

# Provisión de QoS a tráfico heterogéneo mediante 802.11e para MANET

Maria Murazzo, Nelson Rodriguez, Maria Scheffer, Miguel Guevara

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan.  
Argentina. Complejo Islas Malvinas (CUIM), Rivadavia. San Juan. CP 5406

marite@unsj-cuim.edu.ar - nelson@iinfo.unsj.edu.ar - maruscheff@unsj-cuim.edu.ar - migueljoseguevaratencio@gmail.com

**Abstract.** *Nowadays it exists a great need to improve the quality of service offered in Mobile Ad, Hoc Networks ( MANET) that at present only offer service best effort. This has great impact on the applications that are run, those which generates traffics with different requests of networks resources. The present work has as fundamental objective it analyzes the bahavior of the |implementación|of QoS in the |sublayer MAC using 802.11e in environments with heterogeneous traffic consisting flows from multimedia applications and classical.*

**Resumen.** *Hoy en día existe una gran necesidad de mejorar la calidad de servicio (QoS) ofrecida en redes móviles Ad Hoc (Mobile Ad-Hoc Networks -MANET-) que actualmente sólo ofrecen servicio best effort. Esto posee gran impacto en las aplicaciones que se corren, las cuales generan tráfico con diferentes requerimientos de recursos de la red. El presente trabajo tiene como objetivo fundamental analizar el comportamiento de la implementación de QoS en la sub capa MAC mediante 802.11e en ambientes con tráfico heterogéneo, conformado por flujos provenientes de aplicaciones multimediales y clásicas.*

## 1. Introducción

A diferencia de las redes inalámbricas tradicionales, las redes MANET son redes de comunicaciones formadas espontáneamente por un conjunto de dispositivos móviles, que son capaces de comunicarse entre sí, sin poseer una infraestructura ni una administración centralizada.

Además, debido a que el alcance de transmisión de los dispositivos inalámbricos es limitado, pueden llegar a ser necesarios nodos intermedios para transferir datos de un nodo a otro a través de la red. Es por ello, que los nodos cumplen funciones de fuentes, routers y destinos.

La topología de las MANET es dinámica debido a que los nodos se mueven, se incorporan y abandonan la red continuamente; por esta razón, las condiciones de tráfico son altamente variables, haciendo extremadamente complicado dar buena QoS a las aplicaciones que la requieran.

Por otro lado, las variaciones en el canal de radio y las limitaciones de energía de los nodos pueden producir frecuentes cambios en la topología y en la conectividad. Consecuentemente, las MANET deben adaptarse dinámicamente para ser capaces de mantener las conexiones activas a pesar de estos cambios.

Todas estas características hacen que las MANET sean Auto Creadas (Self Creating), Auto Organizadas (Self Organizing) y Auto Administradas (Self Administering) [Barbeau y Kranakis, 2007].

## 2. El problema de la administración de la QoS

El término QoS se refiere a la garantía de proveer un servicio con cierto grado de fiabilidad en la transmisión de información, a través de una red. Los principales parámetros que se utilizan para medir la misma, que puede ofrecer una red son: la disponibilidad de la red, el ancho de banda, el retardo de los paquetes, la variación del retardo, la tasa de errores y la tasa de pérdida de paquetes. En función de los requisitos de las aplicaciones, algunos parámetros serán más importantes que otros en el momento de definirla [Murrizzo, Rodríguez et al., 2013].

QoS es la capacidad de la red de proveer mejor servicio a cierto tipo de tráfico. En una MANET la implementación de una solución de QoS permite un comportamiento determinístico de la misma, el cual se puede traducir en una priorización de cierto tipo de tráfico. Una adecuada implementación de un ambiente de provisión de QoS es necesaria para eficientizar el uso y la asignación de los recursos de la red, mediante la identificación del tráfico con características críticas y restrictivas.

La conducta del tráfico y los requerimientos de QoS, varían de aplicación en aplicación, como la voz (por ejemplo, VoIP), y el video (por ejemplo, video-streaming), es decir, diferentes aplicaciones demandan diferentes desempeños y recursos de la red basados en: el ancho de banda necesario, la sensibilidad del retardo extremo a extremo, la pérdida de paquetes o la sobrecarga de la red [Chakrabarti y Mishra 2001].

Una adecuada implementación de soporte de QoS implica la clasificación o diferenciación de los flujos de tráfico en función de sus requerimientos. Pero además, es necesario que esta solución de QoS sea integral para todo el tráfico (elástico e inelástico),

generando un ambiente adecuado para manejar flujos con diferentes requerimientos sin que haya un impacto en la arquitectura de soporte, ni en las aplicaciones.

