrado de esa parte de la ruta.

Estos nodos a su vez propagan la notificación de fallo de enlace a sus vecinos ascendentes, y así sucesivamente hasta que se alcanza el nodo fuente. El nodo de origen puede entonces elegir reiniciar el descubrimiento de ruta para ese destino si todavía se desea una ruta.

2.8.4. Protocolo DSR.

El protocolo de enrutamiento de origen dinámico (*Dynamic Source Routing, DSR*), es un protocolo de enrutamiento a petición que se basa en el concepto de enrutamiento de origen. Los nodos móviles deben mantener cachés de ruta que contengan las rutas de origen de las que el móvil está consciente. Las entradas en la caché de rutas se actualizan continuamente a medida que se aprenden nuevas rutas.

El protocolo consta de dos fases principales: el descubrimiento de rutas y el mantenimiento de rutas. Cuando un nodo móvil tiene un paquete para enviar a algún destino, primero consulta su caché de rutas para determinar si

ya tiene una ruta hacia el destino. Si tiene una ruta no expirada al destino, utilizará esta ruta para enviar el paquete. Por otra parte, si el nodo no tiene tal ruta, inicia el descubrimiento de ruta difundiendo un paquete de petición de ruta.

Esta solicitud de ruta contiene la dirección del destino, junto con la dirección del nodo fuente y un número de identificación único. Cada nodo que recibe el paquete comprueba si conoce una ruta al destino. Si no lo hace, agrega su propia dirección al registro de ruta del paquete y luego reenvía el paquete a lo largo de sus enlaces salientes.

Para limitar el número de solicitudes de rutas propagadas en los enlaces salientes de un nodo móvil, este solo reenvía la solicitud de ruta si la petición aún no ha sido vista por el nodo móvil y si la dirección de este no aparece ya en el registro de ruta. Se genera una respuesta de ruta cuando la petición de ruta llega al mismo destino o cuando llega a un nodo intermedio que contiene en su ruta una ruta no expirada al destino. En el momento en que el paquete alcanza el destino o dicho nodo intermedio, contiene un registro de ruta que produce la secuencia de saltos.

Si el nodo que genera la respuesta de ruta es el destino, colocará el registro de ruta contenido en la solicitud de ruta en la respuesta de ruta. Si el nodo que responde es un nodo intermedio, agregará su ruta en caché al registro de ruta y luego generará la respuesta de ruta. Para devolver la respuesta de la ruta, el nodo que responde debe tener una ruta al iniciador. Si se tiene una ruta al iniciador en su caché de rutas, puede usar esa ruta. De lo contrario, si se admiten enlaces simétricos, el nodo puede invertir la ruta en el registro de ruta. Si los enlaces simétricos no son compatibles, el nodo puede iniciar su propio descubrimiento de ruta y aprovechar la respuesta de ruta en la nueva solicitud de ruta.

El mantenimiento de la ruta se realiza mediante el uso de paquetes de error de ruta y de reconocimiento. Los paquetes de error de ruta se generan en un nodo cuando la capa de enlace de datos encuentra un problema de transmisión fatal. Cuando se recibe un paquete de error de ruta, el salto en error se elimina de la caché de ruta del nodo y todas las rutas que contienen el salto, se truncan en ese punto.

Además de los mensajes de error de ruta, se utilizan confirmaciones para verificar el correcto funcionamiento de los enlaces de ruta. Dichos reconocimientos incluyen acuses de recibo pasivos, en los que un nodo móvil es capaz de escuchar el siguiente salto que envía el paquete a lo largo de la ruta.

2.8.5. Protocolo TORA.

El algoritmo de enrutamiento temporalmente ordenado temporalmente (*Temporally Ordered Routing Algorithm, TORA*), es un algoritmo de enrutamiento altamente distribuido sin adaptación, sin bucle basado en el concepto de inversión de enlace. Se propone que TORA funcione en un entorno de redes móviles altamente dinámico. Es iniciado por la fuente y proporciona múltiples rutas para cualquier par de fuentes/destinos deseados.

El concepto de diseño clave de TORA es la localización de mensajes de control a un conjunto muy pequeño de nodos cerca de la ocurrencia de un cambio topológico. Para lograr esto, los nodos necesitan mantener información de enrutamiento sobre nodos adyacentes (1 salto). El protocolo lleva a cabo tres funciones básicas: (a) creación de ruta, (b) mantenimiento de rutas, y (c) borrado de rutas.

Capítulo 3: Desarrollo y Evaluación.

El presente capítulo se muestra el desarrollo de los escenarios de simulación de dos protocolos de enrutamiento reactivos sobre la plataforma Opnet Modeler que permite comparar el rendimiento entre los protocolos de, enrutamiento de origen dinámico (DSR), algoritmo de ruteo temporalmente ordenado (TORA).

3.1. Configuración de parámetros del entorno de simulación.

Utilizamos la herramienta de simulación Opnet para la configuración de los parámetros de mala de nodos móviles que también es conocida como MANETs. La intención de los escenarios de simulación es realizar un análisis comparativo entre los protocolos de enrutamiento reactivos DSR y TORA. Se dividen en dos partes la simulación:

1. Primero, se realiza el análisis comparativo del rendimiento entre los protocolos en mención. Para cada escenario de simulación se trabajará con 10 y 25 nodos móviles que serán colocados en un área de 100x100m. También, se considera el tiempo de simulación en 30 minutos, así como usuarios con movilidad y sin movilidad con soporte. En la tabla 3.1 se muestra los parámetros de simulación que se utilizan en los dos escenarios propuestos de los protocolos DSR y TORA.
2. Segundo, se realiza otro análisis comparativo del rendimiento con una variante, como la relación señal a ruido (*Signal Noise Rate, SNR*) en el protocolo DSR contra los resultados obtenidos en la primera parte. De manera similar, se utilizan dos escenarios de red estática de 10 y 25 nodos móviles. A diferencia del anterior, el área de 50x50m se colocan los nodos de manera aleatoria y el tiempo de simulación es de 60 minutos. En la tabla 3.2 se muestran los parámetros de simulación utilizados en esta parte.

El propósito de cambiar algunos de los parámetros de simulación utilizados en esta parte es porque necesitamos estudiar el comportamiento del protocolo SNR-DSR modificado con diferentes parámetros y utilizarlos como parámetros de diseño en nuestro estudio de simulación. La simulación en esta parte tiene como objetivo evaluar el uso de la medición SNR como criterios de enrutamiento en el protocolo de enrutamiento SNR-DSR. La simulación consiste en comparar el protocolo SNR-DSR modificado con los protocolos de la primera parte DSR y TORA.

En las simulaciones desarrolladas desplegamos las topologías de red utilizando nodos móviles Ad-Hoc (MANET) que se propagan aleatoriamente en áreas MANET con un tiempo máximo de simulación de 60 minutos. Las áreas desplegadas se utilizan para simular pequeños entornos de redes inalámbricas malladas (WMN) que pueden proporcionar conectividad para un grupo de personas en un solo lugar. El objetivo de las simulaciones es centrarse en el uso de SNR como una alternativa para el enrutamiento en redes inalámbricas multi-salto.

La razón de usar componentes MANET es debido a las similitudes entre las redes WMN y MANET. WMN es una red inalámbrica de múltiples saltos que hereda muchas características de la red MANET y puede ser considerada como un tipo de red MANET con características adicionales únicas. Los datos obtenidos durante las simulaciones experimentales de 30 y 60 minutos serán exportados todos los datos desde OPNET en archivos de hoja de cálculo de Microsoft Excel. Las secciones siguientes categorizan y presentan los parámetros de simulación utilizados en los escenarios desarrollados.

3.2. Desarrollo de escenarios de simulación.

3.2.1. Primera parte: escenarios de simulación 1.

En la tabla 3.1 se muestra los parámetros de la red MANET (características similares a la red WMN) y de comunicación con movilidad que se utiliza en los escenarios comparativos de los protocolos DSR y TORA sobre la plataforma Opnet. En la figura 3.1 se muestra el diseño de la topología de red sobre la herramienta de simulación Opnet.

Tabla 3. 1: Configuración de los parámetros del primer escenario de simulación.

Parámetros	Valores
Número de topologías	2
Número de nodos y área	10 y 25 – 100x100
T _{máx} de simulación	30 minutos
Velocidad de datos	11 Mbps
Potencia de Tx	5 mW
Umbral de potencia de Rx de paquetes	7×10^{-14}

Elaborado por: El Autor

3.2.2. Segunda parte: escenarios de simulación 2.

En la tabla 3.2 se muestran los parámetros de red utilizados para el análisis comparativo entre el protocolo modificado SNR-DSR sin movilidad y los protocolos de enrutamiento de origen dinámico y algoritmo temporalmente ordenado. En la figura 3.2 se muestra el diseño de red sobre Opnet.



