



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Análisis de los protocolos de enrutamiento para las redes
móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3**

AUTORA:

ESTUPIÑÁN CHAW, EMILY GISELLA

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

TUTORA:

MSc. Ruilova Aguirre, María Luzmila

Guayaquil, Ecuador

11 de marzo del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Estupiñán Chaw, Emily Gisella** como requerimiento para la obtención del título de ingeniera en telecomunicaciones

TUTOR (A)

f. _____
MSc. Ruilova Aguirre, María Luzmila

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
MSc. Heras Sánchez, Miguel Armando Mgs

Guayaquil, 11 de marzo del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Estupiñán Chaw, Emily Gisella**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **Análisis de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3**, previo a la obtención del título de Ingeniera 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 del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 11 de marzo del 2019

LA AUTORA

f. _____
Estupiñán Chaw, Emily Gisella



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Estupiñán Chaw, Emily Gisella**

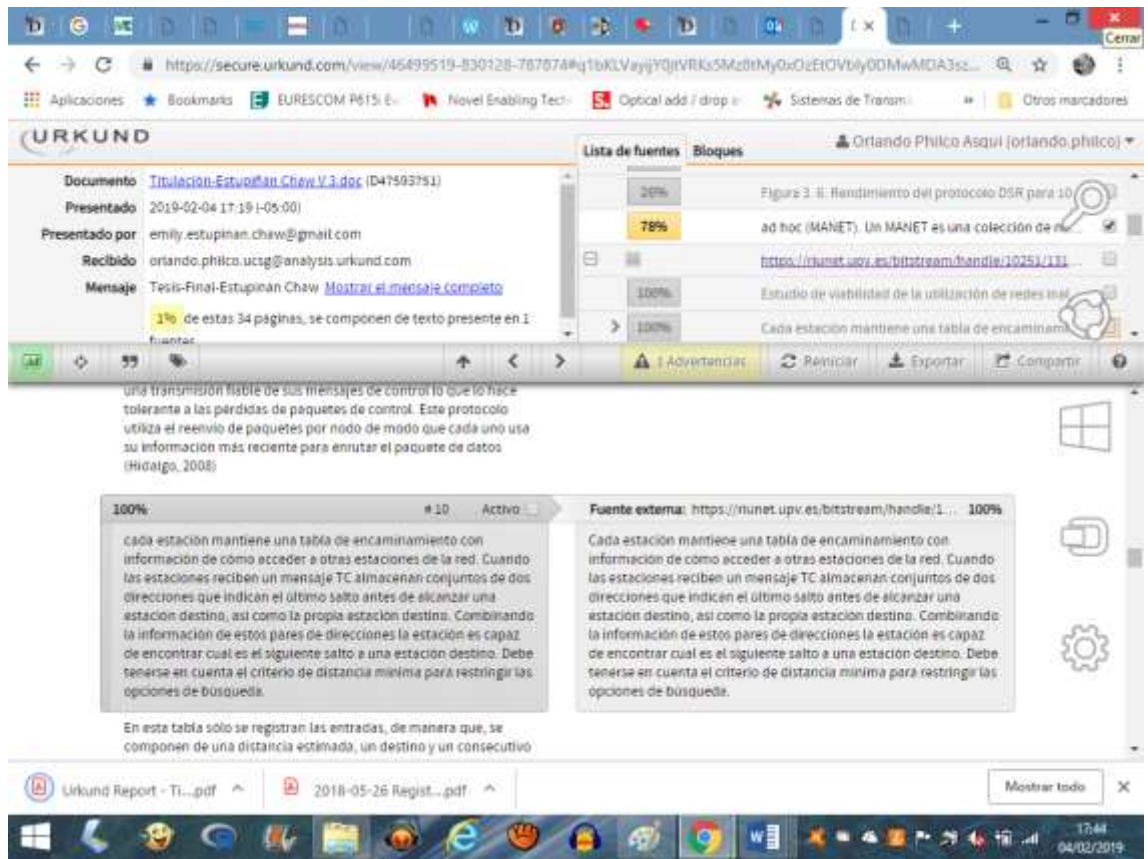
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Análisis de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 11 de marzo del 2019

LA AUTORA:

f. _____
Estupiñán Chaw, Emily Gisella

REPORTE URKUND



Reporte Urkund del trabajo de titulación en ingeniería de telecomunicaciones, denominado: **Análisis de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3**, de la estudiante **Estupiñán Chaw, Emily Gisella** una vez analizado con el programa Urkund, el trabajo contiene 1% de coincidencias.

Atentamente.

Msc

Orlando

Philco

Asqui

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, porque ha sabido guiarme por el camino del bien, dándome sabiduría, inteligencia para culminar con éxito una etapa más de mi vida

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

LA AUTORA

f. _____
Estupiñán Chaw, Emily Gisella

DEDICATORIA.

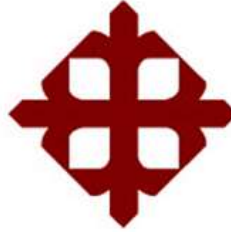
Le dedico a Dios, porque ha sabido guiarme por el camino del bien, dándome sabiduría, inteligencia para culminar con éxito una etapa más de mi vida

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Y a todas las personas que estuvieron en este trayecto.

LA AUTORA

f. _____
Estupiñán Chaw, Emily Gisella



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERA EN TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

MSc. Romero Paz, Manuel de Jesús

Decano

f. _____

MSc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando

COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

MSc. Philco Asqui, Luis Orlando

OPONENTE

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Planteamiento del Problema.....	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Metodología de investigación.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2 Redes Ad-Hoc.....	6
2.1 Características de las Redes Ad-Hoc.....	7
2.2 Aplicaciones de redes inalámbricas Ad-Hoc.....	8
2.3 Funcionamiento de las Redes Ad-Hoc.....	10
2.3.1 Capa de Red Física.....	11
2.3.2 Capa de datos.....	12
2.3.3 Capa de Red.....	12
2.3.4 Capa de Internet o de Red.....	12
2.3.5 Capa de transporte.....	12
2.3.6 Capa de Aplicación.....	13
2.4 Clasificación de las Redes Ad-Hoc.....	13
2.4.1 Redes Manet (Mobile Ad-Hoc network).....	13

2.4.2	Características de las redes Manet:	15
2.4.3	Tipos de redes Manet:	16
2.5	Seguridad en las redes MANETs:	20
2.6	Protocolos de enrutamiento de las Redes Ad-Hoc:	20
2.6.1	Tipos de protocolos de enrutamiento:	21
2.7	Modo de transmisión de las Redes Ad-Hoc:	30
2.7.1	Unicast:	31
2.7.2	Broadcast:	32
2.7.3	Multicast:	32
2.8	Simuladores de Redes:	32
2.8.1	NS3:	33
2.8.2	NS2:	33
2.8.3	Omnet++:	34
2.8.4	OPNET:	34
2.8.5	Netsim:	35
2.8.6	J-Sim:	35
2.8.7	Qualnet:	35
2.8.8	GNS3:	35
2.9	Comparación de los simuladores de Redes:	36
2.10	Métricas de enrutamiento utilizadas en las redes móviles Ad-Hoc:	37
2.10.1	Libre de lazos:	37
2.10.2	Estabilidad:	37
2.10.3	Confiabilidad:	37
2.10.4	Balance de carga:	37
2.10.5	Control de gestión:	38
2.10.6	Throughput (rendimiento):	38

2.10.7	Seguridad.....	38
2.10.8	QoS (quality of service).....	39
CAPÍTULO III: SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.....		40
3	Simulación.....	40
3.1	Selección del simulador.....	40
3.2	Instalación del NS3.....	40
3.3	Simulación de los protocolos de enrutamiento.....	49
3.4	Análisis de Resultados obtenidos de los protocolos de enrutamiento. 62	
3.4.1	Los paquetes de transmisión y de recepción.....	63
3.4.2	Los paquetes perdidos.....	65
3.4.3	Tiempo de paquetes Ida y vuelta.....	68
3.4.4	Throughput.....	70
3.4.5	El porcentaje de la mayor tasa de éxito de los paquetes entregados y perdidos.....	72
3.5	Propuesta del protocolo de enrutamiento de las redes Manet.....	74
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		76
4.1	Conclusiones.....	76
4.2	Recomendaciones.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

Figura 2. 1 Red Ad-Hoc.	7
Figura 2. 2 Redes móviles Ad-Hoc.	14
Figura 2. 3 Redes vehiculares Ad-Hoc (Vanet).....	17
Figura 2. 4 Topología dinámica de una red Vanet.	18
Figura 2. 5 Redes vehiculares Ad-Hoc inteligentes (Intelligent VANET).....	19
Figura 2. 6 Redes móviles Ad-Hoc basadas en internet - IMANET.	20
Figura 2. 7 Selección de nodos MPR.....	24
Figura 2. 8 Descripción gráfica básica del protocolo BATMAN.....	25
Figura 2. 9 Ejemplo del modo de transmisión Unicast.	31
Figura 2. 10 Ejemplo del modo de transmisión Broadcast.	32

CAPÍTULO III: SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Figura 3. 1 Creación de carpeta e instalación de requisitos para el simulador.	41
Figura 3. 2 Descarga del simulador NS-3.	42
Figura 3. 3 Utilización del comando build.py.....	43
Figura 3. 4 Compilación de los archivos.	44
Figura 3. 5 Compilación de los archivos exitosamente.	44
Figura 3. 6 Uso del comando Waf (I).	45
Figura 3. 7 Uso del comando Waf (II).	46
Figura 3. 8 Uso del comando Waf (III)	46
Figura 3. 9 Uso del comando test para la verificación de archivos (I).....	47
Figura 3. 10 Uso del comando test para la verificación de archivos (II).....	47
Figura 3. 11 Uso del comando test para la verificación de archivos (III).....	48
Figura 3. 12 Uso del comando test para la verificación de archivos (IV).	48
Figura 3. 13 Resultado del Protocolo AODV de 15 nodos.	50

Figura 3. 14 Animación del protocolo AODV en el NetAnim.	50
Figura 3. 15 Resultado del Protocolo OLSR de 15 nodos.	51
Figura 3. 16 Animación del protocolo OLSR en el NetAnim.	51
Figura 3. 17 Resultado del Protocolo EIGRP de 15 nodos.	52
Figura 3. 18 Animación del protocolo EIGRP en el NetAnim.	52
Figura 3. 19 Resultado del Protocolo RIP de 15 nodos.	53
Figura 3. 20 Animación del protocolo RIP en el NetAnim.	53
Figura 3. 21 Resultado del Protocolo AODV de 25 nodos.	54
Figura 3. 22 Animación del protocolo AODV con 25 nodos en el NetAnim..	54
Figura 3. 23 Resultado del Protocolo OLSR de 25 nodos.	55
Figura 3. 24 Animación del protocolo OLSR con 25 nodos en el NetAnim..	55
Figura 3. 25 Resultado del Protocolo EIGRP de 25 nodos.	56
Figura 3. 26 Animación del protocolo EIGRP con 25 nodos en el NetAnim.	56
Figura 3. 27 Resultado del Protocolo RIP de 25 nodos.	57
Figura 3. 28 Animación del protocolo RIP con 25 nodos en el NetAnim.....	57
Figura 3. 29 Resultado del Protocolo AODV de 50 nodos.	58
Figura 3. 30 Animación del protocolo AODV con 50 nodos en el NetAnim..	58
Figura 3. 31 Resultado del Protocolo OLSR de 50 nodos.	59
Figura 3. 32 Animación del protocolo OLSR con 50 nodos en el NetAnim..	59
Figura 3. 33 Resultado del Protocolo EIGRP de 50 nodos.	60
Figura 3. 34 Animación del protocolo EIGRP con 50 nodos en el NetAnim.	60
Figura 3. 35 Resultado del Protocolo RIP de 50 nodos.	61
Figura 3. 36 Animación del protocolo RIP con 50 nodos en el NetAnim.....	61
Figura 3. 37 Utilización de la herramienta Gnuplot.	63
Figura 3. 38 Esquema estadístico de barra sobre los paquetes de transmisión y recepción de tráfico bajo.	63
Figura 3. 39 Esquema estadístico de barra sobre los paquetes de transmisión y recepción de tráfico medio.	64

Figura 3. 40 Esquema estadístico de barra sobre los paquetes de transmisión y recepción de tráfico alto.....	64
Figura 3. 41 Esquema estadístico de los paquetes perdidos en tráfico bajo.	65
Figura 3. 42 Esquema estadístico de los paquetes perdidos en tráfico medio.	66
Figura 3. 43 Esquema estadístico de los paquetes perdidos en tráfico alto.	67
Figura 3. 44 Esquema estadístico de los paquetes perdidos en los escenarios.....	68
Figura 3. 45 Esquema estadístico del tiempo de paquetes en los tres escenarios.....	69
Figura 3. 46 Esquema estadístico del tiempo de paquetes.	70
Figura 3. 47 Esquema estadístico del throughput/rendimiento de los protocolos en los tres escenarios.....	71
Figura 3. 48 Esquema estadístico del throughput/rendimiento de los protocolos.	72
Figura 3. 49 Esquema estadístico de barra sobre el radio de paquetes perdidos y entregados de tráfico bajo.....	72
Figura 3. 50 Esquema estadístico de barra sobre el radio de paquetes perdidos y entregados de tráfico medio.....	73
Figura 3. 51 Esquema estadístico de barra sobre el radio de paquetes perdidos y entregados de tráfico alto.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

Tabla 2. 1 Modelo de arquitectura del protocolo TCP/IP.	11
Tabla 2. 2 Características y tipos de protocolos de enrutamiento.....	22
Tabla 2. 3 Comparación de diferentes softwares para simulación de redes.	36

CAPÍTULO III: SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Tabla 3. 1 Comparación de los paquetes de transmisión y recepción de cada protocolo de enrutamiento analizado.	65
Tabla 3. 2 Comparación de la pérdida de paquetes por cada escenario analizado.	68
Tabla 3. 3 Valores del tiempo de paquete de cada protocolo en los escenarios.....	69
Tabla 3. 4 El throughput/rendimiento de los protocolos en varios escenarios.	71
Tabla 3. 5 Valores del porcentaje de radio de paquetes perdidos y entregados.....	74

RESUMEN.

En el presente trabajo de titulación está enfocado en el análisis de algunos protocolos de enrutamiento de las redes móviles Ad-Hoc utilizando el simulador NS-3, evaluando varios escenarios que permitan escoger el protocolo de enrutamiento más adecuado para dichas redes, mediante el análisis de las métricas utilizadas en los protocolos de enrutamiento, tales como, throughput, el tiempo de entrega de los paquetes, la pérdida de paquetes en la transmisión de datos.

El presente trabajo de titulación se divide de la siguiente manera: el capítulo 1 se realiza las componentes del trabajo, introducción, antecedentes, planteamiento de problema, justificación, objetivos y la metodología de la investigación, el capítulo 2 se relatan los conceptos fundamentales de las redes Ad-Hoc y los protocolos de enrutamientos, en el capítulo 3 se presenta las simulaciones de cuatro protocolos a utilizar (AODV, OLSR, EIGRP, RIP) en tres escenarios: tráfico bajo, tráfico medio y tráfico alto, empleando la herramienta NS-3 y finalmente en el capítulo 4 se expone las conclusiones y recomendaciones.

Palabras claves: NS-3, AD-HOC, PROTOCOLO DE ENRUTAMIENTO, AODV, MÉTRICAS, NETANIM.

ABSTRACT

In the present work of certification is focused in the analysis of some protocols of routing of the mobile networks Ad-Hoc using the simulator NS-3, evaluating several of which they relate the protocol of routing more adapted for said networks, by means of the analysis of the metrics used in the routing protocols, such as, performance, the delivery time of the packets, the loss of packets in the transmission of data.

The present certification work is divided in the following way: chapter 1 analyzes the components of the work, stories such as introduction, background, problem statement, justification, objectives and research methodology, chapter 2 is related to the concepts Fundamentals of Ad-Hoc Networks and routing protocols, Chapter 3 presents the simulations of four protocols to be used (AODV, OLSR, EIGRP, RIP) at three levels: low traffic, medium traffic and high traffic, using the tool NS-3 and finally in chapter 4 the conclusions and recommendations are exposed.

Keywords: NS-3, AD-HOC, ROUTING PROTOCOL, AODV, METRICS, NETANIM

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

1.1 Introducción.

Hoy en día con los nuevos avances en el desempeño de las tecnologías de comunicación, se espera que la tecnología inalámbrica móvil avanzada tenga una aplicación y un uso cada vez generalizado, las redes móviles ad-hoc también conocidas como redes Manet son aquellas que consta de nodos móviles que pueden autoconfigurarse dinámicamente en topologías de red Ad-Hoc temporales. Esta red permite que los dispositivos funcionen sin ninguna infraestructura fija, ya que los nodos actúan como enrutador y host.

Para proveer la comunicación dentro de la red, se usan los protocolos de enrutamiento para encontrar rutas entre nodos móviles, lo que permite que los paquetes se envíen a través de otros nodos hacia su destino. Sin embargo, los protocolos de enrutamiento de MANET se considera el ancho de banda y las restricciones de energía principalmente porque ese multisalto ad-hoc depende de cada nodo móvil en la red para actuar como enrutador y reenviador de paquetes.

En este trabajo de titulación se encuentra enfocado en un análisis los diferentes protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-hoc mediante a simulaciones con el programa NS-3 evaluando el rendimiento de los protocolos y sugerir el más apropiado para las redes móviles Ad-Hoc.

1.2 Antecedentes.

Las redes Ad-Hoc es una tecnología que ha ido en desarrollo constantemente y nos permite comunicarnos de una manera más dinámica, ya que su modo de propagación es por medio de ondas que son receptadas por el usuario final.

Una de las ventajas de estas redes es su fácil movilidad por tal motivo que se conecta sin necesidad de una infraestructura, entre ellas se destacan dos tipos de redes de Ad-hoc: Manet (Mobile Ad-Hoc Networks) y Vanet (Vehicular Ad-Hoc Network).

Redes Manet conocida como red inalámbrica Ad-hoc que consta de un grupo de nodos móviles conectados de forma inalámbrica en una configuración automática y auto-repararse, por el motivo de que los nodos que trabaja en esta red tienen la capacidad de moverse aleatoria y libremente conforme a que cambia constantemente la topología de la red, ya que cada nodo actúa como un enrutador a medida que reenvía el tráfico a otro nodo especificado en la red. Por otra parte, las redes Vanet conocidas como redes vehiculares Ad-hoc es un derivado de las redes Manet, se podría decir que es una aplicación de las redes Manet, porque están formadas por vehículos con dispositivos inalámbricos, la comunicación que trabaja esta red es vehículo a vehículo y una unidad de vehículo a lado de la carretera compuesto por un sistema de transporte inteligente. En las redes Ad-hoc el enrutamiento tiene una gran importancia en la transmisión de datos requeridos a los vehículos o nodos.

Algunos investigadores indican que el primer uso de las redes móviles Ad-Hoc fueron en los proyectos de la milicia, incluso en los proyectos de DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency o Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa) por sus características y funcionamiento, como sus topologías, los enlaces de capacidad variable restringidos, el ancho de banda, por su comportamiento autónomo y por la poca intervención humana.

El principal desafío de este tipo de red equipar los dispositivos para mantener continuamente la información requerida para establecer el correcto enrutamiento en el tráfico de datos. Por esta razón se simula en el programa NS-3 y se evalúa el rendimiento de diferentes los protocolos de enrutamiento utilizados en las redes Manet.

1.3 Planteamiento del Problema.

Mediante a las consultas de información acerca de las redes móviles Ad-hoc se evalúa el rendimiento de los protocolos de enrutamiento, por esta razón surge la necesidad de analizar el rendimiento de los protocolos para obtener ellos un mejor aprovechamiento utilizando el simulador NS-3 (Network Simulator V.3).

1.4 Justificación.

El comportamiento de los protocolos de enrutamiento lleva a cabo un papel importante en el envío de datos o paquetes requeridos, de modo de que las rutas cambian con frecuencia en esta red por no tener una red central permanente. Los protocolos enrutamiento se clasifican según por establecimiento de ruta, por su técnica, por su funcionamiento, etc.

Unos de los retos que enfrenta la red Manet en la seguridad limitada de la señal y la confiabilidad de los nodos móviles y dinámicos ya que los nodos trabajan como enrutador o usuarios finales.

Por lo tanto, el trabajo de titulación tiene como principal objetivo, analizar los diferentes protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc, de manera que se evalúa mediante a simulaciones el rendimiento de aquellos y así establecer el más adecuado para obtener el mayor beneficio en dicha red.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo General.

Analizar los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3

1.5.2 Objetivos específicos.

- Definir un estado del arte sobre los conceptos principales de las redes móviles Ad-Hoc y sus protocolos de enrutamiento
- Simular diferentes escenarios de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc
- Evaluar el rendimiento de los protocolos de enrutamiento y sugerir el más apropiado para las redes móviles Ad-Hoc.

1.6 Metodología de investigación.

Para este trabajo de titulación se determina tres tipos del método de investigación utilizadas, las cuales se describe a continuación:

Metodología descriptiva: se utiliza esta metodología para la caracterización de los protocolos de enrutamiento ya sea proactivo, reactivo e híbridos, describiendo su principal función para las redes móviles Ad-hoc. En esta parte solo se limita a la observación del comportamiento en dicha red.

Metodología analítica: Mediante a esta metodología se obtiene un profundo enfoque, abarcando desde cómo funciona hasta observar como es el rendimiento de las redes móviles Ad-hoc y sus protocolos de enrutamiento. En esta etapa de la investigación se realiza una recopilación de información necesaria que nos permite definir y aclarar nuestros conocimientos.

Metodología empírica: se utiliza esta metodología para la realización de la codificación de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc, teniendo como resultado los protocolos de la red en el simulador de redes NS-3. En esta última etapa de la investigación se evalúa los distintos protocolos de enrutamiento y sugerir el que tenga el mejor rendimiento para empleo de esta red.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2 Redes Ad-Hoc.

Son redes inalámbricas sin infraestructura, es decir solo constan de nodos equipados con un dispositivo que tiene un receptor y un transmisor llamado transceptor, las redes Ad-Hoc se diseñaron para ser una red independiente, es por lo que los nodos deben ser capaces de organizarse en esta misma.

Una red ad-hoc es un tipo de conexión temporal entre ordenadores sin necesidad de que medie entre ellos un punto de acceso o enrutador Wi-Fi. Este tipo de redes se caracteriza por terminales que se comunican entre sí y se utiliza frecuentemente en ámbitos militares, redes de sensores, comunicación entre vehículos, etc. Es decir que se realiza todo tipo de intercambio de información sin que se requieran componentes auxiliares y más aún, puede operar independientemente de su acceso a Internet.(Universitat Politècnica Valencia, 2010)

En la infraestructura inalámbrica basada red, los nodos se comunican con un nodo, que se encuentra en otra área de la red, mediante la transmisión de datos a punto de acceso de destino y este punto de acceso retransmitir los datos a el nodo deseado. Estas redes al no tener una infraestructura física igual cuentan con diferentes topologías que cambia rápida e impredeciblemente, ya que los puntos de accesos trabajan como dispositivos o routers. Dicha red se opera de forma autónoma o puede estar conectado a internet. (Quintana Hormiga & Uribe Gómez, 2014)

Se dice que las redes Ad-Hoc no son suficientemente eficientes, por lo que cada nodo tiene un rango de transmisión, los nodos transmiten sus datos con técnica de salto único o múltiple. Ahora se implementa un algoritmo de enrutamiento adecuado, para que el proceso de transmisión de

datos sea más efectivo. En la siguiente figura se muestra una representación de las redes Ad-Hoc.

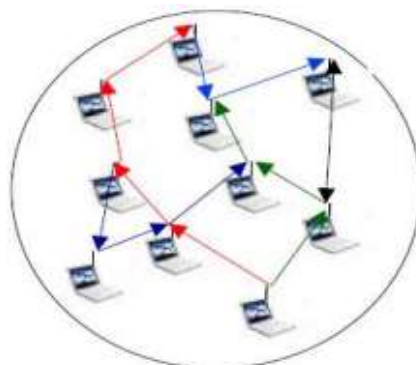


Figura 2. 1 Red Ad-Hoc.

