

**IMPACTO DE LA TÉCNICA DE ACCESO EN EL DESEMPEÑO DE LAS REDES
VEHICULARES VANET**



**Marly Rossana Valverde Vidal
Juan Sebastián Ortega López**

**Director
Ing. Oscar J. Calderón C.**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Línea de Investigación Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de
Telecomunicaciones
Popayán, Septiembre de 2014**

IMPACTO DE LA TÉCNICA DE ACCESO EN EL DESEMPEÑO DE LAS REDES VEHICULARES VANET



Anexo de Trabajo de Grado presentado como requisito
Para optar al título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

**Marly Rossana Valverde Vidal
Juan Sebastián Ortega López**

**Director
Ing. Oscar J. Calderón C.**

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telecomunicaciones
Línea de Investigación Gestión Integrada de Redes, Servicios y Arquitecturas de
Telecomunicaciones
Popayán, Septiembre de 2014**

CONTENIDO

	Pág.
ANEXO A.....	1
A.1. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO ASOCIADOS A LA TÉCNICA DE ACCESO CSMA/CA.....	1
A.1.1. AIFS.....	1
A.1.2. TAMAÑO DE LAS COLAS.....	5
A.1.3. VENTANA DE CONTENCIÓN (CW).....	9

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura A.1. <i>Throughput</i> instantáneo en función de AIFS.....	2
Figura A.2. BER instantánea en función de AIFS.....	3
Figura A.3. Latencia en función de AIFS.....	4
Figura A.4. Probabilidad de enlace correcto en función de AIFS.	4
Figura A.5. Tasa de paquetes perdidos en función de AIFS.	5
Figura A.6. <i>Throughput</i> en función del tamaño de colas.	6
Figura A.7. Valores de BER en función del tamaño de colas.	7
Figura A.8. Latencia en función del tamaño de colas.	7
Figura A.9. Probabilidad de enlace correcto en función del tamaño de colas.....	8
Figura A.10. Tasa de paquetes descartados en función del tamaño de colas.....	9
Figura A.11. Valores promedio de <i>throughput</i> en función de CW.....	10
Figura A.12. Valores promedio de BER en función de CW.	11
Figura A.13. Valores promedio de latencia en función de CW.	11
Figura A.14. Valores promedio de probabilidad de enlace correcto en función de CW. ...	12
Figura A.15. Valores promedio de tasa de paquetes perdidos en función de CW.	12

ANEXO A.

A.1. PARÁMETROS DE DESEMPEÑO ASOCIADOS A LA TÉCNICA DE ACCESO CSMA/CA

Los parámetros de desempeño asociados tanto a la red como a la técnica de acceso se describen en el Capítulo 2 de este trabajo de grado. Este anexo busca profundizar en los parámetros asociados a la técnica de acceso, presentando resultados de simulación relevantes para CSMA/CA en términos de variación de **tiempo de espacio de arbitraje entre tramas, rango de las ventanas de contención y tamaño de las colas**.

La presentación de dichos resultados se realizó de manera similar a la descrita en el Capítulo 4 de este trabajo de grado, aunque tomando en cuenta sólo el escenario de *mayor número de usuarios (130 nodos)*, y durante el *tiempo de simulación de mayor congestión de tráfico*, específicamente entre 250 y 300 segundos. Lo anterior junto con los parámetros asociados a la red (*throughput*, BER, latencia, probabilidad de enlace y tasa de paquetes perdidos) y los nodos estudiados; relacionando dichos parámetros de la red a los asociados a la técnica de acceso: **AIFS, tamaño de colas y CW**. La escogencia de estas condiciones especiales de simulación se justifica dado que cuando está presente el mayor número de usuarios y mayor congestión de tráfico en la red, es cuando se presentan las condiciones más críticas del canal y, por consiguiente, el posible impacto de los parámetros asociados a la técnica de acceso es mayor.

A continuación se presenta el impacto de cada uno de dichos parámetros asociados a la técnica de acceso.

A.1.1. AIFS

✓ Caso 1 y 2: velocidades alta y baja

Los valores de velocidad alta y baja se detallan en el Capítulo 4 de este trabajo de grado y corresponden a 17 m/s y 8.5 m/s respectivamente.

• Sub-casos a) y b): 6 y 18 Mbps

La Figura A.1 muestra los valores de *throughput* relacionados con los valores de AIFS en microsegundos para los tres nodos en estudio. Se observa una relación inversa entre el número de AIFS y el *throughput* proporcionado para cada nodo estudiado, esto se da principalmente porque, a mayor AIFS, más tiempo debe tomarse el nodo para realizar el proceso de escucha; lo cual incide en un deterioro significativo del *throughput* para dicho nodo al impedirse la transmisión y recepción de paquetes.

Un valor grande de AIFS impacta negativamente en el rendimiento de la red al impedir la transmisión constante de información por parte de los nodos, mientras que un valor muy pequeño de AIFS permite realizar rápidos procesos de escucha por parte de los usuarios, para determinar rápidamente si el medio esté ocupado o no; por lo que debe buscarse un

equilibrio en esta variable para que el *throughput* no se vea considerablemente afectado. Por otra parte, la velocidad a la que circulan los nodos afecta al *throughput* haciendo que los nodos a baja velocidad tengan valores un poco mayores en relación a los que circulan a alta velocidad.

También se observa que el *throughput* para cada nodo estudiado a una tasa de datos de 18 Mbps es ligeramente superior que cuando la red opera a una tasa de 6 Mbps; aunque no se presentan diferencias significativas, exceptuando los primeros 500 μ s de AIFS.