El poder ofrecer niveles de QoS en MANET sigue siendo un tema abierto para la comunidad investigadora, y supone un reto interesante, dadas las dificultades que conlleva. Para lograr esto es necesario realizar la evaluación de múltiples parámetros, tales como: ancho de banda mínimo esperado, porcentaje máximo de pérdidas de datos, retardo máximo y variación máxima del mismo (jitter).

Si bien la administración de QoS está prácticamente resuelta en redes fijas, las características de las redes MANET hacen necesario un nuevo estudio para afrontar este problema [Marrone, Robles, Murazzo, Rodríguez y Vergara, 2011].

### **3. Tráfico Heterogéneo**

En los últimos años, se ha producido un notable aumento en la demanda de aplicaciones multimedia sobre medios inalámbricos y específicamente sobre MANET, tales como: voz sobre IP (VoIP), audio conferencia, video conferencia, audio, etc. Estas aplicaciones requieren que los servicios suministrados a los usuarios ofrezcan garantías de QoS en cuanto al ancho de banda, retardo de extremo a extremo (latencia), variabilidad en el retardo (jitter) o tasa de error. En concreto, muchas aplicaciones multimedia son sensibles a la variabilidad en la tasa de transmisión, al retardo y a la variabilidad en el retardo, aunque toleran ciertas pérdidas de datos.

Por otro lado, existen las aplicaciones clásicas, flexibles al retardo y a la disponibilidad de ancho de banda, como pueden ser: correo electrónico, transferencia de archivos, navegación web y login remoto, que en general tienen requisitos distintos a las aplicaciones multimedia. En las mismas, la variabilidad en el retardo o en la disponibilidad de ancho de banda, aunque actúan en su detrimento, no impiden que se realice el servicio.

Ambos tipos de aplicaciones generan flujos de tráfico, el cual se puede clasificar en base a dos grandes categorías: tráfico elástico e inelástico.

El tráfico elástico se puede ajustar a los cambios en el rendimiento de la red, sin dejar de satisfacer las necesidades de las aplicaciones. Éste es el tipo de tráfico soportado por las aplicaciones clásicas que corren sobre TCP/IP, (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), se adapta a la congestión reduciendo la velocidad de entrega de datos a la red.

Cuando se trata de tráfico elástico, es necesario contar con un scheduler de red que distinga entre uno y otro tipo de flujo en función de los recursos que demanda, de esta manera se realizara una adecuada administración de los mismos, sin interferir en el rendimiento de la aplicación. Sin esta administración, los routers gestionan a ciegas los paquetes, sin importarles el tipo de aplicaciones que los produjo o que está esperándolos, o si forman parte de una transferencia grande o pequeña. Si se produce la congestión, es improbable que se asignen los recursos de modo que se satisfagan las necesidades de todas las aplicaciones. Cuando además se incorpora el tráfico inelástico, la experiencia es menos satisfactoria.

El tráfico inelástico no se adapta a las variaciones del rendimiento de la red, este tipo de tráfico es el que es generado por las aplicaciones multimediales. La mayoría del

tráfico inelástico exige un mínimo de rendimiento consistente, esto es difícil de cumplir en una red congestionada, con retardos variables en las colas de los routers y con una alta tasa de pérdidas de paquetes.

El tráfico inelástico introduce la necesidad de contar con un mecanismo para otorgar un tratamiento preferente a las aplicaciones que tengan requisitos más exigentes; por ejemplo, las aplicaciones de voz son más sensibles al retardo y las de video a la pérdida de paquetes, ya sea de forma proactiva o reactiva.

Tanto las aplicaciones multimedia, como las clásicas utilizan IP como protocolo a nivel de la capa de red. Este protocolo proporciona un servicio de mejor esfuerzo (best-effort) para todos los datos enviados, sin diferenciar el tipo de tráfico o sus requisitos de QoS, es decir, ofrece un servicio de interconexión de redes independiente de los requisitos del usuario, con un tratamiento equitativo para todos los paquetes de datos [Stallings, 2010].

Un requisito de cualquier ambiente de comunicaciones es poder administrar todo tipo de aplicaciones, brindándole los recursos necesarios para que puedan funcionar bien. Esta problemática, está prácticamente resuelta en redes cableadas mediante los protocolos de reservación de recursos. Esta solución es muy poco práctica en ambientes MANET debido a que la topología dinámica generaría constantes recálculo de la ruta de la reserva y además, la sobrecarga de los mensajes de reservación.

