

Fundación Universitaria
SAN MATEO

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES



Fundación Universitaria
SAN MATEO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y AFINES
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL DESEMPEÑO EN UN ENLACE IEEE 802.11P SOBRE UNA RED AD HOC.
TRABAJO DE GRADO MODALIDAD DE OPCIÓN DE GRADO**

**CARLOS ALBERTO SALGADO
DEISI PAOLA GARCÍA GUEVARA**

**DIRECTOR (A)
JOAQUIN FERNANDO SANCHEZ**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MATEO
2019**

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

“La Fundación Universitaria San Mateo NO se hace responsable de los conceptos emitidos en el presente documento, el departamento de investigaciones velará por el rigor metodológico de la investigación”.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I.	Presentación del problema de investigación	13
II.	Justificación	14
III.	Objetivos.....	14
A.	Objetivo General	¡Error! Marcador no definido.
B.	Objetivos Específicos	¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

IV.	Antecedentes de la investigación	¡Error! Marcador no definido.
V.	Bases teóricas o fundamentos conceptuales.....	¡Error! Marcador no definido.
VI.	Bases legales de la investigación	¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

VII.	Tipo de investigación	¡Error! Marcador no definido.
VIII.	Población.....	¡Error! Marcador no definido.
IX.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO III

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

X.	Resultados del objetivo específico no. 1	¡Error! Marcador no definido.
XI.	Resultados del objetivo específico no. 2.....	¡Error! Marcador no definido.

XII. Resultados del objetivo específico no. 3¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

XIII. Adecuación de estilo¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Abreviaturas	10
Tabla 2 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.....	20
Tabla 3 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.....	20
Tabla 4 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.....	21
Tabla 5 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.....	21
Tabla 6 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.....	22
Tabla 7 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.....	22
Tabla 8 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.....	23
Tabla 9 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.....	23
Tabla 10 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.....	24
Tabla 11 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.....	24
Tabla 12 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.....	25
Tabla 13 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.....	25
Tabla 14 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.....	26
Tabla 15 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.....	26
Tabla 16 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.....	27
Tabla 17 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.....	27
Tabla 18 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.....	28
Tabla 19 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.....	28

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustraciones 1 Comparación entre flujos y nodos.....	29
Ilustraciones 2 Comparación Throughput vs Delay.....	30

DEDICATORIA

A nuestros padres, familiares y amigos más cercanos, quienes han estado presentes en los momentos de más dificultad y también en los momentos de mayores alegrías, quienes con sus palabras de apoyo nos han motivado a seguir cultivando nuestro camino y quienes nos han ayudado a crecer como personas, pero más importante que eso, a crecer como seres humanos.

Al profesor Joaquín Sánchez, quien depositó su voto de confianza en nosotros y nos brindó palabras de apoyo, que nos motivó a tomar la iniciativa de realizar este trabajo y quien también sembró en nosotros el interés por querer investigar y aprender de temas que, a pesar de haber escuchado, nunca le dimos la importancia que merecía.

AGRADECIMIENTOS

Todo proceso que se ejecuta consecuentemente concluye con un fin esperado y/o anhelado, siendo así el motivo de diferentes esfuerzos, sacrificios, también de momentos alegres o gratificantes, que al final terminan convirtiéndose en la sumatoria de un único objetivo propuesto.

Es por esto, que queremos mostrar nuestra gratitud a todas aquellas personas que directa o indirectamente han intervenido en el desarrollo de esta meta, de este sueño que es tan importante para nosotros.

A nuestro asesor de proyecto, quien desde un principio creyó en nosotros y nos permitió desarrollar, y fortalecer habilidades que cada uno de nosotros poseemos.

Por último, agradecemos al motor de nuestras vidas, nuestras familias, en especial a nuestros padres, hijas, tías, primos, compañeros de vida, que quienes con sus consejos se convirtieron en nuestra motivación, y sobre todo por su amor.

ABREVIATURAS

Ad-hoc	
WIFI	Wireless network
VANET	Redes Vehiculares Ad-Hoc
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
LAN	Local Area Network.
MAC	Media Access Control.
WLAN	Wireless Local Area Network

Tabla 1 Abreviaturas

RESUMEN

Este trabajo, pretende generar una propuesta que pueda a través de un análisis del desempeño de redes auto organizantes o redes ad hoc, mejorar el rendimiento en un enlace IEEE 802.11P, mediante diferentes muestras de ejercicios en ambientes con redes ad-hoc y protocolos asociados a este tipo de tecnologías, de los cuales puede obtenerse un modelo que permite disminuir los problemas o deficiencias (conectividad y pérdidas en los paquetes que se transmiten). En este tipo de análisis se pretende brindar una opción para el mejoramiento del desempeño de las redes móviles vehiculares basados en el estándar IEEE 802.11p. Buscando dar una solución en la cual se garantice que el tránsito de la información que pasa por estas no se vea afectado por la congestión de la red, y, que se garantice el principio de disponibilidad de la misma, esto se obtendrá con base a las diferentes comparaciones y pruebas que se han realizado en la búsqueda de medir la tasa de transferencia en Mbps. [1]

PALABRAS CLAVE: Red Ad Hoc, conectividad, transporte, rendimiento, protocolos, nodos, VANET.

ABSTRACT

This work aims to generate a proposal, through an analysis of the performance of self-organizing networks or ad hoc networks, to improve performance on an IEEE 802.11P link, through different exercise samples in environments with ad hoc networks. Hoc and protocols associated with this type of technologies, from which a model can be obtained that reduces problems or deficiencies (connectivity and losses in the packets that are transmitted).

In this type of analysis, it is expected to provide an option to improve the performance of controlled mobile vehicle networks in the IEEE 802.11p standard. Trying to provide a solution in which it is guaranteed that the transit of the information that passes through them is not affected by the congestion of the network, and that the principle of network availability is guaranteed, this is affected in based on the different comparisons and tests that have been carried out in the search to measure the transfer speed in Mbps. [1]

KEY WORDS: Ad Hoc network, connectivity, transport, performance, protocols, nodes, VANET.