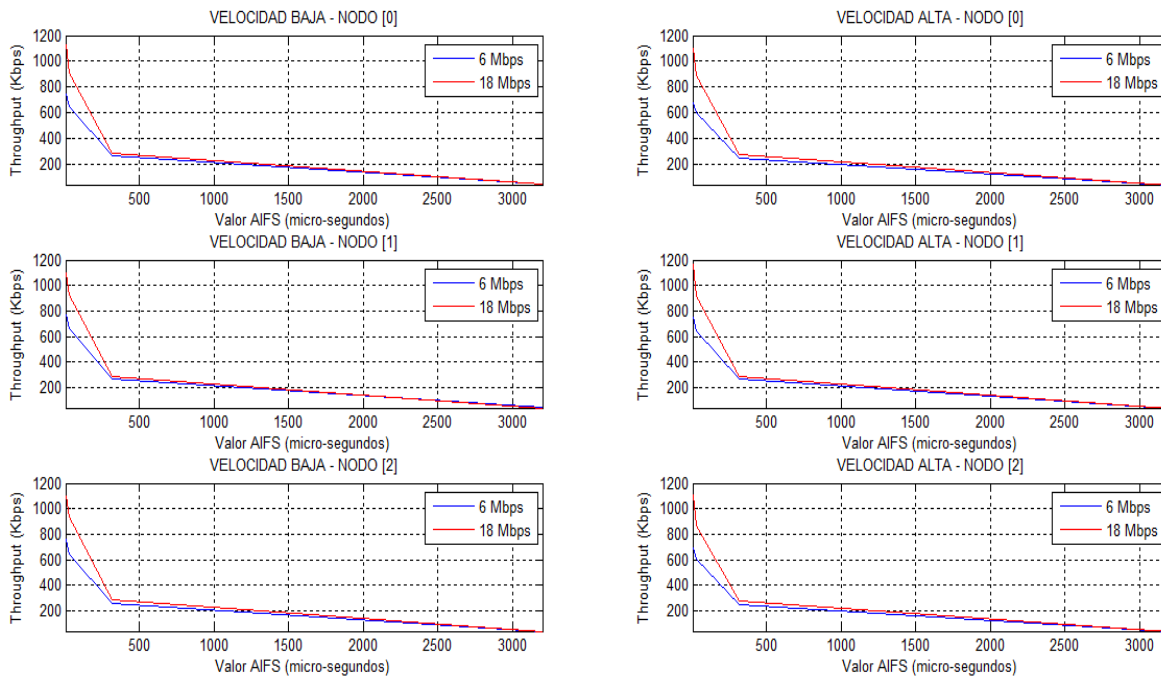


Figura A.1. *Throughput* instantáneo en función de AIFS.

La Figura A.2 presenta los valores de BER en relación a una variación en los valores de AIFS. Se observa una relación directa entre estos dos parámetros en donde un mayor valor de AIFS se relaciona con una mayor probabilidad de error de bits al impedir la transmisión continua de información. Lo anterior se complementa con la relación inversa existente entre AIFS y *throughput* y, por ende, puede decirse que a menor *throughput* mayor BER y viceversa.

También se observa que, a mayor velocidad, mayor valor de BER para los nodos en estudio. Lo anterior debido a posibles desvanecimientos y efectos Doppler que pueda llegar a sufrir la señal inalámbrica, cuando experimentan una mayor velocidad, teniendo menos tiempo de establecimiento del enlace.

A 18 Mbps se presentan valores menores de BER para cada nodo en los primeros 200 μ s de tiempo de AIFS. De este valor en adelante, el rendimiento es mejor para tasas de 6 Mbps puesto que, al imponerse un tiempo más grande de espera para realizar el proceso de escucha, se limita la red a transmitir menos información y las tasas de datos bajas son idóneas para estas situaciones.

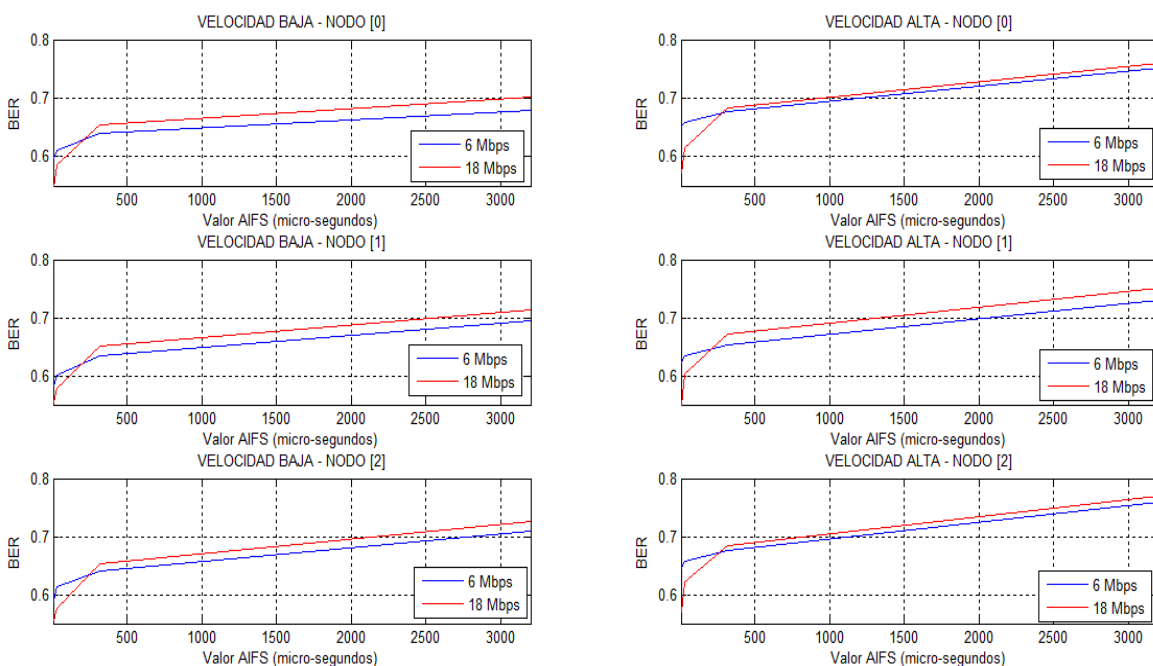


Figura A.2. BER instantánea en función de AIFS.

La Figura A.3 muestra los valores de latencia en relación a los valores de AIFS. Se observa que no se presentan cambios significativos en la latencia al variar el parámetro AIFS desde $8 \mu\text{s}$ hasta $3200 \mu\text{s}$; dado que el retardo que puedan llegar a experimentar los paquetes no depende directamente del tiempo de escucha *antes* de enviar dichos paquetes. Las variaciones mínimas que se presentan son debido a otros factores externos como la velocidad que lleven los nodos o el área por donde estén circulando.

Concordando con los resultados descritos en el Capítulo 4 de este trabajo de grado, se observa un valor mayor de latencia para una tasa de 6 Mbps puesto que, dada la mayor velocidad de bits por segundo, se envían una mayor cantidad de paquetes por unidad de tiempo; mejorando así la eficiencia a dicha tasa.

La Figura A.4 presenta la probabilidad de enlace correcto en función del parámetro AIFS. Se observa una relación inversa, pero con menor impacto que en el caso del *throughput*, puesto que las condiciones particulares del escenario (130 nodos circulando) hacen que la probabilidad de enlace sea baja desde un principio (menor al 40% en cada nodo estudiado tanto a velocidad baja como a velocidad alta). Por ende, el incremento en el tiempo de AIFS incide negativamente en la probabilidad de enlace.

También se observa que los nodos operando a una tasa de datos de 6 Mbps presentan una leve mejoría en relación a su operación con una tasa de 18 Mbps; aunque, al igual que para la BER, en los primeros $200 \mu\text{s}$ de AIFS no se cumple esta tendencia. Lo anterior indica que los valores óptimos de AIFS para los resultados de simulación obtenidos se encuentran por debajo de los $200 \mu\text{s}$.