Fuente:(Quintana Hormiga & Uribe Gómez, 2014)

2.1 Características de las Redes Ad-Hoc.

La red Ad-Hoc tiene características como una fácil conexión para acceder redes, estructuras de red multisistema dinámicas y punto de enlace directo comunicación. La propiedad multihop de una red Ad-Hoc. necesita ser puentado por una puerta de enlace a la red troncal cableada. La salida debe tener una interfaz de red en ambos tipos de redes y ser parte tanto del enrutamiento global como del enrutamiento Ad-Hoc local.

Los usuarios podrían beneficiarse de las redes ubicuas de varias maneras, la movilidad permite a los usuarios cambiar entre dispositivos, migrar sesiones, y aún así obtener los mismos servicios personalizados. La movilidad del host permite dispositivos de los usuarios para moverse por las redes y mantener la conectividad y accesibilidad.

Las principales características de estas redes son:

- **Nodos móviles:** las redes Ad-hoc tienen esta característica por los que los dispositivos pueden reorganizarse y tienen la capacidad de moverse libere y aleatoriamente.
- **Topología variable:** los nodos son libres de moverse arbitrariamente con diferentes velocidades, por lo tanto, la topología de la red es

dinámica, los nodos construyen otros enlaces pero que estén en su área de cobertura

- **Cambios de ruta:** esta característica va junto con los nodos móviles, ya que los nodos al momento de la transmisión, los enlaces no son estables y se ven obligados a cambiar de ruta
- **Autonomía limitada:** en estas redes los nodos tienen limitación en cuanto a la batería y al procedimiento, por esta razón se utiliza los algoritmos para optimizar los recursos.
- **Limitaciones de los enlaces inalámbricos:** estos enlaces inalámbricos continúan teniendo una capacidad significativamente menor que las redes que tienen infraestructuras, además los enlaces inalámbricos se predisponen de errores por su limitación en el ancho de banda, asimismo presentan un alcance limitado, por esto que se utiliza los repetidores de nodos.
- **Ausencia de infraestructura:** estas redes se caracterizan por un tener ninguna entidad central porque no tienen una infraestructura física y esto hace que los nodos puedan trabajar como enrutadores o dispositivos en todo instante.

2.2 Aplicaciones de redes inalámbricas Ad-Hoc.

Inspirado inicialmente por las posibilidades de su aplicación en contextos inalámbricos móviles, en 1972, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada para la Defensa de los Estados Unidos de Norteamérica, crearon el Proyecto Packet Radio Network (PRNet) que fue el responsable de desarrollar las primeras redes ad hoc.

Su finalidad se centraba, principalmente, en facilitar la comunicación durante las operaciones tácticas militares y en los despliegues realizados en escenarios de emergencia y catástrofe natural. Es en estos contextos donde las redes ad-hoc encontraron su principal utilidad durante los primeros años de investigación y desarrollo.(Hernández & Márquez, 2006).

Posteriormente, su utilización se trasladó al ámbito civil tanto para la comunicación e interacción masiva como para el intercambio de información entre los miembros de equipos de trabajo en las organizaciones civiles y en la industria, para llegar a en la actualidad a mostrar su máximo despliegue en la utilización masiva.

En términos de usos y aplicaciones de esta tecnología, se menciona su impacto en distintos desarrollos asociados al sector agropecuario. El control de variables de crecimiento vegetal y desarrollo animal es una aplicación que es revisada de manera casi constante por los grupos de investigación en agroindustria (Villón, 2009)

El monitoreo de variables climáticas, de temperaturas, niveles de oxidación, variables de peso, volumen y multiplicidad de otros tantos indicadores vuelven a este tipo de redes un recurso estratégico para el control del clima, protección de ambientes naturales y el control de niveles de contaminación. Así mismo, este concepto de red inalámbrica ad hoc puede concebirse como una solución de control y gestión inteligente que se funda en la lectura de datos y toda de decisiones controladas sin intervención de las personas. Ello abre un amplio campo de aplicación en el monitoreo de indicadores de salud que requieren acciones de lectura durante las 24 horas. También en lecturas de datos con aplicaciones en seguridad, controladores de tránsito de todo tipo, contadores, etc. (Villón, 2009)

Las siguientes son las aplicaciones de redes inalámbricas Ad-Hoc:

- Red comunitaria
- Red empresarial
- Red domestica
- Red de respuesta a emergencias.
- Red de vehículos
- Red de sensores
- Educación

- Entretenimiento
- Extensión de cobertura
- Entornos comerciales y civiles.

Se dan varias aplicaciones en una red inalámbrica Ad-Hoc gracias a su naturaleza descentralizada donde no se confía en los nodos centrales y se mejora la escalabilidad de las redes en comparación con las inalámbricas redes gestionadas. La configuración mínima y el despliegue rápido hacen que las redes Ad-Hoc sean adecuadas para emergencias situaciones como desastres naturales o conflictos militares. La presencia de protocolos de enrutamiento dinámicos y adaptativos permite que las redes Ad-Hoc se formen rápidamente.

2.3 Funcionamiento de las Redes Ad-Hoc.

Existe cierto acuerdo entre los autores respecto del hecho que todo funcionamiento de una red Ad-Hoc se describe considerando que:

-Un nodo tiene que identificar los puntos de acceso y las redes disponibles de acceso; la terminal elige una red entre las disponibles y sigue un proceso de autenticación con el punto de acceso; la asociación permite que el punto de acceso y la terminal intercambien información y capacidades. (Molina, Silva, & Bracho, 2007)

Para la correcta descripción del funcionamiento de una red, se debe recurrir al concepto de capa ya que a partir del mismo se desarrolla el modelo teórico que permite pensar en estrategias de seguridad respecto del funcionamiento de una red cualquiera sea su clase.(Echaiz, Davicino, & Ardenghi, 2012)

Progresivamente este modelo de siete niveles o capas fue sustituido por el utilizado en Internet, el modelo TCP/IP que sólo considera cuatro niveles. Es a partir de este modelo teórico que se organiza la descripción del funcionamiento de las redes Ad – Hoc que se presenta en este documento.

Para un correcto planteo y comprensión se presenta en el Cuadro 1 la correspondencia entre cada una de las capas de ambos modelos.

Tabla 2. 1 Modelo de arquitectura del protocolo TCP/IP.

Ref. OSI N.º de capa	Capa OSI	Capa TCP/IP
5,6,7	Aplicación, sesión, presentación	Aplicación
4	Transporte	Transporte
3	Red	Internet
2	Datos	Datos
1	Física	Red Física

Nota: Descripción de la arquitectura del protocolo TCP/IP con respecto al modelo OSI. Fuente: Elaboración propia

2.3.1 Capa de Red Física.

Este nivel se encarga de las transmisiones a nivel de bits entre distintos dispositivos que se utilizará para la red. En esta capa están las conexiones físicas de la red (cableado, estándares, comunicaciones inalámbricas conectores, sin embargo, esta no se ocupa del medio físico real como la fibra o el cobre.

En una red inalámbrica, los nodos se comunican entre sí mediante canales de radiofrecuencia (RF) que presentan dificultades en términos de calidad del servicio. La señal sufre atenuación, desvanecimiento, efecto doppler, etc. Por otra parte, la utilización de antenas multidireccionales para la comunicación entre dispositivos influye en la velocidad de transmisión. Los canales de RF operan en las bandas de 2.4 GHz y de 5 GHz y los mismos son compartidos por otro tipo de dispositivos y redes (por ejemplo, microondas y redes Bluetooth) se advierte una saturación que los vuelve poco fiables.(Chalmetas, 2009)

2.3.2 Capa de datos.

Esta capa nos facilita las estructuras y nos sirve para el control de fallas. Si bien existen dos categorías principales de protocolos de control de acceso al medio de transmisión, en el caso que ocupa las redes utilizan el protocolo de acceso aleatorio. Pues la red no cuenta con un nodo maestro o de infraestructura como para aplicar el protocolo de acceso controlado. Las estructuras Ethernet IEEE 802.2 y el Protocolo punto a punto (PPP) son ejemplos de protocolos de acceso aleatorio.(Cano F., Fernández, & De la Osa, 2006)

2.3.3 Capa de Red.

Como se menciona en este documento, una red ad – hoc por su dinamismo requiere de una marcada capacidad de adaptación a los cambios continuos de su topología. Por esta razón los protocolos de enrutamiento deben adaptarse con rapidez a dichos cambios, ya que en todo momento los nodos están transmitiendo información y se debe asegurar que la ruta este estable .(Frodigh, Johansson, & Larsson, 2018)

2.3.4 Capa de Internet o de Red.

La capa proporciona rutas de enrutamiento de datos para la comunicación de red. Para garantizar su accesibilidad este tipo de redes utiliza protocolos conocidos como TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Sin embargo, y de forma complementaria, otros desarrollos promueven protocolos específicos que optimicen los mecanismos de control de tráfico, recuperación de transporte, multiplicidad de flujos, etc. (Echaiz et al., 2012)

2.3.5 Capa de transporte.

El propósito de la capa de transporte es proporcionar transferencia de datos entre sistemas finales, por lo tanto, libera la carga de las capas superiores de cualquier preocupación para proporcionar una transferencia de

datos confiable y rentable. En algunos casos, el límite de la capa de la red de transporte representa el límite tradicional entre el operador y el cliente. Desde este punto de vista, la capa de transporte optimiza el uso de los servicios de red y proporciona cualquier confiabilidad adicional a la suministrada por el servicio de red. El servicio y protocolo de transporte OSI ahora se procesan como un borrador de estándares internacionales (DIS).

2.3.6 Capa de Aplicación.

Actualmente existe multiplicidad de aplicaciones, muchas de ellas multimedia, que son sensibles al retardo y a la variación de este retardo. Para su funcionamiento requieren un mayor ancho de banda y ofrecen una marcada flexibilidad respecto de la pérdida de paquetes de datos.

Consiste en protocolos que se centran en la comunicación de proceso a proceso a través de una red IP y proporciona una interfaz de comunicación firme y servicios para el usuario. En el campo de investigación vinculado a este aspecto de las MANETs los nuevos desarrollos en las aplicaciones utilizadas en Internet procuran disminuir el ancho de banda a través de técnicas de codificación que aumenten la compresión de los datos.(Giusto Bilić, 2015)

2.4 Clasificación de las Redes Ad-Hoc.

Las redes Ad-Hoc como se ha mencionado antes, se clasifica según su aplicación entre ella se tiene: las redes Ad-Hoc móviles (Manet) y a su vez las redes Ad-Hoc vehiculares. (Vanet) y Red Ad-Hoc móvil basada en Internet (IMANET)

2.4.1 Redes Manet (Mobile Ad-Hoc network).

Una red móvil Ad-Hoc es una recolección de nodos conectados por enlaces inalámbricos, para la comunicación todos los nodos siguen de forma independiente la rutina de movilidad. Uno de los beneficios de estas redes

es que se integra a una red de infraestructura con diferentes fines, como el acceso a aplicaciones m-learning de una organización desde un dispositivo móvil. (Herrera, Rocabado, & Campos, 2013)

Una de las desventajas de esta red móvil es que debido a la ausencia de la infraestructura física, se ve afectada la red ya que cualquier persona se une fácilmente a esta red y se realiza cualquier actividad maliciosa. Más allá de esta brecha para superar esta falla o problema, se propone una arquitectura de seguridad basada en la confianza para MANET.

En general, se considera dos tipos de comunicaciones en los MANET clásicos, las comunicaciones de difusión y las comunicaciones multihop a través de protocolos de enrutamiento. La red móvil Ad-Hoc tiene características típicas, como la falta de fiabilidad de los enlaces inalámbricos entre nodos y la topología en constante cambio.

El desafío principal en la construcción de un MANET es equipar cada dispositivo para mantener continuamente la información requerida para enrutar correctamente el tráfico. Dichas redes pueden operar por sí mismas o estar conectadas a Internet más grande. El logro de MANET es un gran crecimiento de computadoras portátiles y redes inalámbricas o Wi-Fi.

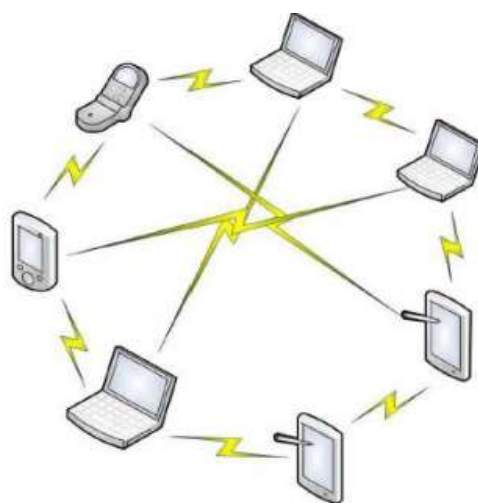


Figura 2. 2 Redes móviles Ad-Hoc.

Fuente:(Chamba, 2017)

Las redes móviles Ad-hoc brindan beneficios como: la independencia de la administración de la red central, proporcionan acceso a información y servicios independientemente de la posición geográfica, menos caro en comparación con la red por cable, la escalabilidad ya que se admite la adición de más nodos, tienen una mejor Flexibilidad La red se configura en cualquier lugar y momento.(Herrera et al., 2013)

2.4.2 Características de las redes Manet:

Las principales características que poseen las redes MANET son: el limitado ancho de banda, la movilidad rápida de los hosts, la topología de red que varía de forma dinámica, el entorno operativo inseguro, la vulnerabilidad física y la disponibilidad limitada de recursos, como Capacidad de procesamiento de la CPU, energía de la memoria y energía de la batería.

1. **Ancho de banda limitado:** enlace inalámbrico continúa teniendo una capacidad significativamente menor que las redes con infraestructura. Además, el rendimiento realizado de la comunicación inalámbrica después de tener en cuenta el efecto del acceso múltiple, el desvanecimiento, el ruido y las condiciones de interferencia, etc., a menudo es mucho menor que la velocidad de transmisión máxima de una radio.
2. **Topología dinámica:** la pertenencia a la topología dinámica puede perturbar la relación de confianza entre los nodos. La confianza también se ve afectada si se detectan algunos nodos como comprometidos.
3. **Encabezado de enrutamiento:** Dicho anteriormente las redes Ad-Hoc tienen nodos móviles, de manera que se cambia aleatoriamente dentro de la red. De tal forma que, se generan en la tabla de enrutamiento las rutas que no se utilizan, lo que conduce a una sobrecarga de enrutamiento innecesaria.
4. **Problema del terminal oculto:** El problema del terminal oculto se refiere a la colisión de paquetes en un nodo receptor debido a la transmisión simultánea de aquellos nodos que no están dentro del rango

de transmisión directa del remitente, pero están dentro del rango de transmisión del receptor.

5. **Pérdidas de paquetes debido a errores de transmisión:** las redes inalámbricas Ad-Hoc experimentan una pérdida de paquetes mucho mayor debido a factores como el aumento de colisiones debido a la presencia de terminales ocultos, la presencia de interferencias, enlaces unidireccionales, frecuentes saltos de ruta debido a la movilidad de los nodos.
6. **Cambios de ruta inducidos por la movilidad:** la topología de la red en una red inalámbrica Ad-Hoc es altamente dinámica debido al movimiento de nodos; por lo tanto, una sesión en curso sufre frecuentes saltos de ruta. Esta situación a menudo conduce a frecuentes cambios de ruta.(Gómez & Paradells, 2004)
7. **Restricciones de la batería:** los dispositivos utilizados en estas redes tienen restricciones en la fuente de alimentación para mantener portabilidad, tamaño y peso del dispositivo.
8. **Amenazas de seguridad:** la naturaleza Ad-Hoc de dispositivos móviles inalámbricos de MANET presenta nuevos desafíos de seguridad para el diseño de la red. Como el medio inalámbrico es vulnerable a las escuchas ilegales, se establece una funcionalidad de red Ad-Hoc a través de cooperación de nodo, las redes móviles Ad-Hoc están intrínsecamente expuestas a numerosos ataques de seguridad.(Valencia & Risueño, 2017)

2.4.3 Tipos de redes Manet.

Como (Chamba, 2017) revela que: “dentro de las redes Manet hay tres tipos de redes las cuales son: las redes Ad-Hoc vehiculares. (Vanet), redes vehiculares Ad-Hoc inteligentes (Intelligent VANET) y red Ad-Hoc móvil basada en Internet (IMANET)”(p. 21)

2.4.3.1 Redes Vanet (Vehicular Ad-Hoc Network).

Estas redes es un derivado de las redes Manet, la red vehicular tienen alta movilidad de nodos y la variedad de las topologías, a diferencia de las Manet, ellas proporcionan comunicación entre automóviles y/o a veces entre automóviles e infraestructura fija, (Chamba, 2017)

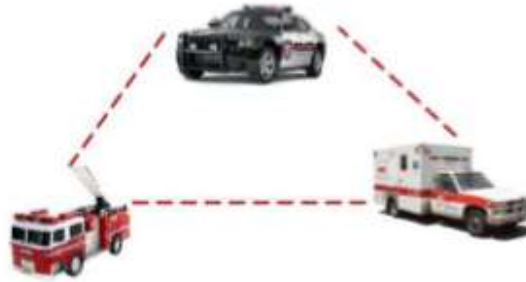


Figura 2. 3 Redes vehiculares Ad-Hoc (Vanet)

Fuente:(Chamba, 2017)

Una red Vanet convierte cada automóvil participante en un enrutador o nodo inalámbrico, lo que permite que los automóviles se conecten aproximadamente a 100 a 300 metros entre sí y, a su vez, creen una red con una amplia gama. A medida que los autos caen fuera del rango de la señal y se salen de la red, otros autos se une, conectando los vehículos entre sí para crear un Internet móvil.(Gélvez, López, & Ocampo, 2013)

En estas redes vehiculares para tener una funcionalidad de la red, dependen de los mismos automóviles y debido a esto las redes tienen restricciones de movilidad, esta característica afecta en algunos parámetros, como la topología dinámica, los cambios de ruta y mantenimiento de la red. En cada momento, se tiene una red en la cual conviven elementos móviles y estáticos, cuyo rol varía sin previo aviso debido a la disposición de las calles, el tamaño de las manzanas o los mecanismos de control de tráfico.(Gélvez et al., 2013).

Como se muestra en la figura, las redes Vanet , como se ha mencionado antes no posee una infraestructura predispuestas, y dependen de la posición de los automóviles.(Aucancela & Espinoza, 2015)

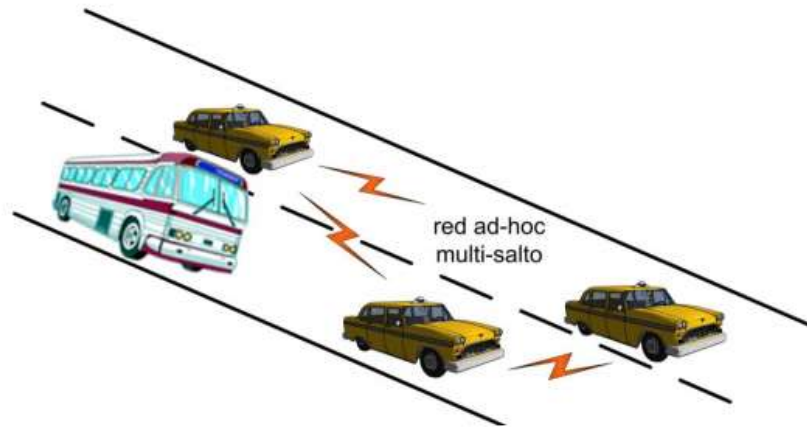


Figura 2. 4 Topología dinámica de una red Vanet.

Fuente: (Aucancela & Espinoza, 2015)

2.4.3.2 Redes vehiculares Ad-Hoc inteligentes (Intelligent VANET).

La Red Ad-Hoc Vehicular Inteligente es un tipo de inteligencia artificial que ayuda a los vehículos a comportarse de manera inteligente durante colisiones de vehículo a vehículo, accidentes, manejo en estado de embriaguez, etc. La red define una forma inteligente de utilizar la red vehicular. En VANET se integra en múltiples tecnologías de red Ad-Hoc, como el estándar IEEE 802.11 (Wi-Fi) el estándar IEEE 1609 (WAVE), el estándar IEEE 802.16 (WiMAX), el estándar IEEE 802.15.4 (ZigBee) Bluetooth y IRA para una comunicación fácil, precisa, efectiva y simple entre vehículos en movilidad dinámica. Se habilita medidas efectivas, como la comunicación de medios entre vehículos, y también se prefieren los métodos para rastrear los vehículos automotores. InVANET ayuda a definir medidas de seguridad en vehículos, transmisión de comunicación entre vehículos, información y entretenimiento telemáticos, como se muestra en la figura (Chamba, 2017)

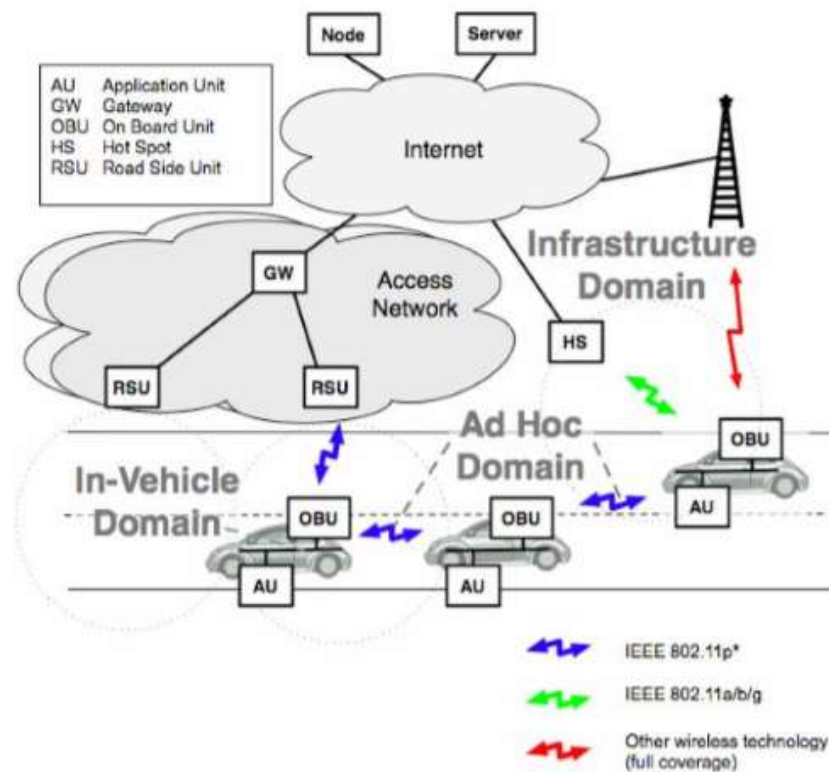


Figura 2. 5 Redes vehiculares Ad-Hoc inteligentes (Intelligent VANET).

