

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:  
SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA  
ENTRE VEHÍCULOS EN EL SUR DE QUITO POR MEDIO DE  
PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO BASADA EN TECNOLOGÍA VANET**

**AUTOR:  
JAIME FABIAN CURAY CUASTUMAL**

**TUTOR  
JOSÉ RENATO CUMBAL SIMBA**

**Quito, enero del 2016**

## Cesión de derechos de autor

Yo Jaime Fabian Curay Cuastumal con documento de identificación N° 1718335357, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE VEHÍCULOS EN EL SUR DE QUITO POR MEDIO DE PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO BASADA EN TECNOLOGÍA VANET, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

*JAIME CURAY*  
.....  
Nombre: Jaime Fabian Curay Cuastumal  
Cédula: 1718335357  
Fecha: Quito, enero 2016

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE VEHÍCULOS EN EL SUR DE QUITO POR MEDIO DE PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO BASADA EN TECNOLOGÍA VANET, realizado por Jaime Fabian Curay Cuastumal, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, enero 2016



José Renato Cumbal Simba  
Cédula de identidad: 1714663760

# SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ENTRE VEHÍCULOS EN EL SUR DE QUITO POR MEDIO DE PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO BASADA EN TECNOLOGÍA VANET

Jaime Curay Cuastumal<sup>1</sup>, Renato Cumbal Simba<sup>2</sup>

## Resumen

Este artículo presenta un análisis basado en simulaciones de protocolos de enrutamiento dentro de una red vehicular. Por lo tanto, el objetivo es establecer una comunicación inalámbrica entre vehículos en el sur de Quito, reduciendo pérdidas de paquetes para garantizar el throughput en una Red Ad-Hoc Vehicular (VANET). Para ello, se simulan escenarios con vías reales mediante mapas georeferenciados, donde se comparan las características de los protocolos. Dentro de las simulaciones se establecen los parámetros que tendrá toda la infraestructura como la velocidad de los vehículos, el tipo de protocolo, la distancia de los RoadSide Unit (RSU) entre otros. Para este trabajo cada sección de la VANET considera los parámetros de medición establecidos por la tecnología de comunicación IEEE 802.11p con sus respectivos dominios de comunicación. Para sustentarlo se desarrollan simulaciones para demostrar la integración de las tecnologías utilizando las herramientas SUMO, NS2, MOVE y Visual Trace Analyzer tomando en cuenta sus respectivas funciones en la infraestructura.

**Palabras Clave:** Enrutamiento, throughput, VANET, RSU, SUMO, NS-2, MOVE, 802.11p.

## Abstract

This paper presents an analysis based on routing protocols simulations within of a vehicular network. Therefore, the objective is to establish a wireless communication between vehicles in the south of Quito, reducing packages loss to ensure the throughput in a Vehicle Ad-Hoc Net (VANET). For that, scenarios with real ways are simulated using georeferenced maps, where the protocol characteristics are compared. These simulations establish the parameters that all the infrastructure will have such as the vehicles speed, the protocol type, the RoadSide Unit (RSU) distance, among others. For this work each VANET section considers the measurement parameters established by IEEE 802.11p communication technology, with their respective domains of communication. To sustain it, simulations are developed in order to demonstrate the integration of the technologies using SUMO, NS2, MOVE and Visual Trace Analyzer tools, accounting for their respective function in the infrastructure.

**Keywords:** Routing, thoroughput, VANET, RSU, SUMO, NS-2, MOVE, 802.11p.

---

<sup>1</sup> Estudiante egresado candidato al grado de Ingeniero Electrónico mención Telecomunicaciones - Universidad Politécnica Salesiana, Quito.

<sup>2</sup> Ingeniero informático, Estudiante de Doctorado en Telecomunicaciones - Universidad Pontificia Bolivariana – Medellín Colombia, miembro del Grupo de Investigación de las Telecomunicaciones (GIETEC).