El hecho de poder ofrecer ciertos niveles de QoS en redes MANET sigue siendo un tema abierto para la comunidad investigadora, y supone un reto muy interesante dado las dificultades que conlleva. Específicamente, los servicios de tiempo real necesitan especial atención debido a que la naturaleza dinámica de estas redes hace difícil aplicar una gestión tradicional de QoS [Murazzo, Rodríguez, Sheffer y Guevara, 2014].

#### **4. Planteo del problema**

Para brindar la satisfacción a los usuarios es necesario contar con una plataforma para soportar aplicaciones clásicas (tráfico elástico) y aplicaciones multimediales (tráfico inelástico). El objetivo principal de esto es lograr que el usuario pueda correr todo tipo de aplicaciones, las cuales poseerán diferentes requerimientos de recursos.

A medida que el tráfico aumenta y alcanza el límite de ancho de banda, la cantidad de paquetes transmitidos en forma exitosa se reduce en todas las comunicaciones por igual. Esta disminución en el throughput afecta de manera diferente a las aplicaciones. Cuando se trata de transmisión de archivos mediante FTP, envío de mail, etc., el aumento en el retardo no causa graves consecuencias en las aplicaciones, y por lo general la experiencia del usuario es aceptable. En cambio si se trata de aplicaciones como videoconferencias, monitoreo de sensores, juegos en línea, etc., el retardo puede producir defectos importantes en el tiempo de respuesta de las aplicaciones. Por otro lado, la pérdida de paquetes puede producir en la aplicación efectos indeseables, como mala calidad de video, sonido interrumpido, entre otros.

Esta heterogeneidad del tráfico hace muy difícil aplicar una solución de QoS que satisfaga todos los requerimientos de las aplicaciones y no resienta su desempeño.

En [Soufy, 2013] se discute sobre el tratamiento de la administración de QoS como un problema que debe ser abordado en forma integral en todas las capas del mo-

delo de comunicación. Tomando esto como base se comenzó a trabajar en el abordaje de la problemática en la sub capa MAC, para determinar si la implementación de una solución en esta capa brinda una solución aceptable al tráfico heterogéneo

En este contexto, se ha trabajado en la implementación de QoS en la subcapa MAC mediante el estándar 802.11e para tráfico CBR (Constant Bite Rate) [Murazzo, Rodríguez, Villafañe, Grosso y Dávila, 2013] y [Murazzo, Rodríguez y Villafañe, 2013]. Este tipo de tráfico es extremadamente sensible a las variaciones de retardo y a la sobrecarga de la red. Bajo estas restricciones se determino que la implementación de 802.11e era la solución más adecuada, sin embargo en un ambiente de comunicaciones tradicional existe la coexistencia de tráfico que demandan de la red diferentes niveles de recursos.

Para realizar una adecuada administración de QoS en ambientes con tráfico heterogéneo, es necesario implementar una solución que tenga en cuenta el tipo de tráfico generado por cada aplicación, dándole priorización al que demande más recursos; todo ello sin afectar la performance de las demás aplicaciones. Para ello, se trabajará con aplicaciones con flujos CBR para el tráfico inelástico y aplicaciones con flujos ftp, para el tráfico elástico.

De todos los parámetros de QoS, el tiempo de respuesta a solicitudes hechas desde dispositivos móviles se ha convertido en una de las necesidades fundamentales a la hora de comunicarse o conectarse. El tiempo de respuesta está fuertemente ligado al retardo de los paquetes de datos dentro de la transmisión. Pues si los paquetes tienen un alto retardo, el tiempo de respuesta se incrementará, provocando una disminución de la performance de la red, y por consiguiente una poca satisfacción del usuario.

El retardo en las MANET debería ser el menor permisible, o al menos tender a cero en conexiones preferenciales. Ahora bien, ¿qué tal si durante una transmisión de gran importancia la cantidad de paquetes de ruteo supera la de datos?, en tal caso la sobrecarga de información de ruteo genera un retraso en el envío y recepción de los paquetes de datos. En otras palabras, la sobrecarga de paquetes de ruteo aumentaría el retardo de los paquetes de datos. Por esta razón, además de controlar el retardo en las transmisiones, también es necesario controlar la sobrecarga de paquetes de ruteo, pues no solo la distancia o cantidad de saltos producen retardo en la recepción de paquetes sino también las tareas de administración de rutas, envíos de petición, confirmación de recepción, descubrimiento de rutas, etc.

