

# EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL NUEVO ALGORITMO DE TCP INALÁMBRICO EN AMBIENTES IN-DOOR Y OUT-DOOR SOBRE LAS TECNOLOGÍAS WIFI Y WIMAX.

Katherine Calvopiña-Delgado, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

**Resumen**—Las comunicaciones inalámbricas han tenido un despliegue muy grande en la actualidad por lo que los protocolos que utiliza para la comunicación como TCP no han sido adaptados del todo para su óptimo desempeño en este medio, al haber sido desarrollados para redes cableadas. En un trabajo previo fue concebido un nuevo algoritmo que utiliza acknowledgments negativos, el presente artículo pretende describir las pruebas de evaluación del algoritmo, en ambientes reales para llegar a determinar las ventajas y desventajas de su funcionamiento. Las pruebas de inyección de tráfico para la correspondiente evaluación y comparación del nuevo algoritmo de TCP inalámbrico propuesto con respecto a TCP genérico, se realizaron mediante los protocolos WiFi y WiMAX en ambientes *in-door* y *out-door* a diferentes distancias en un ambiente real, dentro del campus de la ESPE Sangolquí. El nuevo algoritmo de TCP tiene una implementación para un Kernel de 15 y de 20 en cuanto al tamaño de ventana de contención, la modificación fue incorporada en una máquina virtual bajo el sistema operativo UBUNTU, las inyecciones de tráfico fueron realizadas a través de la herramienta D-ITG, la misma que proporcionó los datos que sirven de base para llegar a las conclusiones correspondientes en los diferentes ambientes y distancias en donde se obtienen tanto mejoras y ventajas como disminución en el rendimiento en comparación a TCP genérico. Los parámetros en los que se basa la evaluación y comparación son el *Throughput*, *Delay* y *Jitter*, mediante los cuales se logra obtener una visión general del comportamiento del algoritmo en transmisiones reales y bajo la tecnología WiFi y WiMAX, evidenciando que la modificación del algoritmo TCP NACK+15 es en general y en varios aspectos el que mejores resultados mostró en comparación con TCP genérico.

**Palabras clave.**- TCP, throughput, delay, jitter, acknowledgment negativo, desempeño.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las redes inalámbricas ofrecen al usuario la ventaja de obtener acceso a servicios brindando movilidad dentro de la cobertura de la red, además la facilidad de prescindir de un cable a la hora de la conexión por lo que se convierten en una solución atractiva para implementar.

TCP, es uno de los protocolos fundamentales en Internet, que fue diseñado para ser utilizado con gran fiabilidad en conexiones host-to-host en redes de conmutación de paquetes informáticos de comunicación y en los sistemas interconectados [1]. TCP garantiza que los datos, sean entregados en su destino sin errores y en orden [3]. TCP maneja ciertos algoritmos para realizar el control de

congestión de datos, adaptándose tanto al retardo como al ancho de banda de la red, sin embargo en redes inalámbricas se presentan pérdidas significativas de paquetes, generalmente por dos razones, porque existe congestión en la red y porque se evidencia una tasa de errores (BER) sustancial, lo que causa que el sistema baje las velocidades de transmisión reduciendo su rendimiento, es por esto que se desarrolló el nuevo algoritmo de TCP que se adapta a las características del medio[5].

En este trabajo pretendemos evaluar el algoritmo de TCP desarrollado en el proyecto previo [6], el mismo que utiliza acknowledgments negativos pretendiendo aumentar las tasas de transferencias y optimizar el mecanismo de control de congestión, manejando de manera correcta este problema muy común en redes inalámbricas, con el objeto de llegar a concluir ventajas y desventajas realizamos inyecciones de tráfico con la utilización de la máquina virtual con el algoritmo modificado mediante el software D-ITG, todo esto en ambientes reales con topologías de red en las que utilizamos estándares de comunicación inalámbrica WiFi y WiMAX para probar su desempeño a varias distancias dentro del campus de la ESPE. Utilizamos un escenario de pruebas con un modelo de red compuesto por un punto de acceso y dos clientes inalámbricos, configuramos uno de estos nodos para generar tráfico y de esta manera comprobamos el rendimiento de la red a diferentes distancias.

En ambientes out-door con tecnología WiFi realizamos inyecciones de tráfico con un modelo de red compuesta por un punto de acceso, y dos o más clientes inalámbricos con distancias mayores a 500 metros y menores a 2000 metros. En ambientes out-door con tecnología WiMAX, contamos con un escenario de pruebas compuesto por la Estación Base (BS), una Estación Repetidora (RS) y dos Estaciones Suscriptoras (SS), realizamos inyecciones de tráfico en distintas direcciones probando el comportamiento de la red, con distancias entre los 500 y 2000 metros.

A continuación describimos de manera general el funcionamiento de TCP, su desarrollo en medios inalámbricos en trabajos anteriores, exponemos con mayor detalle los escenarios de prueba en los que se llevamos a cabo las inyecciones de tráfico, como manejamos los datos, el análisis de los resultados y por último presentamos las conclusiones a las que nos llevan las pruebas.