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

I. Presentación del problema de investigación

Con el devenir de los años, las comunicaciones móviles e inalámbricas han tenido una gran expansión, en primer lugar los avances obtenidos por la microelectrónica, para su utilización y aprovechamiento en los enlaces radioeléctricos, los cuales han permitido el desarrollo de dispositivos portátiles de menor tamaño y mayor potencia de procesamiento y cómputo; y por otro lado, al uso continuo de los mismos por parte de usuarios que día a día requieren más capacidades y facilidades de comunicación.

Este escenario de comunicación inalámbrica entre dispositivos podría ser definido de manera informal como un esquema denominado redes ad hoc, que permite a los dispositivos establecer una comunicación en cualquier momento y lugar, sin la ayuda de una infraestructura central, de esta forma, cada nodo participa en el encaminamiento mediante el reenvío de datos hacia otros nodos, manejando así la información de forma dinámica. Estas conexiones son posibles por los múltiples nodos que presentan estas redes, lo que nos lleva a constantes cambios de topología por la movilidad que presentan.

Las redes Ad Hoc son el conjunto de varios dispositivos inalámbricos interconectados entre sí generando un enlace y creando así una red [2], en la actualidad WIFI por ser de bajo costo y con compatibilidad con los dispositivos inalámbricos es la tecnología más utilizada para crear diferentes tipos de servicios de comunicación sencillos y de corto alcance [3], que permiten crear servicios básicos de comunicación dando solución a la primera necesidad del usuario final; sin embargo, al ser una tecnología diseñada para dar una limitada cobertura, sufre diversas afectaciones en la medida que se aumenta el envío de paquetes mediante esta, siendo susceptible a las vulnerabilidades del medio y afectando notoriamente el rendimiento de las mismas (Ceballos Garzón y Montaña Oviedo, 2019).

Basados en pruebas realizadas anteriormente en las que se buscaba realizar un análisis del comportamiento de las redes Auto organizantes, se logró observar que estas presentan variación en la cantidad de paquetes que se envían vs la cantidad de paquetes que se reciben, cuando el tamaño del paquete es superior a 512 Kbps.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta propuesta tiene como objeto recopilar información investigativa que permita determinar cómo es actualmente el performance de este tipo de redes, y presentar con base a los resultados de la medición de cada escenario de simulación, un análisis buscando el mejoramiento en el desempeño y uso de las redes VANET.

II. Justificación

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis realizado sobre el comportamiento de las redes Ad Hoc, en donde se evidencia que estas pueden presentar pérdida de los paquetes en la transferencia de información cuando se modifican los tamaños de estos, la presente investigación se hace necesaria para encontrar una posible propuesta que permita optimizar el envío y recepción de los paquetes cuando se realizan dichas modificaciones.

La investigación se enfocará en estudiar el comportamiento de las redes Ad Hoc, ya que debido a las aplicaciones al protocolo IEEE 802.11p (el cual es el estándar para este tipo de redes), podría lograrse un mejoramiento en el desempeño de las redes móviles, como por ejemplo las redes vehiculares ya que fueron diseñadas para dar autoorganización, alta movilidad y topología dinámica [2], permitiendo así, blindarse contra interferencias y garantizando un rendimiento óptimo en este tipo de redes de corto alcance. .

Este trabajo permitiría mostrar los resultados obtenidos de cada una de las simulaciones realizadas y, profundizar los conocimientos teóricos sobre los procesos del performance de este tipo de redes y determinar cuáles son los mejores mecanismos para la retención de datos y reducción en tiempos de transferencia.

III. Objetivos

Realizar una propuesta de mejoramiento para el desempeño de un enlace de comunicación con el protocolo IEEE 802.11p, mediante el uso de redes Ad-Hoc.

B. Objetivos Específicos

- Documentar el funcionamiento del protocolo IEEE 802.11p. y sus aplicaciones.
- Simular una red ad hoc utilizando un canal IEEE 802.11p, para realizar pruebas sobre los tiempos de respuesta y la tasa de transferencia.
- Analizar los resultados obtenidos de la simulación sobre los tiempos de respuesta y la tasa de transferencia, para definir los umbrales de desempeño.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

I. Antecedentes de la investigación

El origen de todas las cosas (entendamos por cosas inventos como tecnologías, herramientas, utensilios, etc.) se han creado o inventado a partir de una necesidad, una necesidad de suplir o mejorar algo que ayude a que la calidad de vida del ser humano y los seres que lo rodean mejoren.

La necesidad del ser humano por comunicarse con otras personas entre grandes distancias, sirvieron como detonante para la aparición de lo que conocemos como los teléfonos, computadoras, celulares, entre otros, obviamente dando origen a la creación de las redes de comunicación informática para soportar que dichos aparatos mencionados anteriormente puedan trabajar.

Lo interesante de la evolución del ser humano y de las tecnologías que lo rodean, es como aparece una nueva tecnología que sustituye a la anterior, como es el caso de las redes MANET y VANET, las cuales bien sabemos han sido una evolución de las redes inalámbricas estacionarias, bien conocidas como WLAN, todo en miras de mejorar la calidad de vida del usuario final.

Las redes Ad-hoc, específicamente las redes VANET, tienen sus orígenes de los diferentes trabajos investigativos que llevaron a la aparición del estándar 802.11, que fue creado por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), y en él se encuentran los diferentes protocolos enfocados al desarrollo o uso de la transmisión y recepción de datos, todo lo anterior de manera inalámbrica que han ido evolucionando conforme se han realizado revisiones de este estándar.

De las diferentes revisiones realizadas al estándar, se han generado nuevos protocolos, entre ellos cabe mencionar el protocolo IEEE 802.11p, el cual es el objeto de este trabajo de investigación, pues este, apunta al desarrollo de redes vehiculares eficientes que permiten de cierta manera una evolución en el tráfico vehicular y generando innovación a las redes en el uso de automóviles de una manera más eficiente y segura.