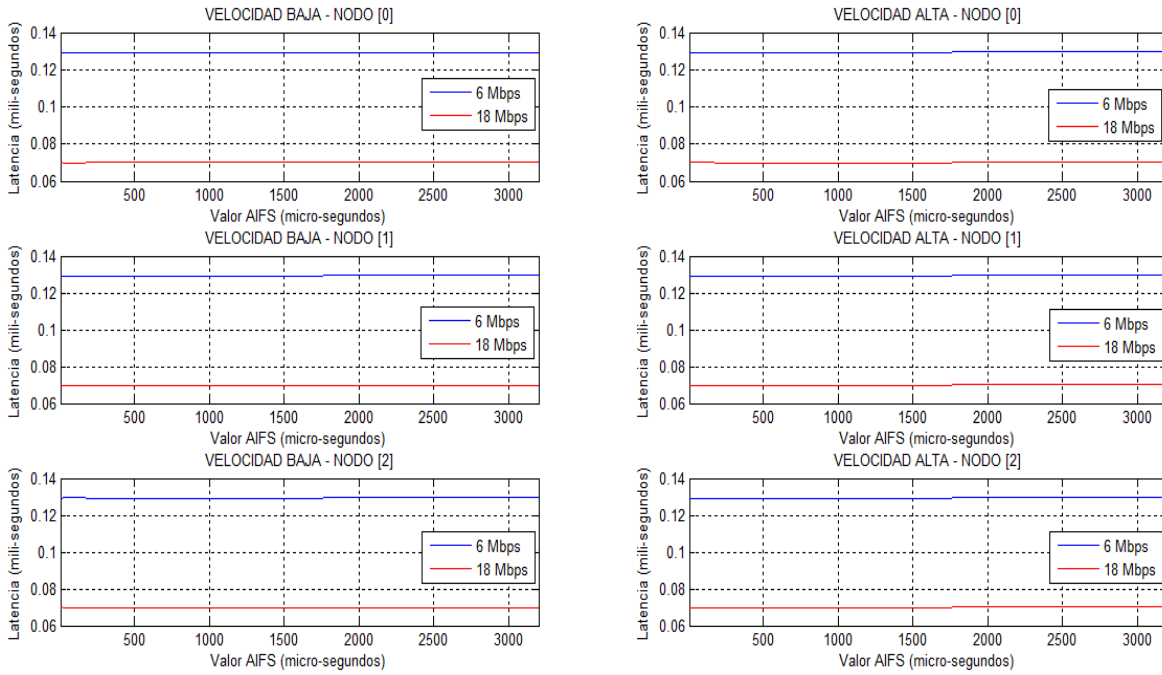


Figura A.3. Latencia en función de AIFS.

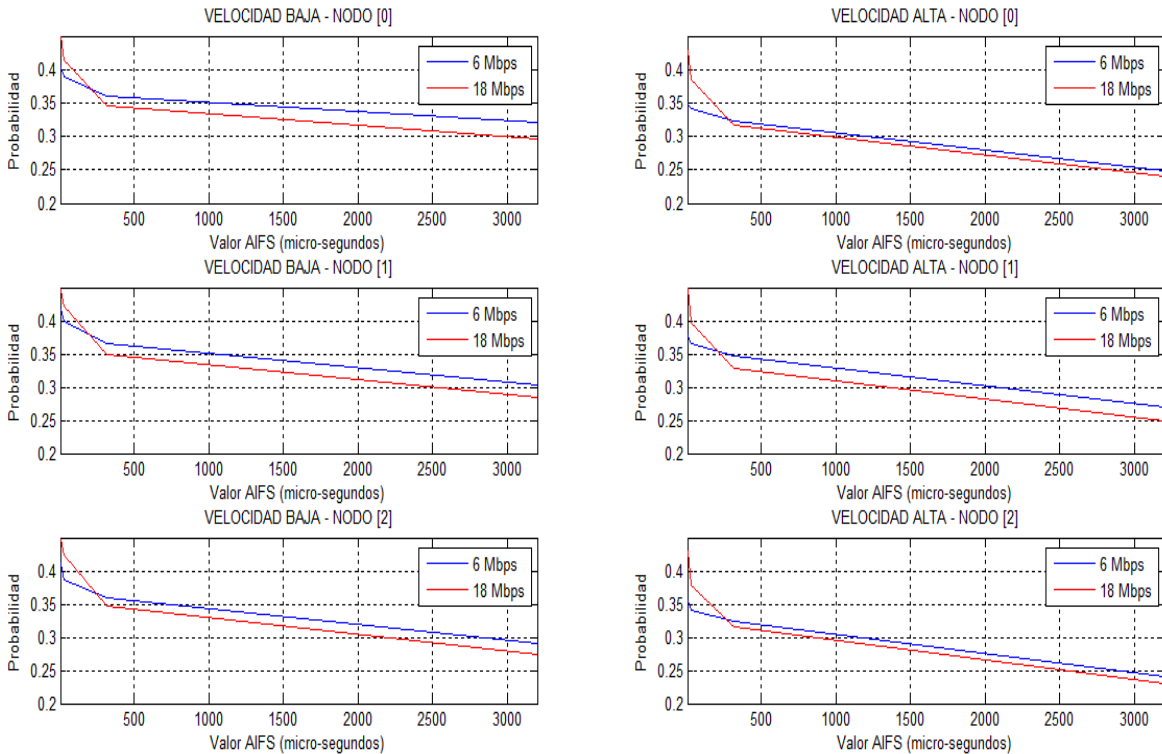


Figura A.4. Probabilidad de enlace correcto en función de AIFS.

Finalmente, la Figura A.5 presenta la tasa de paquetes perdidos en relación con los valores previamente elegidos de AIFS. Se observa una tasa bastante grande cuando el

valor de AIFS es de 3200 μ s, en donde casi es unitaria; por lo que valores excesivamente grandes de AIFS afectan sustancialmente la comunicación al incrementar casi al 100% la tasa de paquetes perdidos, tanto para velocidades baja y alta.

Se destaca también el hecho de que, a bajos valores de AIFS, el rendimiento de la red mejora en relación a tasa de paquetes perdidos; particularmente es mejor el desempeño a una tasa de 18 Mbps. Al aumentar el valor de AIFS, prácticamente ambas tasas de datos estudiadas empeoran su desempeño por igual.