Teniendo en cuenta estos aspectos, el estándar 802.11e [Wietholter, 2003] no congestiona la red con paquetes de señalización, ni con paquetes de descubrimiento de rutas, sino que plantea una forma de administración general, la cual se basa en los tiempos de espera. El que tiene mayor prioridad de transmisión es el que menos tiempo debe esperar. Esto hace, que no sea necesario inundar la red con paquetes de ningún tipo, pues cada nodo por separado sabrá si tiene que transmitir o no de acuerdo al tiempo que tenga que esperar, de este modo cada nodo transmite de forma independiente de los demás, lo cual evita la necesidad de sincronizarse con los demás nodos para reservar recursos y asignar prioridades de forma conjunta.

Otra diferencia importante es que se provee QoS a los paquetes o flujos de datos y no a los nodos que están transmitiendo, a diferencia del ruteo QoS el cual se encarga de hacer reserva de recursos de acuerdo a las capacidades de los nodos; por esta razón con 802.11e no hay necesidad de sincronizarse con los nodos de la ruta seleccionada.

Por otra parte, al ser tan dinámica, las MANET tienen caídas de enlaces muy frecuentemente, lo cual hace que se deban realizar procesos de retransmisión. Dichos procesos en el estándar 802.11e se realizan ejecutando algoritmos de backoff sin la necesidad de reenvíos de paquetes de manera global.

## 5. Diseño de los escenarios

Teniendo en cuenta los parámetros que se escogieron, y las razones por los cuales fueron seleccionados, se plantearon distintos tipos de transmisiones y también distintas cantidades de nodos. De esta forma se verá cómo cambia el comportamiento de la red a medida que se van agregando nodos y por consiguiente transmisiones.

El simulador elegido para este trabajo es Network Simulator 2 (NS-2) en la versión 2.34. NS-2 es uno de los simuladores más utilizados y los resultados son aceptados por la comunidad internacional de investigadores. Es una herramienta con licencia de distribución libre y ampliamente difundida en el ámbito académico.

Para la topología de la red, se consideró una MANET donde todos los nodos poseen las mismas características y ninguno se diferencia de otro en cuanto a canal de transmisión, interface de red, modelo de propagación de señal, etc. Todos los nodos están dispersos en una zona de 500 metros cuadrados dentro de la cual las estaciones se mueven libremente.

Se trabajó con escenarios de 20 y 100 nodos. Este cambio en la granularidad se plantea para analizar la reacción de los estándares 802.11 y 802.11e al aumento de nodos y conexiones. Por consiguiente, aumenta la cantidad de transmisiones de paquetes de datos y de ruteo. Este cambio en la cantidad de nodos, junto con la movilidad que se produce en los mismos debe generar distintos niveles de sobrecarga de paquetes de ruteo, pues existen mayor cantidad de rutas y saltos por estudiar para decidir el mejor camino.

Además, el hecho de que los nodos se estén moviendo continuamente genera que la actividad de descubrimiento de rutas se realice repetidas veces, pues los cambios en la topografía hacen que los nodos que sirven de intermediarios queden fuera del alcance del conjunto de nodos que forma la ruta actual, lo cual produce que las estaciones involucradas en ella deban realizar tareas de descubrimiento de caminos, aviso de caída de rutas, etc. de forma repetida.

La cantidad de transmisiones en las simulaciones es proporcional a la cantidad de nodos. Se usó la relación de  $n/2$  cantidad de transmisiones activas, donde  $n$  es la cantidad de nodos que se crearon. De esta forma, y siempre que  $n$  sea un número par todos los nodos estarán involucrados en al menos un flujo de datos punto a punto.

Como el objetivo es analizar el impacto del estándar 802.11e sobre tráfico heterogéneo, se consideró que todos los nodos corren el mismo tipo de aplicaciones, las cuales obedecen a flujos ftp con paquetes de 1000B y CBR de video.

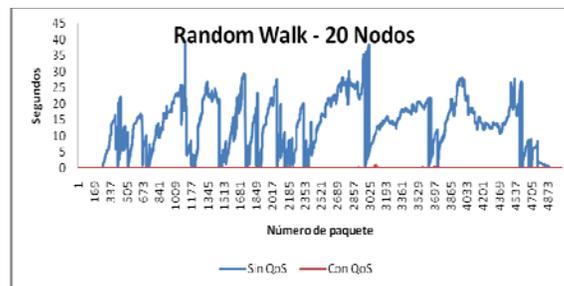
El protocolo de ruteo seleccionado para realizar las simulaciones es AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing), debido a que el retardo que se produce por el rearmado de las tablas de ruteo tiende a estabilizarse cuando la granularidad de la red es alta (superior a los 10 y 15 nodos) [Murazzo, Rodríguez y Martínez, 2009], lo cual es propicio para los escenarios que se manejan en las simulaciones.