Pero, ¿por qué la necesidad de la existencia de dicho protocolo o tecnología?; Pues bien, la modernización que hoy en día sufren muchas ciudades en el mundo, han obligado a que exista una forma de optimización de las vías en donde puedan mitigarse los diferentes aspectos como la seguridad, el tiempo, comodidad, entre otros; buscando así que un viaje en automóvil tenga las mismas cualidades o ventajas de lo que pudiera ser una analogía de un viaje en avión, del modo de que pueda mantener una red de comunicación entre todos los vehículos que intervienen una vía,

para así conocer cuántos autos están en el momento en la vía, del mismo modo evitar accidentes, y si no se pueden evitar por una mala práctica de algunas personas, pues entonces crear rutas alternas que le permitan a los demás usuarios poder llegar a tiempo a sus diferentes destinos [4].

II. Bases teóricas o fundamentos conceptuales

Red Ad hoc: Se entiende como un enlace temporal que se establece dinámicamente por diferentes nodos según se necesite, con la particularidad de que no requiere de una infraestructura pre-existente para funcionar, en donde la información viaja por a través de los nodos hasta llegar a su destino [11].

Nodo: Para el caso de una red Ad-hoc, un nodo hace referencia a cada dispositivo que se encuentra o una a la red, en donde cada uno de ellos participa activamente del diseño al servir como transmisor y receptor de la información que viaja a través de la red de manera independiente [11].

Rendimiento: Se entiende como las medidas de calidad de servicio, que la red ofrece por su configuración en específico.

Protocolos de red: Son los parámetros estandarizados, que especifican el funcionamiento o método que se debe emplear de acuerdo con la tecnología en cuestión, para enviar y recibir datos entre varios dispositivos [11].

Red ad-hoc vehicular (VANET): Es un tipo de red de comunicación, cuya particularidad reside en que intervienen diferentes vehículos, los cuales son equipados con una unidad de comunicaciones conocida como OBU convirtiendo a cada automóvil como un nodo de la red [5].

Protocolo Reactivo: Buscan una ruta solo cuando se necesita.

Protocolo Proactivo: Buscan rutas periódicamente, suponiendo que serán útiles

Actualmente el funcionamiento en una red móvil ad-hoc, utiliza generalmente protocolos reactivos y proactivos los cuales dependiendo de las variables que se utilicen (CBR - VBR), ocasionan que las diferentes simulaciones realizadas en estudios previos de las redes MANET, den como resultado una mejor eficiencia en la transmisión y recepción de datos cuando se utilizan protocolos reactivos (AODV - DSR)[1].

CAPITULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

En esta investigación se contempla una metodología mixta, siendo dividido en dos fases; en la primera fase, se realizará un estudio documental que nos permite acercarnos a las diferentes herramientas (análisis de documentos, simulaciones previas, entre otras) necesarias para determinar una base para el mejoramiento del desempeño de un enlace de comunicación con el protocolo IEEE 802.11p. Y en la segunda fase, se propone llevar a cabo una metodología experimental, basada en simulaciones y pruebas, necesarias para determinar la eficiencia del protocolo IEEE 802.11p. Con la implementación de esta esta metodología se espera dar cuenta de cada uno de los objetivos específicos, de la presente propuesta:

1. En la documentación de la investigación, se encuentra toda la información necesaria y de importancia, para que mediante su entendimiento y desarrollo sea posible determinar la importancia de las Redes Ad Hoc y la importancia de mejorar o ampliar la velocidad y la capacidad del envío de datos. Mediante las simulaciones se buscará desarrollar los ambientes más parecidos a la realidad, con el objetivo de recopilar todo el material necesario que permita evaluar el desempeño de las diferentes implementaciones que utiliza el protocolo IEEE 802.11p basados en redes Ad Hoc.
2. Las simulaciones que se realizarán en un ambiente controlado permitirán analizar detenidamente los tiempos de respuesta con respecto a la tasa de transferencia, para así determinar cuál es el mejor desempeño obtenido de las pruebas realizadas.
3. El desarrollo de las anteriores actividades, darán el material suficiente y necesario para obtener una propuesta que permita promover la optimización en el uso del protocolo IEEE 802.11p.

Describe y analiza la forma en que se abordó la solución del problema planteado, a través de procedimientos específicos que incluye la descripción de las técnicas de observación y recolección de datos usadas. Aquí se determina el cómo se realizó el estudio.

CAPITULO III

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó una serie de búsquedas de datos en diferentes fuentes de investigación, que permitieron entender el funcionamiento del protocolo IEEE 802.11p, el cual esta centralizado en la articulación de las redes móviles vehiculares sin necesidad de contar con una infraestructura fija, y que permite a los dispositivos disponibilidad casi inmediata para efectuar conexión entre sí.

El resultado de este objetivo es la documentación que se encuentra a lo largo del documento, la cual contiene los hallazgos de la búsqueda de información efectuadas, las simulaciones realizadas a lo largo del proceso, así como las evidencias de las simulaciones efectuadas y los resultados obtenidos de los mismas.

Para el desarrollo de esta investigación se realizaron las simulaciones teniendo en cuenta las siguientes condiciones del escenario: Se utilizaron 2, 3, 5, 8 y 10 nodos en flujos de 10, 15 y 25, con tamaños de paquetes de 500, 750, 1000, 1250 y 1500 Bps, definiendo anchos de banda de 1024, 4096 y 6144 Kbps y en periodos de tiempo entre 60 y 120 segundos.

De la tabla No. 2 a la tabla No. 7, se realiza la tabulación de los resultados obtenidos cuando se ejecuta la simulación de la red con solo 2 nodos en tiempos de 60 y 120 segundos, allí se logro evidenciar que a pesar de que se variaron los demás parámetros (flows, throughput y packetsize) los resultados tuvieron la mismas tendencia y comportamiento, es decir no se evidenciaron que se presentara caídas o perdidas de paquetes en el momento del envío.