## II. TCP

TCP es un protocolo creado con el fin de establecer una comunicación orientada a la conexión, asegurando su transmisión entre redes interconectadas, multiplexa los datos de las diferentes fuentes de las que provienen para que transiten en la red al mismo tiempo. Una de las funciones es la de acuse de recibo o acknowledgement, que es enviado por el receptor indicando que recibió los paquetes, si no se recibe, el transmisor reenvía los paquetes o cancela la conexión si se detecta que el receptor está desconectado mediante el Round Trip Time (RTT), que es el tiempo de espera de retransmisión, representa el tiempo en que un paquete sale del transmisor, pasa por el receptor y regresa a transmisor asegurando la entrega de datos en la ausencia del acuse de recibo por parte del receptor de datos a distancia.

Para que la operación del algoritmo sea eficiente, es importante que el cálculo de RTT sea dinámico debido a que las redes que componen un sistema de Internet son variables. Se mide el tiempo transcurrido entre el envío de un octeto de datos con un número de secuencia determinado y la recepción de un acuse de recibo que incluya ese número de secuencia.

Se calcula el tiempo de ida y vuelta suavizado (Smoothed Round Trip Time o SRTT):

$$SRTT = (\text{ALPHA} * SRTT) + ((1-\text{ALPHA}) * RTT)$$

y basándose en este, se procede a calcular el tiempo de espera de retransmisión (RTO) como:

$$RTO = \min[\text{COTASUP}, \max[\text{COTAINF}, (\text{BETA} * SRTT)]]$$

, donde COTASUP es una cota superior del tiempo de espera (i.e., 1 minuto), COTAINF es una cota inferior del tiempo de espera, ALPHA es un factor de suavizado y BETA es un factor de varianza del retardo[2].

## III. TCP EN MEDIOS INALÁMBRICOS

TCP en medios inalámbricos debería manejar con prioridad la congestión, la misma que es más común en este medio, que las pérdidas de paquetes aleatorias, debido a que en congestión se pierde un número significativo de paquetes. En la implementación del TCP original [RFC 793], se utilizan ventanas de control de flujo para controlar el uso del espacio en el búfer del receptor y para la retransmisión después de una caída de paquetes para la entrega confiable, pero no existe ajuste dinámico de la ventana de control de flujo en respuesta a la congestión, por lo que el rendimiento disminuye para enlaces inalámbricos.

Existen algunas propuestas de algoritmos que pretenden aportar al rendimiento de TCP en enlaces inalámbricos, a continuación se describen brevemente algunos de ellos.

El protocolo Snoop introduce un módulo snoop agent en la

BS, memoriza y compara los segmentos de datos y los ACKs intercambiados con las estaciones móviles, determinando que segmentos se perdieron en el enlace wireless y agenda una retransmisión local a nivel de capa de enlace.

Explicit Loss Notification (ELN) busca optimizar TCP en transmisores móviles debido a que informa al transmisor TCP que ha ocurrido una pérdida debida a errores en el enlace wireless, mediante el bit ELN, de modo que se excluye del control de congestión las retransmisiones desde el transmisor. ELN confecciona una lista de los huecos producidos en el espacio de secuencia, para evitar, confundir un hueco producido por congestión en la BS con un hueco producido por una pérdida wireless, el agente en la BS consulta la lista de huecos y marca el bit ELN en el ACK, cuando el transmisor advierte que le ha llegado un ACK con el bit ELN marcado, retransmite el segmento perdido y actualiza una variable llamada, `eln_last_RXmit`.

Delayed Duplicate Acknowledgments (DDA) pensando en una futura retransmisión, DDA retarda el tercer ACK duplicado, asumiendo que se trata de una pérdida wireless, el receptor libera el ACK duplicado demorado para así disparar una retransmisión end-to-end. Requiere de modificaciones en la estación móvil y no distingue entre pérdida wireless y pérdida por congestión.

Explicit Congestion Notification (ECN) notifica una congestión incipiente en lugar de descartar los paquetes utilizando para ello un campo de dos bits del encabezado IP denominado ECN, y compuesto por dos flags conocidas como ECT y CE. Cuando ambas puntas del protocolo de transporte son "ECN-capable" ello se indica por los códigos '10' y '01' que se identifican como "ECN-Capable Transport" (ECT), ECT(0) y ECT(1) respectivamente. El código '00' ("Not-ECT") es un paquete que no está usando ECN y finalmente el código '11' es utilizado por los routers para indicar a ambos extremos de la conexión que está experimentando una congestión incipiente. Se estima que el descarte no debería ser necesario en una red "full ECN-capable" pero que seguirán existiendo en la transición a ella.

Congestion Coherence (CC) considera como supuesto previo que está implementado ECN sobre la red cableada, CC usa un esquema basado en la coherencia de la congestión entre paquetes consecutivos apuntando a determinar la causa de la pérdida de los paquetes. Emplea retransmisiones locales a nivel de capa de enlace y detección de la causa de pérdida de paquetes. Todas las tramas transmitidas en el enlace wireless son localmente reconocidas antes de ser borradas en el buffer del emisor. Las tramas que no son reconocidas o son negativamente reconocidas luego de expirado un timer serán retransmitidas. Es importante para reducir el retardo de las tramas retransmitidas y minimizar la chance de disparo de retransmisiones end-to-end desde el transmisor. La máxima cantidad de retransmisiones para una trama fallida es configurable.