Fuente: (Aucancela & Espinoza, 2015)

2.4.3.3 Red Ad-Hoc móvil basada en Internet (IMANET)

Las redes ad-hoc móviles basadas en Internet son redes ad-hoc que enlazan nodos móviles y nodos fijos de pasarela de Internet. En este tipo de redes, los algoritmos de enrutamiento ad hoc normales no se aplican directamente. Las redes inalámbricas generalmente se clasifican como redes inalámbricas fijas, y redes inalámbricas o móviles ad-hoc. Los MANET (redes móviles ad-hoc) se basan en la idea de establecer una red sin recibir soporte de una estructura centralizada. Por naturaleza, estos tipos de redes son adecuados para situaciones donde no existe una infraestructura fija o no es posible desplegar una, como se muestra en la figura. (Chamba, 2017)

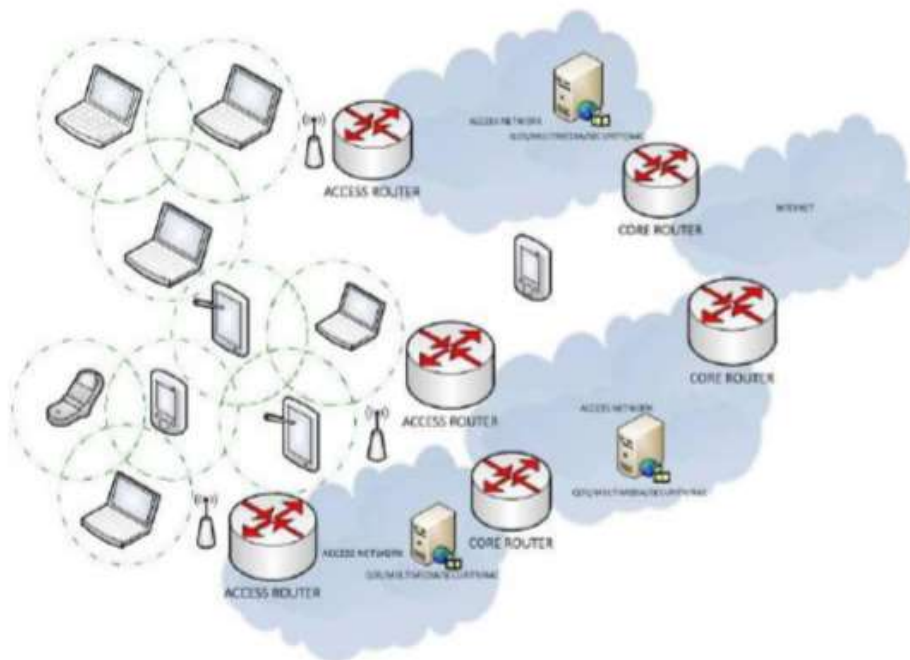


Figura 2. 6 Redes móviles Ad-Hoc basadas en internet - IMANET.

Fuente:(Chamba, 2017)

2.5 Seguridad en las redes MANETs.

En términos generales cuando se hace referencia a la seguridad de las redes MANETs se reconoce tres ámbitos centrales de aplicación como son los sistemas de detección de intrusiones; la seguridad en los enrutamientos y servicios de gestión de claves (Hernández & Márquez, 2006)

Dado que las red MANETs representan un medio compartido en el que trabajan distintos usuarios y al que se accede libremente es inevitable que se acentúen los riesgos de seguridad; por ejemplo, se requiere proteger la confidencialidad de los datos para evitar su uso por parte de terceros.

2.6 Protocolos de enrutamiento de las Redes Ad-Hoc.

Como ya se mencionó el conjunto de protocolos TCP/IP tiene la mayor aceptación en la actualidad, principalmente en el ámbito comercial e industrial. Con una importante capacidad de conexión en red, muy versátiles y con un amplio espectro de aplicaciones, estos protocolos se utilizan tanto en redes de tecnología LAN y WAN.

En términos generales, encaminamiento o enrutamiento, es el proceso por el cual dispositivos de red llamados enrutadores (routers, en inglés) analizan permanentemente las rutas entre nodos y/o redes con el propósito de aprender cuáles son las óptimas para transferir de modo eficiente paquetes de datos. Así, los protocolos de encaminamiento o enrutamiento son “estándares compuestos de reglas, procedimientos y formatos que definen cómo lograr que un router aprenda cuál es la mejor ruta que seguir para la transmisión de un paquete de datos” (Paciello, 2017, p. 4)

2.6.1 Tipos de protocolos de enrutamiento.

Dado las características dinámicas de las redes Ad – Hoc, los protocolos de enrutamiento que ellas utilizan, necesariamente, deben reaccionar rápidamente a los permanentes cambios topológicos de la red a través de la creación de nuevas rutas. Al mismo tiempo deberán tener cualidades de procesamiento intensivo para minimizar el consumo de energía, reducir el ancho de banda para mantener la velocidad y calidad del tráfico y finalmente, prever mecanismos de seguridad para atender a los problemas mencionados en el apartado anterior.

En este contexto, una red Ad – Hoc utilizará un protocolo de enrutamiento dinámico. El mismo se logra mediante el uso de uno o más protocolos como son RIP (Routing Information Protocol), IGRP (Interior Gateway Routing Protocol), EIGRP (Enhanced Internal Gateway Routing Protocol) u OSPF (First Opens the Shortest Route).

Este tipo de protocolos permite al router: recibir y procesar las actualizaciones enviadas por las terminales que ejecutan el mismo protocolo de enrutamiento, aprender sobre redes remota a través de esas mismas actualizaciones, aplicar un algoritmo para determinar la ruta más veloz de entre múltiples rutas a una misma red, comunicar a otros enrutadores sus rutas a redes remotas, actualizar sus propias rutas cuando ocurre algún cambio en la topología de la red.(Paciello, 2017, p. 3)

Como (Chalmetas, 2009) afirma que “el método que cada protocolo utiliza para determinar las rutas a seguir, se distingue tres grandes grupos: protocolos proactivos, protocolos reactivos y protocolos híbridos.”(pp. 24-25). También se utiliza estos protocolos mediante a funciones de encaminamiento para evaluar la calidad de servicios en las redes.

Tabla 2. 2 Características y tipos de protocolos de enrutamiento.

Características	Broadcast	Reactivos	Proactivos	Híbridos
Estructura de enrutamiento	Planas y jerárquicas	Principalmente planas	Planas y jerárquicas	Principalmente jerárquicas
Disponibilidad de ruta	Envío constante de paquetes	Determinada cuando sea necesaria	Disponibles mientras los nodos sean accesibles	Depende de la ubicación del destino
Volumen de control de tráfico	Alto	Bajo	Alta	Mucho más bajo
Manejo de movilidad	Inundación de paquetes	Actualizaciones se producen en función de la movilidad a intervalos fijos	Utiliza el descubrimiento de rutas locales	Normalmente más de un camino puede estar disponible
Almacenamiento	Medio	Medio	Alto	Depende del tamaño de cada clúster
Nivel de retardo	Alto	Alto	Las rutas cortas están predeterminadas	Para destinos locales bajo.
Escalabilidad	No aplica	Menor a 100 nodos.	Hasta 100 nodos.	Diseñado para 1000 nodos o más.

Nota: características de los diferentes tipos de protocolo de enrutamiento. Fuente: “Implementación de una aplicación móvil en un entorno Ad Hoc para el intercambio de información” (Plaza G, Flores M., Benavides C., & Benavides A., 2018)

2.6.1.1 Protocolo de enrutamiento proactivo.

Según (Hernández & Márquez, 2006) sostienen que “los protocolos proactivos mantienen tablas que almacenan la información de encaminamiento y periódicamente, o ante cualquier cambio en la topología de la red, disparan un mecanismo de propagación de actualización, para mantener una idea real del estado de la red.” (p. 12). Es decir que se afecta en la cabecera de señalización por cantidades de paquetes, el ancho de banda a utilizar, como también el rendimiento, el uso de energía, el gran beneficio que tienen estos protocolos de enrutamiento que siempre hay

disponibilidad de rutas sin importar el aumento de paquetes en la cabecera de señalización para cada nodo destino.

En contrapartida, se menciona que la disponibilidad de gran cantidad de información en los nodos para el mantenimiento de las rutas hace que el proceso de actualización de esta información cuando se presenta algún tipo de falla en alguno de los enlaces suele ser sumamente lento.(Coya R., Ledesma Q., & Baluja G., 2014)

2.6.1.1.1 OLSR (*Optimized Link State Routing*).

Este protocolo ha sido diseñado específicamente para redes MANETs. Operan a partir de la definición y utilización de selectores de relés multipunto (MPRs) que son los responsables del reenvío de paquetes de datos durante el proceso de flooding (inundación). Diseñado para operar en modo distribuido, este protocolo no exige una transmisión fiable de sus mensajes de control lo que lo hace tolerante a las pérdidas de paquetes de control. Este protocolo utiliza el reenvío de paquetes por nodo de modo que cada uno usa su información más reciente para enrutar el paquete de datos (Hidalgo, 2008)

El mismo autor sostiene que “cada estación mantiene una tabla de encaminamiento con información de cómo acceder a otras estaciones de la red. Cuando las estaciones reciben un mensaje TC almacenan conjuntos de dos direcciones que indican el último salto antes de alcanzar una estación destino, así como la propia estación destino. Combinando la información de estos pares de direcciones la estación es capaz de encontrar cual es el siguiente salto a una estación destino. Debe tenerse en cuenta el criterio de distancia mínima para restringir las opciones de búsqueda. En esta tabla sólo se registran las entradas, de manera que, se componen de una distancia estimada, un destino y un consecutivo salto en las que se conoce una ruta hacia un destino. Esto significa que la tabla de encaminamiento debe ser constantemente actualizada de acuerdo con los cambios en la topología de red detectados” (Hidalgo, 2008, p. 23)

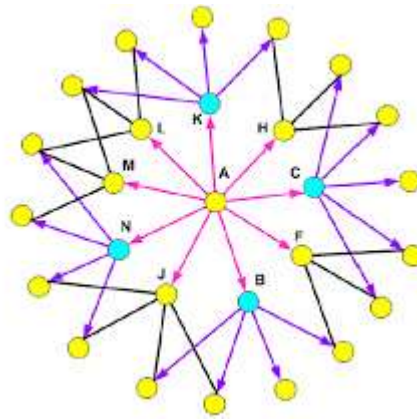


Figura 2. 7 Selección de nodos MPR.

Fuente: (Vargas, 2012)

2.6.1.1.2 BATMAN (Best Approach for Ad Hoc Mobile Networks).

Este protocolo se caracteriza por mantener proactivamente información sobre la existencia de todos los nodos de la malla a los que se accede a través de enlaces de comunicación single-hop o multi-hop. La estrategia de B.A.T.M.M.A.N. es determinar para cada destino en la malla un vecino de salto único, el cual se usa como beneficio para la comunicación con su determinado destino. Para realizar enrutamiento basado en IP multisalto, la tabla de enrutamiento de un nodo debe contener una puerta de enlace local para cada host o ruta de red. Aprender sobre el mejor salto siguiente para cada destino es todo lo que el algoritmo B.A.T.M.M.A.N. se preocupa. No es necesario conocer ni calcular el recorrido completo, lo que permite una implementación muy rápida y eficiente.

Existe una versión más reciente del protocolo denominada BATMAN Advanced o batman-adv que opera en capa 2 (capa de enlace). “La información de enrutamiento es transportada utilizando las tramas (Ethernet, Wi-Fi, entre otras variantes en dependencia de la tecnología que se emplee), y además el tráfico de datos es manejado por batman-adv. Batman-adv encapsula y envía todo el tráfico hasta que este arribe al destino, emulando el funcionamiento de un switch de red virtual de los nodos participantes. De esta forma todos los nodos aparentan ser de enlace local y desconocen la

topología de la red, además de no verse afectados por algún cambio en esta. (Coya R. et al., 2014)

Para la configuración y la depuración del módulo batman-adv, fue desarrollada la herramienta batctl (BATMAN Control). Esta ofrece una interfaz conveniente para la configuración del módulo y la información de estado. Además, contiene versiones de capa 2 de los comandos ping, traceroute y tcpdump, debido a que el switch de red virtual es completamente transparente a todos los protocolos de capas superiores. Entre las principales ventajas de BATMAN Advanced pudieran mencionarse que sobre él se ejecuta cualquier protocolo (IPv4, IPv6, DHCP Dynamic Host Configuration Protocol, entre otros), y que los nodos forman parte de la red móvil ad hoc aún sin tener dirección IP” (Coya R. et al., 2014)

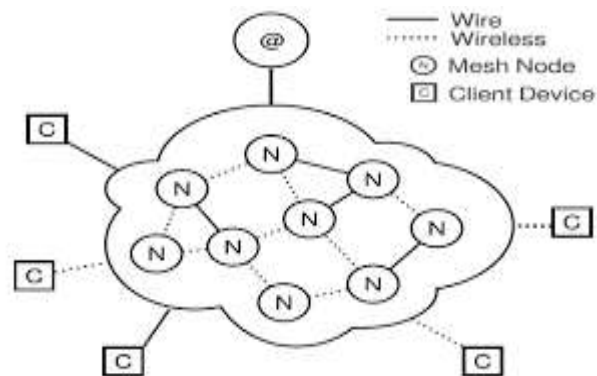


Figura 2. 8 Descripción gráfica básica del protocolo BATMAN.

Fuente : (Quintana Hormiga & Uribe Gómez, 2014)

2.6.1.1.3 OSPF (First Opens the Shortest Route).

Es un protocolo de direccionamiento de tipo enlace-estado. Fue desarrollado para las redes IP y se funda en el algoritmo de primera vía más corta (SPF). Los routers o sistemas de la misma área mantienen una base de datos de enlace-estado idéntica que describe la topología del área. Cada enrutador genera su propia base de datos de enlace-estado y sobre la base de estos datos calcula un árbol de extensión de vía más corta, siendo él mismo la raíz, utilizando el algoritmo SPF.

Entre las principales ventajas de este protocolo se destaca que:

- En comparación con los protocolos de enrutamiento, éste resulta más adecuado para servir entre redes heterogéneas de gran tamaño ya que se recalcula las rutas en muy poco tiempo cuando cambia la topología de la red.
- Se subdivide un sistema en áreas y mantenerlas separadas para disminuir el tráfico de direccionamiento y el tamaño de la base de datos de enlace-estado de cada área.
- Se genera opciones de múltiples rutas y se añade rutas duplicadas a la pila TCP utilizando saltos siguientes distintos (Paciello, 2017)

2.6.1.2 Protocolo de enrutamiento reactivo.

Distintos estudios acuerdan en que “los protocolos de enrutamiento reactivos se ajustan mejor a redes con una baja densidad de nodos y patrones de tráfico estáticos, y son preferidos en redes con una alta movilidad. De acuerdo con (Coya R. et al., 2014) señala que: “los protocolos reactivos a utilizar son: AODV (Enrutamiento de vectores de distancia ad hoc bajo demanda), DSR (Enrutamiento de origen dinámico), TORA (Algoritmo de enrutamiento temporalmente ordenado)” (p. 65)

2.6.1.2.1 AODV (Ad Hoc Distance Vector Routing on Request).

Es un protocolo de enrutamiento diseñado para redes inalámbricas y móviles ad hoc. Fue desarrollado conjuntamente por Nokia Research Center, la Universidad de California, Santa Bárbara y la Universidad de Cincinnati en 1991. Se caracteriza como un algoritmo de adquisición de rutas puramente bajo demanda. (Cano F. et al., 2006)

Como (Vega, 2015) indica que el protocolo AODV posee una característica fundamental, en este protocolo los nodos destino de un trayecto, antes de proporcionar información de enrutamiento, crean un número de secuencia de destino (destination sequence number) Esto quiere decir que constituye un instrumento para evaluar cuánto se ha actualizado

determinada ruta de tal forma que no se forme los bucle de enrutamiento. (p. 16)

El protocolo AODV utiliza el método de transmisión multicast, ya que se distribuyen el tráfico de una fuente a muchos destinos, esto requiere que de varios caminos el nodo elija la mejor ruta para la transmisión de información a su destino. Cuando un nodo desea enviar un dato, primeramente, busca la ruta destino en su caché de rutas. Si esta existe se envían los datos, de lo contrario el nodo difunde un Route Request Packet (RREQ) a sus vecinos hasta que se llegue al destino. El RREQ contiene la dirección de origen, la dirección de destino, el número de secuencia de origen, el identificador de difusión, y el más reciente número de secuencia de los nodos fuente y destino. Cuando la solicitud llega al destino, una respuesta (RREP Route Reply) es enviada de vuelta al nodo de origen a través de la ruta de la cual el destino recibió primero el paquete RREQ. De esta forma el protocolo de enrutamiento AODV encuentra la ruta más rápida y más corta. (Coya R. et al., 2014)

Como ventaja destacable de este protocolo, cabe señalar que no crea tráfico adicional para la comunicación y que no necesita de mucho espacio para el almacenamiento de los datos. Como contrapartida, posee ciertas limitaciones como se demora un poco más que otros protocolos a fin de conseguir una ruta para la transmisión de información. (Paciello, 2017)

2.6.1.2.2 DSR (Dynamic Source Routing)

Este protocolo se basa en el enrutamiento desde el origen. Tal como lo describe Coya Rey, cada nodo tiene una memoria caché local que almacena la información de enrutamiento. La particularidad de este protocolo sugiere dos alternativas para la caché de rutas: la caché de trayecto (ruta desde sí mismo hacia otro nodo) y la caché de enlace (enlace a un gráfico que muestra su visión de la topología de red). Esta información de enlace es la que facilita obtener más información de enrutamiento que la caché de trayecto (Coya R. et al., 2014)

Por otra parte, este protocolo prescinde de mensajes periódicos lo que disminuye la sobrecarga de la red. Su principal ventaja sobre otros protocolos es radica en que “cada nodo mantiene una memoria caché de rutas en la que se van almacenando las rutas obtenidas a través de procesos de descubrimiento de caminos, ya sean propios u obtenidos a través de escuchas en la red. En caso de ocurrir un cambio en la topología de la red la información es compartida a todos sus nodos por medio del proceso de inundación” (Molina et al., 2007)

2.6.1.2.3 RIP (Routing Information Protocol).

RIP es un protocolo de enrutamiento vectorial, es decir que los enrutadores intercambian información sobre la accesibilidad de la red con sus vecinos más cercanos. En palabras de Gerald Paciello “los enrutadores se comunican entre sí los conjuntos de destinos ("prefijos de dirección") a los que se llega y la siguiente dirección de salto a la que deben enviarse los datos para llegar a esos destinos. Esto contrasta con los IGPs de estado de enlace; los protocolos de vectorización intercambian rutas entre sí, mientras que los routers de estado de enlace intercambian información de topología y calculan sus propias rutas localmente” (Paciello, 2017)

2.6.1.2.4 IGRP (Interior Gateway Routing Protocol).

Desarrollado por la compañía Cisco en respuesta a las limitaciones del protocolo RIP, es un protocolo de enrutamiento vectorial de distancia utilizado para comunicar información de enrutamiento dentro de una red host.

IGRP gestiona el flujo de información de enrutamiento dentro de los routers conectados en la red host o en el sistema autónomo. De este modo se asegura que cada enrutador tenga tablas de enrutamiento actualizadas con la mejor ruta disponible. IGRP también evita los bucles de enrutamiento actualizándose con los cambios que se producen en la red y mediante la gestión de errores.(Paciello, 2017)

Básicamente se trata de atender a dos objetivos: por un lado comunicar información de enrutamiento a todos los enrutadores conectados dentro de su límite o sistema autónomo, y, por otra parte, producir actualizaciones siempre que se produzca un cambio topológico, de red o de ruta. En este sentido para un adecuado nivel de eficiencia, IGRP envía una notificación de cualquier cambio nuevo, e información sobre su estado, a sus vecinos cada 90 segundos. (Cano F. et al., 2006)

2.6.1.2.5 EIGRP (*Enhanced Internal Gateway Routing Protocol*).

Se trata de un protocolo de enrutamiento interno de puerta de enlace que resulta apropiado para diversas tecnologías y medios diferentes. Se caracteriza por el logro de tiempos de convergencia extremadamente rápidos con un tráfico de red mínimo. (Cisco, 2017)

Ofrece algunas ventajas respecto de otros protocolos como es la utilización reducida de recursos de red durante el funcionamiento normal de la red; en situaciones de cambios solo se distribuyen cambios de la tabla de enrutamiento y no la sustitución completa de toda la tabla y reacciona rápidamente a los cambios en la topología de la red. (Cano F. et al., 2006)

Opera con economía de información en los procesos de actualización debido al permanente descubrimiento y mantenimiento de los vecinos como forma elemental de establecer las rutas aprendidas, como a así también a la supresión de rutas errónea en las tablas de los demás enrutadores de la red. (Cisco, 2017)

2.6.1.3 *Protocolo de enrutamiento híbrido.*

La mayoría de los protocolos de este tipo están basados en zonas. Dentro de la zona el enrutamiento se realiza de forma proactiva y fuera de ella de manera reactiva. Su utilización es óptima en redes de gran tamaño que incluyen una gran cantidad de nodos. (Vargas, 2012)

Entre los más utilizados se menciona: ZRP (Zone Based Routing Protocol), SHARP (Sharp Hybrid Adaptive Routing Protocol), ZHLS (Zone-based Hierarchical Link State), SLURP (Scalable Location Update Routing Protocol), DDR (Distributed Dynamic Routing), entre otros.(Cano, Calafate, Malumbres, & Manzoni, 2008)

2.6.1.3.1 ZRP (Zone-based Routing Protocol).

En una red, la mayor parte de la comunicación tiene lugar entre nodos más o menos próximos, el protocolo de enrutamiento de zona mantiene rutas proactivas dentro de una región local de la red, es decir a una zona de enrutamiento. El protocolo ZRP aprovecha la topología de la zona de enrutamiento para mejorar la eficiencia de una ruta reactiva. Esto supone que, al momento de asignar un paquete de datos a un destino determinado, este protocolo comprueba si el mismo se encuentra dentro o fuera de la zona. Si el destino se localiza dentro de la zona, los datos son enrutados proactivamente. En cambio, si el destino se sitúa fuera de la zona establecida, el enrutamiento se realizará de modo reactivo. (Lemus, 2013)

Esta zona a la que se hace referencia no guarda relación con medición geográfica o de cobertura de la red; si no que alude a la zona de enrutamiento de un nodo o área de vecindad local del mismo.

2.7 Modo de transmisión de las Redes Ad-Hoc.

Se define las redes Ad Hoc como aquellas en las que cada dispositivo o nodo se comunica con todos los demás sin requerimiento de un nodo central o de dispositivos auxiliares. Se ha señalado también que en estas redes cada nodo forma parte de una red peer to peer por lo que cada uno de los nodos transmisor y receptor es siempre un punto de acceso (PA). Así mismo cada uno de los nodos participa en la toma de decisiones durante el proceso de enrutamiento de los paquetes de datos al tiempo que retransmiten paquetes entre los nodos que no poseen conexión inalámbrica directa.

También se ha mencionado en este documento que estas redes se despliegan de manera autónoma, organizarse y configurarse por sí mismas e incluso combinarse con otras redes inalámbricas para conectarse a Internet mediante un PA.

En este punto se hace referencia a la transmisión de información entre los nodos de la red. Es decir, la forma en que se realiza el movimiento de información codificada, de un punto a uno o más puntos de la red mediante señales eléctricas, ópticas, electrónicas o electromagnéticas (López G., 2007)

En una red LAN los datos son transportados mediante tres métodos o modos simples que se denominan unicast, broadcast y multicast. A continuación, se describen brevemente cada uno de estos modos de transmisión característicos de las redes inalámbricas Ad – Hoc.(Maya & Martínez, 2009)

2.7.1 Unicast.

Este modo de transmisión se caracteriza por el hecho que muchos flujos de paquetes IP que se mueven a través de las redes fluyen desde un único punto, como un servidor de sitios web, a un único punto final, como un PC cliente. Esta es la forma más común de transferencia de información en las redes.

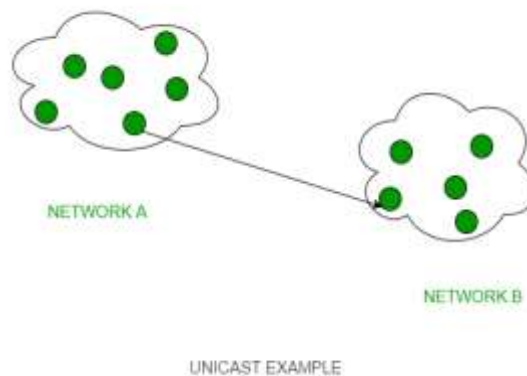


Figura 2. 9 Ejemplo del modo de transmisión Unicast.