Figura 3. 1: Diseño de simulación de 25 nodos móviles MANET con movilidad.
Elaborado por: El Autor

Tabla 3. 2: Configuración de los parámetros del segundo escenario de simulación.

Parámetros	Valores
Número de topologías	2
Número de nodos y área	10 y 25 – 50x50
Tmáx de simulación	60 minutos
Velocidad de datos	11 Mbps
Potencia de Tx	5 mW
Umbral de potencia de Rx de paquetes	7×10^{-14}

Elaborado por: El Autor

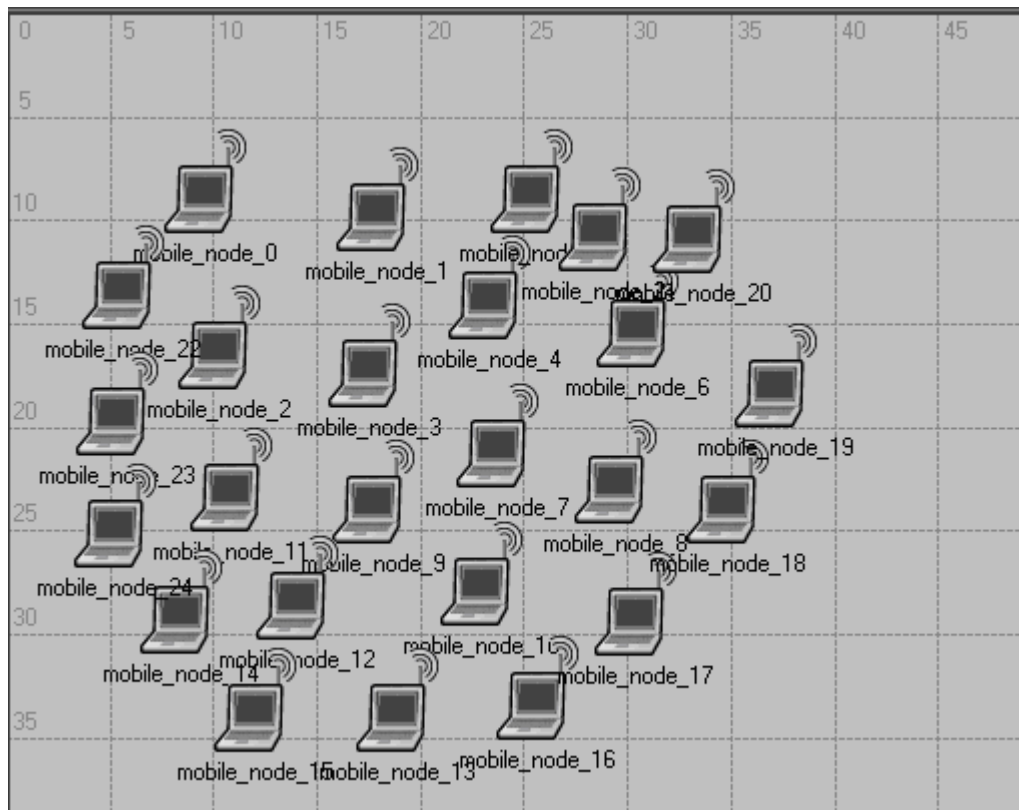


Figura 3. 2: Diseño de simulación de 25 nodos móviles MANET sin movilidad.
Elaborado por: El Autor

3.3. Configuraciones de los protocolos de enrutamiento reactivo.

En esta sección presentamos la configuración por defecto de los protocolos DSR y TORA en la herramienta de simulación OPNET. Es decir, que se mostrará cómo configurar por separado estos protocolos de enrutamiento reactivo en OPNET. En la figura 3.3 se muestra la configuración básica de los protocolos de enrutamiento propuestos en el simulador OPNET.

En las secciones 3.3.1 y 3.3.2 se presentan las configuraciones de los protocolos de enrutamiento reactivos cuyos escenarios de simulación ya fueron mostrados en las figuras 3.1 y 3.2.

Type: workstation

Attribute	Value
name	mobile_node_5
model	manet_station
x position	53.8
y position	40
trajectory	NONE
color	#00C81A
bearing	0.0
ground speed	
ascent rate	
threshold	0.0
icon name	wireless_laptop
creation source	Object Palette
creation timestamp	00:12:46 Oct 26 2008
creation data	
Ad-Hoc Routing Parameters	(...)
Ad-Hoc Routing Protocol	DSR
DSR Parameters	Default
TORA/IMEP Parameters	Default
IP	
MANET Traffic Generation Parameters	(...)

Extended Attrs.

Figura 3. 3: Parámetros de enrutamiento en redes inalámbricas malladas.
Elaborado por: El Autor

3.3.1. Configuración del protocolo de enrutamiento de origen dinámico.

En la figura 3.4 se muestra la ventana de atributos de Opnet que permite configurar los parámetros del protocolo DSR, tales como: (a) cache de rutas, (b) tamaño del búfer de envío de paquetes, (c) descubrimiento de rutas, y (d) mantenimiento de rutas.

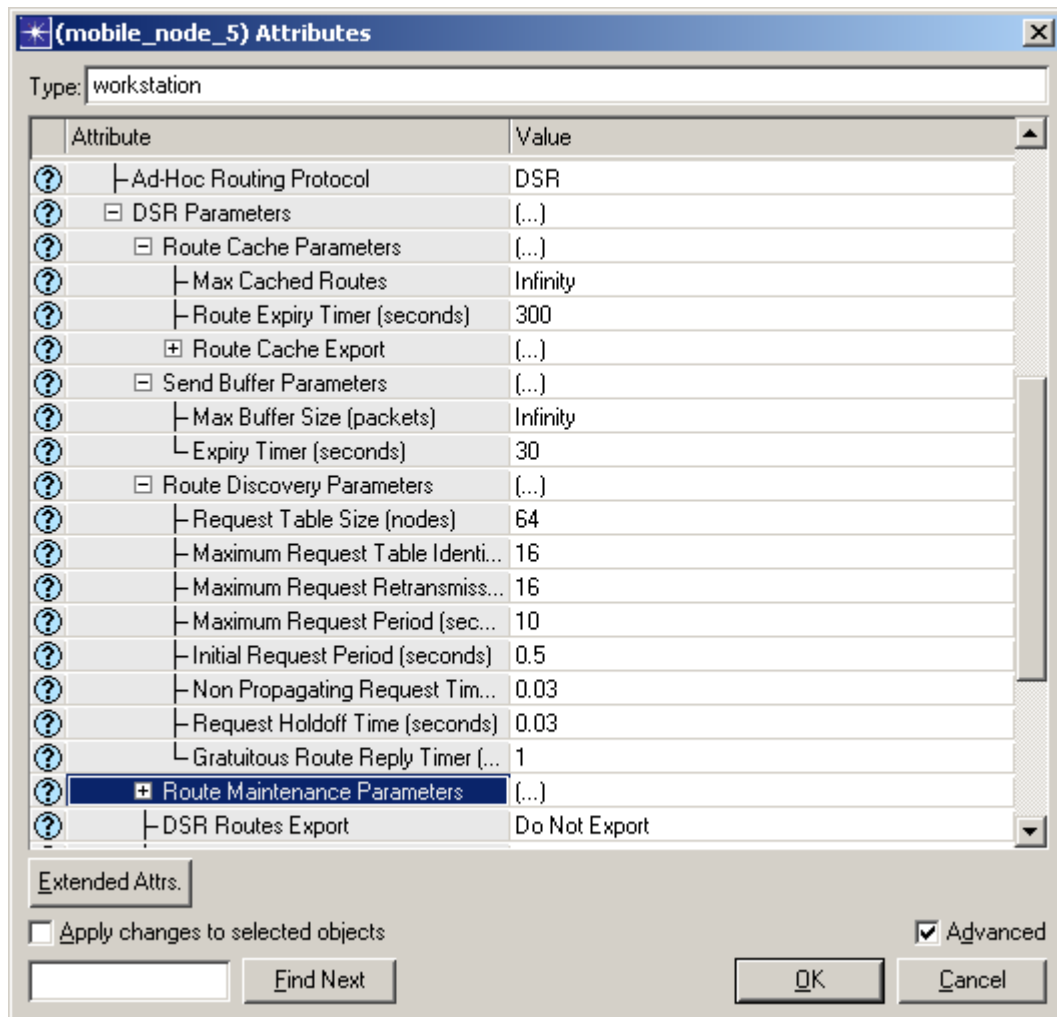


Figura 3. 4: Parámetros requeridos en el protocolo de enrutamiento de origen dinámico.