#### IV. ESCENARIOS DE PRUEBA

Los escenarios utilizados para las pruebas tienen condiciones reales a diferencia del escenario que se utilizó en [6], el mismo fue un emulador de enlace, en el cual se controlaron factores como la atenuación, distorsión, ruido e interferencia, entre otros, utilizamos el kernel con la modificación correspondiente al nuevo algoritmo de TCP, mediante una máquina virtual con el sistema operativo LINUX en su distribución UBUNTU, las transmisiones se realizaron utilizando la herramienta de inyección de tráfico DITG, seteando el número de paquetes por segundo, el tamaño de los segmentos a enviar y de acuerdo a esto, el bandwidth correspondiente, utilizamos OWD (One Way Delay).

Las pruebas realizadas en el presente trabajo experimental son las siguientes: 5 inyecciones de tráfico iguales por cada prueba, cada una tiene diferente valor de bandwidth, dando un resultado de 20 iteraciones para cada uno de los correspondientes TCP NACK+15, TCP NACK+20 y TCP genérico.

Pruebas	Número de Paquetes/s	Tamaño de tramas [Bytes]	Bandwidth [kbps]
Prueba 1	2500	512	11880
Prueba 2	1500	512	6624
Prueba 3	1500	1024	12768
Prueba 4	1000	1500	12320

Los valores establecidos para el tamaño de tramas está basado en el hecho de que TCP como protocolo transmite como base tramas de 512 bytes, el MSS (maximum segment size) para TCP está establecido en 1024 bytes, y Ethernet transmite por lo general en tramas de 1500 bytes por lo que se pretendió realizar una comparación en el caso de una comunicación cableada y de esta manera observar el comportamiento y desempeño del nuevo algoritmo durante la transmisión.

Las pruebas fueron realizadas a diferentes distancias, para la tecnología WiFi out-door fueron 4 distancias, WiFi in-door 2 distancias y WiMAX out-door, 6 distancias.

##### A. Escenario out-door para pruebas con tecnología WiFi

El modelo de red consiste en dos terminales, con la implementación de TCP modificado mediante la máquina virtual con el kernel modificado, los terminales se conectan por enlace inalámbrico a un AP (Access Point) out-door (PowerStation2 UBIQUITI), que presta las condiciones para realizar las pruebas correspondientes, los terminales se ubicaron a diferentes distancias dentro del campus, obteniendo los resultados mediante D-ITG, el cual permite controlar el número de paquetes a enviar por segundo y el tamaño en bytes de los mismos.

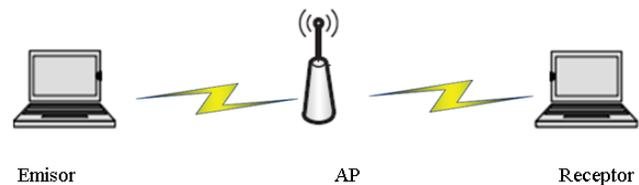


Figura 1. Escenario de pruebas Out-door

##### B. Escenario in-door para pruebas con tecnología WiFi

Consiste en dos terminales o computadores, conectados por enlace inalámbrico a un AP (Access Point) bajo la tecnología WiFi. Realizamos la inyección de tráfico mediante D-ITG, tanto en el emisor como en el receptor. La configuración del software es la misma utilizada en las pruebas out-door.

##### C. Escenario out-door para pruebas con tecnología WiMAX

Las pruebas se realizaron con un modelo de red compuesto por una Estación Base (BS) ARBA550 de Alentia Systems y varios terminales de usuario (CPE) o Estaciones Suscriptoras (SS), uno de estos nodos se configuró para generar tráfico y el otro para recibirlo, así comprobamos el rendimiento de la red a diferentes distancias mayores a 100 metros.

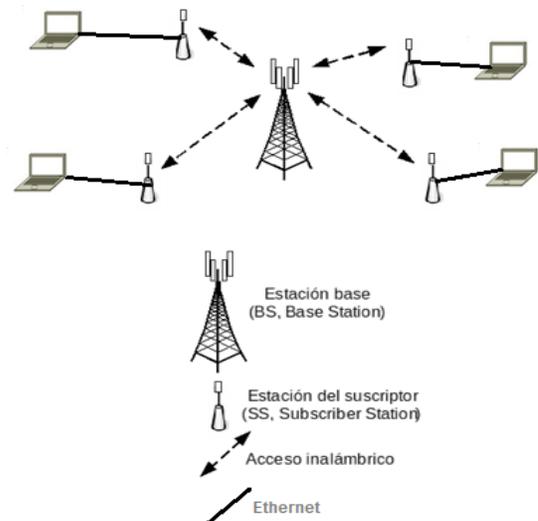


Figura 2. Estructura general del escenario de pruebas out-door con tecnología WiMAX.

Las transmisiones se realizan mediante un equipo CPE enlazado con la Estación Base, por lo tanto se cuenta con una conexión mixta debido a que el computador tiene una conexión cableada Ethernet con el equipo CPE, y el enlace inalámbrico WiMAX hacia la base y viceversa hacia el destino.