Fuente:(Reddy., 2017)

2.7.2 Broadcast.

En este modo de transmisión el tráfico fluye desde un único punto a todos los puntos finales posibles al alcance de la red (generalmente una LAN); esta modalidad resulta más apropiada para asegurar más fácilmente que el tráfico llegue a sus destinos.

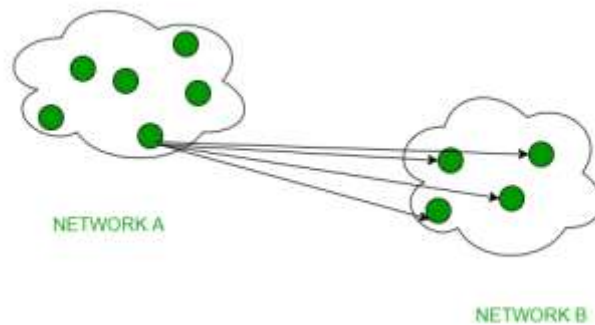


Figura 2. 10 Ejemplo del modo de transmisión Broadcast.

Fuente:(Reddy., 2017)

2.7.3 Multicast.

En este método, el tráfico se sustenta entre los límites de unicast (un punto a un destino) y broadcast (un punto a todos los destinos). Y la multidifusión es una forma de distribución del tráfico de una fuente a muchos destinos, lo que significa que sólo los destinos que apuntan abiertamente a su requisito de aceptar los datos de una fuente específica para recibir el flujo de tráfico (Reddy., 2017)

2.8 Simuladores de Redes.

Básicamente los simuladores de redes son programas en el cual el usuario puede realizar diseños de varios sistemas de redes, por medio de estos simuladores se analiza y evalúa mediante a pruebas virtuales como también se compara esos resultados virtuales con resultados reales para tener un mejor beneficio de dicha red.

Con la ayuda de estos simuladores se diseñan redes de datos entre distintos dispositivos y periféricos: computadores, impresoras, teléfonos, servidores, etc. junto a otros componentes específicos como routers, switches, etc. Para cada uno de los dispositivos incluidos en la simulación se determinan las configuraciones de IP, protocolos de enrutamiento, etc.

Existen diversidad de simuladores en el mercado, todos ellos con sus ventajas y desventajas, características propias y modos de funcionamiento. A los fines de este documento se enumeran los más representativos y se desarrolla una breve caracterización de cada uno.

2.8.1 NS3.

La familia NS corresponde a un simulador de redes basado en eventos discretos que es utilizado en entornos educativos y de investigación. Permite simular indistintamente protocolos unicast y multicast. Es un software libre, que ofrece dos versiones NS 2 y NS 3, ambas compatibles entre sí. (Quintana Hormiga & Uribe Gómez, 2014)

NS3 es un simulador de red de diseño modular que se conecta a una red real. Tiene la facilidad de registro para depurar y rastrear para obtener la salida. La mayoría de los usuarios se centran en la simulación inalámbrica, incluyendo modelos para Wi-Fi, LTE o WiMAX y protocolos de enrutamiento como AODV y OLSR. NS3 está dividido en un número de módulos que tienen uno o más modelos para dispositivos y protocolos de red reales.

2.8.2 NS2.

NS2 se define como Network Simulator Version 2 es una herramienta que utiliza el lenguaje C++, Según (Maldonado, 2012) afirma que este simulador de red versión 2 se utiliza en varios sistemas operativos, es decir, Windows, Linux, Mac OS X, entre otros. NS2 se basa en simulaciones para el estudio de la naturaleza dinámica de las redes de comunicación, tales como TCP, algoritmos de enrutamiento, UDP. El simulador NS2 proporciona a los

usuarios una forma de especificar dichos protocolos de la red y simular su rendimiento o comportamiento correspondiente.

2.8.3 Omnet++.

OMNeT ++ es una biblioteca y marco de simulación de C ++ extensible, modular y basada en componentes, principalmente para construir simuladores de red. Aunque no se trata de un simulador de red en sí mismo, es muy popular como plataforma de simulación de redes en la comunidad científica, así como en entornos industriales, y en la creación de una gran comunidad de usuarios

En OMNet++ las estructuras específicas del dominio, como el soporte para redes de sensores, redes inalámbricas ad-hoc, protocolos de Internet, modelado de rendimiento, redes fotónicas, etc., son proporcionadas por marcos de modelos, desarrollados como proyectos independientes. Existen extensiones para simulación en tiempo real, emulación de red, integración de base de datos, integración de SystemC y varias otras funciones. OMNeT ++ se distribuye bajo la Licencia Pública Académica.

2.8.4 OPNET.

Este simulador ofrece un entorno virtual de red que muestra su comportamiento por completo incluyendo routers, switches, protocolos de enrutamiento, servidores y todo tipo de aplicaciones de red. Es utilizado principalmente, por responsables de sistemas, diseñadores de redes, operadores y responsables de mantenimiento de redes.

Se caracteriza por permitir un diagnóstico completo y eficiente que permite prever el comportamiento de la red ante circunstancias de crecimiento de tráfico, fallos, etc. Entre sus principales ventajas la multiplicidad de modelos para todo tipo de equipos y enlaces con niveles de realismo muy altos (Maldonado, 2012)

2.8.5 Netsim.

NetSim es un módulo de prueba que permite simulaciones y pruebas de redes de sistemas de potencia con señales transitorias. Entre sus aplicaciones más destacadas se menciona: la realización de pruebas de relés en condiciones reales; evaluaciones de los ajustes del relé para aplicaciones de protección complejas; realización de pruebas sencillas de protección de líneas de extremo a extremo, con sincronización de tiempo GPS o IRIG-B.

2.8.6 J-Sim.

Java Simulator (J-Sim) es un simulador de red en Java que posee una interfaz de script para la integración de diferentes lenguajes de script como son Perl, Tcl o Python. Conceptualmente es similar al NS 2 debido a su doble lenguaje Java pero a diferencia de aquél, utiliza la extensión Jacl. Fue desarrollado por las Universidades de Illinois y Ohio (USA) bajo el patrocinio de NSF, DARPA y CISCO.(Cisco, 2017)

2.8.7 Qualnet.

El software de simulación de red QualNet es una herramienta de planificación, prueba y formación que imita el comportamiento de una red de comunicaciones real. Proporciona un entorno completo para el diseño de protocolos, la creación y animación de escenarios de red y el análisis de su rendimiento. Es un simulador de última generación para redes grandes y heterogéneas

2.8.8 GNS3.

Graphic Network Simulation 3 (Simulación Gráfica de Redes 3) es un software muy popular que se utiliza para para emular, configurar, probar y solucionar problemas de redes virtuales y reales. Como simulador gráfico permite diseñar topologías de red complejas (Torres, 2015)

Entre sus principales características se destaca: el diseño gráfico de topologías de red; emulación de gran variedad de IOS Cisco, JunOs, IPS y firewall CISCO; emulación de redes Ethernet, ATM y switches Frame Relay. (Balsa Galbán, 2014).

2.9 Comparación de los simuladores de Redes.

Tabla 2. 3 Comparación de diferentes softwares para simulación de redes.

Simulador	Interfaz		Emulador	Fuente abierta	Comercial	Lenguaje de programación	Plataforma (OS)	Ultima versión	
	Interfaz gráfica de usuario	Interfaz de línea de comandos	Analizador						
NS3	X	-	NetAnim	X	X	-	C++, Python	Windows,Linux, Mac OS, Free BSD	NS3.29 (Jun 2017)
NS2	X	-	NAM	X	X	-	C++, Otcl	Windows,Linux, Mac OS, Free BSD	NS2.35 (Nov 2011)
Omnet++	-	X	X	X	X	-	C++	Windows,Linux, Mac OS	Omnet++ 4.6 (Feb 2014)
Netsim	-	X	X	Net-Patrol	-	X	C,C++,Java	Windows	Netsim 8.3
OPNET	-	X	X	X	-	X	C, C++	Windows	Version 9.1
J-Sim	-	-	X	Partial	X	-	Java, TCL	Windows,Linux	Version 2.15 (Oct. 2014)
Qualnet	-	-	X	X	-	X	C++	Windows,Linux	-

Nota: Comparación de las características entre diferentes softwares para la realización de simuladores de redes. Fuente: Elaboración propia.

2.10 Métricas de enrutamiento utilizadas en las redes móviles Ad-Hoc.

Una métrica es un valor mensurable que el protocolo de enrutamiento asigna de distintas rutas según la utilidad que tengan. En situaciones donde hay varias rutas hacia la misma red remota, por ejemplo, las métricas de enrutamiento se utilizan para determinar el costo total de una ruta de origen a destino. Los protocolos de enrutamiento determinan la mejor ruta sobre la base del costo más bajo.

A continuación, se describen brevemente cada una de las principales métricas utilizadas en protocolos de enrutamiento aplicables a redes MANET según (Coya R. et al., 2014)

2.10.1 Libre de lazos.

Esta métrica se utiliza para los bucles, ya que evita que los protocolos estén transmitiendo interminablemente información en una ruta o destino imposible.

2.10.2 Estabilidad.

La estabilidad se define dentro de una red, al observar la transmisión y la recepción de datos. Dicha red necesita un protocolo que se anexe, para obtener un resultado que no se vea afectado en el rendimiento y el retardo.

2.10.3 Confiabilidad.

El grado de confiabilidad de un protocolo responde a la capacidad que tiene de garantizar la entrega de la información a su respectivo destino.

2.10.4 Balance de carga.

Esta métrica refiere básicamente a la potencialidad que tiene un protocolo que se encarga de la distribución y así el tráfico no se ve afectado y se mantenga estable para evitar todo tipo de fallos originado en sobrecargas.

2.10.5 Control de gestión.

Este parámetro permite evaluar el proceso de asignación de los recursos en la red, de manera tal, que la misma pueda operar en un nivel de rendimiento eficiente y aceptable cuando la demanda excede o cercana a la capacidad máxima de sus recursos.

2.10.6 Throughput (rendimiento).

Esta métrica se obtiene a partir de la razón promedio de entregas exitosas de paquetes de datos en un canal de comunicación.

2.10.7 Seguridad.

Este parámetro es uno de los más complejos para su análisis en la práctica ya que su determinación depende en gran medida del protocolo de enrutamiento que se utilice. Por ejemplo, siguiendo Kumar Pani, (2012) en "A secure zone-based routing protocol for mobile Ad Hoc networks" explica que para ese caso "se utilizó la configuración de campo de 20 nodos distribuidos en un área de 1200m x 1200m y se realizaron simulaciones con un 20% y un 30% de nodos maliciosos para cada protocolo. Los nodos maliciosos fueron seleccionados al azar. Se mide la métrica: % de paquetes dados de baja que pasaron a través de nodos maliciosos. Esta métrica indica el porcentaje del total de paquetes eliminados que atraviesan los nodos maliciosos al utilizar cada protocolo de enrutamiento, en presencia de diferentes porcentajes de nodos maliciosos.

Asumiendo que todos los paquetes que pasan a través de un nodo malicioso o comprometido fueron alterados, esta métrica se calcula de la siguiente manera: % de paquetes perdidos que pasaron a través de nodos maliciosos= $\left[\frac{\text{Número de paquetes dejados caer por los nodos benignos que son generados previamente por o pasados a través de cualquier nodo malicioso en la red}}{\text{Número total de paquetes comunicados}} \right] \times 100$.

La métrica evalúa el grado de seguridad de la comunicación, ya que los paquetes que pasan por nodos maliciosos pueden interrumpir la comunicación segura”.(Kumar Pani, 2012).

2.10.8 QoS (quality of service).

Esta métrica se orienta a la evaluación de la gestión de los parámetros de retardo, variación de retardo (jitter), ancho de banda y pérdida de paquetes en una red. En consecuencia, la QoS se define como el conjunto de técnicas para la gestión de los recursos de la red. Básicamente se aplica a la transmisión de paquetes de datos de voz y video que en la actualidad configuran uno de los mayores desafíos para las redes Ad-Hoc.(Cano F. et al., 2006).

CAPÍTULO III: SIMULACIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.

3 Simulación.

De las investigaciones realizadas en los capítulos anteriores, en este capítulo se basa en las simulaciones y los conceptos principales del capítulo anterior, y se analiza los algunos protocolos de enrutamientos de redes Ad-Hoc.

3.1 Selección del simulador.

En este presente trabajo de titulación se escogió el simulador NS-3 porque a diferencia de los otros simuladores, este es una herramienta de usadas para eventos discretos, es decir, con esta herramienta se controla el tiempo en diversos intervalos, además se utilizó este simulador porque se encaminado para uso educativo e investigador, libre de licencia y disponible para cualquier plataforma tales como Linux, Windows, Mac OS.

3.2 Instalación del NS3.

Como se dijo anteriormente el NS-3 es disponible para cualquier plataforma. En este caso el simulador de red versión 3 se utilizó en la plataforma basado en Linux, el cual se utilizó el sistema operativo Ubuntu para la realización de la simulación.

Se utilizo la versión de Ubuntu 16.04 LTS para 64 bits, el cual LTS significa soporte a largo plazo, lo que quiere decir actualizaciones gratuitas de seguridad y mantenimiento.

Existen diferentes maneras de instalar el simulador de red, las más utilizadas son por el Bake y Tarball la diferencia es que el Bake está basado en el lenguaje de programación Phytion para la construcción del programa y

el Tarball se comprimen todos los archivos en .tar y formado un solo archivo para la instalación.

Para este trabajo de titulación, la instalación NS-3 se utilizó por medio del Tarball, continuación se explica el modo de instalación del NS-3.

Como primer paso, se crea una carpeta con el comando **mkdir NS-3** e instala todos requisitos que se van a usar para el simulador NS-3, como se observa en la figura 3.1.

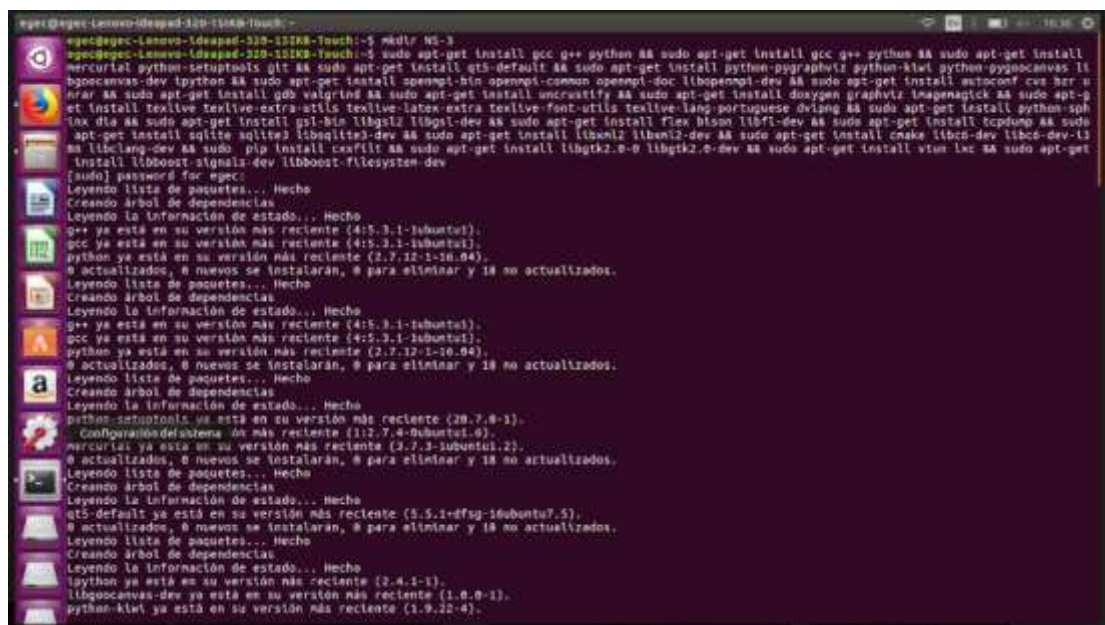


Figura 3. 1 Creación de carpeta e instalación de requisitos para el simulador.

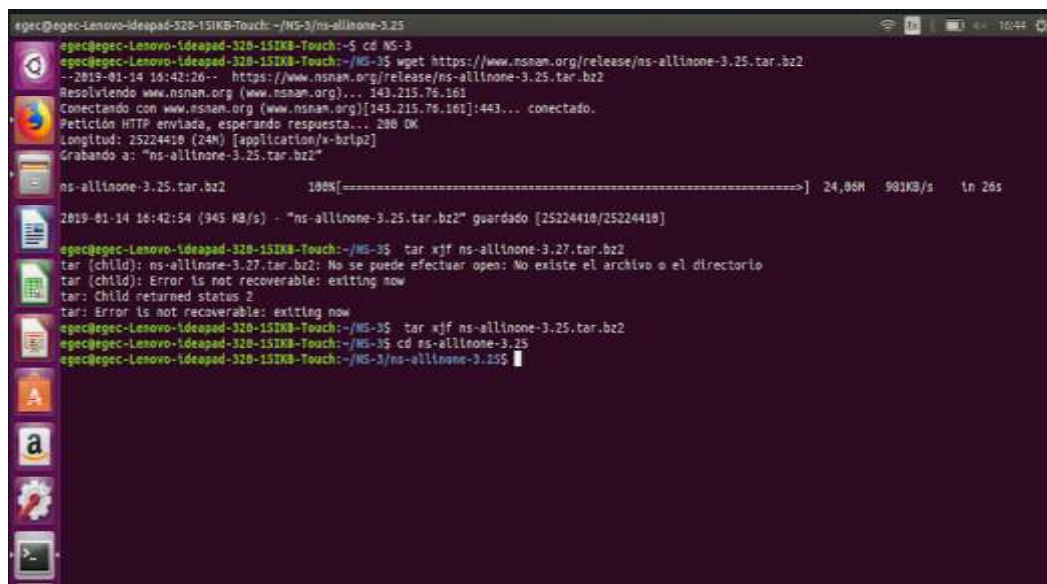
Fuente: Elaboración propia

Los requisitos se deben instalar y configurar para que el simulador NS-3 tenga un buen rendimiento y este en optima condiciones. Los requisitos instalados son extensiones y librerías como las GCC que es una colección de compilador del GNU integrado en Ubuntu, la cual es una de las principales funciones para el manejo del simulador, la G++ es una extensión de un compilador de C++. También para el manejo del simulador se trabaja con la extensión Python que sirve los gráficos de eventos discretos y librerías también conocidas como dependencias como python-pygraphviz

python-kiwi python-pygoocanvas libgoocanvas-dev, se utilizan para animar y pintar la línea de tiempo.

Como se muestra en la figura 3.1, se emplea el comando **sudo apt-get install** para la descargan las librerías y extensiones que necesita el simulador.

Una vez de obtener las extensiones y librerías se procede a descargar el archivo .tar para instalar el simulador NS-3, mediante a la página oficial del NSNAM por el comando **wget http://www.nsnam.org/releases/ns-3.25.tar.bz2**, ya que es una herramienta de línea de comandos para recuperar objetos de la web como se ve en la figura 3.2.



```
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~$ cd NS-3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/NS-3$ wget https://www.nsnam.org/release/ns-allinone-3.25.tar.bz2
--2019-01-14 16:42:26-- https://www.nsnam.org/release/ns-allinone-3.25.tar.bz2
Resolviendo www.nsnam.org (www.nsnam.org)... 143.215.76.161
Conectando con www.nsnam.org (www.nsnam.org)[143.215.76.161]:443... conectado.
Petición HTTP enviada, esperando respuesta... 200 OK
Longitud: 25224410 (24M) [application/x-bzip2]
Grabando a: "ns-allinone-3.25.tar.bz2"

ns-allinone-3.25.tar.bz2 100%[=====] 24,06M 991KB/s 1n 26s

2019-01-14 16:42:54 (945 KB/s) - "ns-allinone-3.25.tar.bz2" guardado [25224410/25224410]

egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/NS-3$ tar xjvf ns-allinone-3.27.tar.bz2
tar (child): ns-allinone-3.27.tar.bz2: No se puede efectuar open: No existe el archivo o el directorio
tar (child): Error is not recoverable: exiting now
tar: Child returned status 2
tar: Error is not recoverable: exiting now
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/NS-3$ tar xjf ns-allinone-3.25.tar.bz2
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/NS-3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/NS-3/ns-allinone-3.25$
```

Figura 3. 2 Descarga del simulador NS-3.

Fuente: Elaboración propia.

También en la figura 3.2 se observa la línea `tar xjvf ns-3.2.tar.bz2`, el cual se utiliza el comando **tar xjvf** para descomprimir el archivo `ns-allinone-3.25.tar.bz2`; el comando **cd** sirve para ubicarnos en cualquier directorio o carpeta que se desea y también para cambiar en la ventana del terminal una ruta actual.

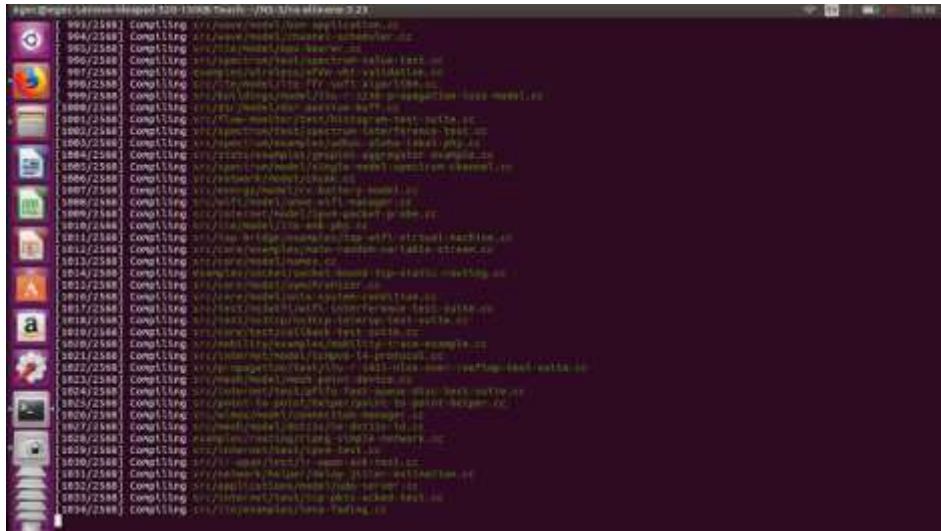


Figura 3. 4 Compilación de los archivos.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente parte se muestra que la compilación de los archivos salió exitosamente, como se ve en la figura 3.5. Con respecto a la línea de comando donde dice **modules not built**, esto quiere decir, que simplemente algunos módulos ns-3 que tienen dependencias de bibliotecas externas pueden no haber sido construidos, o que la configuración solicitó específicamente no construirlos. No significa que el simulador no se construyó correctamente o que proporciona resultados incorrectos para los módulos listados como se están construyendo.