Elaborado por: El Autor

3.3.2. Configuración del algoritmo de enrutamiento temporalmente ordenado.

En la figura 3.5 se muestra la ventana de atributos de Opnet que permite configurar los parámetros del protocolo TORA, tales como: (a) cache de rutas, (b) tamaño del búfer de envío de paquetes, (c) descubrimiento de rutas, y (d) mantenimiento de rutas.

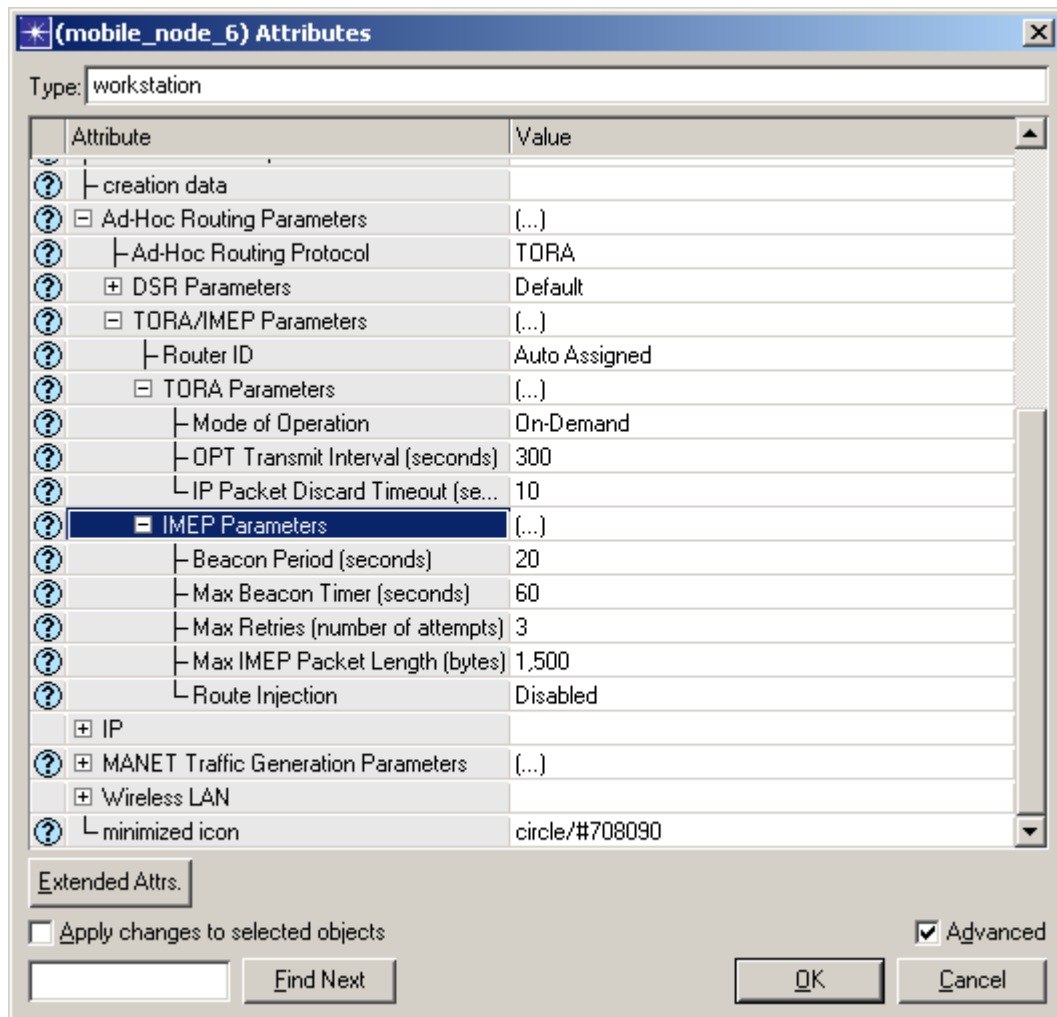


Figura 3. 5: Parámetros requeridos del algoritmo de ruteo temporalmente ordenado.
Elaborado por: El Autor

Finalmente, debemos tener en cuenta a los parámetros de la generación de tráfico para redes WMN. Estos parámetros son:

- a. tiempo de inicio: 100 segundos
- b. tiempo de entrega entre paquetes: 0.5 segundos y 1segundo.
- c. Tamaño de paquetes: 1024 bits
- d. Dirección IP de destino: aleatorio

3.4. Análisis de resultados obtenidos.

En esta sección se presentan el análisis gráfico de los resultados obtenidos durante la ejecución de la simulación en la plataforma Opnet. Para

comparar y evaluar el rendimiento de los protocolos diseñado en la sección 3.2, simulamos dos topologías de red MANET de 10 y 25 nodos móviles. Es importante recordar que una red inalámbrica mallada es igual a una MANET. Se realizan dos ejecuciones de simulación de cada topología de red, la primera ejecución, corresponde sin soporte de movilidad; y la segunda, con soporte de movilidad, esta se utiliza para modelar la movilidad del nodo que nos permite evaluar las influencias de movilidad del rendimiento de los dos protocolos diseñados sobre redes inalámbricas malladas.

3.4.1. Análisis del rendimiento de la red inalámbrica mallada.

Esta sección muestra los resultados obtenidos mediante análisis gráfico del rendimiento de la red tanto para nodos con y sin soporte de movilidad.

3.4.2. Resultados del escenario con nodos sin soporte de movilidad.

Los resultados del rendimiento obtenidos de dos escenarios de red estática de 10 y 25 nodos móviles MANET se muestran en las figuras 3.6 a 3.13. Las figuras 3.6 a 3.8 se muestran el rendimiento del protocolo de ruteo dinámico, mientras que en las figuras 3.9 a 3.11 se muestran el rendimiento del algoritmo de ruteo temporalmente ordenado.

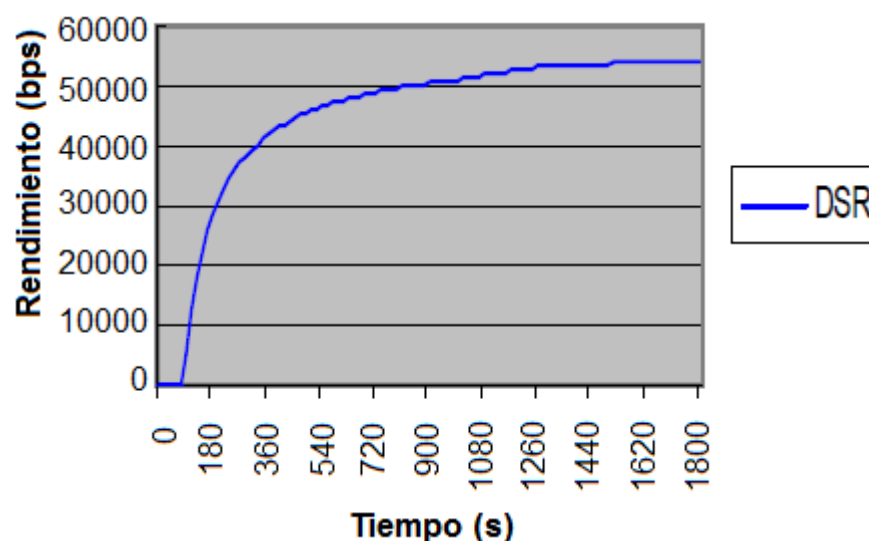


Figura 3. 6: Rendimiento protocolo DSR con 10 nodos.

Elaborado por: El Autor

En las figuras 3.6 y 3.7 se observan los resultados obtenidos del rendimiento del protocolo de enrutamiento dinámico de origen para los escenarios de simulación de la en la red inalámbrica mallada estática de 10 y 25 nodos móviles.