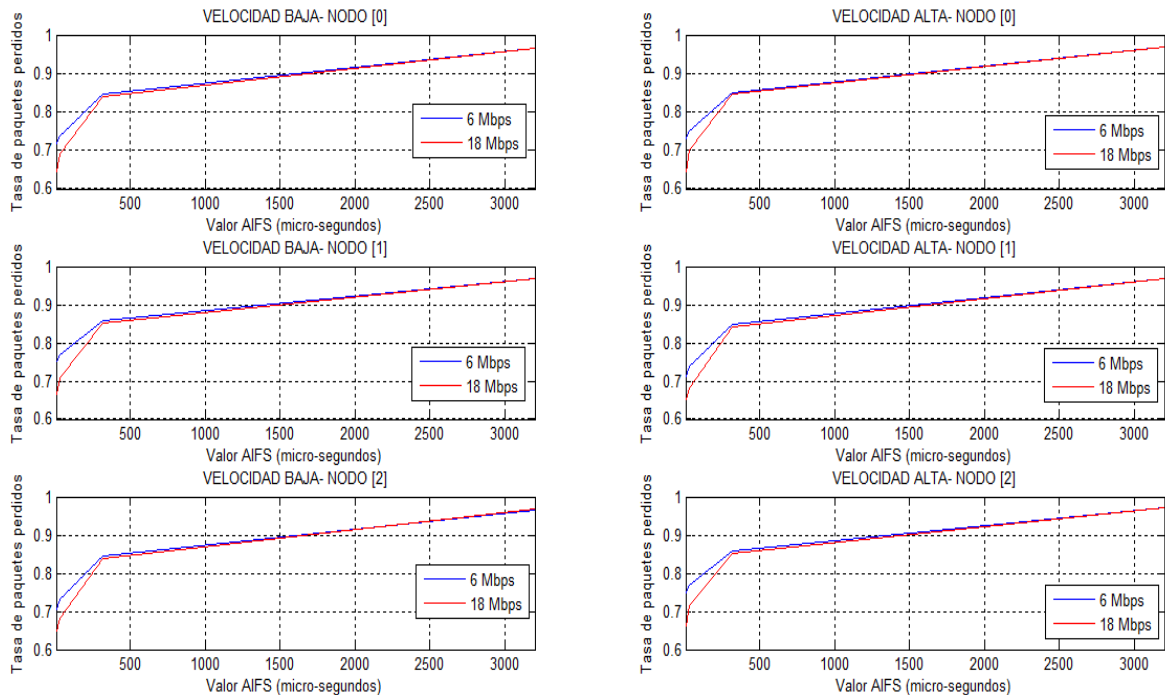


Figura A.5. Tasa de paquetes perdidos en función de AIFS.

A.1.2. TAMAÑO DE LAS COLAS

Normalmente, en EDCA se manejan 4 colas o buffers, cada una correspondiente a una categoría de acceso para cada tipo de información en redes VANET, como se ilustró en el Capítulo 3. El análisis del impacto del parámetro de desempeño asociado a la red “tamaño de las colas” se basa específicamente en un solo tipo de información que son los beacons, correspondientes a una sola prioridad y una única cola o búfer, siendo éstos mensajes de seguridad. Por lo anterior se descarta el hecho de manejar 4 colas en simulación, dada la uniformidad en el tipo de tráfico.

- ✓ **Caso 1 y 2: velocidades baja y alta**
 - **Sub-casos a) y b): 6 y 18 Mbps**

Para el caso del tamaño de las colas, la Figura A.6 muestra el *throughput* para los nodos en estudio. Se observa que, a mayor tamaño de colas se obtienen mejores valores de *throughput* puesto que se presenta una mayor capacidad de almacenamiento para los

paquetes a transmitir. También se destaca que, con un tamaño de cola de 20 paquetes, el valor de *throughput* empieza a crecer sustancialmente cuando aumentan los paquetes que conforman una cola. Por lo que puede decirse que este valor en el tamaño de la cola es un punto de inflexión para los resultados obtenidos en simulación.

Por otra parte, se observa una pequeña reducción en el valor de *throughput* en relación al aumento de velocidad de los nodos cuando el tamaño de las colas es de 20 paquetes, coincidiendo con los resultados del Capítulo 4 de este trabajo de grado.

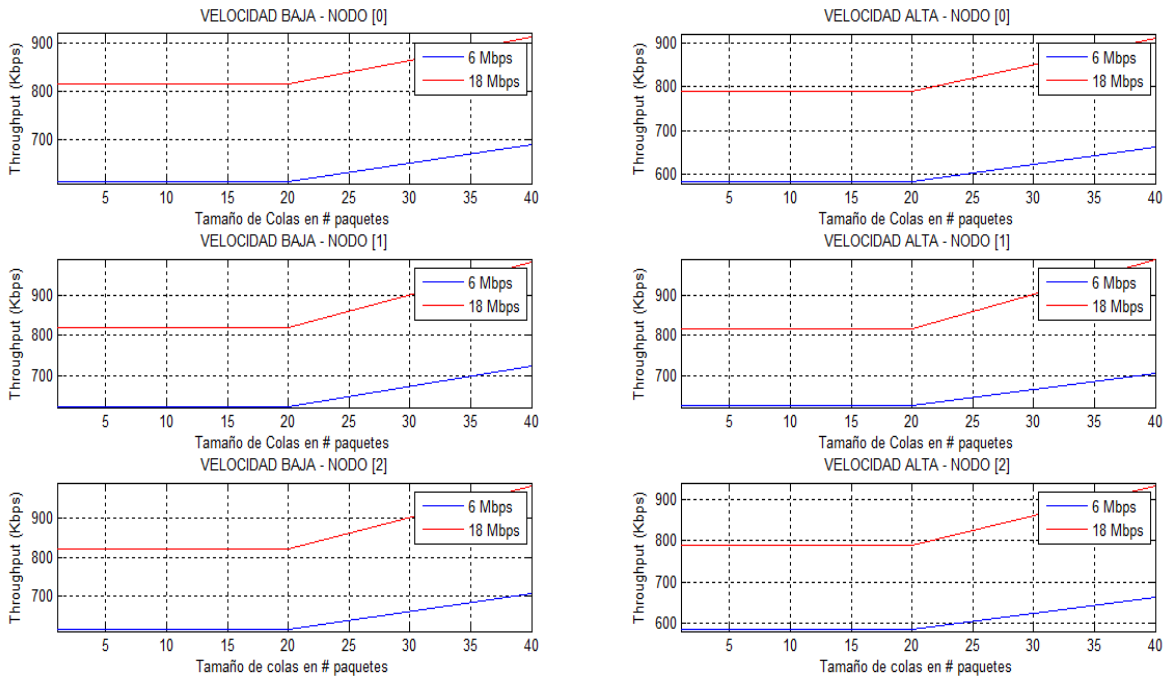


Figura A.6. *Throughput* en función del tamaño de colas.

La Figura A.7 muestra los valores de BER en función del tamaño de las colas, donde se observa que el tamaño de cola de 20 paquetes sigue siendo punto de inflexión para este parámetro de desempeño asociado a la red y el rendimiento de cada nodo mejora a partir de dicho tamaño; por lo que, puede concluirse que los valores de *throughput* y BER están estrechamente relacionados y presentan comportamientos similares.

Por otra parte, se tiene que para tasas de datos mayores, el valor de BER aumenta en comparación con tasas de datos menores, aunque dicha disminución en el desempeño de la red es mínimo y casi despreciable dados los resultados de simulación obtenidos.

Se confirma que el tamaño de cola de 20 paquetes es el punto de inflexión del valor de BER para cada nodo sin importar la velocidad o tasa de bits que presente, por lo que, en la práctica debe elegirse un valor mayor a 20 paquetes por cola para mejorar el desempeño general de las redes vehiculares operando bajo CSMA/CA.