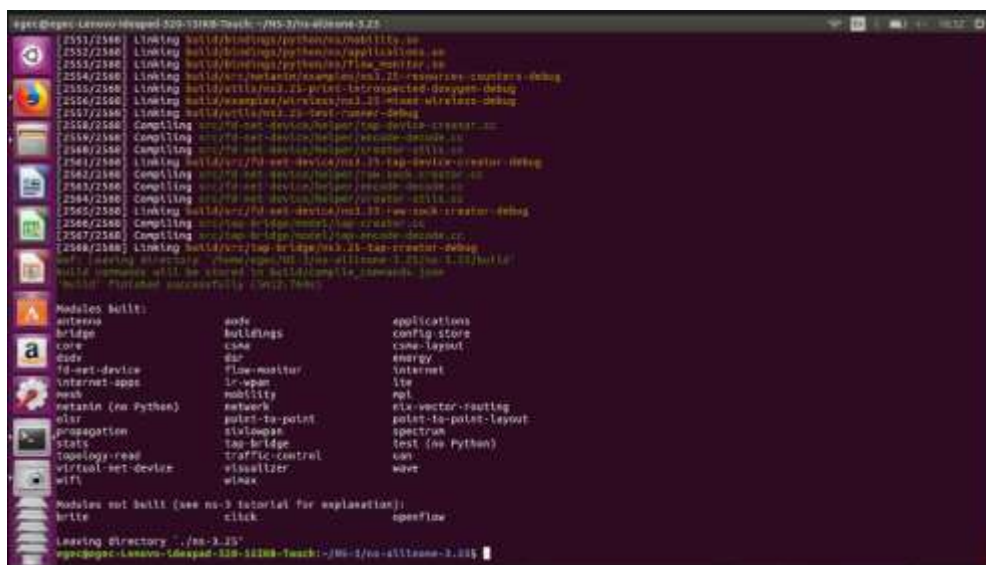


Figura 3. 5 Compilación de los archivos exitosamente.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.6 se ejecuta el comando **Waf**, en la carpeta o directorio **ns-3.25**. Este comando verifica todas las dependencias o librerías y configuraciones que el NS-3 disponga.

```

waf@pegasus-lasvegas-idsagas-320-1318K-Topch: ~/NS-3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
waf@pegasus-lasvegas-idsagas-320-1318K-Topch: ~/NS-3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ cd ns-3.25
waf@pegasus-lasvegas-idsagas-320-1318K-Topch: ~/NS-3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf -d debug --enable-examples --enable-tests configure
Setting tool to
  | /home/pegasus/NS-3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
Setting out to
  | /home/pegasus/NS-3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build
Checking for 'gcc' (C compiler)
  | /usr/bin/gcc
Checking for cc version
  | 3.4.6
Checking for 'g++' (C++ compiler)
  | /usr/bin/g++
Checking for compilation flag '-Wl,--soname=foo support'
  | ok
Checking for program 'python'
  | /usr/bin/python
Checking for python version
  | 2.7.12 ('Final', #)
python-config
  | /usr/bin/python-config
Asking python-config for pyembed '--cflags --libs --ldflags' flags
  | ok
Testing pyembed configuration
  | ok
Asking python-config for pyext '--cflags --libs --ldflags' flags
  | ok
Testing pyext configuration
  | ok
Checking for compilation flag '-Wvisibility-hidden support'
  | ok
Checking for compilation flag '-Wno-array-bounds support'
  | ok
Checking for pybindgen location
  | /usr/bin/pybindgen-0.17.0.post44ingb64e3bc (guess)
Checking for python module 'pybindgen'
  | 0.17.0.post44ingb64e3bc
Checking for python module 'pygccxml'
  | 0.17.0.post44ingb64e3bc
Checking for code antipet
  | ok
Checking for types uint64_t and unsigned long equivalence
  | no
Checking for code antipet
  | no
Checking for types uint64_t and unsigned long long equivalence
  | yes
Checking for the splitters that can be used for Python bindings
  | gcc splitters
Checking for internal GCC xsaahl
  | complete
Checking for python module 'pygccxml'
  | not found
Checking boost includes
  | 3.28
Checking boost libs
  | ok
Checking for boost linkage
  | ok
Checking for click location
  | not found
Checking for program 'pkg-config'
  | /usr/bin/pkg-config
Checking for 'gtk+-2.0' >= 2.12
  | ok
Checking for 'libxml-2.0' >= 2.7
  | no
Checking for type uint128_t
  | not found
Checking for type _uint128_t
  | no
Checking high precision implementation
  | 128-bit integer (default)
Checking for header stdint.h
  | yes
Checking for header inttypes.h
  | yes
Checking for header sys/inttypes.h
  | not found
Checking for header sys/types.h
  | yes
  
```

Figura 3. 6 Uso del comando Waf (I).

Fuente: Elaboración propia.

Hay que tener en cuenta la última parte. Algunas opciones de ns-3 no están habilitadas de forma predeterminada o requieren soporte del sistema subyacente para funcionar correctamente. Por ejemplo, para habilitar la biblioteca libxml-2.0 debe encontrarse en el sistema. Si no se encuentra esta biblioteca, la función ns-3 correspondiente no se habilita y se muestra un mensaje. Y también que además que hay una función para usar el programa sudo para establecer el bit suid de ciertos programas. Esto no está habilitado de forma predeterminada y, por lo tanto, esta función se informa como "no habilitada". Como se muestra en la figura 3.6, 3.7 y 3.8.

```

egpc@egpc-Lenovo-Idiapad-320-121XN-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23
Checking for 'libxml 2.0' >= 2.7 | yes
Checking for type uint128_t | not found
Checking for type __uint128_t | yes
Checking high precision implementation | 128-bit integer (default)
Checking for header stdint.h | yes
Checking for header inttypes.h | yes
Checking for header sys/inttypes.h | not found
Checking for header sys/types.h | yes
Checking for header sys/stat.h | yes
Checking for header dirent.h | yes
Checking for header stdlib.h | yes
Checking for header signal.h | yes
Checking for header pthread.h | yes
Checking for header stdint.h | yes
Checking for header inttypes.h | yes
Checking for header sys/inttypes.h | not found
Checking for library rt | yes
Checking for header sys/socket.h | yes
Checking for header net/if.h | yes
Checking for header net/ethernet.h | yes
Checking for header linux/if_tun.h | yes
Checking for header netpacket/packet.h | yes
Checking for gcc location | not found
Checking for OpenFlow location | not found
Checking for 'sqlite3' | yes
Checking for header linux/if_tun.h | yes
Checking for python module 'SQL' | no
Checking for python module 'gnomevnc' | 3.24.1
Checking for python module 'pygraphviz' | 1.11.2
Checking for program 'sudo' | /usr/bin/sudo
Checking for program 'valgrind' | /usr/bin/valgrind
Checking for 'gsl' | yes
python-config | not found
Checking for compilation flag -Wno-error=deprecated-d... support | no
Checking for compilation flag -Wno-error=deprecated-d... support | no
Checking for compilation flag -fstrict-aliasing support | yes
Checking for compilation flag -strict-aliasing support | no
Checking for compilation flag -strict-aliasing support | no
Checking for program 'doxygen' | /usr/bin/doxygen
---- Summary of optional NS-3 features:
Build practice | enabled
Build directory |

```

Figura 3. 7 Uso del comando Waf (II).

Fuente: Elaboración propia.

```

egpc@egpc-Lenovo-Idiapad-320-121XN-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23
Real Time Simulator | enabled
File descriptor NetDevice | enabled
Tap FileNetDevice | enabled
Emulation FileNetDevice | enabled
PlanetLab FileNetDevice | not enabled (PlanetLab operating system not detected (see option --force-planetlab))
Network Simulation Cradle | not enabled (NS3 not found (see option --with-ns3))
NS3 Support | not enabled (option --enable-ns3 not selected)
NS-3 OpenFlow Integration | not enabled (OpenFlow not enabled (see option --with-openflow))
SQLite stats data output | enabled
Tap Bridge | enabled
Pyviz visualizer | enabled
Use sudo to set sudo bit | not enabled (option --enable-sudo not selected)
Build tests | enabled
Build examples | enabled
GNU Scientific Library (GSL) | enabled
Gcrypt library | not enabled (libgcrypt not found; you can use libgcrypt-config to find its location.)
---- Summary of optional NS-3 features:
Build practice | enabled
Build directory |
waf: Entering directory '/home/egpc/ns-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23/build'
waf: Leaving directory '/home/egpc/ns-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23/build'
Build summary will be stored in build/compile_commands.json
Build finished successfully (1.92s)

Modules built:
antenna          aodv              applications
bridge           buildings         config-store
core             zone              cma-layout
dsw              lr-wan            energy
fd-net-device   lr-wan           internet
internet-apps   lr-wan           lte
mesh            nobility         mpi
network         network          nle-vector-routing
network (no Python)  point-to-point  point-to-point-layout
olsr             sixwpan          spectrum
propagation      stats            test (no Python)
topology-read   tap-bridge       van
virtual-net-device  traffic-control  wave
wifi            wimax

Modules not built (see ns-3 tutorial for explanation):
brite           click             openflow

```

Figura 3. 8 Uso del comando Waf (III)

Fuente: Elaboración propia

Y por último se realiza una prueba con el comando **test.py**, como ya se dijo en este comando se realiza una prueba unitaria de la distribución NS-3.

En esta parte también se ve la salida de resumen de Waf y el corredor de prueba ejecutando cada prueba, como se muestra en las figuras 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12.

```

@egor@egor-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23$ ./test.py
ns3: Leaving directory: /home/egor/.ns3/ns-allinone-3.23/ns-3.23/build
ns3: Leaving directory: /home/egor/.ns3/ns-allinone-3.23/ns-3.23/build
ns3: commands will be stored in: build/compile_commands.json
ns3: Finished Successfully (1.400s)

modules built:
antenna          adv          applications
bridge           buildings   config-store
cma              cma         cma-layout
cma              dar         energy
fd-net-device   flow-monitor internet
Internet-apps   lr-wpan    lite
mesh            mobility    ngl
netanim (no Python)
nls              network     ntk-vector-rooting
propagation      point-to-point point-to-point-layout
STATS           sloneman    spectrum
topology-read   traffic-control test (no Python)
virtual-net-device
wifi            visualizer  wan
               winbox     wave

Modules not built (see ns-3 tutorial for explanation):
brute           click       openFlow

PASS: TestSuite callback
PASS: TestSuite attributes
PASS: TestSuite config
PASS: TestSuite build-profile
PASS: TestSuite command-line
PASS: TestSuite global-value
PASS: TestSuite object-name-service
PASS: TestSuite int4x64
PASS: TestSuite simulator
PASS: TestSuite ptr
PASS: TestSuite sample
PASS: TestSuite event-garbage-collector
PASS: TestSuite object
PASS: TestSuite time
PASS: TestSuite timer
PASS: TestSuite traced-callback
PASS: TestSuite type-traits
PASS: TestSuite watchdog

```

Figura 3. 9 Uso del comando test para la verificación de archivos (I).

Fuente: Elaboración propia.

```

@egor@egor-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.23$
2283/2580 Linking build/src/core/examples/ns3.23-main-random-variable-debug
2284/2580 Linking build/libns3.23-internet-debug.so
2285/2580 Linking build/src/buildings/examples/ns3.23-main-control-test-debug.so
2286/2580 Linking build/src/mobility/examples/ns3.23-main-grid-topology-debug
2287/2580 Linking build/src/mobility/examples/ns3.23-propagation-debug.so
2288/2580 Linking build/src/mobility/examples/ns3.23-main-random-topology-debug
2289/2580 Linking build/libns3.23-mobility-test-debug.so
2290/2580 Linking build/src/mobility/examples/ns3.23-main-random-walk-debug
2291/2580 Linking build/libns3.23-wan-debug.so
2292/2580 Linking build/src/mobility/examples/ns3.23-ns3-mobility-trace-example-debug
2293/2580 Linking build/src/mobility/examples/ns3.23-ns3-mobility-trace-debug
2294/2580 Linking build/src/mobility/examples/ns3.23-ns3-mobility-trace-debug
2295/2580 Linking build/libns3.23-topology-read-test-debug.so
2296/2580 Linking build/libns3.23-point-to-point-test-debug.so
2297/2580 Linking build/src/point-to-point/examples/ns3.23-main-attribute-value-debug
2298/2580 Linking build/libns3.23-wifi-debug.so
2299/2580 Linking build/libns3.23-buildings-debug.so
2300/2580 Linking build/src/propagation/examples/ns3.23-main-propagation-loss-debug
2301/2580 Linking build/src/propagation/examples/ns3.23-fake-propagation-model-example-debug
2302/2580 Linking build/libns3.23-spectrum-debug.so
2303/2580 Linking build/libns3.23-propagation-test-debug.so
2304/2580 Linking build/libns3.23-buildings-test-debug.so
2305/2580 Linking build/src/buildings/examples/ns3.23-buildings-garbage-profiler-debug
2306/2580 Linking build/libns3.23-wan-test-debug.so
2307/2580 Linking build/libns3.23-spectrum-test-debug.so
2308/2580 Linking build/libns3.23-lr-wpan-debug.so
2309/2580 Linking build/src/spectrum/examples/ns3.23-ns3-trace-region-example-debug
2310/2580 Linking build/src/spectrum/examples/ns3.23-ns3-trace-example-debug
2311/2580 Linking build/src/lr-wpan/examples/ns3.23-lr-wpan-phy-test-debug
2312/2580 Linking build/libns3.23-lr-wpan-test-debug.so
2313/2580 Linking build/src/lr-wpan/examples/ns3.23-lr-wpan-error-distance-plot-debug
2315/2580 Linking build/src/lr-wpan/examples/ns3.23-lr-wpan-error-model-plot-debug
2316/2580 Linking build/src/lr-wpan/examples/ns3.23-lr-wpan-packet-print-debug
2318/2580 Linking build/src/lr-wpan/examples/ns3.23-lr-wpan-data-debug
2317/2580 Linking build/examples/wireless/ns3.23-ns3-phy-validation-debug
2318/2580 Linking build/src/energy/examples/ns3.23-basic-energy-model-test-debug
2319/2580 Linking build/src/wifi/examples/ns3.23-macrel-hl-wifi-manager-example-debug
2320/2580 Linking build/examples/wireless/ns3.23-gdm-validation-debug
2322/2580 Linking build/src/wifi/examples/ns3.23-ideal-wifi-manager-example-debug
2322/2580 Linking build/src/energy/examples/ns3.23-ns3-battery-model-test-debug
2323/2580 Linking build/src/wifi/examples/ns3.23-wifi-phy-test-debug
2324/2580 Linking build/src/wifi/examples/ns3.23-test-interference-beeper-debug

```

Figura 3. 10 Uso del comando test para la verificación de archivos (II).

Fuente: Elaboración propia.

```

egpc@egpc-Lenovo-ideapad-320-15IKB-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23
PASS: Example examples/error-model/sample-error-model
PASS: TestSuite lte-ue-measurements-piecewise-2
PASS: Example examples/wireless/mixed-wireless
PASS: Example examples/traffic-control/traffic-control
PASS: Example examples/wireless/multirate --totalTime=0.3s --rateManager-no3: AarWIFIManager
PASS: Example examples/wireless/multirate --totalTime=0.3s --rateManager-no3: AnrWIFIManager
PASS: Example examples/wireless/multirate --totalTime=0.3s --rateManager-no3: CarWIFIManager
PASS: Example examples/wireless/multirate --totalTime=0.3s --rateManager-no3: IdealWIFIManager
PASS: Example examples/wireless/multirate --totalTime=0.3s --rateManager-no3: MInstreWIFIManager
PASS: Example examples/wireless/multirate --totalTime=0.3s --rateManager-no3: OnbestWIFIManager
PASS: Example examples/wireless/wifi-simple-adhoc-grid
PASS: Example examples/wireless/wifi-simple-infra
PASS: Example examples/wireless/wifi-simple-interference
PASS: Example examples/wireless/wifi-wired-bridging
PASS: TestSuite lte-Interferenca-fr
PASS: Example examples/wireless/wifi-ap --verbose=8
PASS: Example examples/wireless/ofdm-hs-validation
PASS: Example examples/wireless/ofdm-validation
PASS: Example examples/wireless/multirate --totalTime=0.3s --rateManager-no3: #RaWIFIManager
PASS: Example examples/wireless/ofdm-vht-validation
PASS: TestSuite lte-cqt-generation
PASS: Example examples/wireless/power-adaptation-distance --manager-no3: ParWIFIManager --outputFileName=parf --steps=5 --stepsSize=10
PASS: Example examples/routing/dynamic-global-routing
PASS: Example examples/routing/global-objects-slash2
PASS: Example examples/routing/global-routing-slash2
PASS: Example examples/routing/mixed-global-routing
PASS: Example examples/routing/simple-alternate-routing
PASS: Example examples/routing/simple-global-routing
PASS: Example examples/routing/simple-routing-pings
PASS: Example examples/routing/static-routing-slash2
PASS: Example examples/wireless/power-adaptation-distance --manager-no3: AparWIFIManager --outputFileName=aparf --steps=5 --stepsSize=10
PASS: Example examples/tutorial/first
PASS: Example examples/udp/udp-echo
PASS: Example examples/tutorial/hello-simulator
PASS: Example examples/tutorial/second
PASS: Example examples/tutorial/fourth
PASS: Example examples/tutorial/third
PASS: Example examples/tutorial/fifth
PASS: Example examples/tutorial/sixth
PASS: Example src/ns3/examples/aodv
PASS: Example examples/tutorial/seventh

```

Figura 3. 11 Uso del comando test para la verificación de archivos (III).

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22 se observa un mensaje importante, este es para verificar; Las fallas, los bloqueos o los errores de valgrind indican problemas con el código o incompatibilidades entre las herramientas y el código.

```

egpc@egpc-Lenovo-ideapad-320-15IKB-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23
PASS: Example src/metan/example/star-animation
PASS: Example src/lte/examples/lena-simple-epc
PASS: Example src/network/examples/main-gasket-header
PASS: Example src/network/examples/main-gasket-header
PASS: Example src/core/examples/wave-random-variable
PASS: Example src/ols/vector-routing/examples/nls-astepc
PASS: Example src/ols/examples/simple-paint-to-point-olsr
PASS: Example src/metan/examples/grid-animation
PASS: Example src/spectrum/examples/adhoc-aloika-ideal-phy
PASS: Example src/spectrum/examples/adhoc-aloika-ideal-phy-with-microwave-ovm
PASS: Example src/spectrum/examples/adhoc-aloika-ideal-phy-matrix-propagation-loss-model
PASS: Example src/stats/examples/file-aggregator-example
PASS: Example src/stats/examples/double-probe-example
PASS: Example src/stats/examples/gnuplot-aggregator-example
PASS: Example src/stats/examples/file-helper-example
PASS: Example src/stats/examples/gnuplot-helper-example
PASS: Example src/uan/examples/uan-rc-example
PASS: Example src/metan/examples/dumbbell-animation
PASS: Example src/wave/examples/wave-simple-80211p
PASS: Example src/wave/examples/wave-simple-device
PASS: Example src/metan/examples/wireless-animation
PASS: Example src/virtual-net-device/examples/virtual-net-device
PASS: Example src/wimax/examples/wimax-simple
PASS: Example src/wimax/examples/wimax-ipv4
PASS: Example src/wimax/examples/wimax-multicast
PASS: Example examples/routing/simple-routing-pings.py
PASS: Example examples/tutorial/first.py
PASS: Example examples/wireless/mixed-wireless.py
PASS: Example src/core/examples/sample-simulator.py
PASS: Example src/bridge/examples/c802-bridge.py
PASS: Example src/lte-ue-measurements/ir-span-error-distance-plot
PASS: Example examples/wireless/wifi-ap.py
PASS: Example src/propagation/examples/wave-propagation-loss
PASS: Example src/flow-monitor/examples/wifi-olsr-flowmon.py
PASS: Example src/uan/examples/uan-cw-example
PASS: Example examples/wireless/mixed-bg-network
PASS: TestSuite lte-frequency-rx-uae
336 of 339 tests passed (336 passed, 3 skipped, 0 failed, 0 crashed, 0 valgrind errors)
List of SKIPPED tests:
ns3-tcp-cwnd
ns3-tcp-interoperability
ns3-tcp-loss
egpc@egpc-Lenovo-ideapad-320-15IKB-Touch: ~/NS-3/ns-allinone-3.23/ns-3.23

```

Figura 3. 12 Uso del comando test para la verificación de archivos (IV).

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Simulación de los protocolos de enrutamiento.

En esta sección, se presenta varias pruebas que permitan indicar el comportamiento de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc, para la realización de estas pruebas, el simulador que se utiliza como ya se había mencionado es el simulador NS-3, por la razón que es un sistema libre y por el hecho que se trabaja sin adquirir el sistema real.

En el entorno de las simulaciones en el NS-3, los puntos a obtener son:

- Se simula 4 tipos de protocolos de enrutamiento, AODV, OLSR, EIGRP, RIP.
- Se evalúa algunas métricas en los protocolos de enrutamiento, tales como, throughput, el tiempo de entrega de los paquetes, la pérdida de paquetes en la transmisión de datos.
- Se incluye el porcentaje de la mayor tasa de éxito de los paquetes entregados.

Se realiza tres escenarios por cada protocolo de enrutamiento, modificando la configuración en los nodos móviles, se analiza el tráfico de datos: tráfico alto, tráfico medio, tráfico bajo.

Escenario 1.

En este escenario se simuló una red de tráfico bajo que consta de 15 nodos, el cual se evalúa las métricas mencionadas anteriormente. Se muestra las 4 pruebas de los protocolos de enrutamiento.

En la figura 3.13 se muestra el resultado de las métricas del protocolo de enrutamiento AODV en la ventana del terminal de Ubuntu. Y en la figura 3.14 se muestra la animación en el simulador de red con el módulo **NetAnim**, con los parámetros ya indicados.

```

egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~$ cd ns3
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/aodv-p2p
waf: Entering directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
[2218/2618] Compiling scratch/aodv-p2p.cc
[2547/2618] Linking build/scratch/aodv-p2p
waf: Leaving directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
build commands will be stored in build/compile_commands.json
[build: finished successfully] (8.503s)
Max Packets per Trace File exceeded

----- Resultado -----
----- Protocolo de enrutamiento AODV-P2P -----
Total nodes: 15
Total Tx Packets: 1992
Total Rx Packets: 1789
Total Packets Lost: 203
Average Round trip time of Packet: -0.390468
Throughput: 1.73923e-06 Kbps
Packets Loss Ratio: 10%
Packets Delivery Ratio: 89%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑÁN CHAV -----
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$

```

Figura 3. 13 Resultado del Protocolo AODV de 15 nodos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 14 Animación del protocolo AODV en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

En la segunda prueba se simuló el protocolo de enrutamiento OLSR, asimismo indicando los parámetros obtenidos en la ventana del terminal con su respectiva animación con el NetAnim. Como se observa en las figuras 3.15 y 3.16.

```

egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~$ cd ns3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/olsr-p2p
waf: Entering directory `~/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: leaving directory `~/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (1.524s)

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento OLSR P2P -----
Total nodes: 15
Total Tx Packets: 200
Total Rx Packets: 233
Total Packets Lost: 49
Average Round trip time of Packet: 0.00338572
Throughput: 4.42036e-07 Kbps
Packets Loss Ratio: 17%
Packets Delivery Ratio: 82%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN-----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑAN CHAM -----
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$

```

Figura 3. 15 Resultado del Protocolo OLSR de 15 nodos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 16 Animación del protocolo OLSR en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

En la tercera parte del escenario 1 se simuló el protocolo EIGRP, igualmente se observa en la figura 3.17, la ventana del terminal el resultado de las métricas indicadas y se observa en la figura 3.18 la animación de su respectivo protocolo.

```

egec@egec-Lenovo-ideapad-320-151KB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-ideapad-320-151KB-Touch:~$ cd ns3
egec@egec-Lenovo-ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egec@egec-Lenovo-ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/elgrp-p2p
waf: Entering directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (1.583s)

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento EIGRP P2P -----
Total nodes: 15
Total Tx Packets: 1046
Total Rx Packets: 292
Total Packets Lost: 754
Average Round trip time of Packet: 0.00280603
Throughput: 5.58764e-07 Kbps
Packets Loss Ratio: 72%
Packets Delivery Ratio: 27%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑÁN CHAM -----
egec@egec-Lenovo-ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$

```

Figura 3. 17 Resultado del Protocolo EIGRP de 15 nodos.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 18 Animación del protocolo EIGRP en el NetAnim.
Fuente: Elaboración propia.

Como último punto del escenario 1 se muestra en la figura 3.19 el protocolo RIP con su resultado en la ventana del terminal y su respectiva animación como se ve en la figura 3.20.

```

egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~$ cd ns3
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/rip-p2p
waf: Entering directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (1.598s)

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento RIP-P2P -----
Total nodes: 15
Total Tx Packets: 836
Total Rx Packets: 111
Total Packets Lost: 725
Average Round trip time of Packet: 0
Throughput: 1.0683e-08 Kbps
Packets Loss Ratio: 86%
Packets Delivery Ratio: 13%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑAN CHAN -----
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$

```

Figura 3. 19 Resultado del Protocolo RIP de 15 nodos.

Fuente: Elaboración propia.