## 1. Introducción

Los avances de las tecnologías inalámbricas han permitido que los vehículos puedan comunicarse para compartir información sobre la condición de las carreteras, el tráfico y eventos que suceden en las vías para el control del flujo vehicular, para ello, se han creado Redes Ad-Hoc Vehiculares (VANET) combinando redes Ad-hoc, tecnología celular y redes inalámbricas de área local [1] [2]. Las VANET contienen en su infraestructura como lo muestra la Figura 1, dos entidades fundamentales para su estudio que son los puntos de acceso llamados RoadSide Unit (RSU) y los vehículos [3]. La eficiencia de las VANET depende del número y de la ubicación de los RSU en las vías, tomando en cuenta su radio de cobertura para su óptima colocación en las vías [4] [5]. Las VANET en lo que respecta a su arquitectura básica tienen dos dominios principales de comunicación que son vehículo a vehículo (V2V), y la comunicación con RSU llamada vehículo a infraestructura (V2I) [6]. El enfoque de este artículo es la comunicación de los vehículos en mapas reales garantizando el throughput de la VANET simulando los principales protocolos de enrutamiento. Este artículo presenta una introducción a las VANET, en el apartado 2 se explicará los requerimientos que tendrán las simulaciones en la red, en el apartado 3 se revisarán los resultados obtenidos de las simulaciones. Al final se presentarán las conclusiones y la bibliografía citada.

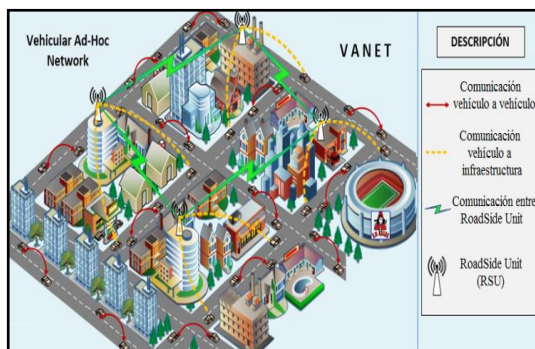


Figura 1. Arquitectura VANET

## 2. Materiales y Métodos

Para garantizar el throughput reduciendo retardos, jitter y pérdidas en una VANET, consideramos parámetros de medición dentro de las simulaciones como la velocidad de los vehículos, protocolos de enrutamiento, la colocación y la capacidad de los RSU, siendo su cobertura de transmisión de 300 metros y conforme al estándar IEEE 802.11p determina para esta tecnología un ancho de banda de 2 Mbps [5] [7]. Como se observa en la Figura 2, dentro de la infraestructura encontramos dos dominios de comunicación, como son comunicación vehículo a vehículo (V2V) donde se puede establecer una conexión entre vehículos de uno o más saltos a una distancia máxima de 300 metros. El otro dominio es la comunicación vehículo a infraestructura (V2I), donde los vehículos utilizan RSU para llegar a su destino, permitiendo la conexión de dos o más áreas extendiendo la comunicación a grandes distancias [6].

Dentro de este estudio encontramos tres clases de protocolos como son protocolos proactivos, reactivos e híbridos. Los protocolos híbridos no son muy adaptables para las VANET ya que no están diseñados para redes donde existe mucho movimiento en su topología [1], además los híbridos establecen una combinación de estrategias y características de los proactivos y reactivos, por tal razón, para este trabajo se hará únicamente una comparación de rendimiento entre proactivos y reactivos [8]. Para el análisis de estos protocolos se tomarán solo los más importantes, considerando la mejor métrica que tiene cada uno [9] [10], por lo tanto, los protocolos proactivos a comparar son Destination-Sequenced Distance-Vector (DSDV), y Optimized Link State Routing (OLSR). Se utiliza DSDV ya que reduce el ancho de banda a utilizar en redes grandes, además, aumenta la velocidad de convergencia y es un protocolo vector

distancia basado en el algoritmo de Bellman-Ford, siendo sus principales inconvenientes el conteo de saltos infinitos y los bucles generados por las actualizaciones periódicas de las tablas de enrutamiento. Por otra parte se utiliza OLSR ya que es un protocolo de estado de enlace, y cada vehículo tiene su propia ruta para cada vecino en la red, en topologías con un alto número de nodos, este protocolo intercambia mensajes para resguardar la información de la topología cuando esté en movimiento o haya errores en la misma [1] [10].