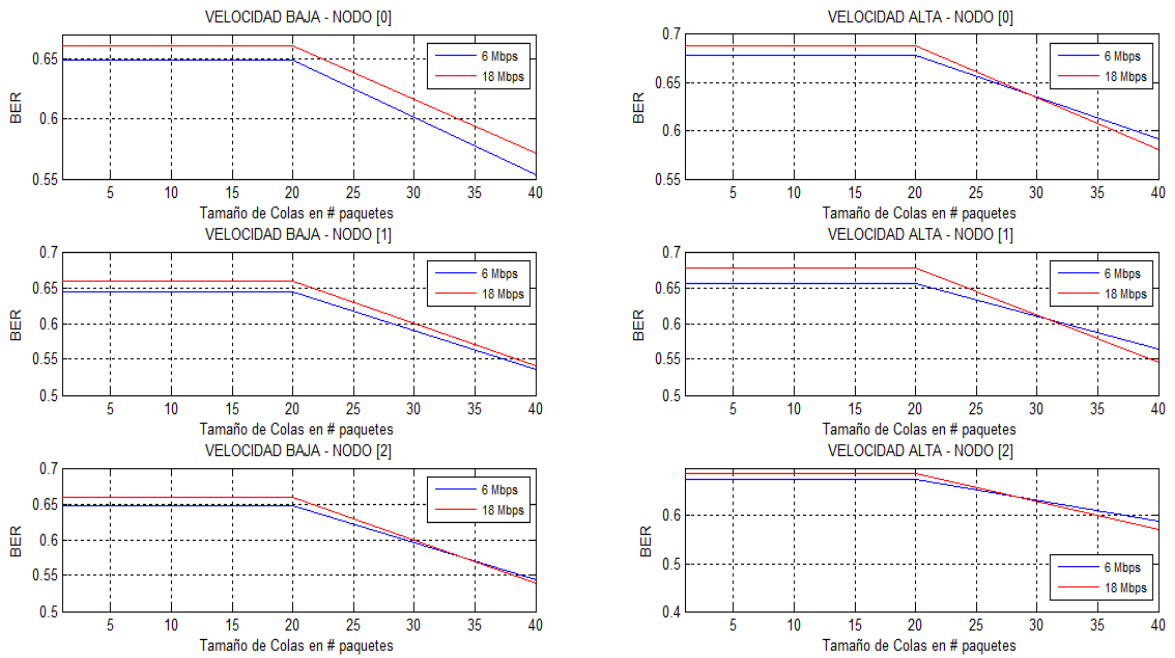


Figura A.7. Valores de BER en función del tamaño de colas.

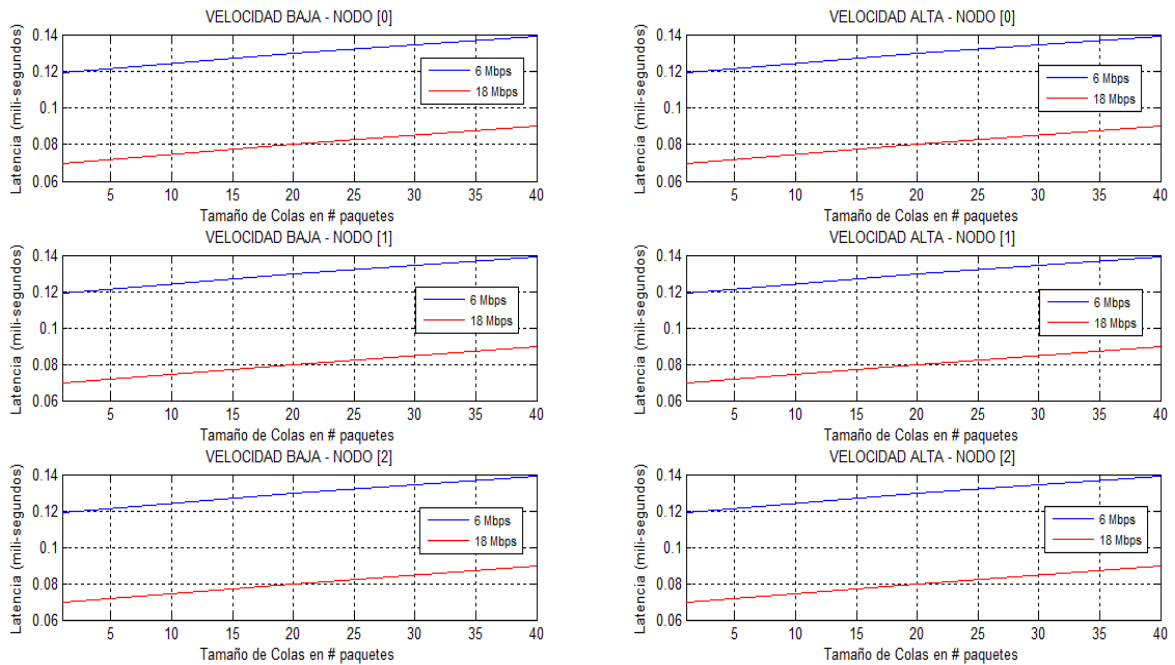


Figura A.8. Latencia en función del tamaño de colas.

La Figura A.8 presenta la latencia en función del tamaño de las colas. De esta figura puede verse que, el aumento en el tamaño de las colas es directamente proporcional a la latencia que presentan los paquetes transmitidos en la red. Ya no se presenta el punto de inflexión en el tamaño de cola de 20 paquetes y, puede decirse que no es ideal incrementar sin límite alguno el tamaño de las colas; puesto que esto incrementa el valor de latencia que presentan los paquetes, disminuyendo así la eficiencia de la red. Lo

anterior se debe tener en cuenta con un alto grado de prioridad para este caso que se manejan *beacons*, que son datos perecederos, los cuales pueden estar llegando bien al nodo receptor pero totalmente desactualizados y por lo tanto inservibles.

Por otra parte, sigue cumpliéndose la tendencia de que, para 18 Mbps se presenta un menor valor de latencia dada la mayor cantidad de información transmitida en el mismo tiempo y, al igual que con el AIFS, la latencia no se ve significat4amente afectada por la velocidad de los nodos en la red.

La Figura A.9 representa la probabilidad de enlace correcto para los nodos en estudio a velocidades baja y alta y a tasas de 6 y 18 Mbps respectivamente. De esta figura se observa que el punto de inflexión de 20 paquetes por cola regresa y el rendimiento de la red mejora al aumentar el tamaño de dichas colas. A 6 Mbps se presenta una mayor probabilidad de enlace, aunque la diferencia con la probabilidad a 18 Mbps no es muy significativa.

