

# Fundamentos de Redes

## Seminario 5: Resolución de problemas del Tema 3

Curso 2023/2024

Profesor: Jesús Minguillón, [minguillon@ugr.es](mailto:minguillon@ugr.es)



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



DPTO. TEORÍA DE LA SEÑAL,  
TELEMÁTICA Y COMUNICACIONES

# Ejercicio 1

Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

**Dadas dos entidades TCP (A y B) conectadas por una red cuya velocidad de transmisión es 100 Mbps, suponga segmentos de 1024 bytes y un RTT (Round Trip Time) constante de 2 mseg. Si A transmite masivamente datos a B ¿Cuánto tiempo tardará en transmitir 8 segmentos? Incluya el número de secuencia y de acuse en todos los segmentos TCP. Haga las suposiciones que estime necesarias.**



# Ejercicio 1

Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Dadas dos entidades TCP (A y B) conectadas por una red cuya velocidad de transmisión es 100 Mbps, suponga segmentos de 1024 bytes y un RTT (Round Trip Time) constante de 2 mseg. Si A transmite masivamente datos a B ¿Cuánto tiempo tardará en transmitir 8 segmentos? Incluya el número de secuencia y de acuse en todos los segmentos TCP. Haga las suposiciones que estime necesarias.

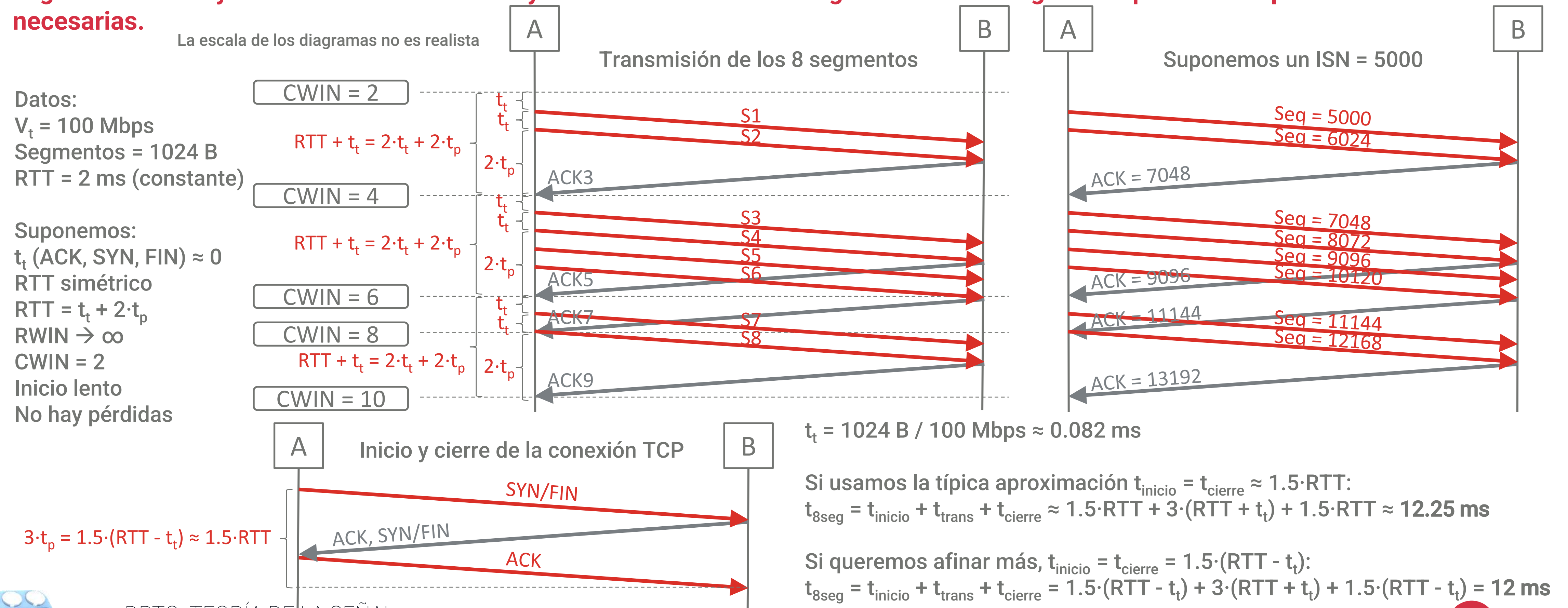
Evento	Acción del TCP receptor
Llegada ordenada de segmento, sin discontinuidad, todo lo anterior ya confirmado.	Retrasar ACK. Esperar recibir al siguiente segmento hasta 500 mseg. Si no llega, enviar ACK.
Llegada ordenada de segmento, sin discontinuidad, hay pendiente un ACK retrasado.	Inmediatamente enviar un único ACK acumulativo.
Llegada desordenada de segmento con núm. de secuen. mayor que el esperado, discontinuidad detectada.	Enviar un ACK duplicado, indicando el núm de secuen. del siguiente byte esperado.
Llegada de un segmento que completa una discontinuidad parcial o totalmente.	Confirmar ACK inmediatamente si el segmento comienza en el extremo inferior de la discontinuidad.