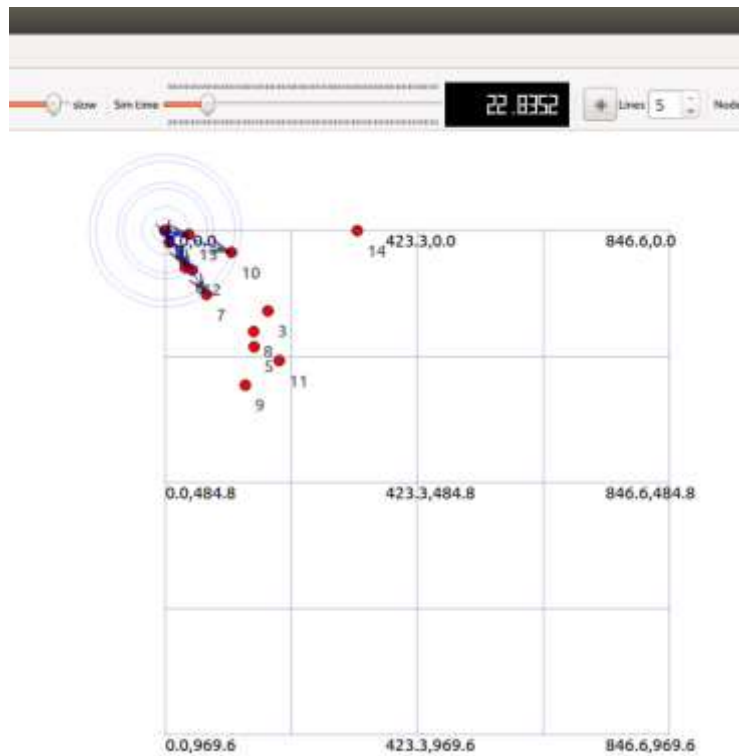


Figura 3. 20 Animación del protocolo RIP en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 2.

En este escenario se simuló una red de tráfico medio que consta de 25 nodos, de igual forma se evalúa las métricas mencionadas anteriormente. Como se observa en la figura 3.21 se muestra el resultado de las métricas del protocolo de enrutamiento AODV y en la figura 3.22 se muestra su animación con el módulo NetAnim.

```
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ ./waf --run scratch/aodv-p2p
waf: Entering directory `~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory `~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
build commands will be stored to build/compile_commands.json
build finished successfully (2.467s)
Max Packets per trace file exceeded

----- Resultado -----
----- Protocolo de enrutamiento AODV-P2P -----
Total nodes: 25
Total Tx Packets: 2131
Total Rx Packets: 1786
Total Packets Lost: 345
Average Round trip time of Packet: -0.724687
Throughput: 1.73896e-06 Kbps
Packets Loss Ratio: 16%
Packets Delivery Ratio: 83%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
AUTOR: EDILY CISELLA ESTUPIRÁN CHAW -----
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
```

Figura 3. 21 Resultado del Protocolo AODV de 25 nodos.

Fuente: Elaboración propia.

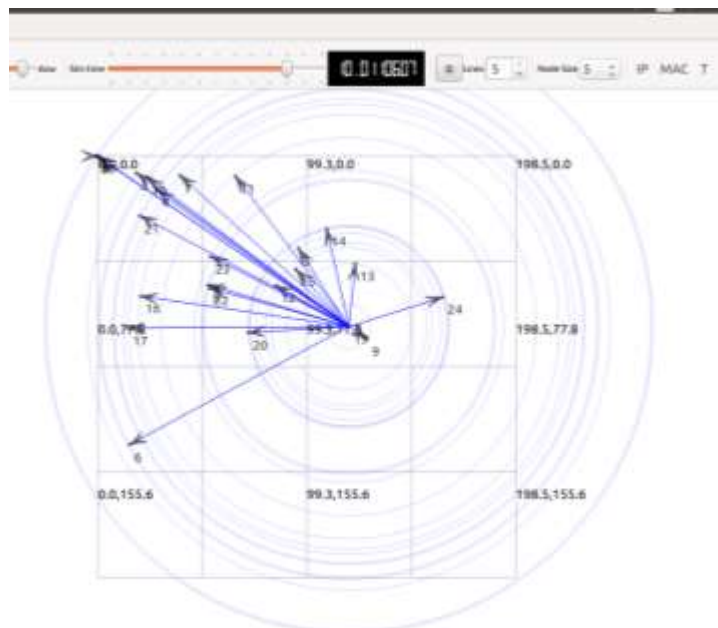


Figura 3. 22 Animación del protocolo AODV con 25 nodos en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

En esta parte se observa el resultado del protocolo OLSR que comprende 25 nodos con su respectiva animación en el NetAnim. Como se ve en las figuras 3.23 y 3.24.

```
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~$ cd ns3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/olsr-p2p
waf: Entering directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
Build commands will be stored in build/cargoite_commands.json
'build' finished successfully (2.950s)

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento OLSR P2P -----
Total nodes: 25
Total Tx Packets: 473
Total Rx Packets: 392
Total Packets Lost: 81
Average Round trip time of Packet: 0.00503028
Throughput: 22.3733 Kbps
Packets Loss Ratio: 17%
Packets Delivery Ratio: 82%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN-----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑAN CHAW -----
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$
```

Figura 3. 23 Resultado del Protocolo OLSR de 25 nodos.

Fuente: Elaboración propia.

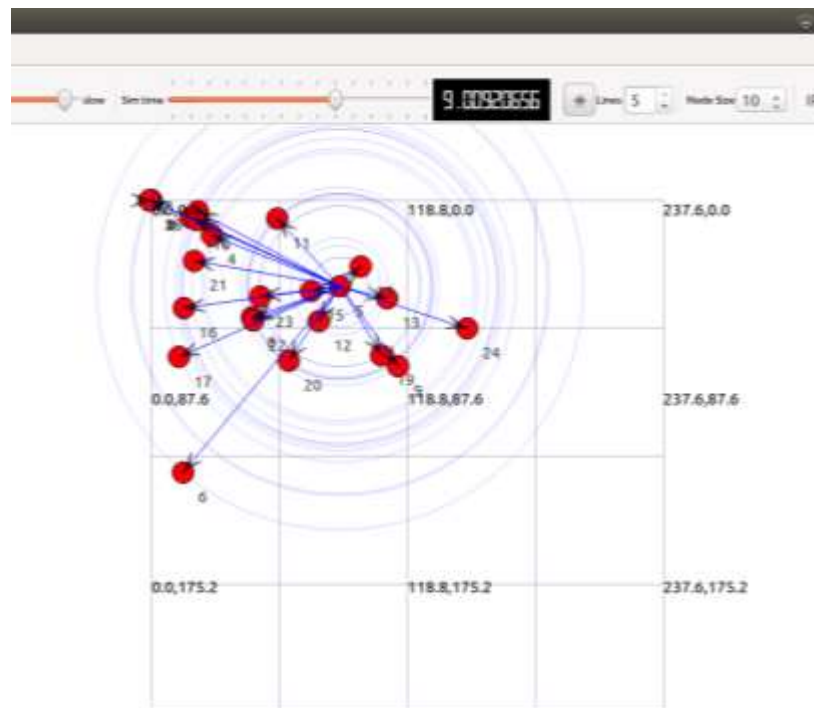


Figura 3. 24 Animación del protocolo OLSR con 25 nodos en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

Como tercer punto del escenario 2 se tiene el resultado del protocolo EIGRP que consta de 25 nodos como se observa en la figura 3.25 y de igual manera se muestra su animación con el módulo NetAnim en la figura 3.26.

```
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~$ cd ns3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/eigrp-p2p
waf: Entering directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
build commands will be stored in build/compiler_commands.json
'build': finished successfully (2.054s)

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento EIGRP P2P -----
Total nodes: 25
Total Tx Packets: 1903
Total Rx Packets: 504
Total Packets Lost: 1199
Average Round trip time of Packet: 0.0035832
Throughput: 27,9002 Kbps
Packets Loss Ratio: 73%
Packets Delivery Ratio: 26%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑÁN CHAM -----
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$
```

Figura 3. 25 Resultado del Protocolo EIGRP de 25 nodos.

Fuente: Elaboración propia.

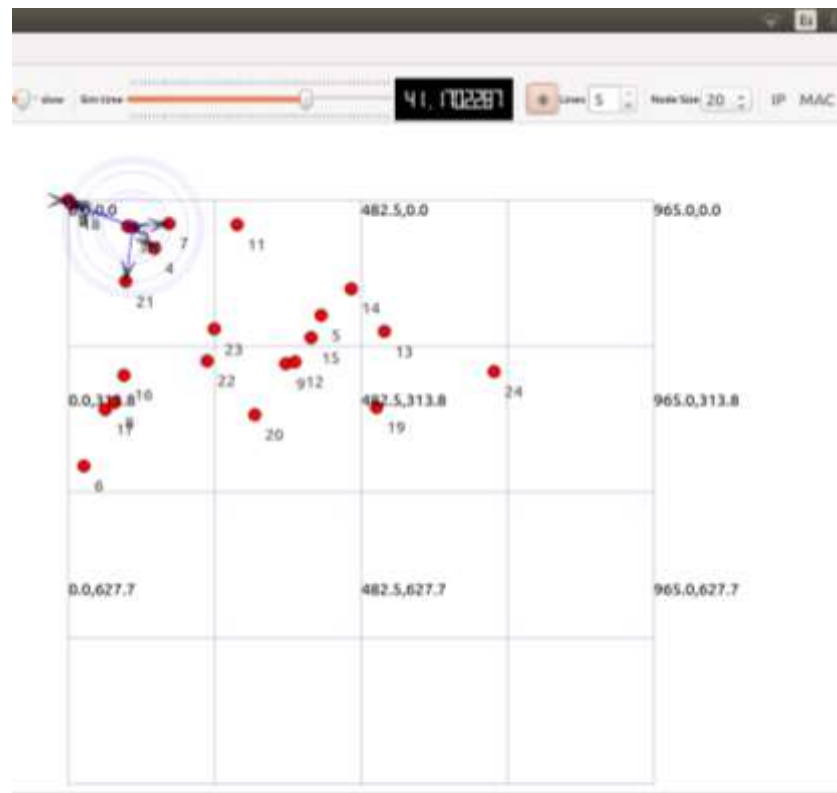


Figura 3. 26 Animación del protocolo EIGRP con 25 nodos en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, punto del escenario 2 se tiene el resultado del protocolo RIP que consta de 25 nodos como se observa en la figura 3.27 y de igual manera se muestra su animación con el módulo NetAnim en la figura 3.28.

```

egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~$ cd ns3
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/rip-p2p
waf: Entering directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
build commands will be stored in build/compile_commands.json
build: Finished successfully (2.942s)

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento RIP-P2P -----
Total nodes: 25
Total Tx Packets: 1788
Total Rx Packets: 341
Total Packets Lost: 1445
Average Round trip time of Packet: 8
Throughput: 3.23635e-08 Kbps
Packets Loss Ratio: 80%
Packets Delivery Ratio: 19%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑÁN OMA -----
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$

```

Figura 3. 27 Resultado del Protocolo RIP de 25 nodos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 28 Animación del protocolo RIP con 25 nodos en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 3.

En este último escenario se simuló una red de tráfico alto que consta de 50 nodos, e igualmente se evalúa las métricas mencionadas anteriormente. Como se observa en la figura 3.29 se muestra el resultado de las métricas del protocolo de enrutamiento AODV con un tráfico de alto de 5 nodos y en la figura 3.30 se muestra su animación con el módulo NetAnim.

```
egor@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~$ cd ns3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/aodv-p2p
waf: Using directory ~/home/egor/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build
[2218/2018] Compiling scratch/aodv-p2p.cc
[2507/2018] Linking build/scratch/aodv-p2p
waf: Leaving directory ~/home/egor/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build
build commands will be stored in build/sample_commands.json
[build] finished successfully (11.30ms)
Max Packets per trace file exceeded.

----- Resultado -----
----- Protocolo de enrutamiento AODV-P2P -----
Total nodes: 50
Total Tx Packets: 2485
Total Rx Packets: 1772
Total Packets Lost: 833
Average Round trip time of Packet: -1.41000
Throughput: 1.73784e-06 Kbps
Packets Loss Ratio: 26%
Packets Delivery Ratio: 73%

----- TRABAJO DE TITULACION -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑAN CHAN -----
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$
```

Figura 3. 29 Resultado del Protocolo AODV de 50 nodos.

Fuente: Elaboración propia.

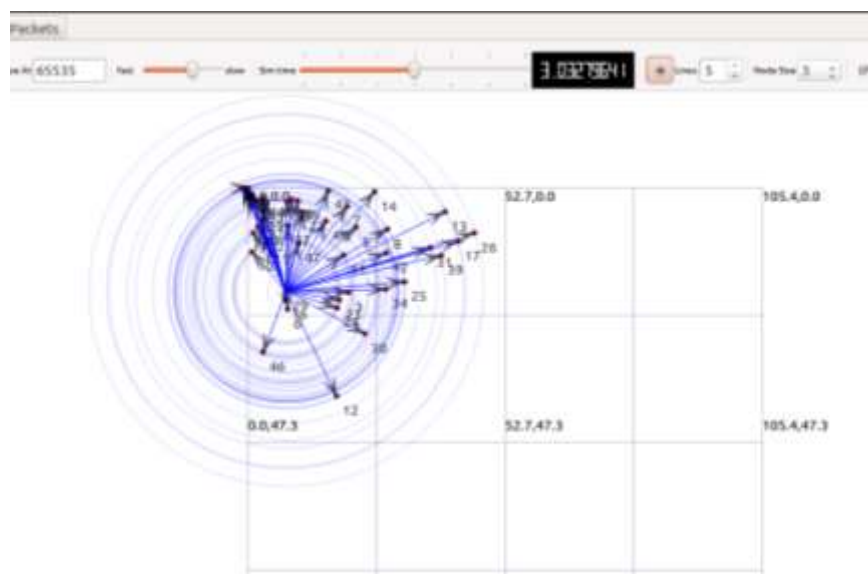


Figura 3. 30 Animación del protocolo AODV con 50 nodos en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.31 se muestra el resultado de las métricas del protocolo de enrutamiento OLSR en la ventana del terminal, y se observa la animación de este dicho protocolo en la figura 3.32.

```
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~$ cd ns3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/olsr-p2p
waf: Entering directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
build commands will be stored in build/compile_commands.json
build: finished successfully (1.319s)
Max Packets per trace file exceeded

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento OLSR P2P -----
Total nodes: 50
Total Tx Packets: 1379
Total Rx Packets: 1179
Total Packets Lost: 200
Average Round Trip Time of Packet: 0.00679483
Throughput: 67.291 Kbps
Packets Loss Ratio: 14%
Packets Delivery Ratio: 85%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑAN CHAN -----
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$
```

Figura 3. 31 Resultado del Protocolo OLSR de 50 nodos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 32 Animación del protocolo OLSR con 50 nodos en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3.33 se muestra el resultado de las métricas del protocolo de enrutamiento EIGRP en la ventana del terminal, y se observa la animación de este dicho protocolo en la figura 3.34.

```

egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~$ cd ns3
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/etgrp-p2p
waf: Entering directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egeg/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (1.531s)
Max Packets per trace file exceeded

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento EIGRP P2P -----
Total nodes: 50
Total Tx Packets: 4091
Total Rx Packets: 1125
Total Packets Lost: 2966
Average Round trip time of Packet: 0.00515173
Throughput: 62.4736 Kbps
Packets Loss Ratio: 72%
Packets Delivery Ratio: 27%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN -----
----- AUTOR: EMILY GISELLA ESTUPIÑÁN CHAM -----
egeg@egeg-Lenovo-Ideapad-320-151KB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$

```

Figura 3. 33 Resultado del Protocolo EIGRP de 50 nodos.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. 34 Animación del protocolo EIGRP con 50 nodos en el NetAnim.

Fuente: Elaboración propia.

En esta última sección del escenario 3 se simula el protocolo de enrutamiento RIP, el cual se muestra el resultado en la figura 3.35 y la animación en el NetAnim en la figura 3.36.

```

egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch: ~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~$ cd ns3
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3$ cd ns-allinone-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25$ cd ns-3.25
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$ ./waf --run scratch/rip-p2p
waf: Entering directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
waf: Leaving directory '/home/egec/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (1.322s)
Max Packets per trace file exceeded

-----Resultado-----
----- Protocolo de enrutamiento RIP-P2P -----
Total nodes: 50
Total Tx Packets: 4345
Total Rx Packets: 1005
Total Packets Lost: 3200
Average Round trip time of Packet: 0
Throughput: 1.02737e-07 Kbps
Packets Loss Ratio: 75%
Packets Delivery Ratio: 24%

----- TRABAJO DE TITULACIÓN-----
----- AUTOR: ERILY GISELLA ESTUPIÑAN CHAW -----
egec@egec-Lenovo-Ideapad-320-15IKB-Touch:~/ns3/ns-allinone-3.25/ns-3.25$

```

Figura 3. 35 Resultado del Protocolo RIP de 50 nodos.
Fuente: Elaboración propia.

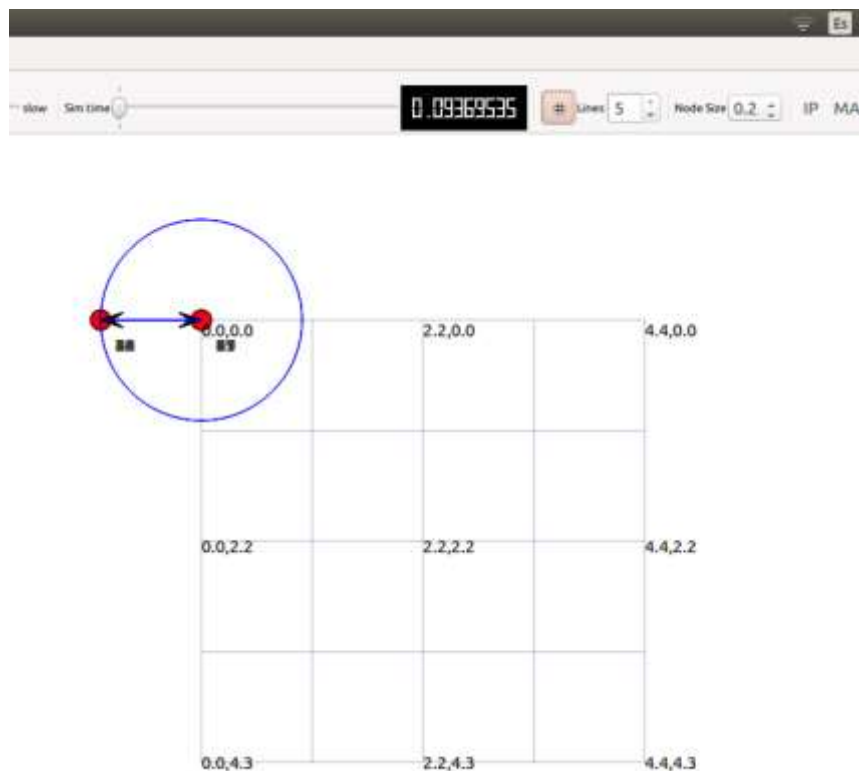


Figura 3. 36 Animación del protocolo RIP con 50 nodos en el NetAnim.
Fuente: Elaboración propia.

3.4 Análisis de Resultados obtenidos de los protocolos de enrutamiento.

En esta parte se presenta los resultados obtenidos de cada escenario de los protocolos y se realiza las comprobaciones de las métricas obtenidas al ejecutar las simulaciones. A continuación, se analizó los parámetros alcanzados en cada escenario, tales como:

- Los paquetes de transmisión y de recepción.
- Los paquetes perdidos.
- Tiempo de paquetes ida y vuelta.
- Throughput.
- El porcentaje de la mayor tasa de éxito de los paquetes entregados y perdidos.

Para la realización de los datos obtenidos se usa la herramienta llamada **Gnuplot**. Esta es una utilidad de gráficos portátil dirigida por la línea de comandos para Linux, OS / 2, MS Windows, OSX, VMS y muchas otras plataformas. El código fuente tiene derechos de autor, pero se distribuye libremente (es decir, no tiene que pagar por ello). Originalmente fue creado para permitir visualizar las funciones matemáticas y los datos de manera interactiva, pero ha crecido para admitir muchos usos no interactivos, como los scripts web. También se utiliza como un motor de trazado por aplicaciones de terceros como Octave. Gnuplot ha sido apoyado y en desarrollo activo desde 1986.

A continuación, se muestra en la figura 3.37 la ejecución de esta herramienta en la ventana del terminal de Ubuntu. También se muestra la gráfica estadística que realiza la herramienta Gnuplot, en este caso se muestra el resultado de una de las métricas indicadas anteriormente.

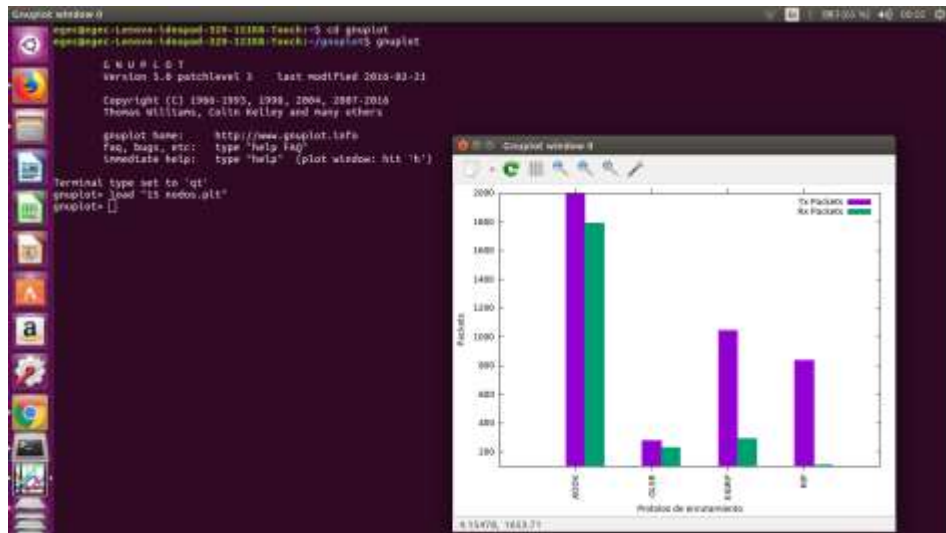


Figura 3. 37 Utilización de la herramienta Gnuplot.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.1 Los paquetes de transmisión y de recepción.

Los resultados obtenidos para esta métrica se aprecian en la figura 3.38 observa que el que transmite más paquetes es el protocolo de enrutamiento AODV por el motivo que, con un tráfico bajo transmite más paquetes que los otros protocolos y al mismo tiempo es el protocolo que recibe más paquetes entregados. Como se observa en este esquema estadístico.

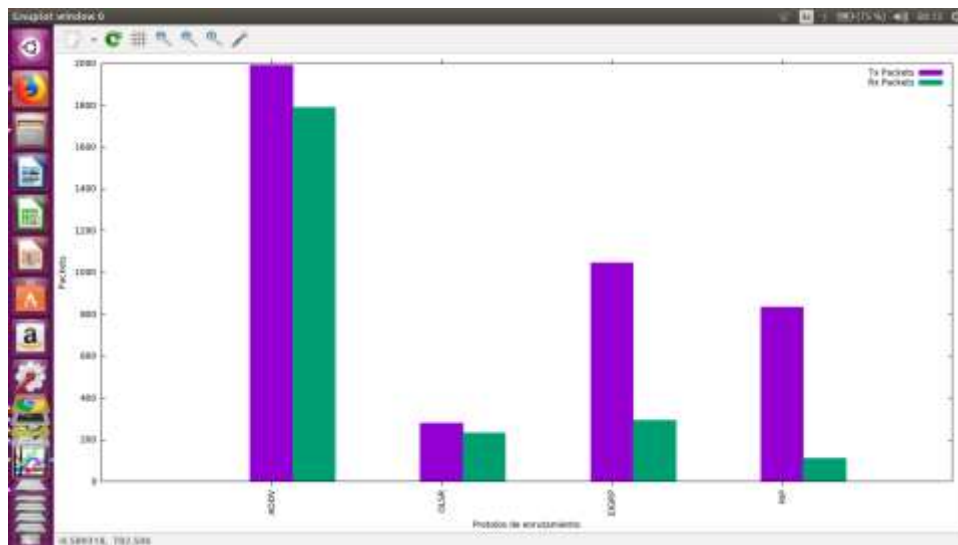


Figura 3. 38 Esquema estadístico de barra sobre los paquetes de transmisión y recepción de tráfico bajo.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, como se observa en el gráfico estadístico de un tráfico medio. El protocolo que trasmite más paquetes es el protocolo de enrutamiento AODV y de igual manera es el que recibe más paquetes que los otros protocolos. Como se muestra en la figura 3.39.