#### V. MANEJO DE DATOS OBTENIDOS

A partir de las pruebas experimentales realizadas se obtienen resultados en cuanto a throughput, jitter y delay, en ciertos

casos, al ser pruebas experimentales con varias condiciones climáticas, los valores varían por lo que la manera correcta de manejar estas cifras es obteniendo el valor de la mediana entre las iteraciones de pruebas realizadas, de esta manera se deja por fuera valores extraños y se toman valores que se encuentran dentro de la tendencia generada.

## VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE QOS Y RENDIMIENTO

Los datos obtenidos de las pruebas experimentales presentan variaciones en función de la distancia, la tecnología utilizada y las condiciones climáticas u obstáculos. Para evaluar el rendimiento del nuevo algoritmo de TCP utilizamos los parámetros: Throughput, Jitter y Delay, con lo que se evalúa la velocidad a la que se envían los datos, la interferencia normal y el retardo producido, se hará una comparación entre TCP NACK+15, TCP NACK+20 con TCP Genérico para concluir si existen mejoras en el desempeño del algoritmo durante el intercambio de datos entre el transmisor y el receptor.

### A. Resultados de pruebas con WiFi en cuanto a throughput

En la Figura 4 se puede observar que para la Prueba 1 TCP NACK+15 muestra mejor desempeño en todas las distancias, mientras TCP NACK+20 es superior a distancias menores a 180 metros, esto en comparación a TCP genérico.

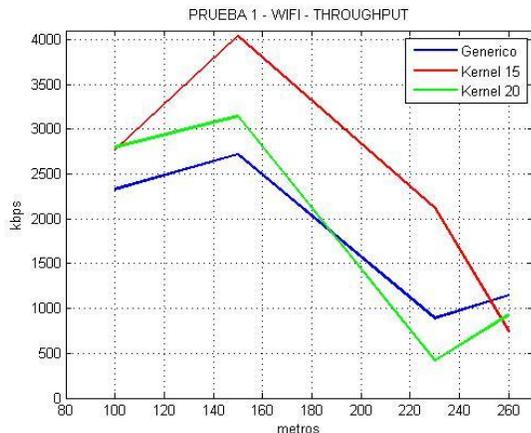


Figura 3. Prueba 1 WiFi - Gráfica comparativa

En la Figura 5 se puede observar que para la Prueba 2 TCP NACK+15 muestra una tendencia de mejor desempeño en todas las distancias, mientras TCP NACK+20 es superior a distancias menores a 190 metros, esto en comparación a TCP genérico.

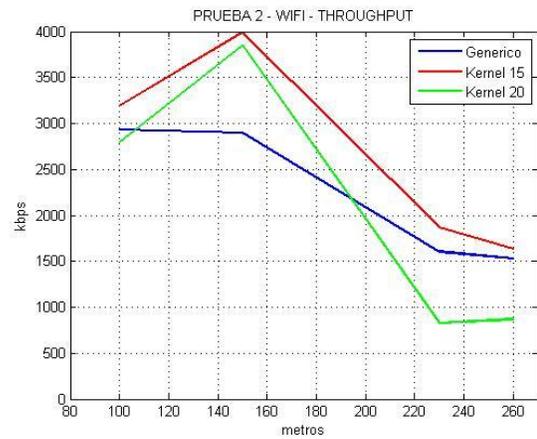


Figura 4. Prueba 2 WiFi - Gráfica comparativa

En la Figura 6 se puede observar que para la Prueba 3 TCP NACK+15 muestra una tendencia de mejor desempeño en todas las distancias, mientras TCP NACK+20 es superior a distancias menores a 220 metros, esto en comparación a TCP genérico.

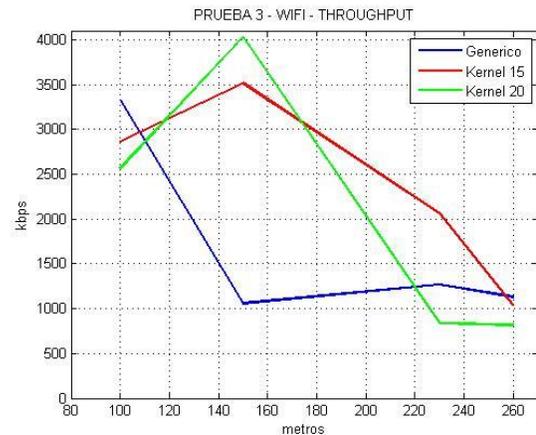


Figura 5. Prueba 3 WiFi - Gráfica comparativa

En la Figura 7 se puede observar que para la Prueba 4 TCP NACK+15 muestra una tendencia de mejor desempeño en todas las distancias, mientras TCP NACK+20 es superior a distancias menores a 210 metros, esto en comparación a TCP genérico.