Mientras que los protocolos reactivos a comparar son Dynamic Source Routing (DSR) y a Ad-Hoc On Demand Distance Vector (AODV). Se utiliza AODV ya que es un protocolo vector distancia, y cuando los paquetes van a ser enviados dentro de una topología dinámica como son las VANET, la sobrecarga se reduce significativamente ya que utiliza números de secuencia para garantizar el mejor camino, convirtiendo una topología libre de bucles. Por otra parte se utiliza DSR debido a que es un protocolo basado en el algoritmo estado de enlace y al trabajar en un ambiente con varios nodos, utiliza el mecanismo de enrutamiento de origen en función de las tablas de enrutamiento en cada nodo intermedio [1] [11].

Por estas razones se escogieron únicamente los protocolos proactivos y reactivos más importantes ya que debido a sus características estos se adaptan sin problemas a grandes redes como las VANET donde su topología cambia constantemente con relación a la movilidad de los nodos, además, estos protocolos se adaptan a redes donde no existe un número limitado de nodos o vehículos, los mismos que no necesitan de un dispositivo central para comunicarse ya que estos conforman una red de transmisores y receptores [8].

La comunicación de una VANET se da por la estructura de acceso inalámbrico en

entornos vehiculares (WAVE) que adopta la denominación IEEE 802.11p. La infraestructura WAVE está prevista para operar en la banda de 5,9 GHz del Dedicated Short Range Communication (DSRC) [12].

La IEEE 802.11p define las especificaciones para asegurar la interoperabilidad entre los vehículos por medio de sus características, por lo tanto, este protocolo permite una comunicación eficiente, además, indica que el rango máximo de transmisión de cada vehículo es de 300 metros a una velocidad de hasta 200 Km/h [13].

Los simuladores de movilidad ejecutan el cambio de posición de los vehículos mediante mapas georeferenciados obtenidos por Open Street Map (OSM) como se puede observar en la Figura 2, en base a estos mapas se pueden crear ambientes vehiculares cambiando de formato al archivo generado por OSM en una terminal tanto en Windows como en Linux con el siguiente comando:

```
➤ netconvert --osm-files tx.osm -o tx.net.xml
```

Con el archivo “tx.net.xml” por medio de las funciones de Mobility Model Generator for VANET (MOVE) se crea un archivo con extensión “.sumo.cfg” definiendo y configurando el número, el flujo, la posición y la velocidad de los vehículos, con este archivo se ejecuta dentro de Simulation of Urban Mobility (SUMO) como se puede observar en la Figura 3 y 5, donde dentro del mapa descargado del sector de la UPS-Sur y del Redondel de la Atahualpa se puede visualizar la movilidad de los vehículos [14].

Los simuladores de red como Network Simulator (NS-2) definen el tiempo de simulación para la comunicación de cada vehículo, además, permiten analizar la comunicación por medio de protocolos de

enrutamiento, los mismos que se definen dentro del archivo “.tcl” de NS-2. En el editor NAM de NS-2 los RSU son simulados de manera estática por medio de las coordenadas obtenidas por la herramienta Matlab. En el ambiente de NS-2 se establece la comunicación dependiendo el tiempo en que fue configurado. El Visual Trace Analyzer (VTA) extrae los archivos “.tcl” y “.tr” para observar resultados de toda la infraestructura como el throughput, el retardo y el jitter.

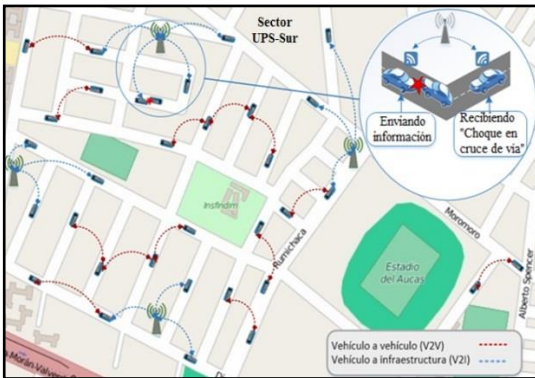


Figura 2. Open Street Map – Sector UPS-Sur



Figura 3. Simulación de movilidad en SUMO (UPS-Sur).