2 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	77.5599 kbits/sec	4105	3653	0.86103
500 bps	15	128.937 kbits/sec	28585	11236	6.14623
500 bps	25	195.767 kbits/sec	35663	14887	13.36050
750 bps	10	73.4267 kbits/sec	2751	2548	0.63410
750 bps	15	126.075 kbits/sec	26847	10209	5.85684
750 bps	25	185.746 kbits/sec	31334	12826	10.96010
1000 bps	10	71.5713 kbits/se	2046	1955	0.56863
1000 bps	15	117.441 kbits/sec	14279	6971	3.21263
1000 bps	25	188.039 kbits/sec	17801	9500	6.17256
1250 bps	10	70.0227 kbits/sec	1639	1602	0.57666
1250 bps	15	113.019 kbits/sec	9867	5502	2.44348
1250 bps	25	182.579 kbits/sec	12680	7555	4.63569
1500 bps	10	69.1785 kbits/sec	1359	1334	0.54576
1500 bps	15	111.338 kbits/sec	9513	9513	2.41546
1500 bps	25	111.655 kbits/sec	20080	10645	2.27551

Tabla 2 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.

2 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	77.0459 kbits/sec	7883	7419	0.78190
500 bps	15	128.427 kbits/sec	60302	23497	6.60133
500 bps	25	192.031 kbits/sec	76471	30557	12.82200
750 bps	10	73.1659 kbits/sec	5283	5079	0.57728
750 bps	15	126.149 kbits/sec	56944	21380	6.06158
750 bps	25	186.524 kbits/sec	65262	25562	11.14330
1000 bps	10	70.8918 kbits/sec	3934	3842	0.51640
1000 bps	15	118.047 kbits/sec	30134	14728	3.26322
1000 bps	25	187.111 kbits/sec	36530	18939	6.17282
1250 bps	10	69.6228 kbits/sec	3152	3115	0.53040
1250 bps	15	113.564 kbits/sec	20767	11343	2.31361
1250 bps	25	183.108 kbits/sec	25878	15155	4.47158
1500 bps	10	68.4912 kbits/sec	2615	2591	0.49650
1500 bps	15	111.655 kbits/sec	20080	10645	2.27551
1500 bps	25	111.655 kbits/sec	20080	10645	2.27551

Tabla 3 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.

2 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	255.242 kbits/sec	16436	9896	4.15036
500 bps	15	284.193 kbits/sec	110906	14525	10.60530
500 bps	25	301.668 kbits/sec	138386	17896	27.84460
750 bps	10	265.376 kbits/sec	11021	7710	3.29625
750 bps	15	308.784 kbits/sec	107224	13299	9.93095
750 bps	25	366.642 kbits/sec	126268	15405	23.58360
1000 bps	10	269.282 kbits/sec	8202	6197	2.68444
1000 bps	15	333.041 kbits/sec	57153	11902	9.03662
1000 bps	25	402.153 kbits/sec	71265	13595	21.23060
1250 bps	10	268.285 kbits/sec	6579	5229	2.42891
1250 bps	15	341.181 kbits/sec	39508	10836	7.88383
1250 bps	25	432.369 kbits/sec	50788	12535	18.77130
1500 bps	10	268.715 kbits/sec	5461	4518	2.21147
1500 bps	15	345.792 kbits/sec	38092	9982	7.13635
1500 bps	25	460.921 kbits/sec	47484	11551	18.26940

Tabla 4 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.

2 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	266.141 kbits/sec	10483	9184	2.21997
500 bps	15	289.378 kbits/sec	230763	29734	10.73930
500 bps	25	275.344 kbits/sec	226779	31363	25.05390
750 bps	10	265.803 kbits/sec	21141	15857	3.31355
750 bps	15	309.476 kbits/sec	227612	27357	9.62489
750 bps	25	376.255 kbits/sec	254139	30793	21.96420
1000 bps	10	267.402 kbits/sec	15756	12738	2.72066
1000 bps	15	327.463 kbits/sec	120580	24745	9.08878
1000 bps	25	408.027 kbits/sec	146179	27410	20.61400
1250 bps	10	266.483 kbits/sec	12627	10739	2.43587
1250 bps	15	331.029 kbits/sec	83096	22826	7.69643
1250 bps	25	427.355 kbits/sec	100184	24187	18.62540
1500 bps	10	181.359 kbits/sec	24335	14178	4.42274
1500 bps	15	316.972 kbits/sec	80359	23556	10.04090
1500 bps	25	421.822 kbits/sec	97060	25145	19.96730

Tabla 5 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.

2 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	321.5 kbits/sec	24659	11549	5.49147
500 bps	15	326.414 kbits/sec	169099	15552	12.92730
500 bps	25	212.071 kbits/sec	136079	15045	41.91810
750 bps	10	342.023 kbits/sec	16530	9222	4.74132
750 bps	15	373.529 kbits/sec	161120	13343	11.74660
750 bps	25	359.835 kbits/sec	185885	15709	27.31870
1000 bps	10	360.666 kbits/sec	12313	7715	4.34020
1000 bps	15	390.557 kbits/sec	85735	12264	11.05980
1000 bps	25	424.468 kbits/sec	106911	14063	24.29910
1250 bps	10	365.549 kbits/sec	9873	6563	3.83863
1250 bps	15	401.673 kbits/sec	57174	10913	9.78425
1250 bps	25	452.525 kbits/sec	76181	12406	22.05990
1500 bps	10	376.126 kbits/sec	8190	5766	3.61112
1500 bps	15	427.039 kbits/sec	57133	10556	9.51276
1500 bps	25	481.226 kbits/sec	71234	11314	21.78170

Tabla 6 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.

2 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	318.094 kbits/sec	47341	23197	5.31172
500 bps	15	330.369 kbits/sec	359430	31747	12.77440
500 bps	25	281.225 kbits/sec	312599	34019	32.92000
750 bps	10	342.83 kbits/sec	31718	18479	4.63005
750 bps	15	372.225 kbits/sec	341708	27262	11.59110
750 bps	25	289.156 kbits/sec	262628	24227	25.59290
1000 bps	10	358.688 kbits/sec	23639	15730	4.18256
1000 bps	15	389.087 kbits/sec	175596	24759	10.54440
1000 bps	25	435.791 kbits/sec	218000	28102	23.65890
1250 bps	10	366.464 kbits/sec	18945	13480	3.90680
1250 bps	15	401.582 kbits/sec	118995	22639	9.87475
1250 bps	25	463.564 kbits/sec	155202	24736	22.20410
1500 bps	10	374.811 kbits/sec	15725	11822	3.64871
1500 bps	15	425.017 kbits/sec	120536	21868	9.53982
1500 bps	25	490.153 kbits/sec	145999	22739	21.50040

Tabla 7 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.