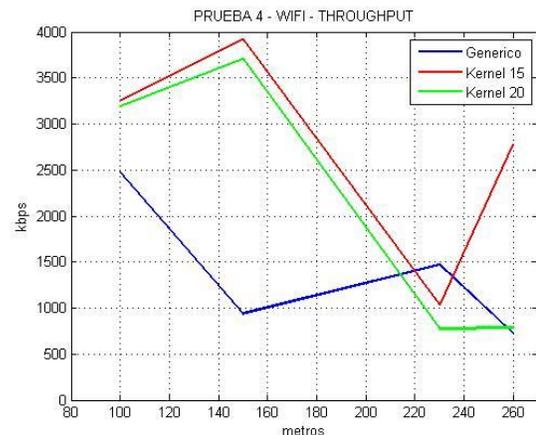


Figura 6. Prueba 4 WiFi - Gráfica comparativa

### B. Resultados de pruebas con WiMAX en cuanto a throughput

En las pruebas realizadas bajo la tecnología WiMAX se pueden observar los siguientes resultados en cuanto a throughput:

En la Figura 8 se puede observar que para la Prueba 1 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una tendencia de mejor desempeño a distancias menores a 400 metros en comparación a TCP genérico.

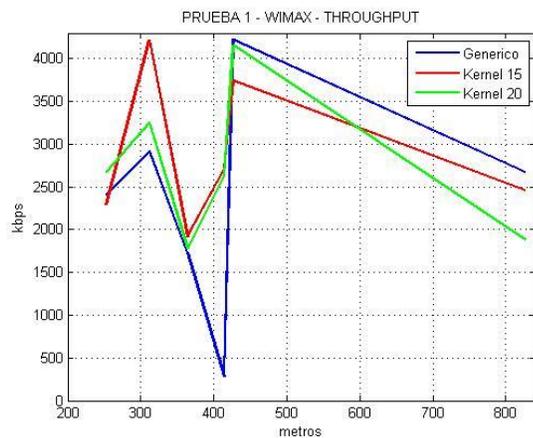


Figura 7. Prueba 1 WiMAX - Gráfica comparativa

En la Figura 9 se puede observar que para la Prueba 2 TCP NACK+15 muestra una tendencia de mejor desempeño a distancias menores a 410 metros, mientras que TCP NACK+20 muestra un bajo desempeño en distancias menores a 410 metros, en comparación a TCP genérico.

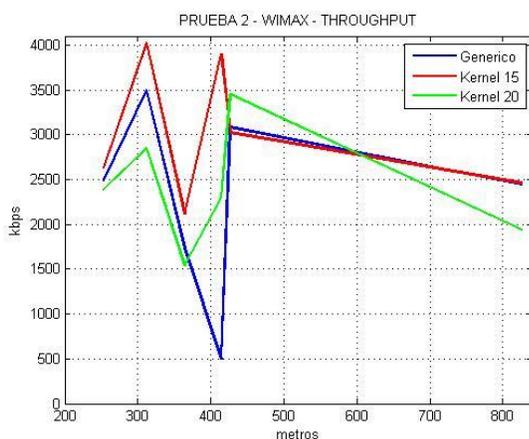


Figura 8. Prueba 2 WiMAX - Gráfica comparativa

En la Figura 10 se puede observar que para la Prueba 3 TCP NACK+20 muestra una tendencia de mejor desempeño a distancias menores a 410 metros, de igual manera TCP NACK+15, en comparación a TCP genérico.

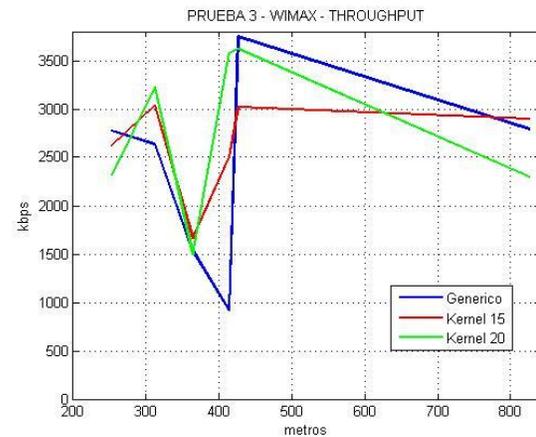


Figura 9. Prueba 3 WiMAX - Gráfica comparativa

En la Figura 11 se puede observar que para la Prueba 4 TCP NACK+15 muestra una tendencia de mejor desempeño a distancias menores a 410 metros, TCP NACK+20 muestra mejor desempeño a todas las distancias sobre todo en el rango de 410 a 800 metros, en comparación a TCP genérico.

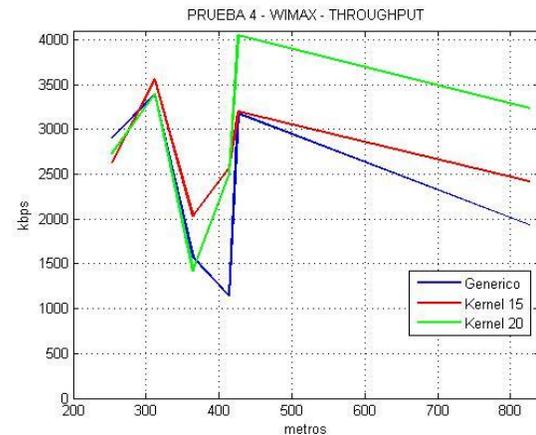


Figura 10. Prueba 4 WiMAX - Gráfica comparativa

### C. Resultados de pruebas con WiFi en cuanto a delay

En la Figura 12 se puede observar que para la Prueba 1 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una disminución en el delay lo cual nos permite aseverar el mejor desempeño del algoritmo en todas las distancias experimentadas, todo esto en comparación con el TCP genérico.