Otro factor importante es la movilidad, pues afecta de forma directa el rendimiento de los protocolos de ruteo de las MANET. Existen distintos tipos de comportamientos en el mundo físico en cuanto a lo que movimiento se refiere, para emular el movimiento de los usuarios dentro de una MANET existen los “Modelos de movilidad”, los cuales definen la velocidad y las trayectorias que los nodos recorrerán durante la simulación. Para este trabajo se usaron dos modelos de movilidad, Random Waypoint Mobility Model (RWPM) y Random Walk Mobility Model (RWKM) [Mohapatra, 2009].

## 6. Resultados obtenidos

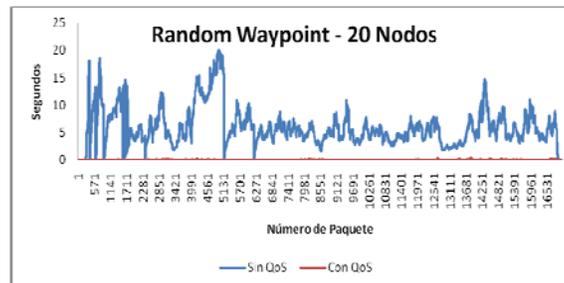
### 6.1. Análisis del retardo extremo a extremo para tráfico heterogéneo

El primer resultado que se muestra en la figura 1, es el retardo con 20 nodos con movilidad Random Walk. La diferencia es muy notable cuando se implementa QoS a nivel MAC. Se registró un retardo promedio sin QoS es de 12,96 segundos ( $\pm 8,35$  segundos), mientras que cuando se implementó QoS se registró un promedio de 0,099 segundos ( $\pm 0,222$  segundos). Para este escenario las aplicaciones que generan tráfico inelástico se verán afectadas en su performance.



**Figura 1: Retardo con 20 Nodos, con RWPM**

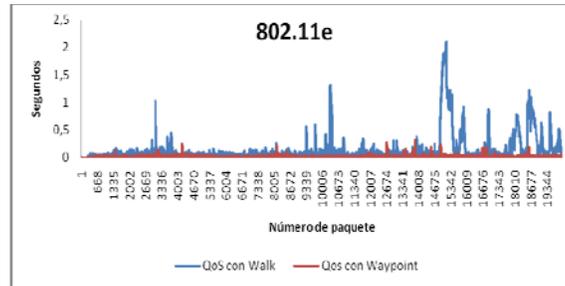
La figura 2 muestra los resultados cuando el tipo de movimiento es RWPM. En este caso, el retardo promedio cuando no se implementó QoS es de 5,98 segundos ( $\pm 3,45$  segundos), de lo contrario es de 0,009 ( $\pm 0,024$  segundos). Al igual que en el caso anterior, 802.11e no brinda ningún tipo de satisfacción a las aplicaciones que generan tráfico inelástico.



**Figura 2: Retardo con 20 Nodos, con RWPM**

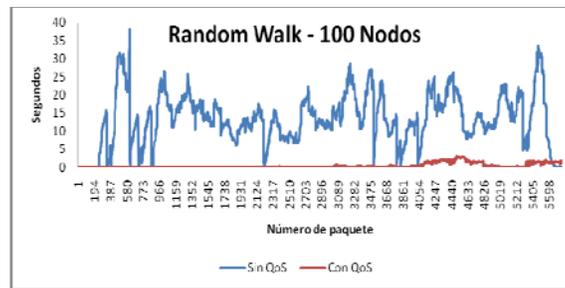
La figura 3 muestra una comparativa de los retardos para las redes con QoS con distintos tipos de movimiento. Se puede notar una gran diferencia entre aquella red cuyo movimiento es Random Waypoint al de Random Walk. El retardo es más inestable y siempre es mayor cuando la red se simula con el modelo RWKM. Este resultado, es de-

terminante para asegurar que el tipo de movimiento degrada la calidad de las aplicaciones pues las hace incurrir en más retardo.