De la tabla No. 8 a la tabla No. 13, se continua con la tabulación de los datos obtenidos esta vez con 3 nodos en los mismos periodos de tiempo, allí se evidencio lo mismo que en la anterior simulación, pesar de que se variaron todos parámetros (flows, throughput y packetsize), la red obtuvo la misma tendencia y comportamiento.

3 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	106.225 kbits/sec	3339	3336	0.78179
500 bps	15	167.967 kbits/sec	13277	7679	3.68997
500 bps	25	271.166 kbits/sec	22238	13825	12.88640
750 bps	10	101.566 kbits/sec	2218	2216	0.60574
750 bps	15	159.019 kbits/sec	7374	4826	2.21830
750 bps	25	272.875 kbits/sec	13513	10087	7.40130
1000 bps	10	95.73 kbits/sec	1098	1097	0.64338
1000 bps	15	267.11 kbits/sec	10312	8049	5.39292
1000 bps	25	267.11 kbits/sec	10312	8049	5.39292
1250 bps	10	97.6053 kbits/sec	2698	2696	0.59388
1250 bps	15	152.092 kbits/sec	4286	3152	1.57631
1250 bps	25	261.159 kbits/sec	7955	6603	4.24198
1500 bps	10	99.9544 kbits/sec	1656	1655	0.56663
1500 bps	15	150.131 kbits/sec	3671	2770	1.59145
1500 bps	25	257.841 kbits/sec	6716	5657	4.09550

Tabla 8 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.

3 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	107.12 kbits/sec	6793	6647	0.75790
500 bps	15	170.152 kbits/sec	28643	15893	3.69077
500 bps	25	266.918 kbits/sec	45102	26648	11.84290
750 bps	10	103.479 kbits/sec	4525	4483	0.60937
750 bps	15	159.019 kbits/sec	7374	4826	2.21830
750 bps	25	272.875 kbits/sec	13513	10087	7.40130
1000 bps	10	98.336 kbits/sec	1098	1097	0.64338
1000 bps	15	267.11 kbits/sec	10312	8049	5.39292
1000 bps	25	262.236 kbits/sec	20654	15642	5.37684
1250 bps	10	99.7509 kbits/sec	2698	2696	0.59388
1250 bps	15	155.738 kbits/sec	9198	6878	1.65189
1250 bps	25	261.159 kbits/sec	7955	6603	4.24198
1500 bps	10	99.9544 kbits/sec	1656	1655	0.56663
1500 bps	15	153.937 kbits/sec	7891	6076	1.68142
1500 bps	25	253.911 kbits/sec	13430	11249	4.23788

Tabla 9 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.

3 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	361.697 kbits/sec	13391	8785	5.66167
500 bps	15	414.047 kbits/sec	114634	27186	17.13300
500 bps	25	420.275 kbits/sec	89475	14435	37.16310
750 bps	10	379.384 kbits/sec	8913	6857	4.70138
750 bps	15	468.966 kbits/sec	29550	10195	12.75100
750 bps	25	497.044 kbits/sec	52641	10393	30.26630
1000 bps	10	382.366 kbits/sec	6650	5485	4.18346
1000 bps	15	488.93 kbits/sec	23005	8675	11.24020
1000 bps	25	520.995 kbits/sec	40617	9316	27.65930
1250 bps	10	385.346 kbits/sec	5324	4659	3.74581
1250 bps	15	504.31 kbits/sec	17161	7440	9.44880
1250 bps	25	547.084 kbits/sec	31357	8446	25.71720
1500 bps	10	382.814 kbits/sec	4431	3981	3.53889
1500 bps	15	520.047 kbits/se	31626	13227	8.69996
1500 bps	25	568.274 kbits/sec	26492	6849	26.14180

Tabla 10 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.

3 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	367.339 kbits/sec	27206	17705	5.34092
500 bps	15	414.047 kbits/sec	114634	27186	17.13300
500 bps	25	441.604 kbits/sec	180928	28463	36.16120
750 bps	10	378.922 kbits/sec	18119	13671	4.43930
750 bps	15	468.966 kbits/sec	29550	10195	12.75100
750 bps	25	507.174 kbits/sec	106352	21309	29.77760
1000 bps	10	384.763 kbits/sec	13508	11057	4.08868
1000 bps	15	491.995 kbits/sec	49391	17384	10.87560
1000 bps	25	543.143 kbits/sec	81988	19078	27.05470
1250 bps	10	384.893 kbits/sec	10813	9305	3.65098
1250 bps	15	500.228 kbits/sec	36800	15158	9.47400
1250 bps	25	562.691 kbits/sec	63008	16903	25.35440
1500 bps	10	385.014 kbits/sec	9011	7960	3.54931
1500 bps	15	517.961 kbits/sec	31626	13227	8.69996
1500 bps	25	581.261 kbits/sec	53305	14463	24.89820

Tabla 11 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.