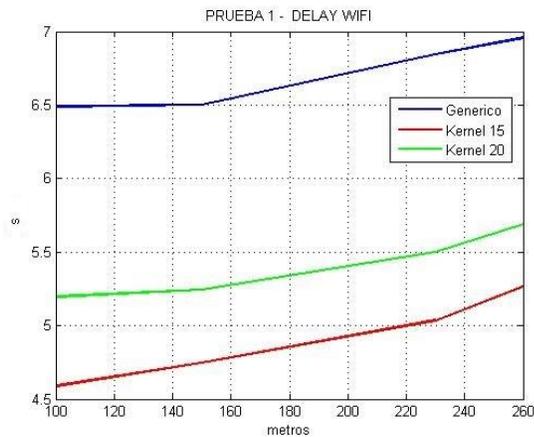


Figura 11. Prueba 1 WiFi - Gráfica comparativa delay

En la Figura 13 se puede observar que para la Prueba 2 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una disminución en el delay lo cual nos permite aseverar el mejor desempeño del algoritmo en todas las distancias experimentadas, todo esto en comparación con el TCP genérico.

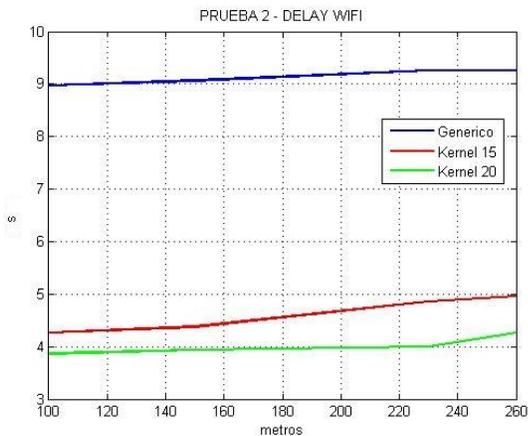


Figura 12. Prueba 2 WiFi - Gráfica comparativa delay

En la Figura 14 se puede observar que para la Prueba 3 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una disminución en el delay lo cual nos permite aseverar el mejor desempeño del algoritmo en todas las distancias experimentadas, todo esto en comparación con el TCP genérico.

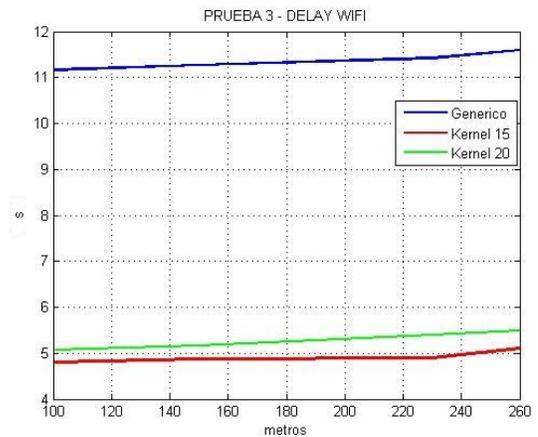


Figura 13. Prueba 3 WiFi - Gráfica comparativa delay

En la Figura 15 se puede observar que para la Prueba 4 TCP genérico muestra disminución en delay con respecto a TCP NACK+15 y a TCP NACK+20 lo cual nos permite observar que bajo estas condiciones de transmisión, es decir con 1000 paquetes por segundo de 1500 bytes, el algoritmo no muestra una ventaja en comparación con TCP genérico.

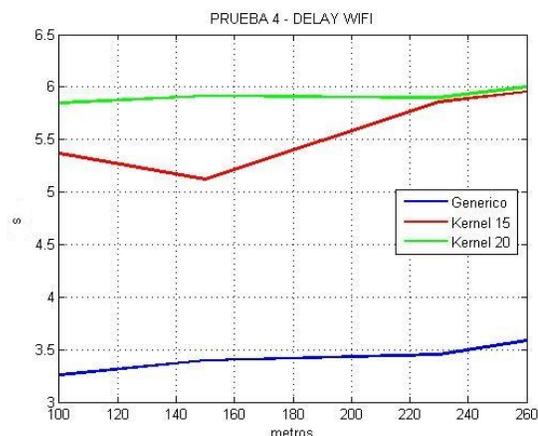


Figura 14. Prueba 4 WiFi - Gráfica comparativa delay

#### D. Resultado de pruebas con WiMAX en cuanto a delay

En la Figura 16 se puede observar que para la Prueba 1 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una disminución en el delay lo cual nos permite aseverar el mejor desempeño del algoritmo en todas las distancias experimentadas, todo esto en comparación con el TCP genérico.