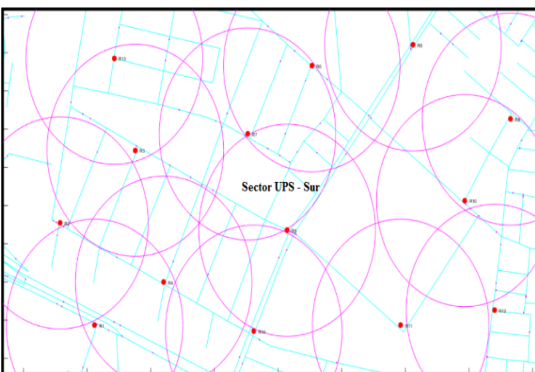


Figura 4. Cobertura y colocación óptima de los RSU (Sector UPS-Sur)

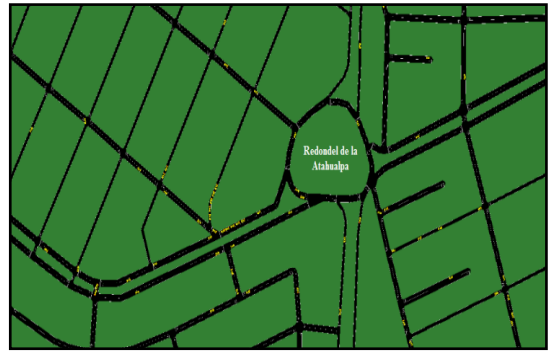


Figura 5. Simulación de movilidad en SUMO (Sector Redondel de la Atahualpa)

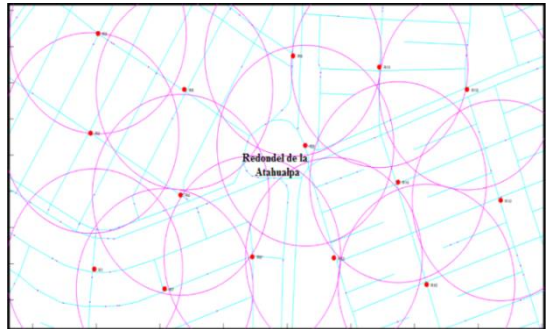


Figura 6. Cobertura y colocación óptima de los RSU (Sector Redondel de la Atahualpa)

Se puede tener un control o monitoreo de todo el tráfico de la red, mediante un software de monitoreo, el cual permite tener un control en tiempo real para observar que dispositivo o vehículo sobrepasa el umbral de ancho de banda utilizado. Para ello es necesario tener instalado el software como el Netflow Analyzer en los dispositivos inteligentes que se encuentran en los vehículos para que cada conductor pueda controlar la información que envía y recibe para disminuir la congestión en la red, en la Figura 7 se puede observar un ejemplo de lo que verían los conductores en su dispositivo [19].

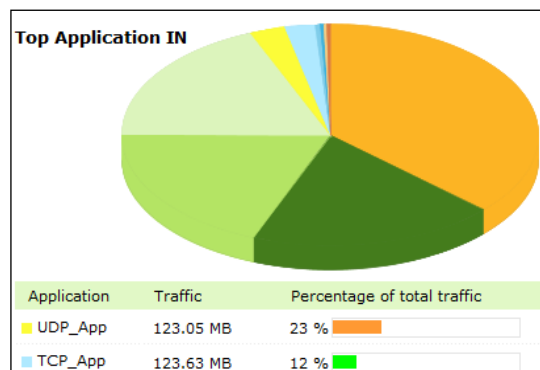


Figura 7. Entorno gráfico del Netflow Analyzer

En la siguiente tabla se presentan los parámetros que se utilizaron en cada simulación y a continuación se detallan los mismos con su respectiva justificación:

Tabla 1: Parámetros de Simulación

Parámetro	Valor
Área de planeación	800 m <sup>2</sup>
Velocidad de los vehículos	40 Km/h
Número de vehículos	50
Radio de cobertura de RSU	300 m
Ancho de banda	2 Mbps
Tipo de antena	Omnidireccional
Protocolos de enrutamiento	AODV, DSR, DSDV, OLSR

Para la óptima colocación de los RSU en las vías se tiene un modelo matemático basado en una Programación Lineal Entera (ILP), este modelo considera para su algoritmo la capacidad, la ubicación y el radio de cobertura de los RSU, también depende del flujo vehicular que transita en los sectores establecidos. Por medio de la herramienta MATLAB se puede ejecutar este modelo a partir de las simulaciones, el número y la colocación óptima de los RSU dentro de los mapas descargados como se puede observar en la Figura 4 y 6, este proceso de optimización consiste en reducir la cantidad de RSU en las vías y a su vez determina la posición óptima de los mismos [15].

Se toma un área de planeación de 800m<sup>2</sup> para visualizar de mejor manera todas las vías y saber la ubicación exacta de los RSU, con ello debido a su radio de cobertura los vehículos no pierden conectividad con la red, ya que al alejarse del radio de cobertura de un RSU, rápidamente se enlaza con el radio de cobertura de otro, ocasionando menos pérdidas de paquetes en cada enlace de comunicación. Con respecto al número y a la velocidad de los vehículos se coloca la misma para todos debido al comportamiento que adquieren dentro de

la simulación y conforme al flujo establecido, se puede controlar el movimiento de cada uno, permitiendo establecer y observar que vehículos se están conectando.

El valor de 40Km/h es debido a que no se debe pasar el límite permitido dentro de una zona urbana en Ecuador que es de 50Km/h, además, basándose en varios estudios realizados se tiene que varios parámetros de simulación ya están predefinidos, los mismos que facilitan el análisis de comunicación de los vehículos en las VANET estimando una velocidad de 40Km/h en cada trabajo de investigación [7][16][17][18], por lo tanto, esta velocidad permite tener un valor estándar para estudios futuros, ya que al aumentar este valor, el flujo vehicular sería altamente dinámico y los resultados finales cambiarían.

Para los resultados finales únicamente nos basaremos en el sector de la UPS-Sur, ya que se requiere observar el rendimiento de los protocolos dentro de la tecnología VANET y el área de los 800m<sup>2</sup> es la misma para los dos mapas por lo que solo cambia el escenario.

### 3. Resultados y Discusión

A continuación se muestran los resultados con su respectiva justificación de las simulaciones que se tuvo con todos los protocolos basándose en el throughput, el retardo y el jitter de la red.

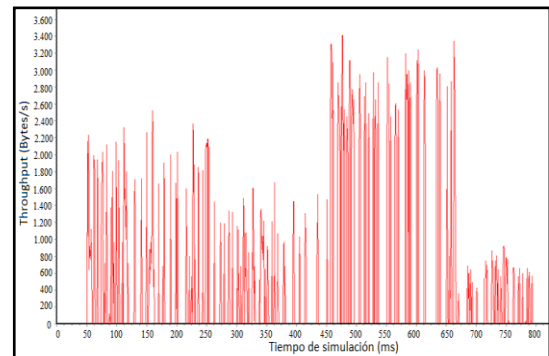


Figura 8. Throughput vs. Tiempo de Simulación con AODV



La Figura 8 presenta el valor del throughput del RSU-1 con respecto al tiempo de simulación, tomando en cuenta que se configura como protocolo al AODV, mientras que en la Figura 9 se configura DSR, en los dos casos se estableció una comunicación con tres vehículos en tiempos diferentes de simulación,  $t_1 = 50$  a  $250$ ms,  $t_2 = 250$  a  $450$ ms y  $t_3 = 450$  a  $650$ ms, como se observa el valor del throughput cambia en los tiempos indicados debido al movimiento de los vehículos.