3 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	435.572 kbits/sec	20093	9621	7.55590
500 bps	15	451.015 kbits/sec	79708	13554	20.85720
500 bps	25	431.736 kbits/sec	131673	14948	44.60190
750 bps	10	474.2 kbits/sec	13377	7589	6.69254
750 bps	15	514.051 kbits/sec	44331	10792	17.45230
750 bps	25	525.267 kbits/sec	80769	11131	36.66410
1000 bps	10	486.846 kbits/sec	9982	6245	6.00933
1000 bps	15	543.384 kbits/sec	34501	8856	15.84480
1000 bps	25	541.042 kbits/sec	59932	8913	32.46300
1250 bps	10	498.028 kbits/sec	7987	5356	5.82139
1250 bps	15	589.607 kbits/sec	25799	7622	13.89770
1250 bps	25	561.15 kbits/sec	46877	7557	31.05240
1500 bps	10	508.267 kbits/sec	6656	4750	5.67316
1500 bps	15	602.672 kbits/sec	22127	6610	12.86060
1500 bps	25	595.038 kbits/sec	40441	6887	30.46100

Tabla 12 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps

3 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	449.633 kbits/sec	40814	19830	7.45803
500 bps	15	456.363 kbits/sec	170566	26764	20.37160
500 bps	25	445.398 kbits/sec	268810	29855	42.56110
750 bps	10	483.623 kbits/sec	27183	15369	6.49106
750 bps	15	517.32 kbits/sec	95016	21594	17.69460
750 bps	25	526.629 kbits/sec	161523	22191	36.41980
1000 bps	10	496 kbits/sec	20262	12564	5.95332
1000 bps	15	557.846 kbits/sec	74072	17880	15.43100
1000 bps	25	541.042 kbits/sec	59932	8913	32.46300
1250 bps	10	508.816 kbits/sec	16222	10766	5.59727
1250 bps	15	583.369 kbits/sec	54980	14757	13.95330
1250 bps	25	583.26 kbits/sec	94358	15522	30.34590
1500 bps	10	514.857 kbits/sec	13524	9588	5.50685
1500 bps	15	606.317 kbits/sec	47451	13322	13.17770
1500 bps	25	585.192 kbits/sec	79986	13268	29.49880

Tabla 13 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.

De la tabla No. 14 a la tabla No. 19, se tabularon los datos obtenidos con 5 nodos y manteniendo los mismos periodos de tiempo, el resultado fue exactamente el mismo, a pesar de que en algunos periodos de la simulación, si se evidencio que se trata de congestionar la red, el comportamiento continuo con la misma tendencia y comportamiento.

5 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	190.425 kbits/sec	9712	9019	3.36730
500 bps	15	277.314 kbits/sec	13222	11786	8.23196
500 bps	25	379.642 kbits/sec	21620	13529	31.72250
750 bps	10	182.919 kbits/sec	6448	6325	2.24519
750 bps	15	272.676 kbits/sec	8785	8572	4.97082
750 bps	25	418.84 kbits/sec	14345	11728	23.39800
1000 bps	10	177.166 kbits/sec	4833	4815	1.90958
1000 bps	15	265.131 kbits/sec	6579	6509	3.62829
1000 bps	25	434.061 kbits/sec	10746	9937	16.58950
1250 bps	10	171.531 kbits/sec	3854	3838	1.75279
1250 bps	15	259.942 kbits/sec	5248	5231	3.23665
1250 bps	25	434.253 kbits/sec	8570	8223	11.96010
1500 bps	10	168.235 kbits/sec	3204	3198	1.66221
1500 bps	15	251.66 kbits/sec	8509	8488	2.97734
1500 bps	25	431.309 kbits/sec	7134	6954	9.69125

Tala 14 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.

5 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	190.161 kbits/sec	19595	18177	3.33006
500 bps	15	271.536 kbits/sec	25710	22984	7.51017
500 bps	25	377.295 kbits/sec	41396	27583	29.53320
750 bps	10	182.573 kbits/sec	13013	12791	2.21267
750 bps	15	265.244 kbits/sec	17084	16506	4.64297
750 bps	25	412.031 kbits/sec	27472	23139	20.63530
1000 bps	10	177.503 kbits/sec	9750	9713	1.81741
1000 bps	15	259.758 kbits/sec	12800	12678	3.53225
1000 bps	25	422.128 kbits/sec	20595	19196	14.17500
1250 bps	10	172.592 kbits/sec	7788	7772	1.63028
1250 bps	15	255.913 kbits/sec	10223	10205	3.16610
1250 bps	25	422.256 kbits/sec	16437	15804	10.97520
1500 bps	10	170.532 kbits/sec	6481	6472	1.57381
1500 bps	15	251.66 kbits/sec	8509	8488	2.97734
1500 bps	25	418.776 kbits/sec	13687	13361	9.15401

Tabla 15 Resultados obtenidos con un BW de 1024 Kbps.

5 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	427.738 kbits/sec	38892	12431	13.54670
500 bps	15	468.22 kbits/sec	52958	11060	-nan
500 bps	25	466.331 kbits/sec	86531	11185	-nan
750 bps	10	462.9 kbits/sec	25836	10307	12.12980
750 bps	15	485.209 kbits/sec	34990	8989	24.81070
750 bps	25	515.963 kbits/sec	55309	8608	50.84830
1000 bps	10	479.956 kbits/sec	19364	8642	11.95490
1000 bps	15	552.927 kbits/sec	26386	8596	22.47680
1000 bps	25	557.551 kbits/sec	43103	8208	-nan
1250 bps	10	518.664 kbits/sec	15472	8318	10.13950
1250 bps	15	564.033 kbits/sec	21078	7483	22.93350
1250 bps	25	531.289 kbits/sec	34094	6331	-nan
1500 bps	10	527.845 kbits/sec	12878	7557	9.59145
1500 bps	15	545.562 kbits/sec	17226	6506	-nan
1500 bps	25	482.713 kbits/sec	26923	5053	-nan

Tabla 16 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.

5 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	426.699 kbits/sec	78417	25594	13.36590
500 bps	15	477.065 kbits/sec	102792	23454	23.94930
500 bps	25	476.706 kbits/sec	162807	23451	51.46330
750 bps	10	464.447 kbits/sec	52097	21220	12.08600
750 bps	15	493.33 kbits/sec	68032	19161	23.76200
750 bps	25	506.734 kbits/sec	106655	17639	50.09240
1000 bps	10	475.075 kbits/sec	38999	18204	11.98810
1000 bps	15	555.135 kbits/sec	51262	17665	22.06710
1000 bps	25	562.879 kbits/sec	82209	16892	46.02810
1250 bps	10	518.324 kbits/sec	31194	17201	10.44400
1250 bps	15	570.804 kbits/sec	40956	15522	22.01000
1250 bps	25	531.289 kbits/sec	34094	6331	-nan
1500 bps	10	529.418 kbits/sec	25973	15581	9.94493
1500 bps	15	572.708 kbits/sec	33244	13933	21.64290
1500 bps	25	511.879 kbits/sec	52404	11067	47.67430

Tabla 17 Resultados obtenidos con un BW de 4096 Kbps.