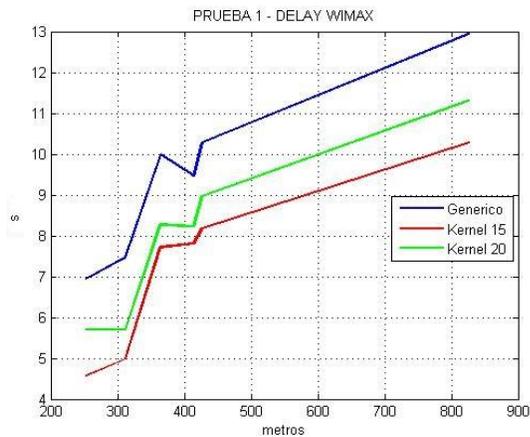


Figura 15. Prueba 1 WiMAX - Gráfica comparativa delay

En la Figura 17 se puede observar que para la Prueba 2 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una disminución en el delay lo cual nos permite aseverar el mejor desempeño del algoritmo en todas las distancias experimentadas, todo esto en comparación con el TCP genérico.

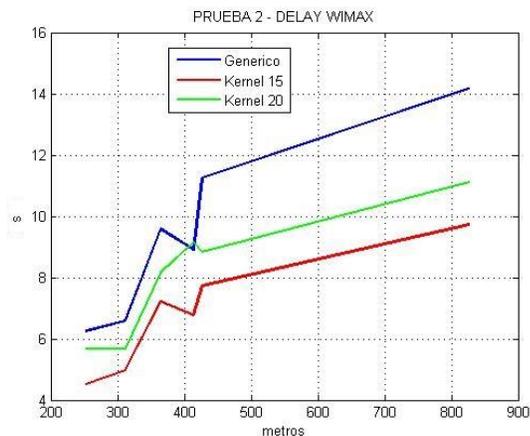


Figura 16. Prueba 2 WiMAX - Gráfica comparativa delay

En la Figura 18 se puede observar que para la Prueba 3 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una disminución en el delay lo cual nos permite aseverar el mejor desempeño del algoritmo en todas las distancias experimentadas, todo esto en comparación con el TCP genérico.

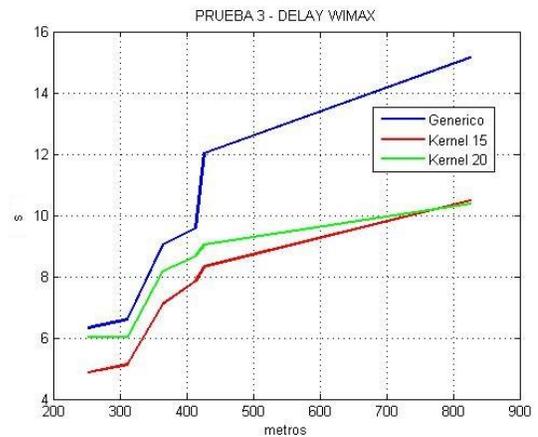


Figura 17. Prueba 3 WiMAX - Gráfica comparativa delay

En la Figura 19 se puede observar que para la Prueba 4 tanto TCP NACK+15 como TCP NACK+20 muestran una disminución en delay lo cual nos permite aseverar el mejor desempeño del algoritmo en todas las distancias experimentadas, todo esto en comparación con TCP genérico.

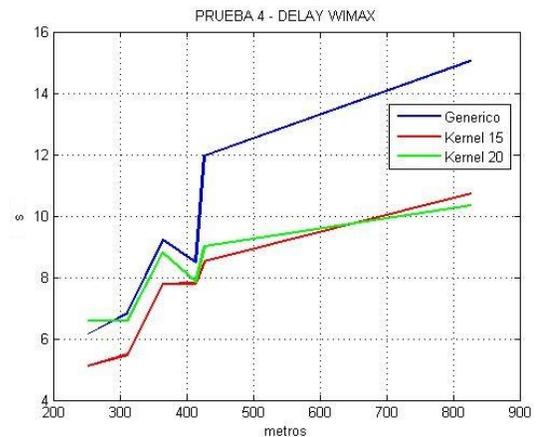


Figura 18. Prueba 4 WiMAX - Gráfica comparativa delay

## VII. CONCLUSIONES

En concordancia con la evaluación del desempeño del algoritmo de TCP inalámbrico modificado, realizado mediante las pruebas experimentales realizadas en el presente proyecto, con respecto a las pruebas con tecnología WiFi, en cuanto a throughput se observó que TCP NACK+15 y TCP NACK+20 muestran una tendencia de mejora en las pruebas realizadas, de acuerdo a distancias de aproximadamente  $200 \pm 20$  metros entre un 20% aproximadamente en comparación a TCP genérico, TCP NACK+15 presentó ganancias superiores en las pruebas realizadas gracias a la confirmación negativa la misma que reenvía los segmentos perdidos manteniendo el throughput con el que se haya encontrado enviando en ese momento. En cuanto a delay se puede indicar que TCP NACK+15 y TCP NACK+20, en la prueba 2 y 3 destacan con una ventaja de alrededor de 40% de disminución a todas las distancias probadas. En cuanto a jitter se pudo evidenciar que

TCP NACK+15 tiene mejor desempeño generalmente a 150 y a 230 metros de distancia, TCP NACK+20 muestra una tendencia de mejora a 100 y a 150 metros.