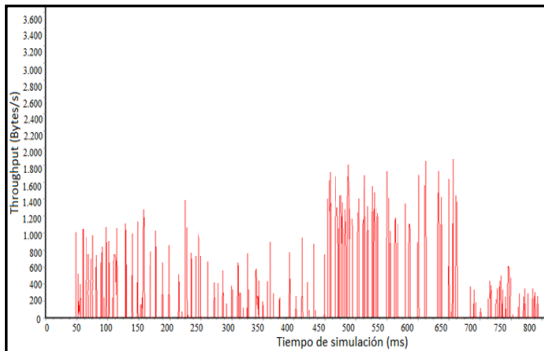


Figura 9. Throughput vs. Tiempo de Simulación con DSR

Haciendo una comparación de las dos figuras se observa que el throughput de AODV es mayor que el DSR debido a que AODV, por ser un protocolo vector distancia utiliza una métrica de conteo de saltos buscando el mejor camino, además evita que se produzcan lazos en la red. Mientras que DSR debido al número de vehículos y a que no es escalable aumenta los tiempos de retardo hasta que el vehículo fuente encuentre la ruta destino provocando más pérdidas de paquetes.

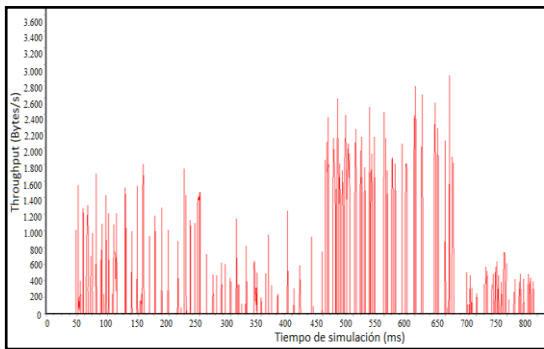


Figura 10. Throughput vs. Tiempo de Simulación con OLSR.

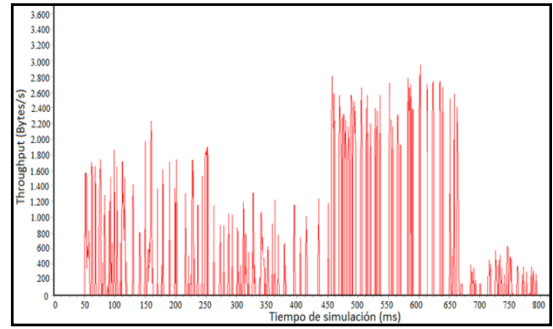


Figura 11. Throughput vs. Tiempo de Simulación con DSDV.

En la Figura 10 se realiza la misma relación entre el throughput y el tiempo de simulación en el RSU-1, pero se configura OLSR como protocolo de enrutamiento, mientras que en la Figura 11 se configura DSDV en los mismos tiempos de simulación. Al comparar estos dos protocolos se tiene que el throughput de DSDV el mayor que el de OLSR debido a que DSDV utiliza una métrica de conteo de saltos y las actualizaciones de sus tablas de enrutamiento se dan únicamente cuando existe algún cambio en la red. Mientras que OLSR al enviar periódicamente mensajes de saludo provoca más pérdidas de paquetes debido a los lazos en la red. Por último, la Figura 12 muestra el valor del retardo con respecto al número de paquetes que se generaron en todas las simulaciones, ocasionando un mayor retardo cuando un nodo se aleja del RSU.

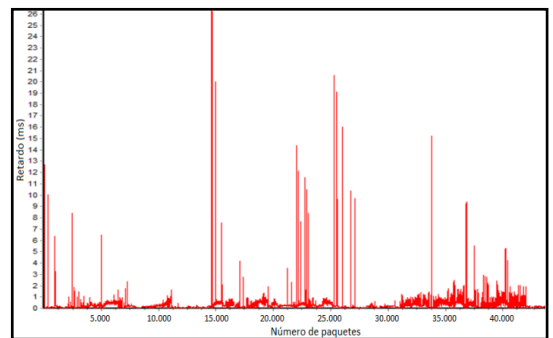


Figura 12. Retardo vs. Número de paquetes generados

La Figura 13 muestra el valor del jitter con respecto al tiempo de simulación, ocasionando un valor alto por el ruido que causan las interferencias de los enlaces de comunicación en las

simulaciones cuando los vehículos se están conectando entre sí.