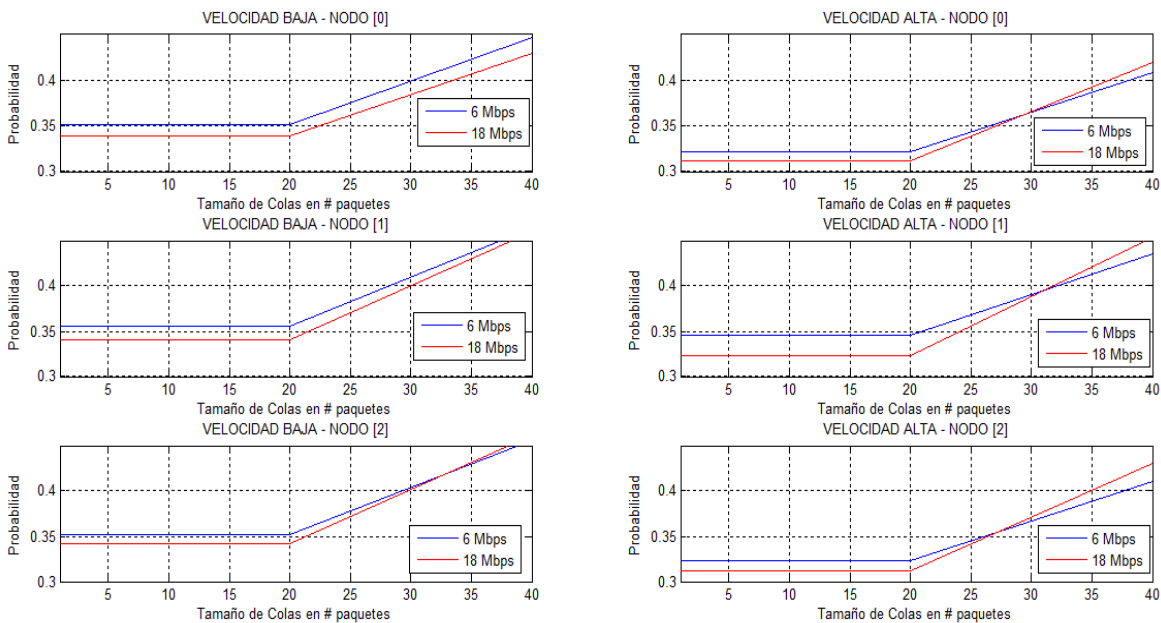


Figura A.9. Probabilidad de enlace correcto en función del tamaño de colas.

Finalmente, para el tamaño de las colas se tiene en cuenta la *tasa de paquetes descartados* antes que la tasa de paquetes perdidos, puesto que con la primera se sintetiza de mejor manera el impacto de la variación del tamaño de las colas en la red y se obtiene el comportamiento *real* acerca de su posible impacto en los paquetes que se pierden debido a su variación. Por lo anterior, la Figura A.10 muestra la *tasa de paquetes descartados* en función del número de paquetes por cola, de donde se observa que el punto de inflexión de 20 paquetes por cola sigue siendo relevante al presentarse como un punto de referencia al momento de la elección de éste parámetro asociado a la técnica de acceso.

Por otra parte, la *tasa de paquetes descartados* no se ve considerablemente afectada por el cambio de velocidad de los nodos, puesto que no se observan variaciones significativas entre gráficas. También se observa que, a menor tasa de transmisión de datos se presenta una menor tasa de paquetes descartados.

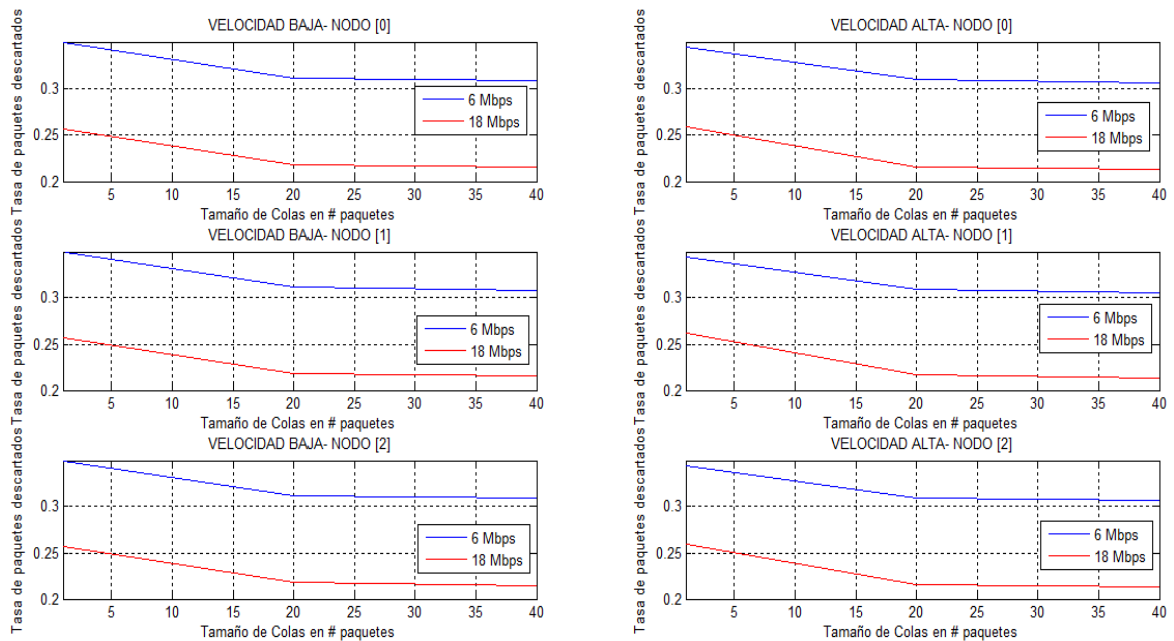


Figura A.10. Tasa de paquetes descartados en función del tamaño de colas.

A.1.3. VENTANA DE CONTENCIÓN (CW)

Al momento de modificar la ventana de contención para el escenario y casos estudiados se realizó una aproximación *promediando los valores* de cinco iteraciones realizadas, puesto que el simulador OMNeT++ toma un número aleatorio dentro del intervalo de la ventana de contención, cambiando dicho valor en cada iteración. Los intervalos *cerrados* seleccionados para el desarrollo de las simulaciones son: [3,7], [7,15] y [15, 1023]. Se debe insistir en que se elige aleatoriamente un valor de cada uno de estos intervalos y se multiplica por el valor de *time slot* (13 μ s) definido por el estándar IEEE 802.11p, obteniéndose el valor de *backoff*.

- ✓ **Caso 1 y 2: velocidades baja y alta**
 - **Sub-casos a) y b): 6 y 18 Mbps**

Para el caso del *throughput*, la Figura A.11 muestra los valores en cada intervalo correspondiente a las ventanas de contención analizadas. Se observa que para el intervalo más pequeño es donde se presenta un valor mayor de *throughput*, puesto que la probabilidad de elección recae entre 3 y 7, haciendo que el valor de *backoff* sea pequeño y, por consiguiente, el *throughput* aumente considerablemente en relación a los demás intervalos. Para los intervalos más grandes, el *throughput* es menor dado el mayor valor de *backoff*.