Con respecto a las pruebas con tecnología WiMAX, en cuanto a throughput TCP NACK+15 y TCP NACK+20, a distancias menores a 414 metros obtienen ganancias aproximadamente del 10%, y a una distancia de 414 metros entre el emisor y receptor se obtiene ganancias de 200% en comparación a TCP genérico en las cuatro pruebas realizadas, cabe mencionar que TCP NACK+20 en la prueba 4, en la que se transmitió 1000 paquetes por segundo de 1500 bytes, obtuvo una ganancia considerable a distancias mayores a 414 metros, atribuible al aumento de ventana de congestión cada vez que se reciben ACKs negativos debido a las pérdidas, y al ser más frecuentes los ACKs es mucho mayor el incremento de la ventana de congestión. En cuanto a delay se puede indicar que TCP NACK+15 presenta mejor desempeño en todas las pruebas, en todas las distancias experimentadas. En cuanto a jitter TCP NACK+15 presenta mejor desempeño en comparación a TCP genérico en las pruebas 1, 2 y 3 excepto a 364 y a 427 metros, TCP NACK+20 mantiene una ligera tendencia de mostrar disminución en el valor de jitter a 414 y 427 metros de distancia.

En general bajo la tecnología WiFi en concordancia con los resultados obtenidos en cuanto a throughput principalmente, delay y jitter se puede indicar que en general el mejor desempeño lo evidencia tener TCP NACK+15 a distancias alrededor de los  $200 \pm 20$  metros. Bajo la tecnología WiMAX en general, el mejor desempeño en cuanto a throughput lo presenta TCP NACK+15 a distancias menores a 414 metros.

Se puede llegar a reafirmar el mejor desempeño de TCP con el nuevo algoritmo por sobre el TCP convencional, en base a los resultados obtenidos, debido a que el algoritmo al presentarse una pérdida en la transmisión envía un ACK negativo para la retransmisión aumentando además la ventana de congestión, logrando de esta manera incrementar la velocidad de transmisión.

Para realizar las inyecciones de tráfico, es importante tomar en cuenta las características de los equipos a utilizarse debido a que las especificaciones técnicas pueden variar, al momento de la práctica y dependiendo de factores no previstos como condiciones climáticas u obstáculos intermedios así como características técnicas de las tarjetas receptoras de los equipos terminales utilizados, los resultados guardar cierto rango de variación.

En futuros trabajos se recomienda poner a prueba el

algoritmo bajo transmisiones con aplicaciones específicas, que permitan darle uso práctico y aprovechamiento de sus ventajas para el avance general de las telecomunicaciones bajo medios inalámbricos, optimizando su desempeño y logrando de esta manera aportar a la sociedad en el campo de la comunicación.

## REFERENCES

- [1] DITG. Distributed Internet Traffic Generator. A. Dainotti, A. Botta, A. Pescapè, "A tool for the generation of realistic network workload for emerging networking scenarios", *Computer Networks (Elsevier)*, 2012, Volume 56, Issue 15, pp 3531-3547. <http://traffic.comics.unina.it/software/ITG/>
- [2] RFC 793. "Transmission Control Protocol". IETF. [En línea] 1981. [Citado el 28 de mayo del 2013.]. <http://tools.ietf.org/html/rfc793>.
- [3] Seth, S. y Venkatesulu, M., "TCP/IP architecture, desing, and implementation in linux". New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.
- [4] Jayananthan, A., "TCP performance enhancement over wireless networks". University of Canterbury, New Zealand, 2007.
- [5] Lara, Román, "IEEE 802.16-2009 - WiMAX". Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, Junio 2012.
- [6] Pilo-Pais, Pablo A., "Verificación del desempeño de un nuevo algoritmo de control de congestión en entornos inalámbricos reales mediante la modificación del protocolo TCP en el kernel de Linux". Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador, 2011.
- [7] Cifuentes, G. F. O. (2008). Control de congestión de protocolo TCP em sistemas de comunicação sem fio CDMA usando estrategia de detecção multiusuario, arranjo de antenas e correção de erro FEC.
- [8] FERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, M. A. R. Í. A. (2012). Desarrollo de alternativas al protocolo TCP para redes inalámbricas.
- [9] Teja, F. R., Vidal, L., & Alves, L. (2004). TCP sobre enlaces wireless Problemas y algunas posibles soluciones existentes.
- [10] Kevin Fall and Sally Floyd, (1996). Simulation-based Comparisons of Tahoe, Reno and SACK TCP, *Computer Communication Review*.
- [11] L. Brakmo, S. O'Malley and L. Peterson, TCP Vegas: New Techniques for Congestion Detection and Avoidance, 1994



**Calvopiña Delgado, Katherine C.**, nació en Quito-Ecuador el 1 de noviembre de 1989. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Experimental "24 de Mayo". Egresó de la Escuela Politécnica del Ejército en 2013. Realizó prácticas pre profesionales en el área de televisión y radiodifusión de la Superintendencia de Telecomunicaciones, Intendencia Norte, en el 2011, también en el área de XDSL O&M de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones en el 2012. Participó en el grupo de investigación CIRAD, de la Escuela Politécnica del Ejército. Realizó Drive Test en Ericsson Ecuador. Ingeniería de optimización en Telefónica Ecuador. Áreas de interés: telecomunicaciones, telefonía móvil, comunicaciones inalámbricas.