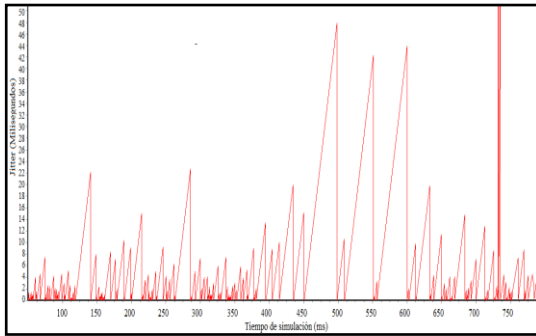


Figura 13. Jitter vs. Tiempo de simulación

Se tiene una sola figura del retardo y del jitter debido a que al obtener los resultados de todas las simulaciones el valor final de cada protocolo no varía mucho en su totalidad a lo que se tendría en las gráficas un resultado estándar aproximado.

Tabla 2: Resultados de Simulación

PAQUETES	AODV	DSR	DSDV	OLSR
Generados	42104	42104	42104	42104
Perdidos	440	593	798	871
Transferidos	41664	41511	41306	41233
<b>THROUGHPUT (Bytes/s)</b>				
De 50 a 250 ms	~1900	~800	~1500	~1100
De 250 a 450 ms	~1200	~500	~800	~600
De 450 a 650 ms	~3100	~1600	~2700	~2400

En la Tabla 2 se pueden observar los resultados finales tomando únicamente valores del RSU-1, en donde se pueden observar que las pérdidas de paquetes de cada enlace son debido a las interferencias causadas por las métricas de cada protocolo, como por ejemplo las interferencias causadas con OLSR debido el envío periódico de mensajes de saludo para buscar a sus nodos vecinos causando lazos en la red. También se producen pérdidas al tener una distancia mayor a 300 metros entre los vehículos.

En la parte de los resultados de throughput, el valor tomado es aproximado, debido a que no es un valor

constante. Como se puede observar en la tabla de resultados se tiene un número de pérdidas con cada protocolo, y haciendo referencia a una red 100% efectiva se tiene que, hubo un porcentaje de pérdidas en nuestras simulaciones que son, en AODV del 1.0%, en DSR del 1.4%, en DSDV del 1.89% y en OLSR del 2.0%.

## 4. Conclusiones

El presente artículo permite consolidar el estudio de enrutamiento en una comunicación vehicular, para ello, se simulan protocolos de enrutamiento en escenarios vehiculares en el Sur de Quito, mostrando que DSDV es el protocolo proactivo más eficiente ya que OLSR debido a la transmisión periódica de mensajes causa más pérdidas en cada transmisión como se puede observar en los resultados, por su parte AODV es el protocolo reactivo más eficiente ya que no depende de toda la infraestructura y establece una conexión por la mejor ruta causando menos pérdidas de paquetes.

Por lo tanto, basándose en el porcentaje de pérdidas de los resultados se tiene que, AODV es el protocolo más eficiente para esta tecnología garantizando el throughput de la red. Para lo cual se puede implementar en trabajos futuros una red vehicular dentro del Sur de Quito basándose en este protocolo, para ello, serían necesarios dispositivos inteligentes los cuales interactúen entre sí para que los vehículos puedan comunicarse.

Para trabajos futuros se podrían controlar las pérdidas que ocasiona una red por medio de un control de ancho de banda, para ello se necesitaría un software de monitoreo y un control de capacidad basándose en el número de paquetes generados, el tipo de tráfico como puede ser TCP o UDP, el protocolo de enrutamiento y el tipo de equipos de comunicación. Con esos parámetros se obtendría un análisis de control

permitiendo saber si existen cargas excesivas en la VANET, o a su vez observar si excede el umbral de utilización de ancho de banda, para eso se necesitaría saber que aplicación y vehículo está provocando dicha congestión y por medio del puerto TCP o UDP y de la dirección IP del vehículo se podrían controlar y reducir el tráfico que provoca esa carga en la red.