Por otra parte, el aumento en la velocidad de los nodos afecta el valor de *throughput* obtenido en cada ventana de contención, confirmándose lo descrito en el Capítulo 4 de este trabajo de grado.

Respecto a la tasa de datos, se observa un aumento considerable en el *throughput* para el nodo 2 operando en la ventana [3,7] y bajo una tasa de datos de 18 Mbps, llegando a órdenes de magnitud de 1 Mbps, lo cual sugiere que dicho nodo presentó las mejores condiciones de canal durante el transcurso de la simulación.

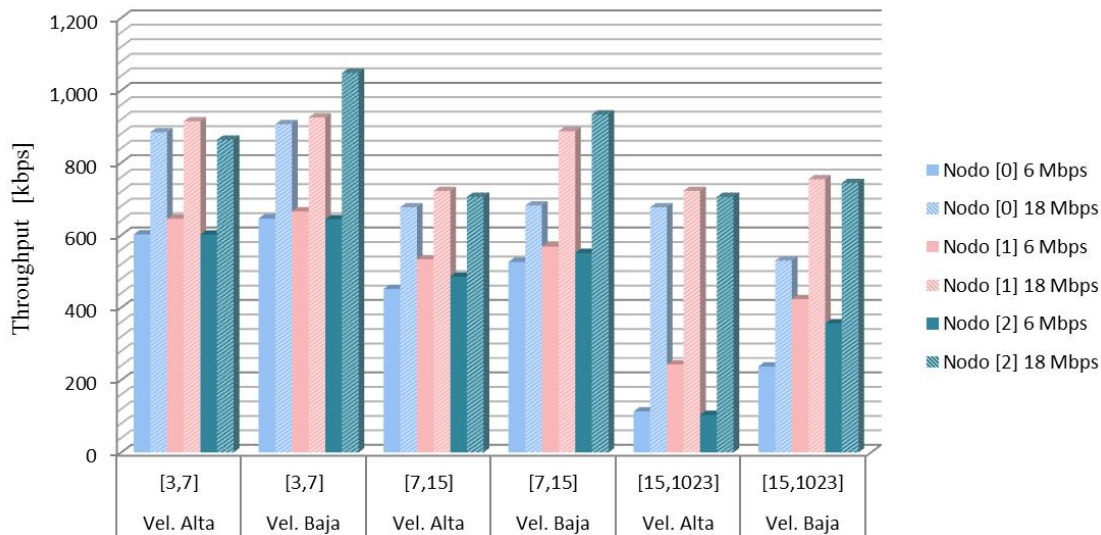


Figura A.11. Valores promedio de *throughput* en función de CW.

La Figura A.12 muestra los valores de BER obtenidos para cada ventana de contención estudiada. De dicha gráfica se destaca la tendencia mostrada en los parámetros de las secciones previas: la BER es inversamente proporcional al *throughput*, puesto que en el intervalo más grande se presenta el valor más alto de BER, llegando casi a la unidad; mientras que en el intervalo más reducido se obtiene el menor valor de BER, concordando con los resultados descritos anteriormente para AIFS y tamaño de colas.

Por otra parte, el aumento en la velocidad influye relativamente poco en el valor de BER, puesto que para este caso, al promediarse los valores de ventana de contención se disminuyen los posibles efectos de la velocidad.

Con relación a la tasa de datos se observa que para dos de tres de los nodos bajo estudio no presentan cambios significativos.

El comportamiento de la latencia en función de la ventana de contención se muestra en la Figura A.13, en donde se destaca que dicho parámetro es afectado considerablemente por el intervalo elegido, entre menor sea el intervalo, menor va a ser la latencia. Lo anterior se justifica porque el *backoff* obtenido de la multiplicación del número del intervalo por el *timeslot* es relevante al momento de los retardos que pueda presentar el paquete; dado que, al igual que el parámetro *tamaño de las colas*, el *backoff* influye en la latencia al presentarse *después* de la creación de los paquetes en el nodo transmisor.

Por otro lado, la velocidad de los nodos influye relativamente poco el valor de latencia presentada por cada nodo, como ya se había demostrado en el Capítulo 4 de este trabajo de grado.

Respecto a la tasa de datos se mantiene la tendencia mostrada en figuras anteriores, de que a una mayor tasa de datos menor es la latencia, debido a que se envía un mayor número de paquetes por unidad de tiempo.

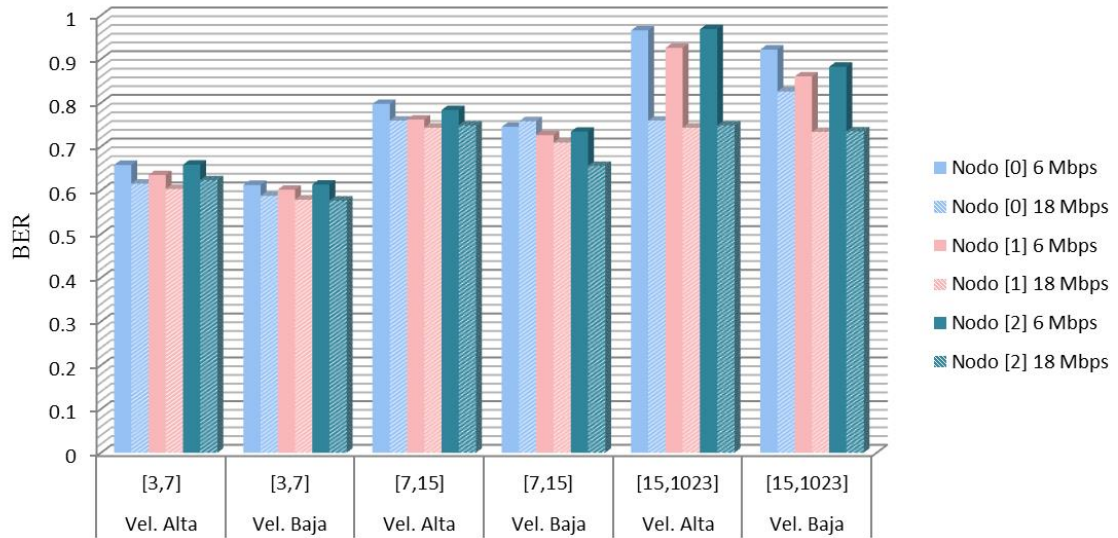


Figura A.12. Valores promedio de BER en función de CW.