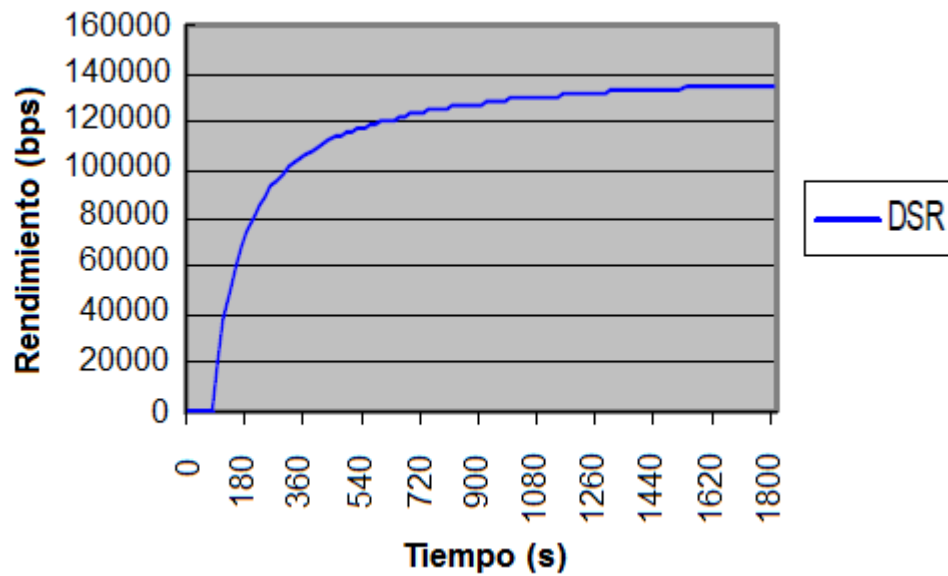


Figura 3. 7: Rendimiento protocolo DSR con 25 nodos.
Elaborado por: El Autor

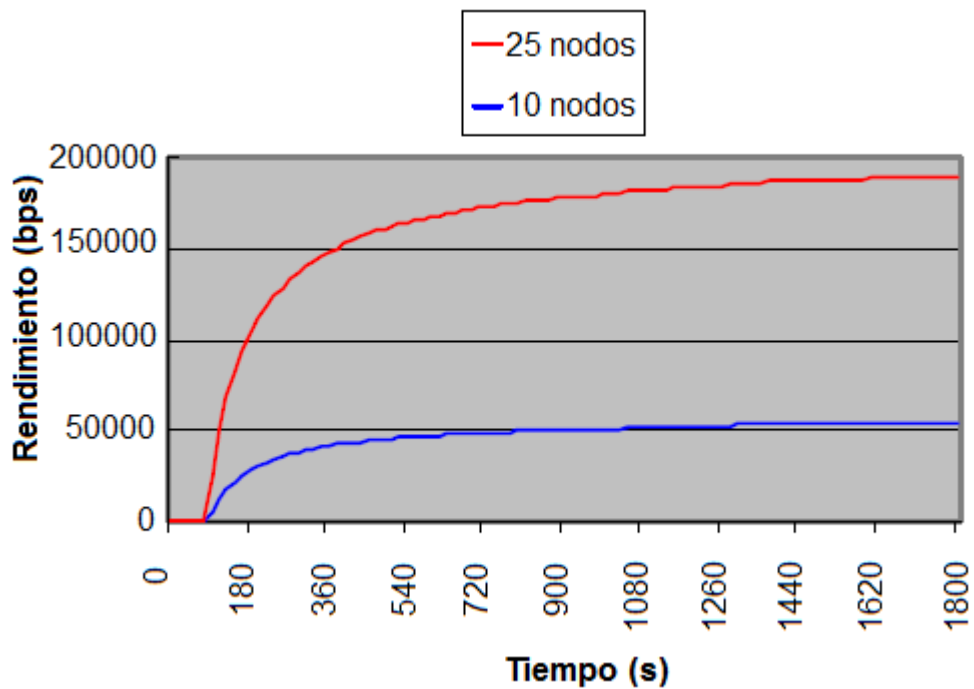


Figura 3. 8: Comparativa entre nodos móviles para el protocolo DSR.
Elaborado por: El Autor

La figura 3.8 muestra la comparativa del rendimiento del protocolo de enrutamiento de origen dinámico de la red MANET para cuando se utilizan 25 y 10 nodos móviles respectivamente. Podemos concluir, que el rendimiento total de la red aumenta a medida que aumenta el número de nodos móviles.

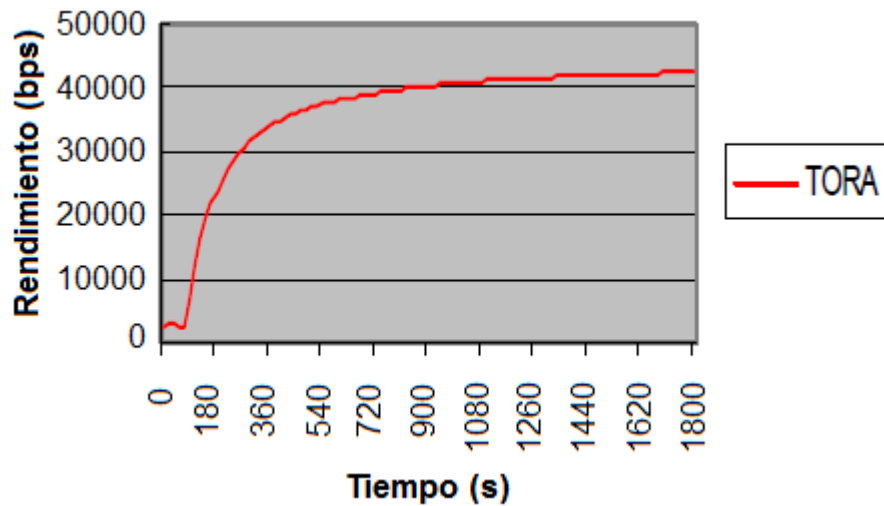


Figura 3. 9: Rendimiento protocolo TORA con 10 nodos.
Elaborado por: El Autor

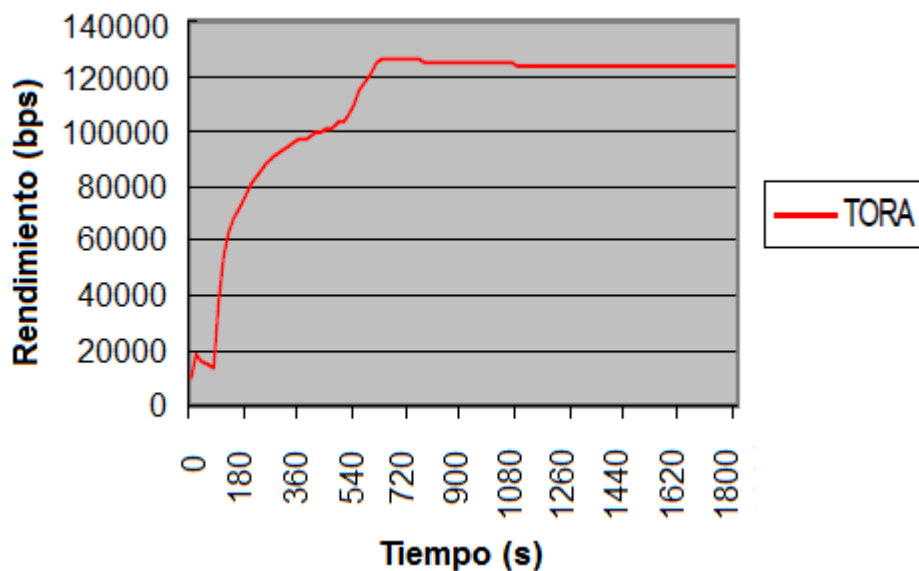


Figura 3. 10: Rendimiento protocolo TORA con 25 nodos.
Elaborado por: El Autor

En las figuras 3.9 y 3.10 se muestran los resultados del algoritmo de ruteo temporalmente ordenado para los escenarios de simulación de la en la red inalámbrica mallada estática de 10 y 25 nodos móviles, respectivamente.

La figura 3.11 muestra la comparativa del rendimiento del algoritmo de ruteo temporalmente ordenado de la red MANET para cuando se utilizan 25 y 10 nodos móviles respectivamente. Podemos concluir, que el rendimiento total de la red aumenta a medida que aumenta el número de nodos móviles. Siendo esto muy similar al resultado obtenido en la figura 3.8.