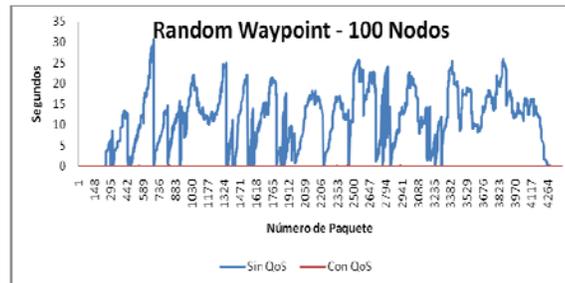
**Figura 3: Comparación de QoS según la movilidad para 20 nodos**

En el caso de la figura 4, el retardo promedio registrado fue de 13,39 segundos ( $\pm 7,05$  segundos) sin QoS. Mientras que cuando se aplica QoS el tiempo de retardo promedio es de 1,146 segundos ( $\pm 0,926$  segundos). Si bien estos resultados indican que la red posee mejor desempeño cuando implementa 802.11e, comienza a generar inestabilidad sobre el final de la simulación, la cual provoca un jitter (diferencia de retardo) que es muy perjudicial para las aplicaciones que generan tráfico inelástico.



**Figura 4: Retardo con 100 Nodos, con RWKM**

Para el caso de la figura 5, el tiempo promedio cuando no se aplica QoS es de 11,15 segundos ( $\pm 7,05$  segundos), mientras que cuando se aplica QoS es de 0,737 segundos ( $\pm 0,921$  segundos). En contraposición al caso anterior, aquí la el retardo promedio es menos y no presenta inestabilidad en el.



**Figura 1: Retardo con 100 Nodos, con RWPM**

La figura 6 muestra la comparativa entre los tipos de movimiento cuando se aplica QoS. En este caso, el tipo de movimiento Random Walk tiene un promedio de tiempo más alto, pero su desviación estándar es muy parecida a la de Random Waypoint. Desde el punto de vista del movimiento, se puede ver que Random Waypoint pre-

senta mayor inestabilidad (jitter) en la zona marcada de la figura, esto tiene graves consecuencias cuando las aplicaciones son video interactivo y transferencia de archivos muy grandes.

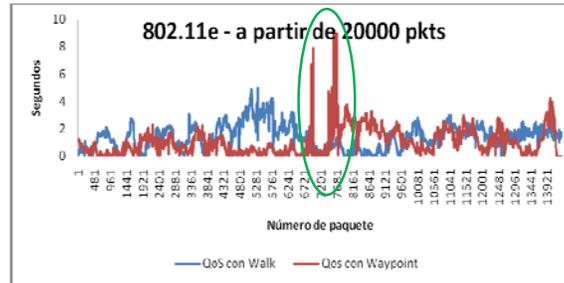


Figura 6: Comparación de QoS según la movilidad para 100 nodos

### 6.2. Análisis de la sobrecarga para tráfico heterogéneo

En la figura 7 se observa la sobrecarga de paquetes de ruteo cuando el tipo de movimiento es de Random Walk. Para el caso de la red sin QoS se registró una cantidad promedio de 73 paquetes de ruteo ( $\pm 58$  paquetes), lo cual indica una gran inestabilidad en la sobrecarga de la red. Para su contraparte se registró una cantidad promedio de 18 paquetes ( $\pm 7$  paquetes).

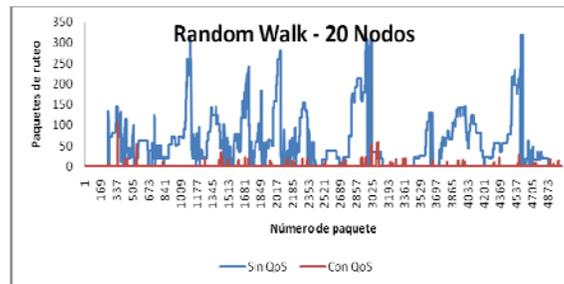


Figura 7: Sobrecarga con 20 Nodos, con RWKM

En la figura 8, en donde el movimiento es Random Waypoint, se obtuvieron los siguientes datos: cantidad promedio de 51 paquetes ( $\pm 34$  paquetes) sin QoS a nivel de MAC, y 11 paquetes ( $\pm 2$  paquetes) en promedio cuando se implementó 802.11e.