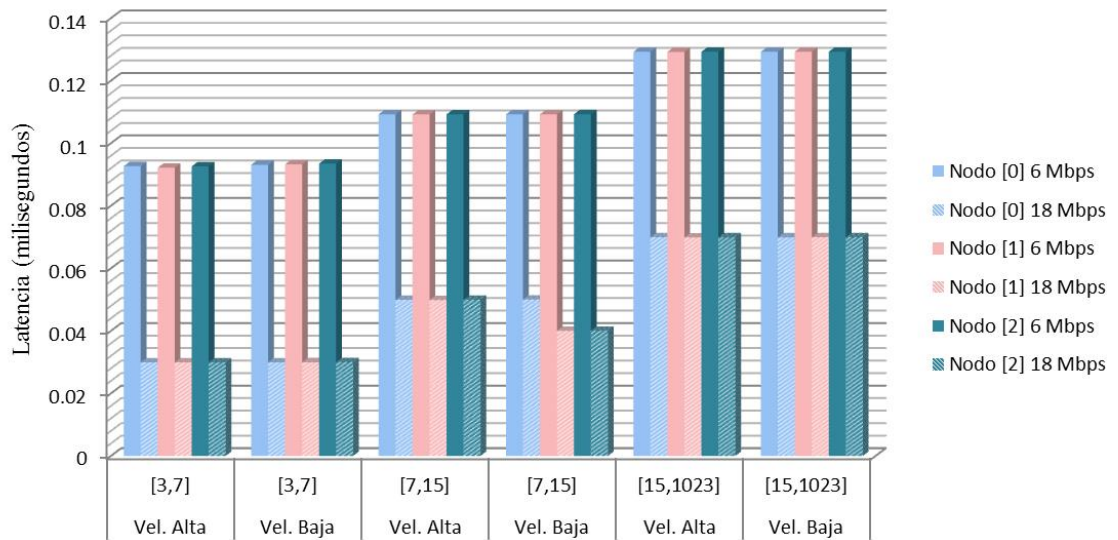


Figura A.13. Valores promedio de latencia en función de CW.

La Figura A.14 muestra los valores de probabilidad de enlace correcto para las tres ventanas de contención estudiadas. De esta figura se observa que un mayor valor de ventana incide en una menor probabilidad de enlace; puesto que el valor de *backoff* tiende a ser más elevado, por lo tanto el tiempo que invierte un nodo en una retransmisión es mucho mayor y por ende el desempeño de la red empeora de manera general.

Es preciso insistir en que, para el caso de [15, 1023] se obtuvo una probabilidad de enlace casi nula para el nodo 0, bajo las condiciones especiales de simulación descritas al principio de este anexo; principalmente porque al partir primero en la simulación, es el que se ve más afectado por el número de usuarios presentes en la red. Esta situación se ve aún más potencializada tras el aumento de la velocidad de los nodos, en donde los nodos en estudio presentan probabilidades de enlace correcto bastante cercanas a 0 en la ventana de contención más grande.

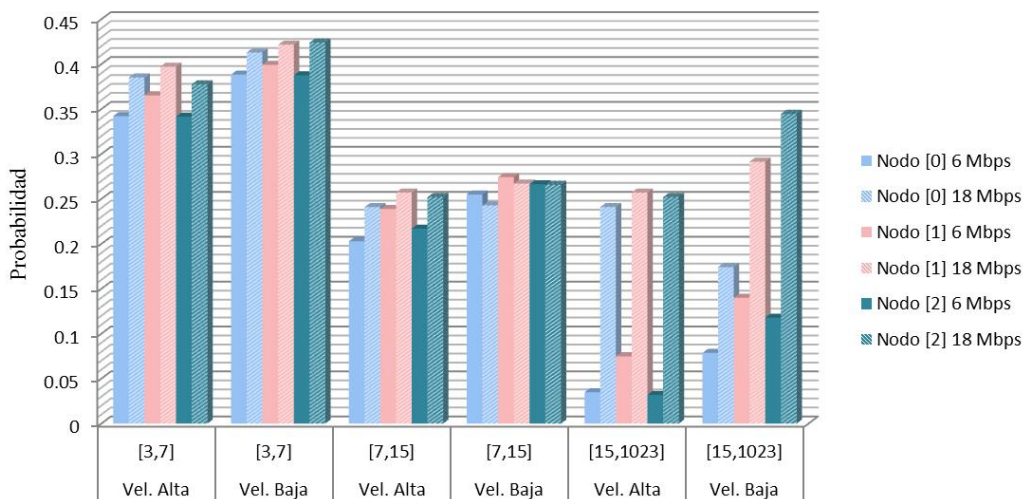


Figura A.14. Valores promedio de probabilidad de enlace correcto en función de CW.

Finalmente, la Figura A.15 presenta la tasa de paquetes perdidos en función del tamaño de la ventana de contención, en donde se mantiene la tendencia de que la ventana más grande es la de peor desempeño para los parámetros simulados y en especial el tipo de paquete transmitido por la red (*beacons*). Concordando con los resultados de la probabilidad de enlace correcto, la tasa de paquetes perdidos llega casi al 98% para el caso de la ventana [15,1023] y después de haber promediado el valor a elegir dentro de dicho intervalo.

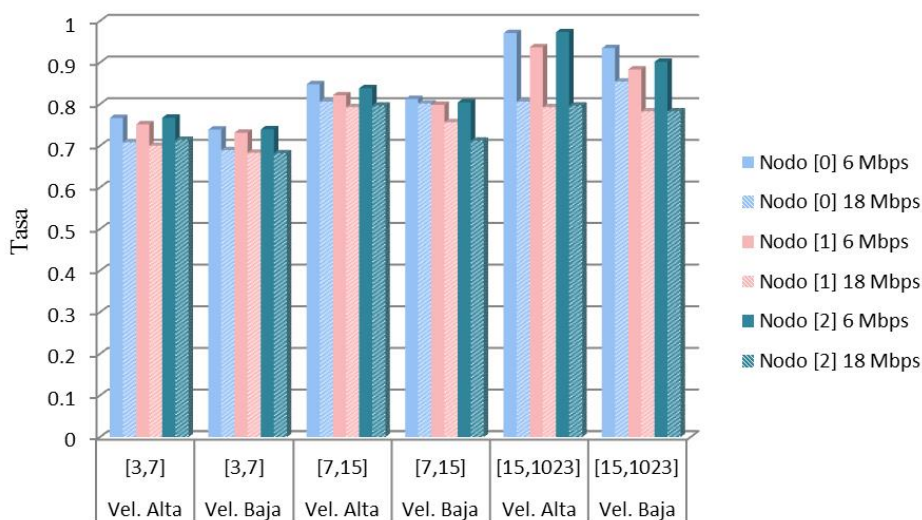


Figura A.15. Valores promedio de tasa de paquetes perdidos en función de CW.

Por lo anterior, puede concluirse que, para el caso de estudio, la ventana de contención más pequeña es la que mejores resultados arroja, teniendo en cuenta los parámetros de simulación descritos en el Capítulo 4 de este trabajo de grado.

Finalmente, después de analizar los parámetros asociados a la técnica de acceso, puede concluirse que para las particularidades que ofrecen los resultados de simulación obtenidos, se debe tener en cuenta que un menor valor de AIFS, un equilibrio entre el número de paquetes por tamaño de cola y su respectiva latencia generada, y una ventana de contención [3,7] son la combinación óptima para mejorar el desempeño de una comunicación de mensajes *beacons* en una red VANET operando con la técnica de acceso CSMA/CA.