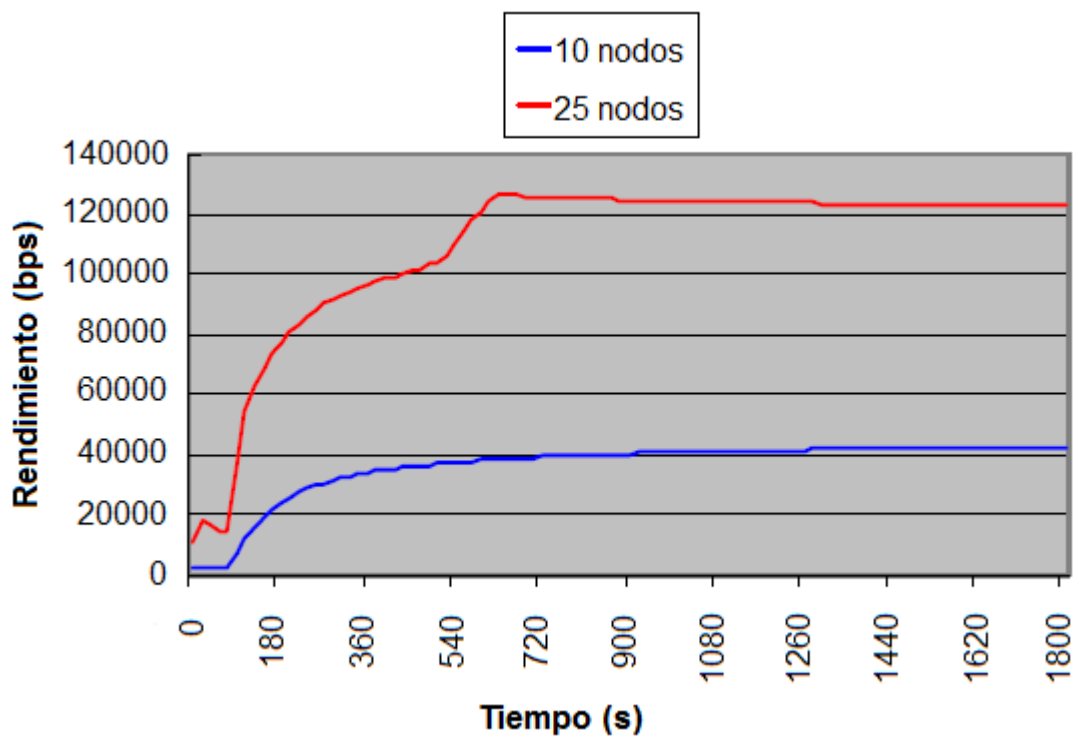


Figura 3. 11: Comparativa entre nodos móviles para el protocolo TORA.
Elaborado por: El Autor

Como ya se mencionó anteriormente, se ejecutarán durante 30 minutos las simulaciones de los escenarios para red estática sin soporte de movilidad. Finalmente, se muestra en las figuras 3.12 y 3.13 el comparativo del rendimiento de la red entre los dos protocolos en mención. La figura 3.12 muestra la comparación del rendimiento de la red MANER entre los protocolos DSR y TORA. Podemos concluir que el rendimiento del protocolo

DSR es mejor que el protocolo TORA para 10 nodos móviles de la red MANET.

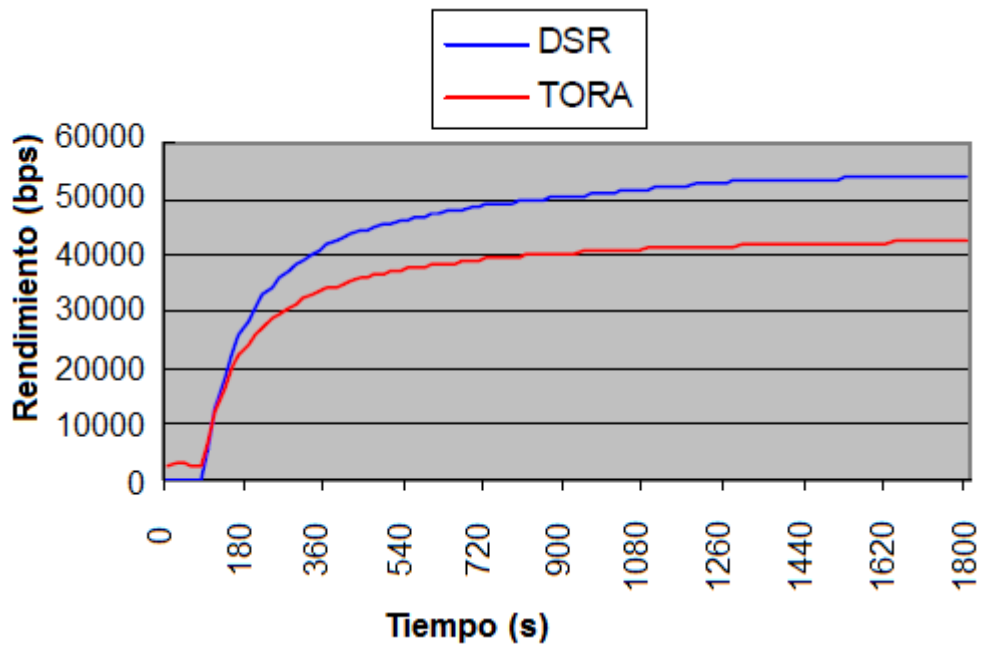


Figura 3. 12: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 10 nodos móviles.
Elaborado por: El Autor

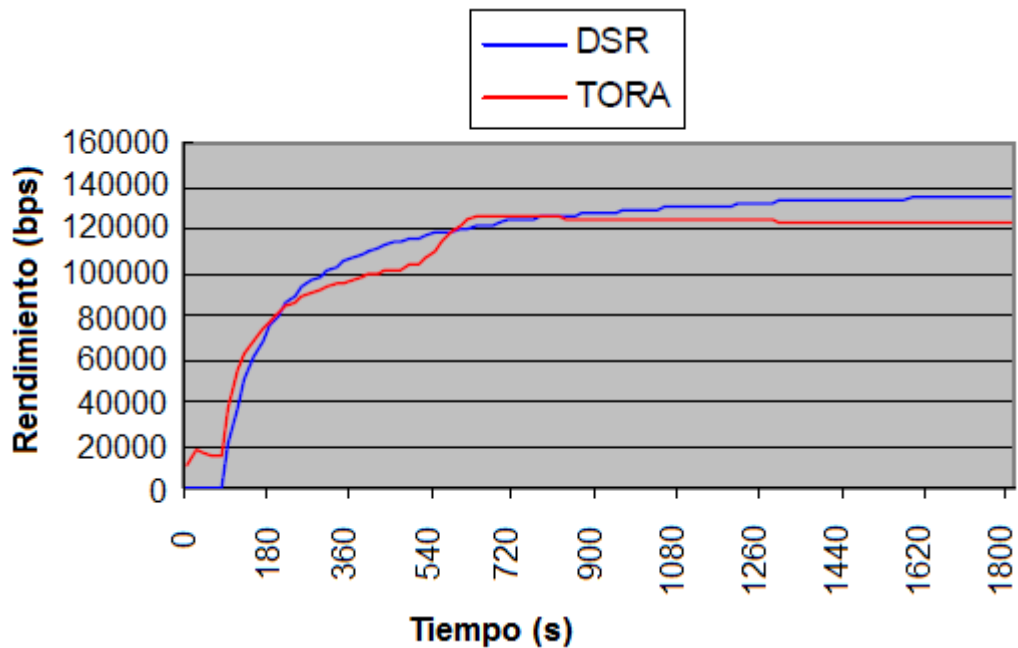


Figura 3. 13: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 25 nodos móviles.
Elaborado por: El Autor

La figura 3.13 muestra la comparación del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA del escenario de red MANET de 25 nodos móviles. Se observa, que el protocolo DSR tiene un mayor rendimiento, que llega a alcanzar su valor máximo de 140000 bps.

3.4.3. Resultados del escenario con nodos con soporte de movilidad.

En esta sección se aplica soporte de movilidad en los escenarios realizados en la sección 3.4.2. Los resultados del rendimiento obtenidos de dos escenarios de red MANET de 10 y 25 nodos móviles se muestran en las figuras 3.14 a 3.21. Las figuras 3.14 a 3.16 se muestran el rendimiento del protocolo de ruteo dinámico, mientras que en las figuras 3.17 a 3.19 se muestran el rendimiento del algoritmo de ruteo temporalmente ordenado. En las figuras 3.20 y 3.21 se ilustran los resultados obtenidos del rendimiento comparativo entre los protocolos DSR y TORA.

Las figuras 3.14 y 3.15 muestran el rendimiento de la red MANET para el protocolo de enrutamiento de origen dinámico de 10 y 25 nodos móviles con soporte de movilidad, respectivamente.