## Referencias

- [1] B. T. Sharef, R. a. Alsaqour, and M. Ismail, "Vehicular communication ad hoc routing protocols: A survey," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 40, no. 1, pp. 363–396, 2014.
- [2] S.-S. Wang and Y.-S. Lin, "PassCAR: A passive clustering aided routing protocol for vehicular ad hoc networks," *Comput. Commun.*, vol. 36, no. 2, pp. 170–179, 2012.
- [3] A. Dua, N. Kumar, and S. Bawa, "A systematic review on routing protocols for Vehicular Ad Hoc Networks," *Veh. Commun.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–52, 2014.
- [4] P. Li, Q. Liu, C. Huang, J. Wang, and X. Jia, "Delay-bounded Minimal Cost Placement of Roadside Units in Vehicular Ad hoc Networks," pp. 8217–8222, 2015.
- [5] J. Barrachina, P. Garrido, M. Fogue, F. J. Martinez, J. C. Cano, C. T. Calafate, and P. Manzoni, "Road side unit deployment: A density-based approach," *IEEE Intell. Transp. Syst. Mag.*, vol. 5, no. 3, pp. 30–39, 2013.
- [6] S. K. Singh, R. Duvvuru, and S. S. Thakur, "Congestion Control Technique Using Intelligent Traffic," vol. IV, no. I, pp. 35–44.
- [7] S. Chirinos, "Evaluación de los protocolos de enrutamiento AODV y OLSR en redes VANET", Proyecto de titulación, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Mayo. 2013.
- [8] J. Alba, "Estudio y simulación de una red AD-HOC vehicular VANET" Proyecto de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador. Dic. 2009.
- [9] S. Gajare, P. Deore, and S. Wagh, "Traffic Management in VANET Using Clustering," no. 5, pp. 175–180, 2014.
- [10] K. Singh, "Experimental Analysis of AODV , DSDV and OLSR Routing Protocol for Flying Adhoc Networks ( FANETs )," pp. 1–4.
- [11] D. Sutariya and S. Pradhan, "An Improved AODV Routing Protocol for VANETs in City Scenarios," Structure, pp. 575–581, 2012.
- [12] M. M. I. Taha and Y. M. Y. Hasan, "VANET-DSRC protocol for reliable broadcasting of life safety messages," *ISSPIT 2007 - 2007 IEEE Int. Symp. Signal Process. Inf. Technol.*, pp. 104–109, 2007.
- [13] C. Campolo and A. Molinaro, "Improving V2R connectivity to provide ITS applications in IEEE 802.11p/WAVE VANETs," 2011 18th Int. Conf. Telecommun. ICT 2011, pp. 476–481, 2011.
- [14] V. D. Khairnar and S. N. Pradhan, "Mobility models for Vehicular Ad-hoc Network simulation," 2011 IEEE Symp. Comput. Informatics, vol. 11, no. 4, pp. 460–465, 2011.
- [15] H. Palacios, R. Cumbal "Optimizar y dimensionar la ubicación de los RSU en una red vial mediante modelamiento matemático basado en ILP para determinar la mejor posición en la infraestructura de comunicaciones VANET", Proyecto de titulación, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador, Dic. 2015.

- [16] K. Pandey, S. K. Raina, and R. S. Rao, "PERFORMANCE ANALYSIS OF ROUTING PROTOCOLS FOR VEHICULAR ADHOC NETWORKS USING Ns2 / sUMO," pp. 844–848, 2015.
- [17] G. Sallam and A. Mahmoud, "Performance Evaluation of OLSR and AODV in VANET Cloud Computing Using Fading Model With SUMO and NS3," pp. 1–5, 2015.
- [18] X. Shen, Y. Wu, Z. Xu, and X. Lin, "AODV-PNT: An Improved Version of AODV Routing Protocol with Predicting Node Trend in VANET," pp. 0–6.
- [19] Z. Weiwei, G. Jian, G. Wenjie, and C. Shaomin, "Netflow-based network traffic monitoring," in Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2011 13th Asia-Pacific, Sept 2011, pp. 1–4.