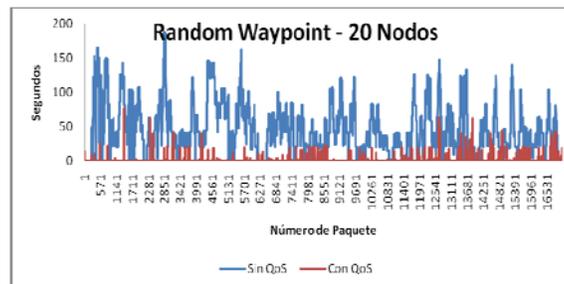
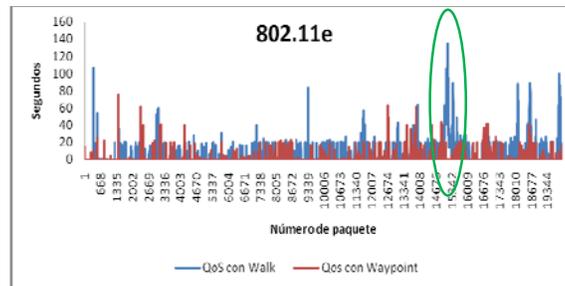


Figura 8: Sobrecarga con 20 Nodos, con RWPM

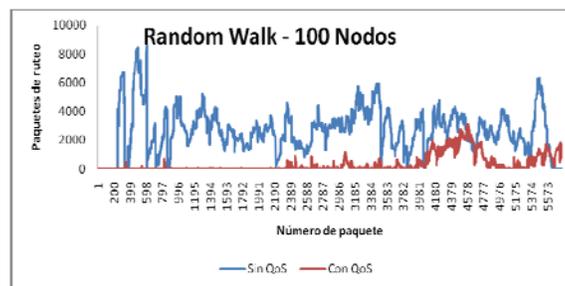
En la figura 9, se muestra la sobrecarga para las redes con QoS. Se observa que el tipo de movimiento impacta en la sobrecarga cuando se implementa 802.11e. para el caso Random Walk presenta más inestabilidad (véase la zona marcada) lo cual impacta-

ra en una reducción del ancho de banda y en el consiguiente aumento del retardo extremo a extremo..



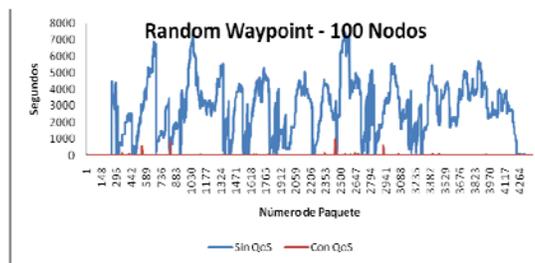
**Figura 9: Comparación de QoS según la movilidad para 20 nodos**

En la figura 10, con el movimiento del tipo Random Walk, se puede observar que la sobrecarga es muy inestable cuando no se aplica QoS. Para el caso de cuando se implementa QoS, la sobrecarga se vuelve inestable a medida que se envían paquetes. El promedio de paquetes de ruteo en el caso de la red sin QoS es de 2873 paquetes ( $\pm 1343$  paquetes), mientras que para la red con QoS es de 1556 paquetes ( $\pm 1153$  paquetes). Estos resultados, generan un aumento de consumo de ancho de banda y una degradación en la performance de las aplicaciones.



**Figura 10: Sobrecarga con 100 Nodos, con RWKM**

En el caso de las redes con movimiento Random Waypoint, figura 11, el promedio de paquetes de ruteo que se registró cuando el estándar 802.11e está implementado fue de 1441 paquetes ( $\pm 1163$  paquetes), mientras que cuando no se implementó se obtuvo un promedio de 2952 paquetes ( $\pm 1551$  paquetes). En este caso se puede ver, que existe una mayor estabilidad aunque la cantidad de paquetes de ruteo es mayor que para el caso anterior.



**Figura 11: Sobrecarga con 100 Nodos, con RWPM**

En la figura 12 se muestra la diferencia entre las redes con QoS implementado según el tipo de movimiento. Como se observa en la figura, existen momentos en la simulación en donde la cantidad de paquetes de ruteo es muy alta, provocando picos en el

consumo de ancho de banda, los cuales generaran un retardo perjudicial para aplicaciones que generan tráfico inelástico.

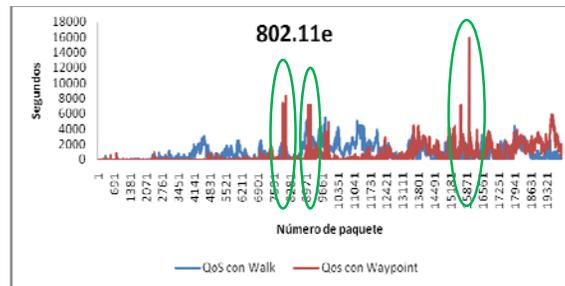


Figura 12: Comparación de QoS según la movilidad para 100 nodos

## 7. Conclusiones

En líneas generales se puede concluir que la implementación del estándar 802.11e produce mejores resultados en las redes que lo implementan, en lo que se refiere al retardo extremo a extremo. Sin embargo, teniendo en cuenta que la estabilidad del retardo es crucial cuando se trabaja con tráfico heterogéneo y considerando que el tráfico elástico se monta sobre TCP, la implementación de QoS a nivel de MAC no asegura que el tiempo de respuesta se comporte de forma estable. Esto se debe a las variaciones de retardo que se generan en el descubrimientos de rutas y rearmado de las mismas en ambientes con alta tasa de dinamicidad tengan un impacto negativo en el desempeño de las aplicaciones cuyo tráfico es inelástico.