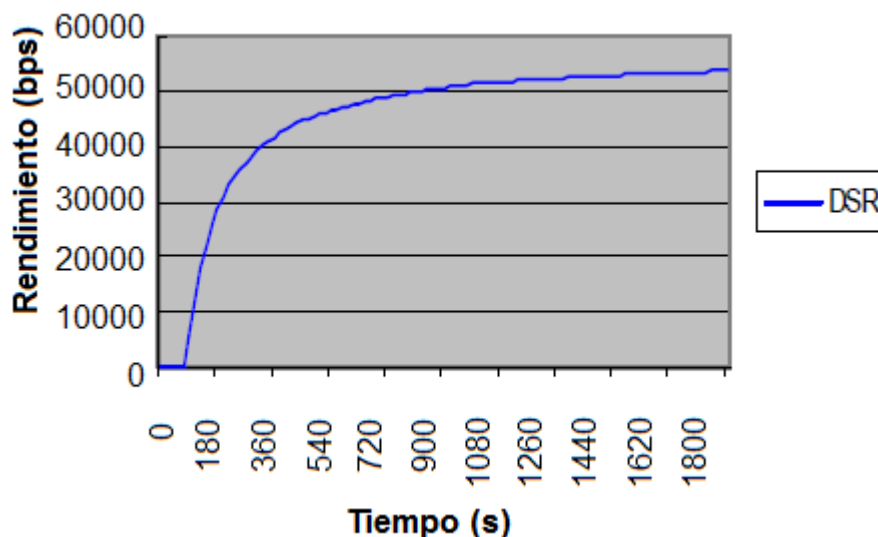


Figura 3. 14: Rendimiento protocolo DSR con 10 nodos con soporte de movilidad.
Elaborado por: El Autor

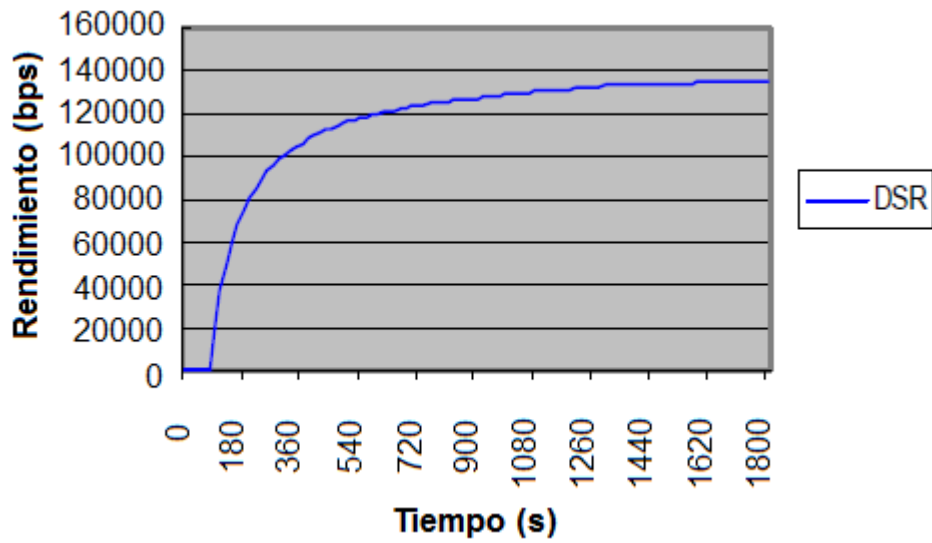


Figura 3. 15: Rendimiento protocolo DSR con 25 nodos con soporte de movilidad.
Elaborado por: El Autor

La figura 3.16 muestra el rendimiento de la red MANET del protocolo DSR de dos escenarios diferentes para 10 y 25 nodos móviles con soporte de movilidad. Se concluye, que a medida que aumentamos el número de nodos, el rendimiento total de la red en consecuencia aumenta.

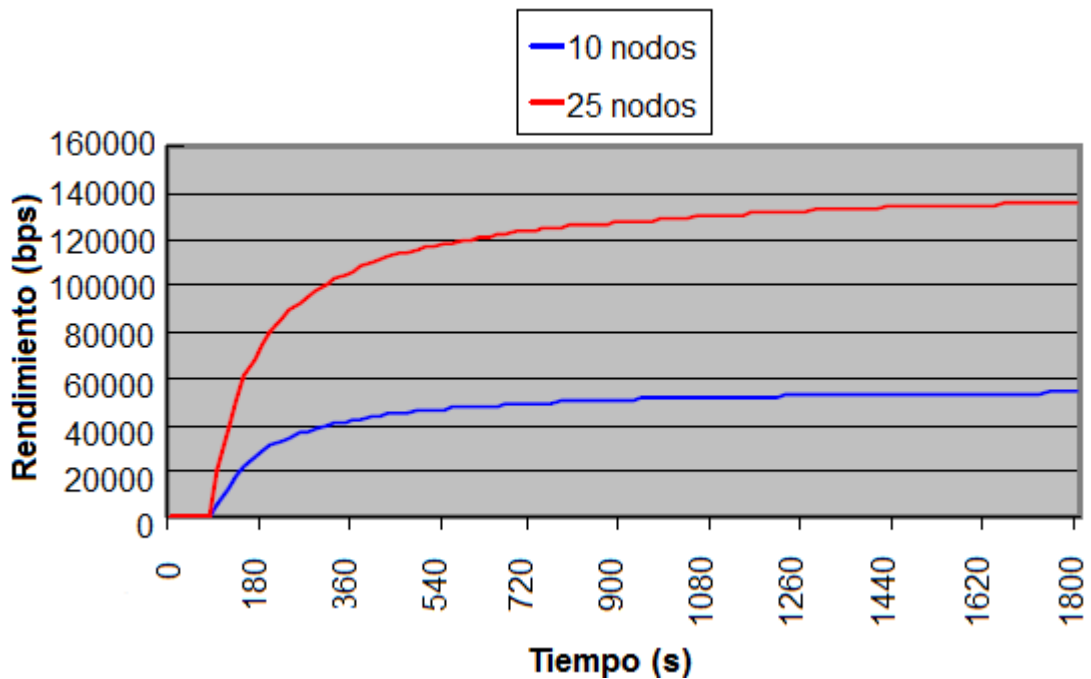


Figura 3. 16: Comparativa entre 10 y 25 nodos móviles del protocolo DSR con soporte de movilidad.
Elaborado por: El Autor

En las figuras 3.17 y 3.18 se ilustran los rendimientos de la red MANET utilizando el algoritmo de ruteo temporalmente ordenado para escenarios con soporte de movilidad de 10 y 25 nodos móviles, respectivamente.

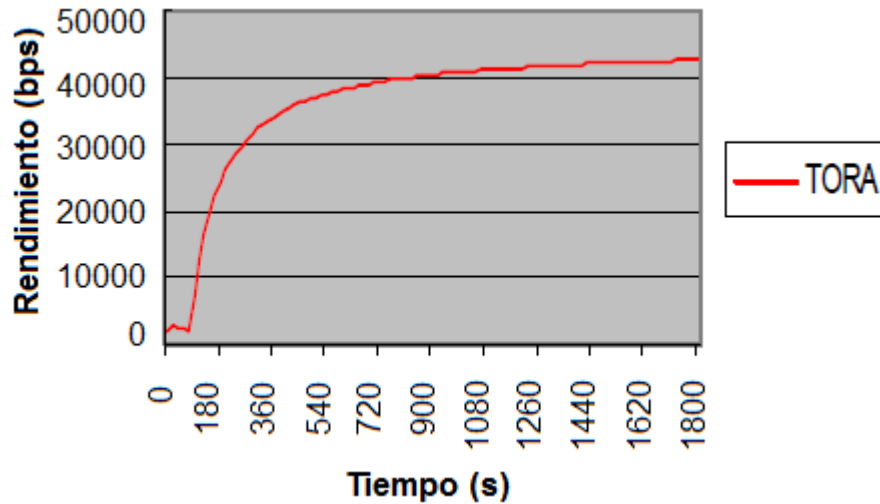


Figura 3. 17: Rendimiento protocolo TORA con 10 nodos con soporte de movilidad.
Elaborado por: El Autor