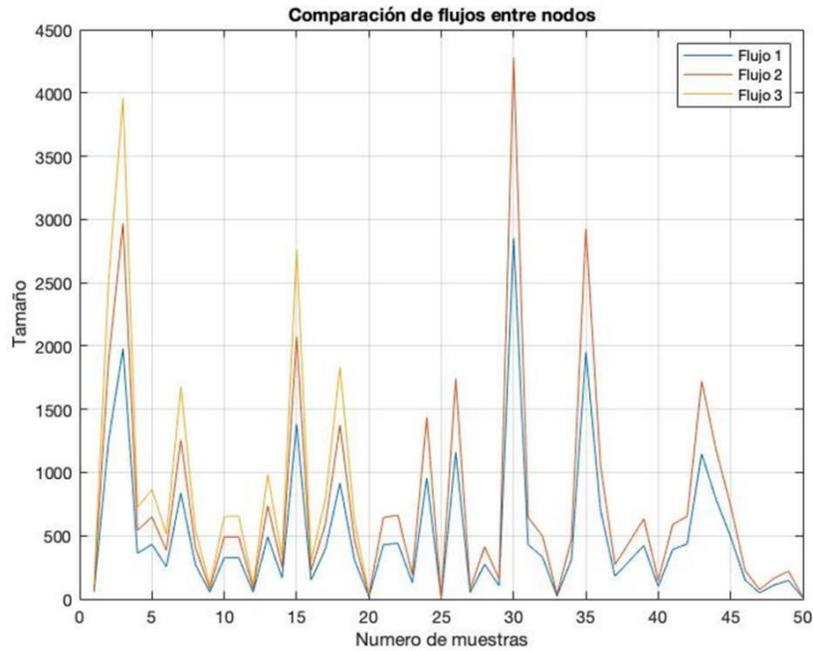
5 nodos / 60 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	459.196 kbits/sec	58230	11938	17.88730
500 bps	15	491.521 kbits/sec	79378	11535	30.31300
500 bps	25	469.844 kbits/sec	128414	12422	63.76280
750 bps	10	526.882 kbits/sec	38768	10298	14.53600
750 bps	15	529.549 kbits/sec	51683	9102	26.37000
750 bps	25	489.804 kbits/sec	78156	8427	56.86600
1000 bps	10	561.235 kbits/sec	29050	8921	13.46230
1000 bps	15	585.028 kbits/sec	39574	7909	25.68740
1000 bps	25	545.949 kbits/sec	63108	7064	-nan
1250 bps	10	564.503 kbits/sec	23188	7711	13.72410
1250 bps	15	580.44 kbits/sec	31442	6333	25.44980
1250 bps	25	583.372 kbits/sec	51125	6526	-nan
1500 bps	10	595.219 kbits/sec	19327	7220	13.12540
1500 bps	15	599.256 kbits/sec	26334	6058	25.50930
1500 bps	25	578.55 kbits/sec	43024	5829	-nan

Tabla 18 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.

5 nodos / 120 segundos					
PacketSize	Number of flows	Throughput	AllTx	AllRx	TotalDelay
500 bps	10	462.505 kbits/sec	116687	25003	17.27950
500 bps	15	492.233 kbits/sec	154289	23640	29.67990
500 bps	25	460.411 kbits/sec	235301	24256	61.28440
750 bps	10	516.688 kbits/sec	77561	20619	14.64210
750 bps	15	547.822 kbits/sec	101482	18956	26.49890
750 bps	25	500.278 kbits/sec	153446	17721	54.92640
1000 bps	10	533.494 kbits/sec	57959	17335	13.90350
1000 bps	15	581.842 kbits/sec	76650	16105	25.61880
1000 bps	25	546.105 kbits/sec	120524	14635	52.98500
1250 bps	10	571.46 kbits/sec	46765	15593	13.93350
1250 bps	15	602.23 kbits/sec	61262	13761	25.08310
1250 bps	25	593.898 kbits/sec	97927	13632	55.15750
1500 bps	10	598.806 kbits/sec	38965	14753	12.95450
1500 bps	15	583.966 kbits/sec	50901	11941	25.34580
1500 bps	25	604.545 kbits/sec	82075	12250	48.79250

Tabla 19 Resultados obtenidos con un BW de 6144 Kbps.

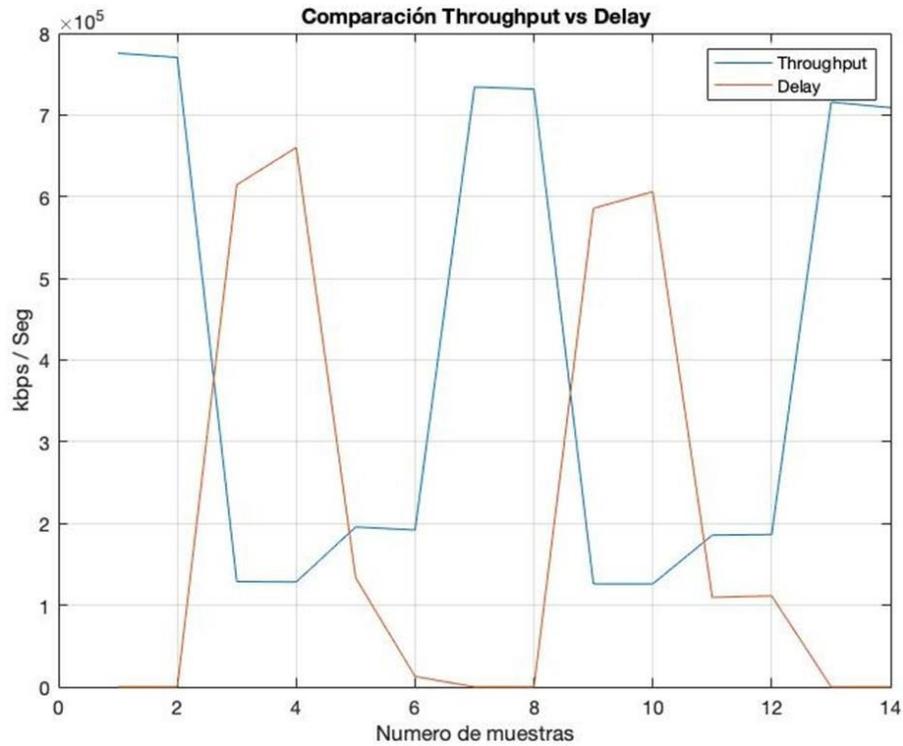
Una vez realizados los diferentes escenarios de simulación, y habiendo adquirido la data necesaria para realizar el análisis de los resultados llegando a lo siguiente:



Ilustraciones 1 Comparación entre flujos y nodos.

En esta grafica se muestra que, sin importar la cantidad de nodos de las muestras realizadas (2,3,5,8), el comportamiento de los flujos es similar, siempre y cuando se mantengan los mismos parámetros en el tamaño de los paquetes, en el ancho de banda utilizados, y en periodos de tiempo que para tal fin fueron de 60 y 120 segundos; lo que supondría que sin importar la cantidad de nodos utilizados, la información que se transmite a través de la VANET va a tomar en promedio la misma cantidad de tiempo en llegar desde el punto de inicio hasta el punto de fin.

Del mismo modo, se realiza la comparación entre el Throughput y el Delay presentado en la red, encontrando lo siguiente:



Ilustraciones 2 Comparación Throughput vs Delay.

Conforme a los resultados que se pueden evidenciar en la anterior gráfica, el tiempo que se toma la red en realizar el envío de la información de un punto a otro, es directamente proporcional a la cantidad de información que se transmite exitosamente por la misma.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante la realización de este trabajo, hemos logrado determinar el funcionamiento de tecnologías inalámbricas aplicadas al modelo de movilidad vehicular, al igual que los esquemas y arquitecturas sobre las cuales trabajan, por lo que podemos concluir:

- Las arquitecturas y los protocolos con los que trabajan estas redes hacen que sean más funcionales y se desenvuelvan mejor en cualquier entorno.
- La investigación sobre estos temas es muy extensa y se pueden encontrar contenidos que aún requieren de mayor profundización, por lo que se hace necesario generar más proyectos de desarrollo que ayuden a enriquecer el funcionamiento del protocolo IEEE 802.11p.
- Se ha obtenido un análisis del rendimiento que presenta este protocolo bajo estudio atendiendo los siguientes parámetros diferentes: Troughput y delay, identificando que el tamaño del paquete es directamente proporcional a el tiempo de duración de la transferencia.
- Durante el desarrollo de este trabajo y al momento de la búsqueda de la información, nos encontramos con algunas dificultades debido a que no se encontraba información de procedencia confiable sobre algunos temas a desarrollar en este, entre los que están los protocolos que se utilizan en las tecnologías inalámbricas; por este motivo una de nuestras recomendaciones para la institución es que se adquieran los textos o documentos con información relacionada con todo lo referente a las tecnologías inalámbricas en general, ya la información con la que se cuenta es muy pobre y poco actualizada puesto que este tema está en constante evolución.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BR, A. K., Reddy, L. C., & Hiremath, P. S. (2008). Performance comparison of wireless mobile ad-hoc network routing protocols. *IJCSNS*, 8(6), 337.
- [2] Orozco, A. M., Llano Ramírez, G., & Michoud, R. (2012). Redes vehiculares Ad-hoc: aplicaciones basadas en simulación. *Ingenium*, Vol. 6, No. 12-2012, 6(12), 11-22.
- [3] Perkins, C. E., Royer, E. M., Das, S. R., & Marina, M. K. (2001). Performance comparison of two on-demand routing protocols for ad hoc networks. *IEEE Personal communications*, 8(1), 16-28.
- [4] Ramanathan, R. (2001, October). On the performance of ad hoc networks with beamforming antennas. In *Proceedings of the 2nd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing* (pp. 95-105).
- [5] Feeney, L. M. (2001). An energy consumption model for performance analysis of routing protocols for mobile ad hoc networks. *Mobile Networks and applications*, 6(3), 239-249.
- [6] Macker, J. (1999). *Mobile ad hoc networking (MANET): Routing protocol performance issues and evaluation considerations*.
- [7] Roy, R. R. (2011). *Handbook of mobile ad hoc networks for mobility models* (Vol. 170). New York, NY, USA:: Springer.
- [8] Hsieh, H. Y., & Sivakumar, R. (2001). Performance comparison of cellular and multi-hop wireless networks: A quantitative study. *ACM Sigmetrics Performance Evaluation Review*, 29(1), 113-122.
- [9] Dyer, T. D., & Boppana, R. V. (2001, October). A comparison of TCP performance over three routing protocols for mobile ad hoc networks. In *Proceedings of the 2nd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing* (pp. 56-66).
- [10] Toh, C. K., Cobb, H., & Scott, D. A. (2001, June). Performance evaluation of battery-life-aware routing schemes for wireless ad hoc networks. In *ICC 2001. IEEE International Conference on Communications. Conference Record (Cat. No. 01CH37240)* (Vol. 9, pp. 2824-2829). IEEE.
- [11] Chandel, N. (s.f.). *Comparative Analysis of AODV, DSR and DSDV Routing protocols for VANET city scenario*.
- [12] *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. (Autor, 2012) R. Ceballos Garzón, J. Rincón, y K. Montaña Oviedo, Análisis de factores de riesgos laborales a través de datos abiertos, mi, vol. 1, n.º 2, pp. 29-45, mar. 2020.