Con respecto a la sobrecarga, el estándar 802.11e marca una gran diferencia entre las redes que lo implementan de aquellas que no lo hacen. Mientras que la granularidad sea baja la sobrecarga se mantiene estable y no alcanza grandes valores cuando se implementa el estándar de QoS a nivel de MAC. Cuando la granularidad de la red comienza a aumentar, la sobrecarga se vuelve inestable y alta. Las redes con alta granularidad, sin importar el tipo de movimiento que tengan los nodos, no son aptas para tráfico heterogéneo, debido a que existe una gran sobrecarga de ruteo, debido a la necesidad de calcular en forma reactivas las nuevas rutas. Esta sobrecarga no solo genera retardos en la transmisión del trafico sino consumo de ancho de banda y por consiguiente una disminución de la performance de la red.

Las aplicaciones del tipo FTP afectan drásticamente el rendimiento de aquellas que funcionan al estilo CBR. Entornos incluso con baja granularidad poseen alta sobrecarga de información de ruteo cuando se ejecutan, con el consiguiente aumento en el consumo de ancho de banda, lo cual genera un aumento del retardo extremo a extremo. Por esta razón, se puede concluir que este tipo de entorno es inapropiado para ambientes en donde coexistan tráfico elástico e inelástico.

En cuanto a la movilidad, tiene un efecto directo y drástico en los retardos de los paquetes de datos. El modelo de movilidad junto con la granularidad fueron los causantes de la gran inestabilidad que se detectó en los retardos en las simulaciones. En general, el modelo Random Walk fue el que generó mayores y más inestables retardos que su contraparte, el Random Waypoint Mobility Model.

Como conclusión final, se puede afirmar que para realizar una adecuada administración de QoS para tráfico heterogéneo en ambientes MANET, la implementación del estándar 802.11e, no es una solución adecuada pues genera una elevada e inestable sobrecarga en la red, lo cual implica un mayor consumo de ancho de banda y una disminución del throughput degradando la cantidad de recursos existentes.

## **8. Bibliografía**

- Barbeau y Kranakis (2007). "Principles of Ad-Hoc Networking". John Wiley and Sons.
- Chakrabarti y Mishra (2001). "QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks". IEEE Communications Magazine.
- Marrone, Robles, Murazzo, Rodriguez y Vergara (2011). "Administracion de QoS en MANET". WICC 2011, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Mohapatra (2009). "Implementation and Comparison of Mobility Models In Ns-2". National Institute of Technology, Rourkela.
- Murazzo, Rodríguez y Martínez (2009). "Evaluación y simulación del rendimiento de los protocolos de ruteo para MANET bajo restricciones de QoS". WICC 2009, San Juan, Argentina.
- Murazzo, Rodríguez, Sheffer y Guevara (2014). "Soporte de QoS para tráfico heterogéneo en ambientes MANET". WICC 2014, Tierra del Fuego, Argentina.
- Murazzo, Rodríguez, Villafañe, Grosso y Dávila (2013). "Análisis del impacto de implementación de 802.11e en redes MANET con tráfico CBT". JAIIO (AST) 2013, Córdoba, Argentina.
- Murazzo, Rodríguez y Villafañe (2013). "Análisis de las prestaciones de 802.11e en redes MANET". CACIC 2013, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Murazzo, Rodríguez, Vergara, Carrizo, González y Grosso (2013). "Administración de QoS en ambientes de redes de servicios convergentes". WICC 2013, Parana, Entre Rios, Argentina.
- Soufy (2013). "Quality of Service in mobile ad hoc networks". Journal of Computer Science & Technology, 13.
- Stallings (2010). "Redes e Internet de Alta Velocidad. Rendimiento y Calidad de Servicio", pág 16. ISBN: 978-84-205-3921-8, Prentice Hall.
- Wietholter y Hoene (2003). "Design and Verification of an IEEE 802.11e EDCF Simulation Model in ns-2.26". Technical University Berlin Telecommunication Networks Group.