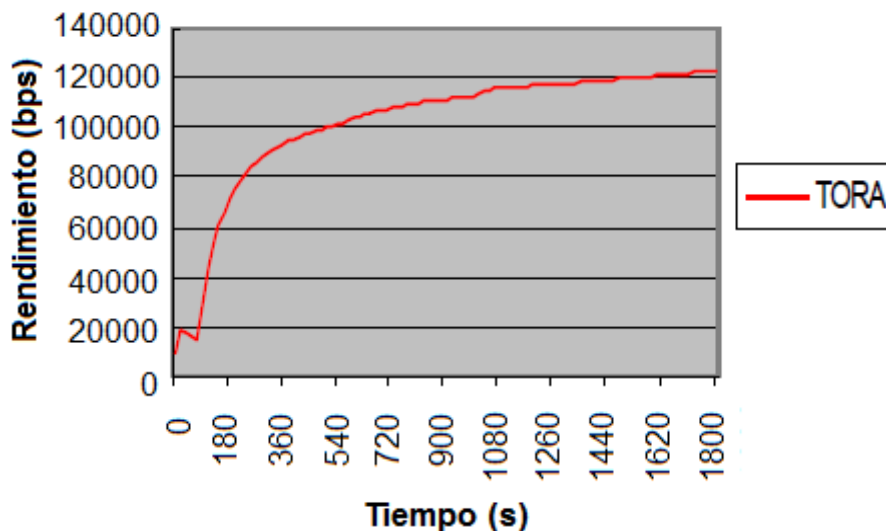


Figura 3. 18: Rendimiento protocolo TORA con 25 nodos con soporte de movilidad.
Elaborado por: El Autor

La figura 3.19 se muestra el rendimiento comparativo de la red MANET del algoritmo de ruteo temporalmente ordenado para los dos escenarios de 10 y 25 nodos móviles. Podemos observar, que, al incrementarse el número de nodos, el rendimiento total de la red en consecuencia aumenta.

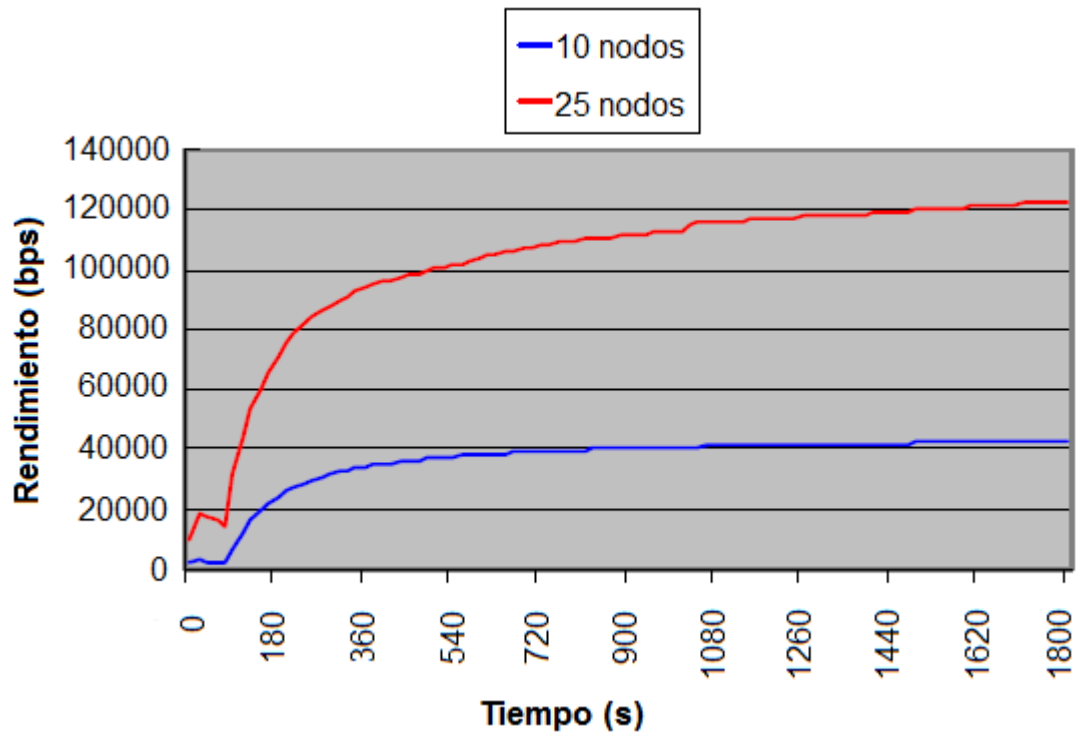


Figura 3. 19: Comparativa entre 10 y 25 nodos móviles para el protocolo TORA con soporte de movilidad.
Elaborado por: El Autor

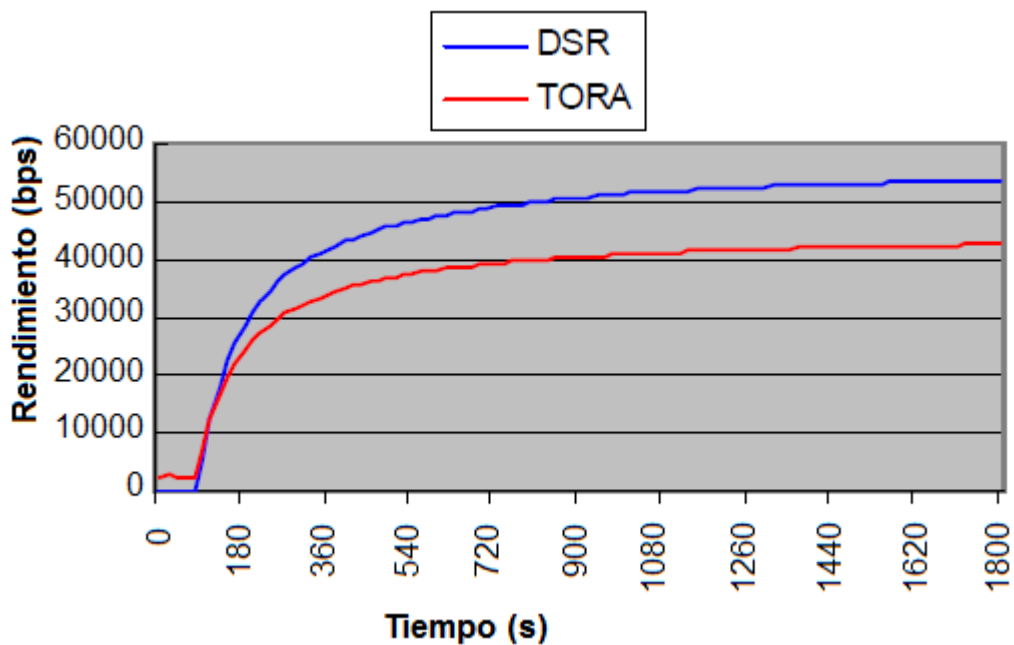


Figura 3. 20: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 10 nodos móviles con soporte de movilidad.
Elaborado por: El Autor

En la figura 3.20 se observa en la red MANET al protocolo de enrutamiento de origen dinámico con mayor rendimiento que el algoritmo de ruteo temporalmente ordenado para el escenario de 10 nodos móviles con soporte de movilidad.

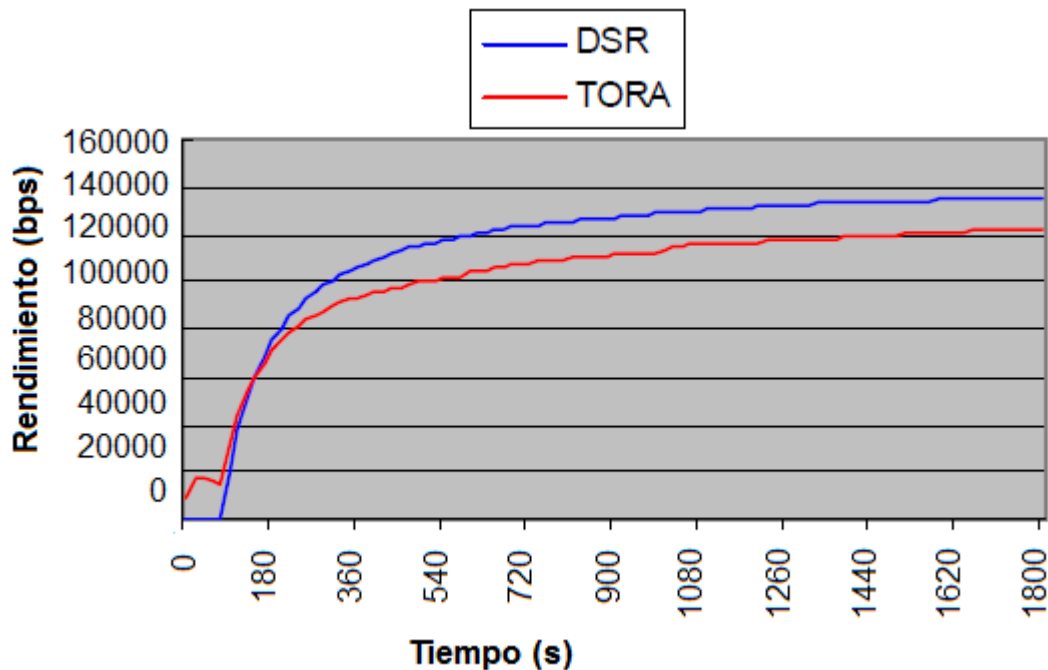


Figura 3. 21: Comparativa del rendimiento entre los protocolos DSR y TORA para 25 nodos móviles con soporte de movilidad.