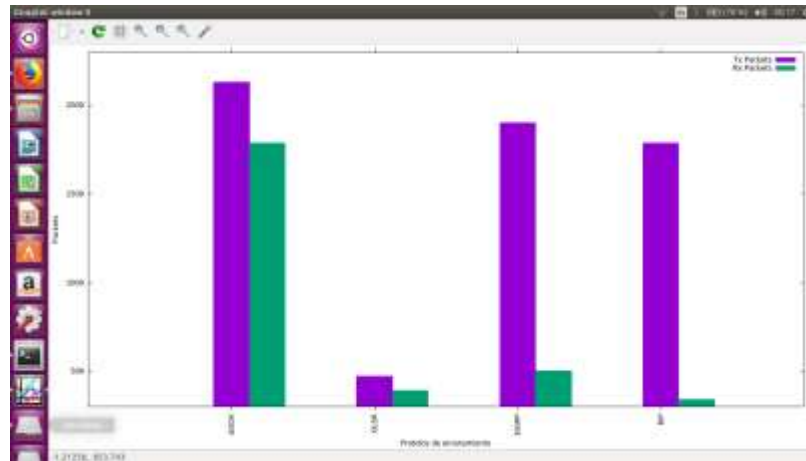


Figura 3. 39 Esquema estadístico de barra sobre los paquetes de transmisión y recepción de tráfico medio.

Fuente: Elaboración propia.

En cambio, para un tráfico alto como se observa en la figura 3.40, la estadística muestra que el protocolo de enrutamiento que trasmite el paquete es el protocolo RIP, pero sin embargo es el que tiene menos paquetes recibidos.

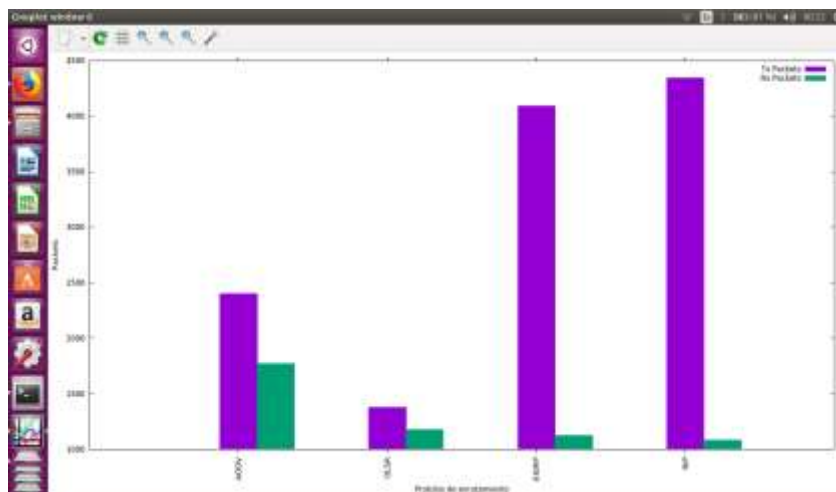


Figura 3. 40 Esquema estadístico de barra sobre los paquetes de transmisión y recepción de tráfico alto.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta en la tabla 3.1 los valores expuestos de los paquetes de transmisión y recepción de cada escenario analizado.

Tabla 3. 1 Comparación de los paquetes de transmisión y recepción de cada protocolo de enrutamiento analizado.

PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO							
AODV		OLSR		EIGRP		RIP	
ESCENARIO 1 = 15 NODOS							
Tx PACKET S	Rx PACKET S	Tx PACKET S	Rx PACKET S	Tx PACKET S	Rx PACKET S	Tx PACKET S	Rx PACKET S
1992	1782	280	231	1046	292	836	111
ESCENARIO 2 = 25 NODOS							
2131	1786	473	392	1903	504	1786	341
ESCENARIO 3 = 50 NODOS							
2405	1772	1379	1179	4091	1125	4345	1085

Nota: Comparación de los paquetes en cada escenario de los protocolos de enrutamiento. Fuente: elaboración propia.

3.4.2 Los paquetes perdidos.

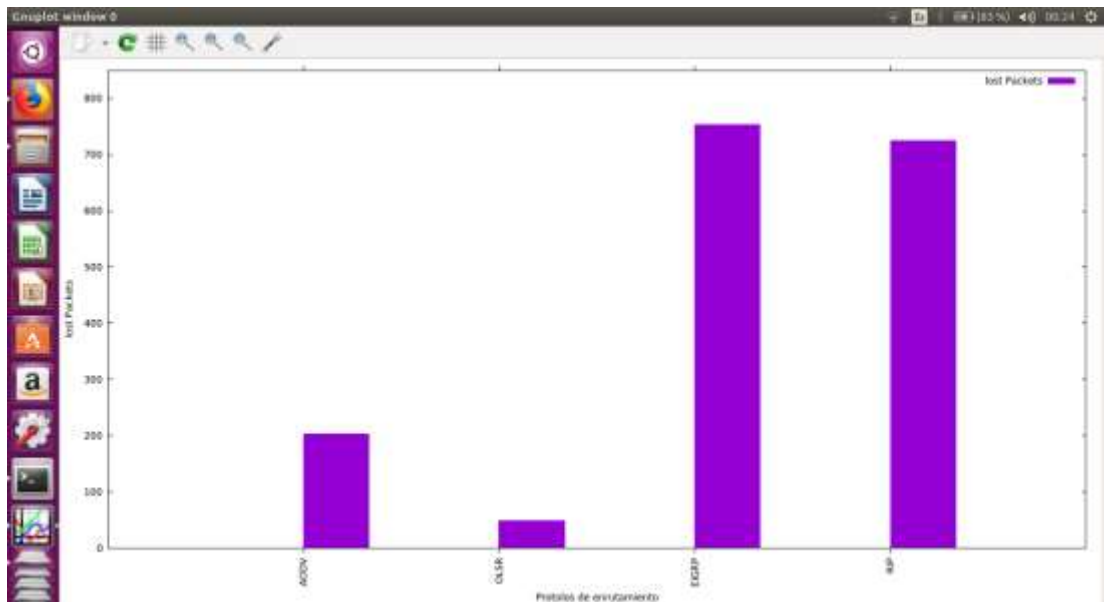


Figura 3. 41Esquema estadístico de los paquetes perdidos en tráfico bajo.

Fuente: Elaboración propia.

Para esta sección se demuestra los resultados obtenidos de esta métrica para cada escenario analizado y se estima que en el escenario 1, el cual es consta de un tráfico bajo, el protocolo de enrutamiento que más paquetes perdidos detenta es el protocolo EIGRP y el que menor tiene es OLSR, sin embargo, como se ve en la tabla 3.2, este protocolo no tiene muchos paquetes en la transmisión de datos. Por ese motivo el que tiene menos paquetes perdidos con respecto a la tabla 3.2 es el protocolo AODV. Como se nota en la figura 3.41.

En cambio, cuando se analiza el escenario 2, los paquetes perdidos en el tráfico medio, es decir, con 25 nodos, el protocolo que más pérdida de paquetes posee es el protocolo de enrutamiento RIP, y el que menos pérdida de paquete contiene es el protocolo AODV. Como se ve en la figura 3.42.

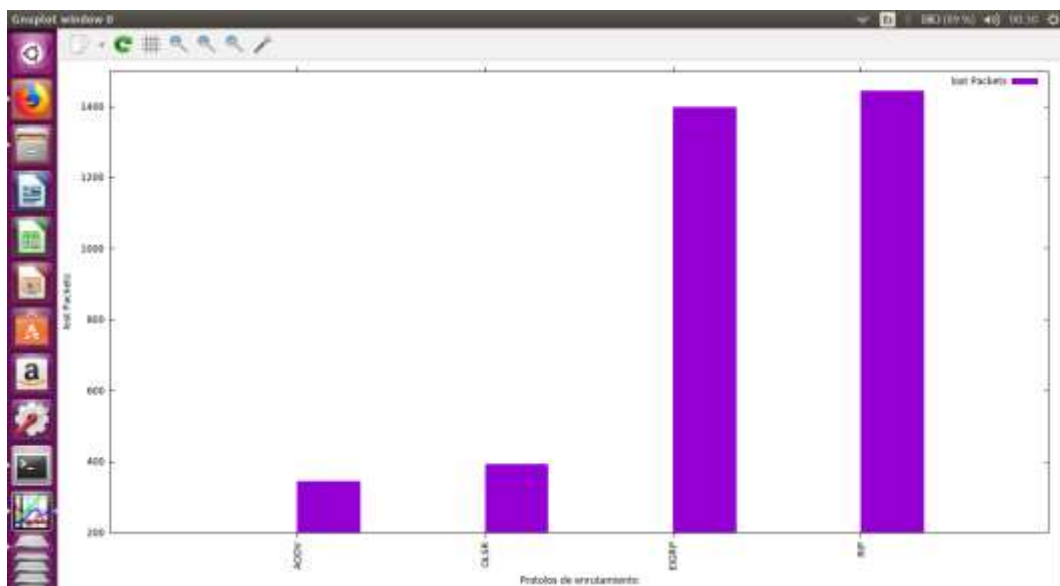


Figura 3. 42 Esquema estadístico de los paquetes perdidos en tráfico medio.

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado en el escenario 3 se observa en la figura 3.43, de la misma forma en el tráfico medio se aprecia que el protocolo de enrutamiento con más pérdidas de paquetes es el protocolo RIP, y el protocolo con menos pérdida es el protocolo AODV.

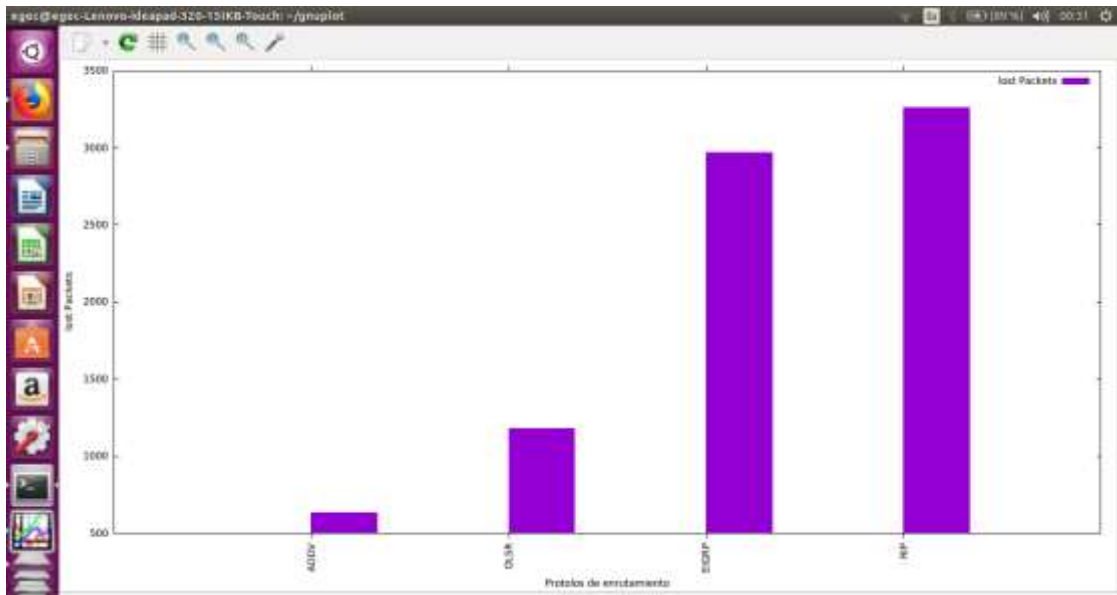


Figura 3. 43 Esquema estadístico de los paquetes perdidos en tráfico alto.

Fuente: Elaboración propia.

La fórmula de la pérdida de paquetes es la siguiente:

$$Lost\ Packets = Tx\ Packets - Rx\ Packets \quad (1)$$

Donde lost Packets representa los paquetes perdidos, Tx packets representa los paquetes transmitidos y Rx packets representa los paquetes recibidos.

En definitiva, el análisis de los resultados obtenidos, nos indica que el protocolo de enrutamiento que presenta menor pérdida de paquetes en los tres escenarios es el protocolo AODV, puesto que menor pérdida de paquetes mejor transmisión de datos.

En la siguiente tabla se muestra la comparación de los paquetes perdidos de cada protocolo en cada escenario analizado, y se nota en la figura 3.44.

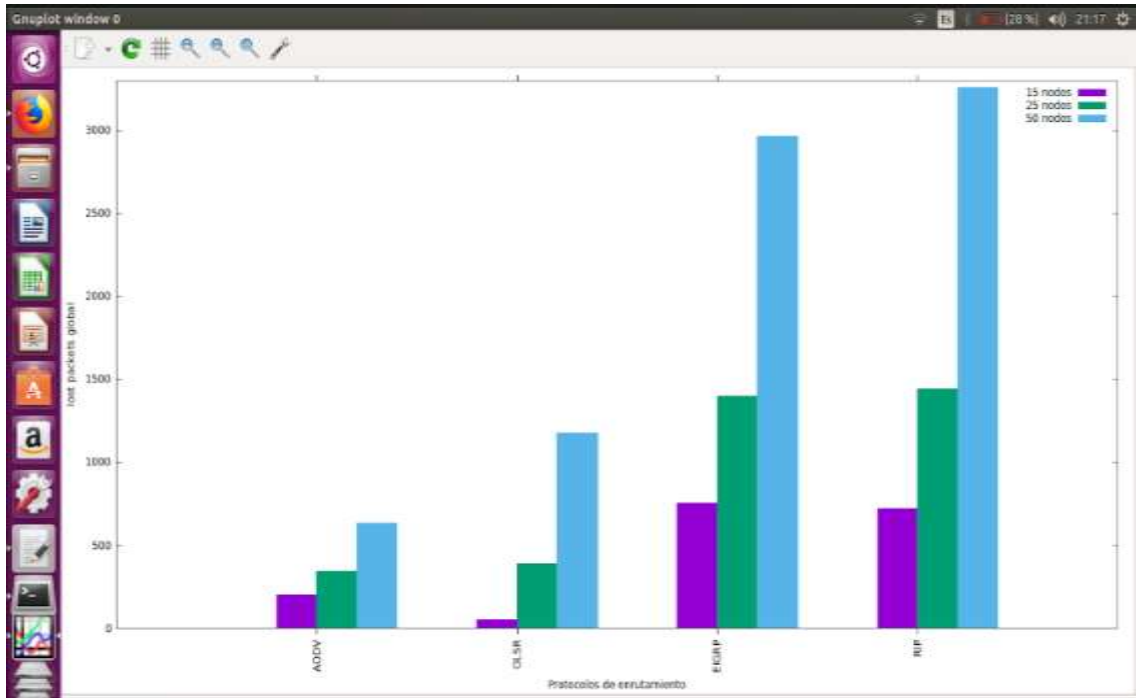


Figura 3. 44 Esquema estadístico de los paquetes perdidos en los escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. 2 Comparación de la pérdida de paquetes por cada escenario analizado.

PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO			
AODV	OLSR	EIGRP	RIP
Lost Packets			
ESCENARIO 1 = 15 NODOS			
203	49	754	725
ESCENARIO 2 = 25 NODOS			
345	81	1399	1445
ESCENARIO 3 = 50 NODOS			
633	200	2966	3260

Nota: Comparación de los paquetes perdidos en cada escenario.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.3 Tiempo de paquetes Ida y vuelta.

En esta parte se presenta los resultados del tiempo de los paquetes de ida y vuelta de cada protocolo de enrutamiento en los diferentes escenarios

examinado y se revela que el protocolo que tiene más tiempo de paquete en la transmisión de datos es el protocolo AODV. y el que tiene menor es el protocolo RIP. En la figura 3.45 se observa las barras estadísticas de cada protocolo en los tres escenarios.

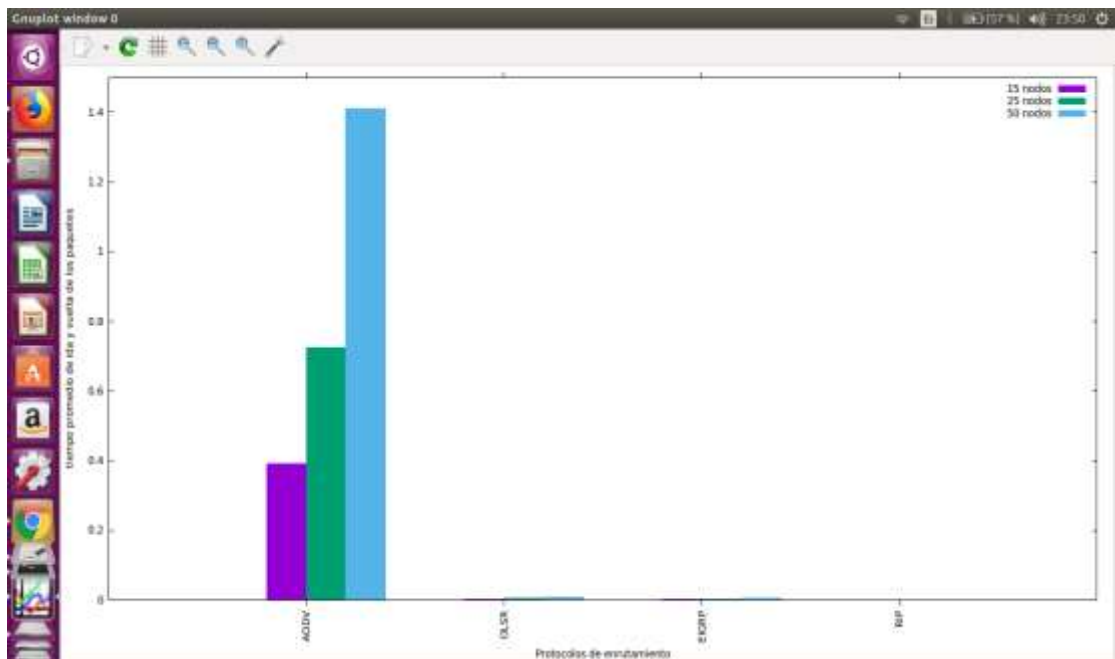


Figura 3. 45 Esquema estadístico del tiempo de paquetes en los tres escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Para una mejor visualización del tiempo de paquetes de los protocolos de enrutamiento OLSR y EIGRP, se muestra en la figura 3.46 con una menor escala y se muestra en la tabla 3.3, los valores del tiempo de paquete de cada protocolo en los distintos escenarios probados.

Tabla 3. 3 Valores del tiempo de paquete de cada protocolo en los escenarios.

PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO			
AODV	OLSR	EIGRP	RIP
Tiempo de paquetes Ida y vuelta.			
ESCENARIO 1 = 15 NODOS			
0.390468	0.00338572	0.00280603	0
ESCENARIO 2 = 25 NODOS			

0.724687	0.00563028	0.0035832	0
ESCENARIO 3 = 50 NODOS			
1.41006	0.00679483	0.0051573	0

Nota: Comparación del tiempo de paquetes en cada escenario.

Fuente: Elaboración propia.

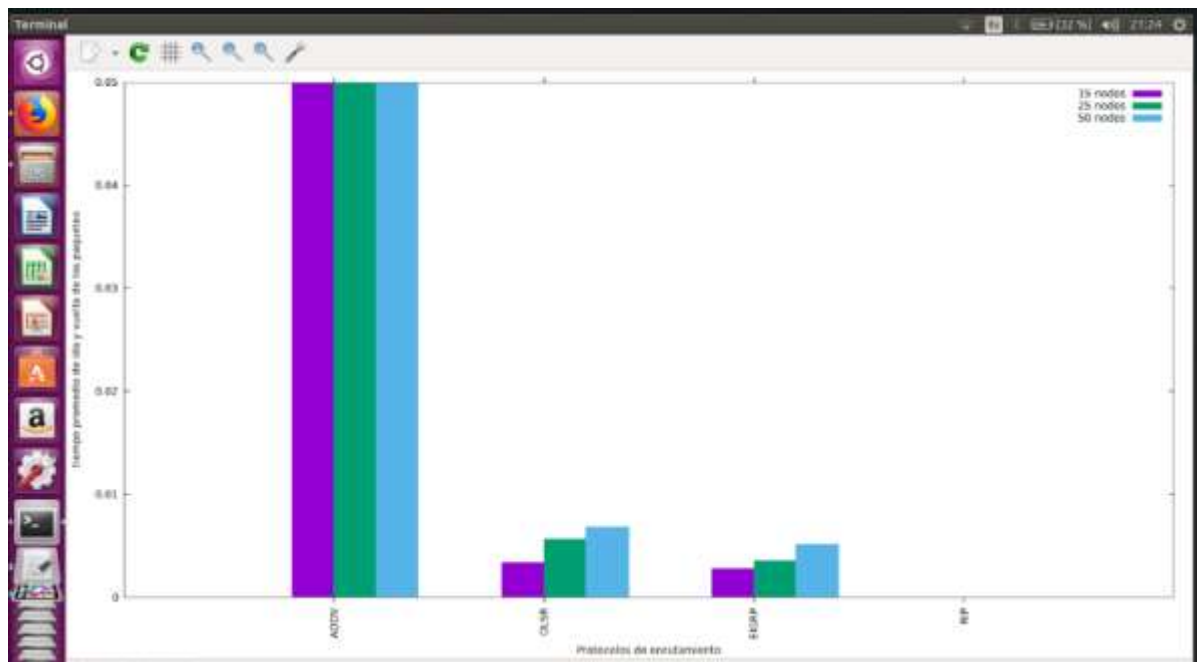


Figura 3. 46 Esquema estadístico del tiempo de paquetes.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.4 Throughput.

En la figura 3.47 se muestra los resultados del rendimiento de los protocolos de enrutamiento en cada uno de los escenarios, y se evidencia que el protocolo que presenta mejor rendimiento en la transmisión de los paquetes son los protocolos AODV y el RIP mientras que los protocolos OLSR y EIGRP presentan mayor rendimiento en el sistema de comunicación.