Elaborado por: El Autor

La figura 3.21 se observa como el protocolo de enrutamiento de origen dinámico supera al algoritmo de ruteo temporalmente ordenado. A diferencia del anterior escenario para 10 nodos, este escenario tiene un mejor rendimiento de la red MANET utilizando TORA para el escenario de 25 nodos móviles sin soporte de movilidad.

Los resultados obtenidos en las figuras 3.20 y 3.21 muestran que el protocolo de enrutamiento de origen dinámico tiene un mejor rendimiento que el protocolo de algoritmo de ruteo temporalmente ordenado, inclusive en los escenarios con soporte de movilidad. Es decir, que a medida que se incrementan el número de nodos aplicando el criterio de soporte con movilidad, el protocolo de enrutamiento de origen dinámico tiene el más alto

rendimiento de 140 kbps, mientras que el protocolo de algoritmo de ruteo temporalmente ordenado, tiene un rendimiento máximo de 120 kbps, tal como se muestra en la figura 3.21.

Para finalizar, podemos resumir que, a partir de los resultados obtenidos, el protocolo DSR tiene un mejor rendimiento de la red y supera el protocolo TORA en todos los escenarios de simulación incluyendo escenarios sin soporte de movilidad (estáticos) y con soporte de movilidad. Los resultados indican que el protocolo DSR es más adecuado que el protocolo TORA para realizar enrutamiento de paquetes en entornos de red inalámbrica mallada con la naturaleza estática de los nodos.

Conclusiones

1. Se caracterizaron los temas concernientes a redes inalámbricas mallada (WMNs), que en teoría son idénticas a las redes inalámbricas Ad-Hoc móviles (MANETs) y a su vez los protocolos de enrutamiento son los mismos para las métricas que se pueden obtener durante el desarrollo de un proyecto.
2. Se diseñaron escenarios de simulación para 10 y 25 nodos móviles con soporte de movilidad y sin movilidad para redes inalámbricas malladas sobre la plataforma Opnet, todos los parámetros fueron configurados para evaluar el rendimiento de los protocolos de enrutamiento de origen dinámico y algoritmo de ruteo temporalmente ordenado.
3. Se pudo comprobar en todas las ejecuciones realizadas durante las simulaciones de los escenarios para 10 y 25 nodos con y sin soporte de movilidad en redes inalámbricas malladas que el protocolo de origen dinámico (DSR) tiene mayor rendimiento que la red con algoritmo de ruteo temporalmente ordenado.

Recomendaciones

1. Proponer trabajos de investigación y de examen complejo aprovechando la robustez de la plataforma de simulación Opnet Modeler.
2. Realizar modelos de simulación para la estimación de la relación señal a ruido (SNR) en comunicaciones inalámbricas basados en aspectos como obstáculos por líneas de vista.

Bibliografía

- A., H., Othman, M., Subramaniam, S., & Abdul Hami, N. A. W. (2012). High Throughput Path Establishment for Common Traffic in Wireless Mesh Networks. In *Wireless Mesh Networks - Efficient Link Scheduling, Channel Assignment and Network Planning Strategies*. InTech. <http://doi.org/10.5772/48723>
- Archila, D., & Santamaría, F. (2013). Estado del arte de las redes de sensores inalámbricos, 2, 2344–8288.
- Babilon, E., Soares, P., De Guimaraes, T., & Marques, V. (2016). Redes Inalámbricas malladas. Retrieved November 12, 2016, from http://www.gta.ufrj.br/grad/10_1/malha/
- Cano, J. C., & Manzoni, P. (n.d.). Encaminamiento en las Redes Inalámbricas Ad-Hoc.
- Durán, F., Mondragón, N., & Sánchez, M. (2008). Redes cableadas e inalámbricas para transmisión de datos, 12(3), 113–118.
- Espiga, A. (2012). *Selección de portal en redes inalámbricas malladas utilizando aprendizaje estadístico*. Universidad de la República.
- Kaur, R., & Singla, A. (2015). International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering Performance Analysis of DSR Using Different Networks, 5(7).
- Köbel, C., Baluja García, W., & Habermann, J. (2012). Sistema de balance de carga para redes malladas inalámbricas multi-interfaces. *Ingeniería Electrónica, Automática Y Comunicaciones*, 33(3), 85–98.
- Ochoa A., J. (2013). *Diseño e Implementación de un Piloto de Red Wireless para el centro de la ciudad de Loja, basado en Tecnología MESH*.

Universidad de Cuenca.

Regan, R., Martin, J., & Manickam, L. (2016). A Survey on Wireless Mesh Networks and its Security Issues. *International Journal of Security and Its Applications*, 10(3), 405–418.
<http://doi.org/10.14257/ijisia.2016.10.3.35>

Roy, A., & R, U. G. (2250). Study on Resource Allocation in Wireless Mesh Network. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Website: Www.ijetae.com ISO Certified Journal*, 9001(1).

Tamayo, S. (2016). *Diseño del Modelo MANETs – Learn para M-learning en redes Ad-hoc para estudiantes de bajos recursos de la Unidad Educativa Mitad del Mundo*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Uribe, G. (2012). *Diseño y desarrollo de una red social híbrida*. Instituto Politécnico Nacional.

Villapol, M. E., Pérez Abreu, D., Balderama, C., & Colombo, M. (2013). Performance comparison of mesh routing protocols in an experimental network with bandwidth restrictions in the border router. *Revista de La Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(1), 7–13.

Viloria, C., Cardona, J., & Lozano, C. (n.d.). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Amaya Fariño, Luis Miguel**, con C.C: # 0924686546 autor del trabajo de titulación: Desarrollo de escenarios de simulación de protocolos de enrutamiento reactivos para redes inalámbricas malladas, previo a la obtención del título de **Magister en Telecomunicaciones** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 30 de enero de 2017

f. _____

Nombre: **Amaya Fariño, Luis Miguel**

C.C: 0924686546

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Desarrollo de escenarios de simulación de protocolos de enrutamiento reactivos para redes inalámbricas malladas		
AUTOR(ES)	Amaya Fariño, Luis Miguel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Luis Córdova Rivadeneira; M. Sc. Néstor Zamora Cedeño / M. Sc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
PROGRAMA:	Maestría en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Magister en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	30 de enero de 2017	No. DE PÁGINAS:	64
ÁREAS TEMÁTICAS:	Comunicaciones Inalámbricas, Gestión de Redes de Computadoras y Telecomunicaciones.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	MANET, WMN, DSR, TORA, Simulación, Rendimiento		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Durante el desarrollo del trabajo de titulación se buscó la herramienta de simulación de redes de comunicaciones, que satisfaga con la mayoría de características de una red inalámbrica mallada (WMN). Antes de la búsqueda se realiza una descripción general de las redes inalámbricas, ventajas y principales funciones. También, se describe ciertos protocolos de enrutamiento reactivos, entre los cuales se explican el protocolo de enrutamiento de origen dinámico (DSR) y algoritmo de ruteo temporalmente ordenado (TORA). La plataforma de simulación que se utiliza es Opnet Modeler, siendo esta herramienta la más completa al momento de modelar diferentes redes de comunicaciones utilizando diferentes escenarios, tales como, protocolos de enrutamiento, modulaciones analógicas y digitales, entre otras. Se modelan escenarios de simulación para nodos móviles con y sin soporte de movilidad de una red inalámbrica mallada (WMN) a través de protocolos de enrutamiento reactivos. Finalmente, el protocolo DSR resulta tener el mejor rendimiento durante las ejecuciones de los dos escenarios de simulación.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0997444496	E-mail: goe69cgun2@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Manuel Romero Paz		
	Teléfono: 0994606932		
	E-mail: mromeropaz@yahoo.com ; manuel.romero@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			