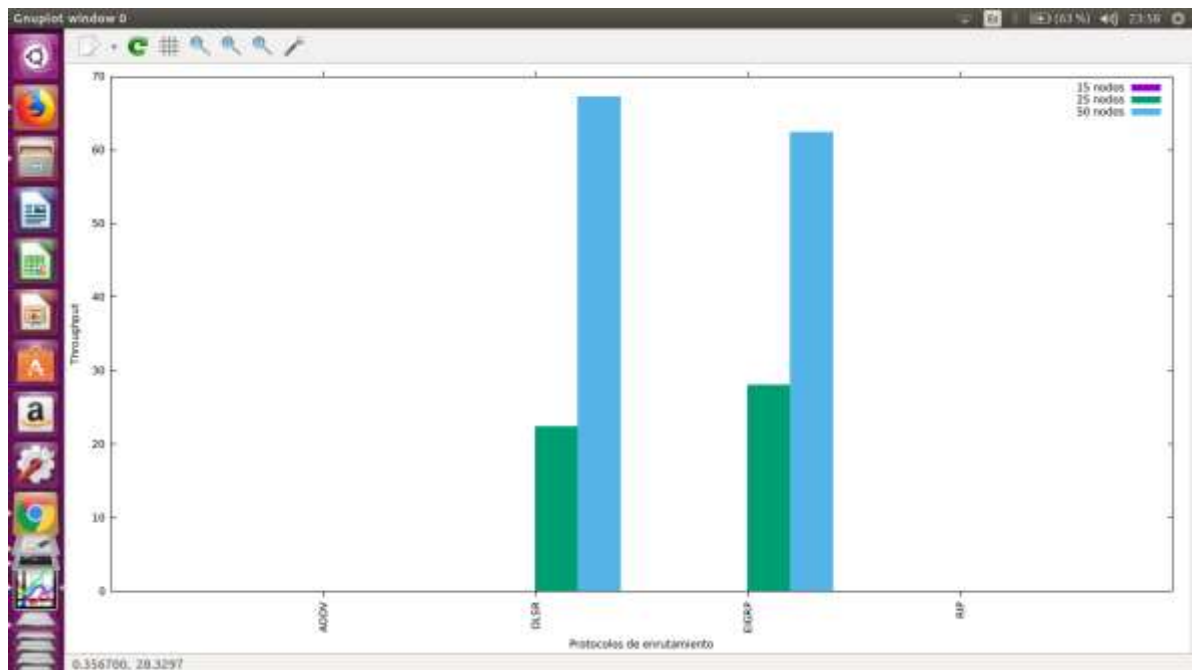


Figura 3. 47 Esquema estadístico del throughput/rendimiento de los protocolos en los tres escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, para una mejor visualización de la gráfica se muestra en la figura 3.48 con una menor escala y también presenta la tabla 3.4 el throughput/rendimiento del protocolo en varios escenarios analizados.

Tabla 3. 4 El throughput/rendimiento de los protocolos en varios escenarios.

PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO			
AODV	OLSR	EIGRP	RIP
Throughput/ Rendimiento.			
ESCENARIO 1 = 15 NODOS			
1.73923e-06	4.42036e-07	5.58764e-07	1.06083e-08
ESCENARIO 2 = 25 NODOS			
1.73896e-06	22.3733	27.9882	3.23635e-08
ESCENARIO 3 = 50 NODOS			
1.73784e-06	67.291	62.4736	1.02737e-07

Nota: Comparación de los throughput de los protocolos en cada escenario.

Fuente: Elaboración propia.

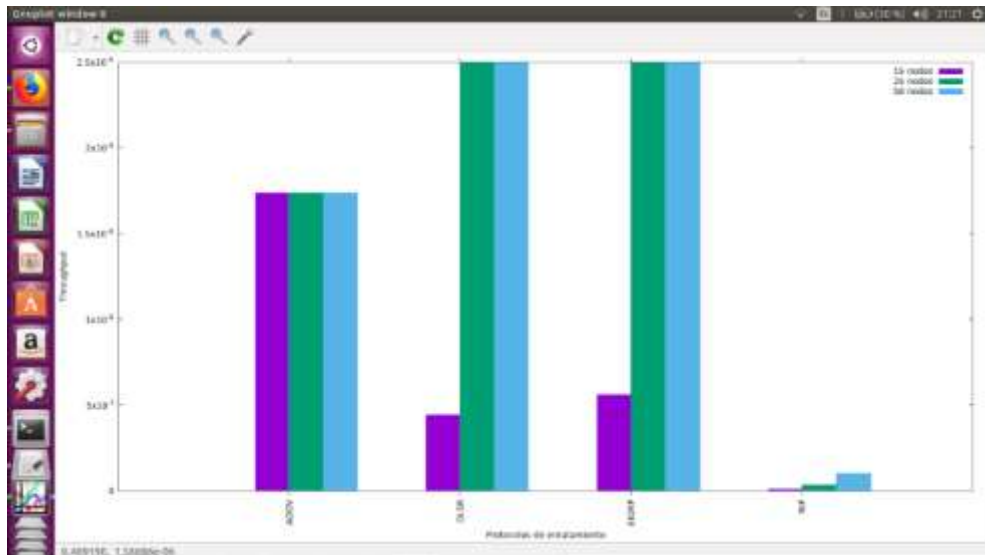


Figura 3. 48 Esquema estadístico del throughput/rendimiento de los protocolos.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.5 El porcentaje de la mayor tasa de éxito de los paquetes entregados y perdidos.

En esta parte se presenta el porcentaje de la tasa de éxito de los paquetes y también los paquetes perdidos. En la figura 3.49 se observa el radio de paquetes perdidos y entregados en un tráfico bajo. En este caso el protocolo que tiene más paquetes entregados es el AODV.

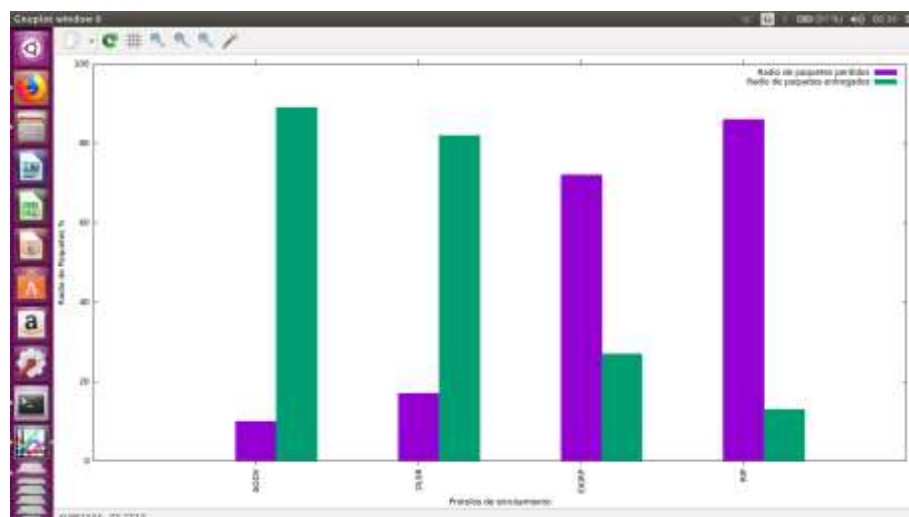


Figura 3. 49 Esquema estadístico de barra sobre el radio de paquetes perdidos y entregados de tráfico bajo.

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera en el escenario de tráfico medio el que tiene mayor porcentaje de paquetes entregados es el protocolo de enrutamiento AODV. Como se nota en la figura 3.50.

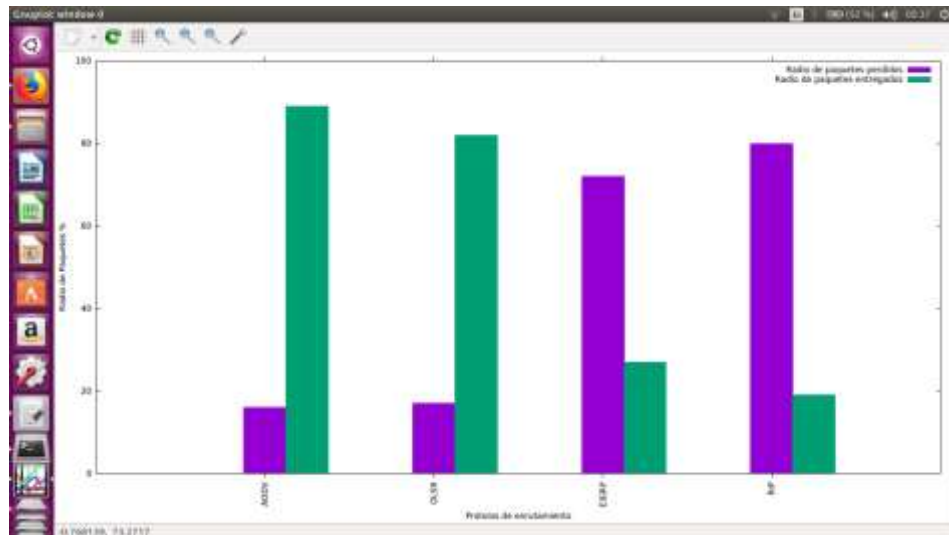


Figura 3. 50 Esquema estadístico de barra sobre el radio de paquetes perdidos y entregados de tráfico medio.

Fuente: Elaboración propia.

En cambio, en este escenario de tráfico alto el protocolo de enrutamiento con mayor porcentaje es el OLSR y el segundo es para el protocolo AODV como se muestra en la figura 3.51.

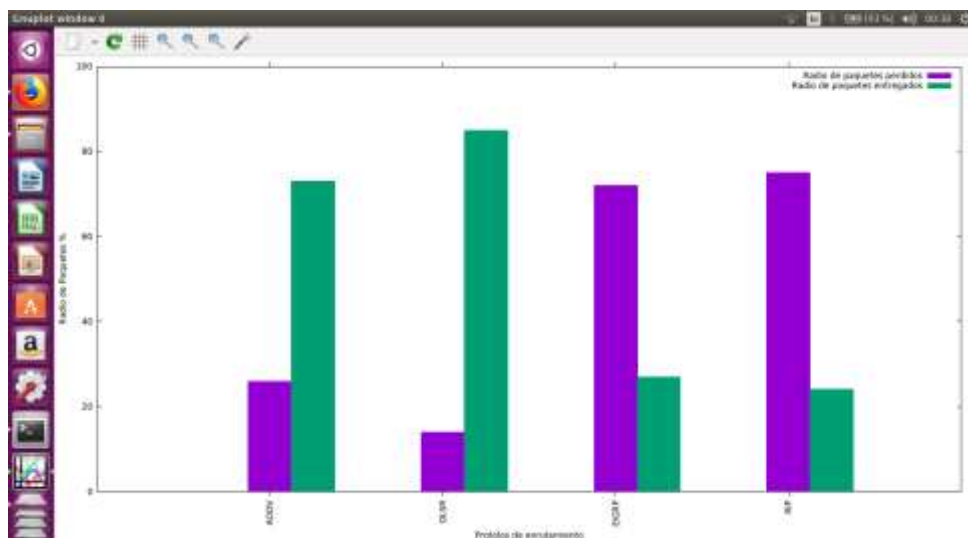


Figura 3. 51 Esquema estadístico de barra sobre el radio de paquetes perdidos y entregados de tráfico alto.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3.5 se presenta los valores del porcentaje de radio de paquetes perdidos y entregados, y se divisa que el protocolo con un mejor porcentaje en los tres escenarios es el protocolo AODV.

Tabla 3. 5 Valores del porcentaje de radio de paquetes perdidos y entregados.

PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO							
AODV		OLSR		EIGRP		RIP	
%paquetes de perdido	%paquetes entregados	%paquetes de perdido	%paquetes entregados	%paquetes de perdido	%paquetes entregados	%paquetes de perdido	%paquetes entregados
ESCENARIO 1 = 15 NODOS							
10%	89%	17%	82%	72%	27%	86%	13%
ESCENARIO 2 = 25 NODOS							
16%	83%	17%	82%	73%	26%	80%	19%
ESCENARIO 3 = 50 NODOS							
26%	73%	14%	85%	72%	27%	75%	24%

Nota: Comparación de la tasa de éxito de los paquetes recibidos y perdidos de los protocolos en cada escenario. Fuente: Elaboración propia.

3.5 Propuesta del protocolo de enrutamiento de las redes Manet.

Mediante a los resultados obtenidos en dichas métricas examinadas en los diferentes escenarios ya sea de tráfico bajo, tráfico medio y tráfico alto. Se dice que el protocolo de enrutamiento con mejores resultados es el protocolo AODV, por el motivo de que en cada escenario demuestra buenos resultados.

En la transmisión y recepción de paquetes fue el protocolo que más paquetes transmitió y recibió con el tráfico bajo y tráfico medio, aunque en el tráfico alto no obtuvo tantos paquetes como el protocolo RIP y EIGRP, fue el que más paquetes recibió.

En los paquetes perdidos como se observa en la figura 54 donde se ve los tres escenarios en un mismo esquema estadístico se aprecia que el protocolo de enrutamiento con menos pérdidas de paquetes es el protocolo

OLSR en el tráfico bajo, en cambio en el tráfico medio y tráfico alto es el protocolo AODV.

En el tiempo de ida y vuelta se observa en la figura 55 que el protocolo toma más tiempo en la transmisión y recepción de paquete es el protocolo AODV en los tres tipos de escenarios.

En el Throughput o rendimiento de la red, el protocolo enrutamiento tiene es el protocolo RIP, el protocolo AODV no se queda muy atrás, los que poseen más rendimiento en la red son los protocolos OLSR y EIGRP.

Y por último en el porcentaje de los paquetes perdidos y entregados el protocolo que mayor tasa de éxito de paquetes tiene en los diferentes escenarios es el protocolo AODV.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

1. Las redes móviles Ad-hoc es una colección de nodos móviles inalámbricos que se forman dinámicamente en una red, debido a que la topología de la red cambia a medida que los nodos móviles se unen o salen de la red o los enlaces de radio entre nodos se vuelven inutilizables. A diferencia de las redes inalámbricas convencionales estas redes no tienen infraestructuras fijas o una central de nodos.
2. Las redes móviles Ad-Hoc tienen protocolos de enrutamiento el cual facilitan la creación de dichas redes, uno de los retos que enfrentan estos protocolos es la evaluación y diseño en la que funcionen a bajas velocidades de datos y responden a cambios dinámicos en la topología por la movilidad de los nodos.
3. El manejo del simulador NS-3 es muy utilizado para ámbito educativo e investigativo, aunque este simulador es complejo tiene características que lo hacen beneficioso tales como la interoperabilidad y su flexibilidad. Este simulador permite realizar simulaciones de alto desempeño y aborda con simulaciones de redes inalámbricas como Wi-Fi, LTE o WIMAX.
4. En las simulaciones realizadas en el NS-3 se presenta tres escenarios, en el cual, se concluye que el protocolo de enrutamiento más adecuado es el AODV, a pesar de que en la métrica del tiempo de transmisión y recepción de paquetes es el que tarda un poco más que los otros, el protocolo de enrutamiento AODV es el más apropiado a utilizar en las redes móviles Ad-hoc en base a los resultados obtenidos.

4.2 Recomendaciones.

1. Se recomienda profundizar bien la documentación y la guía para el simulador NS-3, debido que es un programa muy complejo y que cada año lanzan nuevas actualizaciones del simulador, de manera que el usuario pueda manejar apropiadamente el uso de los módulos mientras realiza simulaciones en este programa.
2. Para la realización de la simulación de los diferentes escenarios en el simulador se recomienda que la computadora o laptop tenga un buen procesador ya que en las simulaciones de bastantes nodos y las animaciones en el módulo del NetAnim se tiende a demorar.
3. Yo recomiendo la instalación del simulador NS-3 en la plataforma de Linux, en el sistema operativo Ubuntu por su instalación, ya que hay un sin número de tutoriales que explica su forma de instalar y manejar el programa, sin embargo, en este sistema operativo el simulador se utiliza por comando
4. En este trabajo de titulación se utiliza la versión NS-3.25 por algunas librerías o dependencias tales como python-pygraphviz python-kiwi python-pygoocanvas libgoocanvas-dev, a causa de que desde las versiones 3.26 a la 3.29 que es la última versión que tiene el simulador NS-3 no contiene este tipo de librerías o dependencia que son necesarias para la manipulación y animación en los módulos de las simulaciones de las redes móviles Ad-Hoc.

Bibliografía

- Aucancela, D., & Espinoza, E. (2015). Diseño de una red de comunicación vehicular inteligente, integrando la tecnología Ad-Hoc con LTE, para la movilidad en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, 136.
- Cano F., R., Fernández, D., & De la Osa, M. E. (2006). Estudio de las necesidades en las redes Ad - Hoc y creación de un protocolo de enrutamiento. Recuperado de https://eprints.ucm.es/8858/1/Microsoft_Word_-_Memoria_SSII_final.pdf
- Cano, J. C., Calafate, C. T., Malumbres, M. P., & Manzoni, P. (2008). Redes Inalámbricas Ad Hoc como Tecnología de Soporte para la Computación Ubicua., 10.
- Chalmetas, J. (2009). *Estudio y análisis de prestaciones de redes móviles Ad Hoc mediante simulaciones NS-2 para validar modelos analíticos - PDF*. Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya- España. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/41796152.pdf>
- Chamba, F. (2017). *Implementación de protocolos de enrutamiento reactivo y proactivos para redes inalámbricas móviles Ad-hoc*. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8343/1/T-UCSG-POS-MTEL-67.pdf>
- Cisco. (2017). Enhanced Interior Gateway Routing Protocol. Recuperado 27 de diciembre de 2018, de <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/enhanced-interior-gateway-routing-protocol-igrp/16406-igrp-toc.html>
- Coya R., L., Ledesma Q., T. O., & Baluja G., W. (2014). Protocolos de enrutamiento aplicables a redes MANET. *Revista Telemática*, 13(3), 59-74.

- Echaiz, J., Davicino, P., & Ardenghi, J. (2012). Seguridad en Manets (pp. 758-762). Presentado en XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Bahía Blanca. Argentina: WICC.
- Frodigh, M., Johansson, P., & Larsson, P. (2018). Formación de redes inalámbricas ad hoc—El arte de la formación de redes sin red.
- Gélvez, N. Y., López, D. A., & Ocampo, B. F. V. (2013). Análisis de la viabilidad en la implementación de Vanet sobre el medio de transporte Transmilenio. *Redes de Ingeniería*, 4(1), 95-104. <https://doi.org/10.14483/2248762X.6423>
- Giusto Bilić, D. (2015, junio 1). Cómo fortalecer las distintas capas de las redes informáticas. Recuperado 26 de diciembre de 2018, de <https://www.welivesecurity.com/la-es/2015/06/01/como-fortalecer-capas-redes-informaticas/>
- Gómez, C., & Paradells, J. (2004). Redes ad-hoc: el próximo reto. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/Buran/article/viewFile/178910/240434>
- Hernández, J. P., & Márquez, D. (2006). Universidad Nacional de Rosario, 25.
- Herrera, S., Rocabado, A., & Campos, M. (2013). (PDF) Redes móviles ad hoc para zonas de recursos limitados Aplicaciones en m-learning en escuelas rurales. Recuperado 10 de diciembre de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/309240329_Redres_moviles_ad_hoc_para_zonas_de_recursos_limitados_Aplicaciones_en_m-learning_en_escuelas_rurales
- Hidalgo, F. (2008). *Estudio de viabilidad de la utilización de redes inalámbrica Ad - Hoc en edificios departamentales*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Recuperado de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13183/TesinaMaster_FcoJavierHidalgo.pdf?sequence=1

- Kumar Pani, N. (2012). A secure zone-based routing protocol for mobile ad hoc networks. *International Journal of Advances in Computing and Information Technology*, 1(1), 85. <https://doi.org/10.6088/ijacit.12.10008>
- Lemus, A. (2013). Mejora del rendimiento de las redes Ad-Hoc con ZRP utilizando Mantenimiento de Ruta [Textos científicos]. Recuperado 27 de diciembre de 2018, de <https://www.textoscientificos.com/redes/mejora-rendimiento-redes-ad-hoc-con-zrp-utilizando-mantenimiento-ruta>
- López G., J. A. (2007). *Monografía que para obtener el título de licenciado en sistemas computacionales*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mexico.
- Maldonado, J. (2012, julio 15). Algunos Simuladores de Redes. Recuperado 28 de diciembre de 2018, de <http://simuladoresredes.blogspot.com/>
- Maya, E., & Martínez, F. O. (2009). Mobile ad-hoc networks: más allá de la movilidad, 14.
- Molina, M., Silva, R., & Bracho, E. (2007). Arquitectura de las Redes Ad-Hoc. *Polibits*, 7.
- Paciello, G. C. (2017, marzo 17). Enrutamiento: Conceptos Fundamentales. Recuperado 27 de diciembre de 2018, de <https://community.cisco.com/t5/documentos-routing-y-switching/enrutamiento-conceptos-fundamentales/ta-p/3166553>
- Plaza G, D. A., Flores M., M. J., Benavides C., L. E., & Benavides A., C. J. (2018). Implementación de una aplicación móvil en un entorno ad hoc para el intercambio de información. Implementation of a mobile application in an ad hoc income for the exchange of information. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 5(5), 25.
- Quintana Hormiga, L., & Uribe Gómez, G. (2014). Estudio de las redes inalámbricas conectadas en modo ad-hoc teniendo en cuenta el impacto que estas generan en la atenuación de la señal., 10.

- Reddy, V. (2017, octubre 6). Computer Network | Difference between Unicast, Broadcast and Multicast. Recuperado 28 de diciembre de 2018, de <https://www.geeksforgeeks.org/computer-network-difference-unicast-broadcast-multicast/>
- Torres, J. A. (2015). Herramientas de software de simulación para redes de comunicaciones, 61.
- Universitat Politècnica Valencia. (2010). Historia de las Redes Inalámbricas – Historia de la Informática. Recuperado 26 de diciembre de 2018, de <https://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-redes-inalambricas/>
- Valencia, S., & Risueño, E. (2017). Diseño e implementación de una red Manet con dispositivos de comunicación móvil, 147.
- Vargas, Y. (2012). *Comparativa de los protocolos AODV y OLSR en redes Moviles Ad hoc (MA....* Entretenimiento y humor presentado en Congreso de Ingeniería en software y nuevas tecnologías de ingeniería en sistemas. Recuperado de <https://es.slideshare.net/cisoft/comparativa-de-los-protocolos-aodv-y-olsr-en-redes-moviles-ad-hoc-manet>
- Vega, E. (2015). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Máster de Automática, Robótica y Telemática Proyecto Fin de Máster, 107.
- Villón, D. (2009). *Diseño de una Red de Sensores Inalámbrica para Agricultura de Precisión.* Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/266/VILLON_VALDIVIEZO_DANIEL_DISE%C3%91O_RED_SENSORES_AGRICULTURA_PRECISION.pdf?sequence=1

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Estupiñán Chaw, Emily Gisella**, con C.C: 0925763898 autora del trabajo de titulación: “**Análisis de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera 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, 11 de marzo del 2019

f. _____

Estupiñán Chaw, Emily Gisella

C.C: 0925763898

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	"Análisis de los protocolos de enrutamiento para las redes móviles Ad-Hoc con el simulador NS-3".		
AUTOR(ES)	Emily Gisella Estupiñán Chaw		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. María Luzmila Ruilova Aguirre		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo		
CARRERA:	Carrera De Ingeniera En Telecomunicaciones		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniera en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	11 de marzo del 2019	No. DE PÁGINAS:	97
ÁREAS TEMÁTICAS:	Sistemas de comunicación, sistemas inalámbricos y telemática		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	NS-3, Ad-Hoc, Protocolo de Enrutamiento, AODV, Métricas, NetAnim		
RESUMEN/ABSTRACT			
<p>En el presente trabajo de titulación está enfocado en el análisis de algunos protocolos de enrutamiento de las redes móviles Ad-Hoc utilizando el simulador NS-3, evaluando varios escenarios que permitan escoger el protocolo de enrutamiento más adecuado para dichas redes, mediante el análisis de las métricas utilizadas en los protocolos de enrutamiento, tales como, throughput, el tiempo de entrega de los paquetes, la pérdida de paquetes en la transmisión de datos.</p> <p>El presente trabajo de titulación se divide de la siguiente manera: el capítulo 1 se realiza las componentes del trabajo, introducción, antecedentes, planteamiento de problema, justificación, objetivos y la metodología de la investigación, el capítulo 2 se relatan los conceptos fundamentales de las redes Ad-Hoc y los protocolos de enrutamientos, en el capítulo 3 se presenta las simulaciones de cuatro protocolos a utilizar (AODV, OLSR, EIGRP, RIP) en tres escenarios: tráfico bajo, tráfico medio y tráfico alto, empleando la herramienta NS-3 y finalmente en el capítulo 4 se expone las conclusiones y recomendaciones.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-80917882	E-mail: emily.estupinan.chaw@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: MSc. Palacios Meléndez, Edwin Fernando.		
	Teléfono: +593-9-67608298		
	E-mail: edwin.palacios@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):			