# Ejercicio 1

## Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Dadas dos entidades TCP (A y B) conectadas por una red cuya velocidad de transmisión es 100 Mbps, suponga segmentos de 1024 bytes y un RTT (Round Trip Time) constante de 2 ms. Si A transmite masivamente datos a B ¿Cuánto tiempo tardará en transmitir 8 segmentos? Incluya el número de secuencia y de acuse en todos los segmentos TCP. Haga las suposiciones que estime necesarias.



# Ejercicio 2

Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Suponga el envío de un fichero grande sobre una conexión TCP y suponga que el RTT (tiempo de ida y vuelta) es constante.

- a) Si CongWin es 1 MSS (tamaño del segmento) ¿cuánto tiempo como mínimo se necesitará para que CongWin sea 7 MSS? (suponga que no hay pérdidas y que no entra en la zona de prevención de congestión)
- b) ¿Cuál será el tamaño de CongWin tras 6 RTTs?
- c) Si CongWin es 101 MSS y está en la zona de prevención de la congestión ¿cuánto tiempo se necesitará para que CongWin sea 107 MSS?
- d) ¿Cuál será el throughput medio tras 6 RTTs desde el inicio de la transmisión?





# Ejercicio 2

## Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Suponga el envío de un fichero grande sobre una conexión TCP y suponga que el RTT (tiempo de ida y vuelta) es constante.

- Si CongWin es 1 MSS (tamaño del segmento) ¿cuánto tiempo como mínimo se necesitará para que CongWin sea 7 MSS? (suponga que no hay pérdidas y que no entra en la zona de prevención de congestión)
- ¿Cuál será el tamaño de CogWin tras 6 RTTs?
- Si CongWin es 101 MSS y está en la zona de prevención de la congestión ¿cuánto tiempo se necesitará para que CongWin sea 107 MSS?
- ¿Cuál será el throughput medio tras 6 RTTs desde el inicio de la transmisión?

a) Tiempo para pasar de CWIN = 1 MSS a CWIN = 7 MSS

Datos:

CWIN = 1 MSS

RTT constante

Inicio lento

Suponemos:

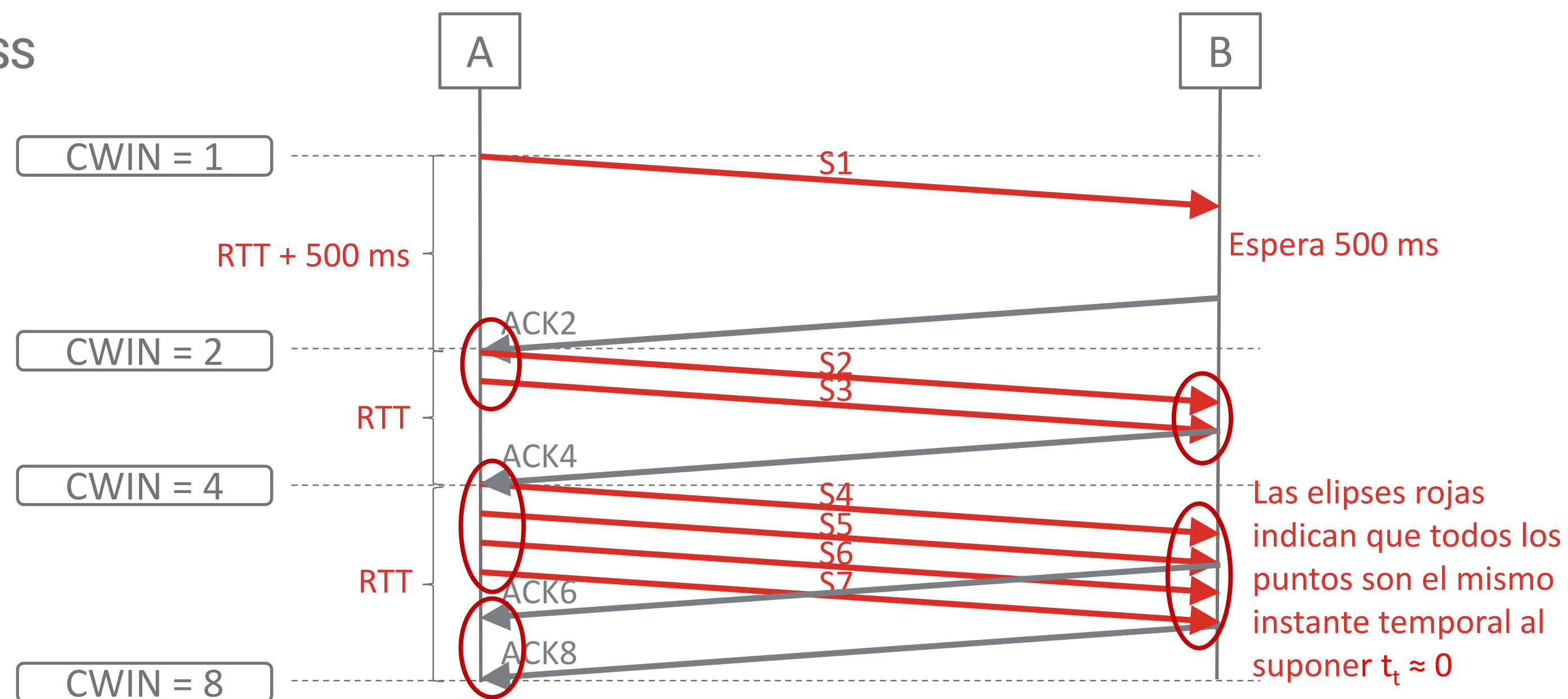
$t_t \approx 0$

RTT simétrico (mismo  $t_p$  de ida y vuelta)

$RTT = 2 \cdot t_p$

$RWIN \rightarrow \infty$

No hay pérdidas



La escala del diagrama no es realista

$$t_{CWIN=1 \text{ MSS} \rightarrow 7 \text{ MSS}} = 3 \cdot RTT + 500 \text{ ms}$$



# Ejercicio 2

Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Suponga el envío de un fichero grande sobre una conexión TCP y suponga que el RTT (tiempo de ida y vuelta) es constante.

- a) Si CongWin es 1 MSS (tamaño del segmento) ¿cuánto tiempo como mínimo se necesitará para que CongWin sea 7 MSS? (suponga que no hay pérdidas y que no entra en la zona de prevención de congestión)
- b) ¿Cuál será el tamaño de CogWin tras 6 RTTs?
- c) Si CongWin es 101 MSS y está en la zona de prevención de la congestión ¿cuánto tiempo se necesitará para que CongWin sea 107 MSS?
- d) ¿Cuál será el throughput medio tras 6 RTTs desde el inicio de la transmisión?

b) CWIN pasados 6 RTTs

Datos:

CWIN = 1 MSS

RTT constante

Inicio lento

Suponemos:

El primer RTT va con los 500 ms

Seguimos en inicio lento todo el rato

$t_t \approx 0$

RTT simétrico (mismo  $t_p$  de ida y vuelta)

$RTT = 2 \cdot t_p$

$RWIN \rightarrow \infty$

No hay pérdidas

Cada RTT, se transmite (confirmaciones incluidas) una ventana entera, sea cual sea el tamaño de ventana (porque  $t_t \approx 0$ ). En la zona de inicio lento, CWIN crece 1 MSS por segmento confirmado (i.e., se duplica el tamaño de la ventana cada vez que se confirma una ventana completa).

$$CWIN_{t=6 \cdot RTT} = 2^6 = 64 \text{ MSS}$$



# Ejercicio 2

Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Suponga el envío de un fichero grande sobre una conexión TCP y suponga que el RTT (tiempo de ida y vuelta) es constante.

- a) Si CongWin es 1 MSS (tamaño del segmento) ¿cuánto tiempo como mínimo se necesitará para que CongWin sea 7 MSS? (suponga que no hay pérdidas y que no entra en la zona de prevención de congestión)
- b) ¿Cuál será el tamaño de CogWin tras 6 RTTs?
- c) Si CongWin es 101 MSS y está en la zona de prevención de la congestión ¿cuánto tiempo se necesitará para que CongWin sea 107 MSS?
- d) ¿Cuál será el throughput medio tras 6 RTTs desde el inicio de la transmisión?

c) Tiempo para pasar de CWIN = 101 MSS a CWIN = 107 MSS

Datos:

CWIN = 101 MSS

RTT constante

Prevención de la congestión

Suponemos:

$t_t \approx 0$

RTT simétrico (mismo  $t_p$  de ida y vuelta)

$RTT = 2 \cdot t_p$

$RWIN \rightarrow \infty$

No hay pérdidas

Cada RTT, se transmite (confirmaciones incluidas) una ventana entera, sea cual sea el tamaño de ventana (porque  $t_t \approx 0$ ). En la zona de prevención de la congestión, CWIN crece 1 MSS por ventana completa confirmada.

$$t_{CWIN=101 \text{ MSS} \rightarrow 107 \text{ MSS}} = 6 \cdot RTT$$





# Ejercicio 2

Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Suponga el envío de un fichero grande sobre una conexión TCP y suponga que el RTT (tiempo de ida y vuelta) es constante.

- a) Si CongWin es 1 MSS (tamaño del segmento) ¿cuánto tiempo como mínimo se necesitará para que CongWin sea 7 MSS? (suponga que no hay pérdidas y que no entra en la zona de prevención de congestión)
- b) ¿Cuál será el tamaño de CogWin tras 6 RTTs?
- c) Si CongWin es 101 MSS y está en la zona de prevención de la congestión ¿cuánto tiempo se necesitará para que CongWin sea 107 MSS?
- d) ¿Cuál será el throughput medio tras 6 RTTs desde el inicio de la transmisión?

d) Throughput medio pasados 6 RTTs desde el inicio

Datos:

CWIN = 1 MSS

RTT constante

Inicio lento

Suponemos:

El primer RTT va con los 500 ms

Seguimos en inicio lento todo el rato

$t_t \approx 0$

RTT simétrico (mismo  $t_p$  de ida y vuelta)

$RTT = 2 \cdot t_p$

$RWIN \rightarrow \infty$

No hay pérdidas

Tras 1 RTT se ha transmitido 1 MSS (confirmación incluida), tras 2 RTTs se han transmitido 2 MSS más, tras 3 RTTs se han transmitido 4 MSS más, etc. Tras 6 RTTs, se han transmitido  $1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 = 63$  MSS.

$$Th_{t=6 \cdot RTT} = 63 \text{ MSS} / (6 \cdot RTT + 500 \text{ ms})$$



# Ejercicio 3

Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Suponga dos entidades TCP A y B con la siguiente configuración: el valor inicial de la ventana de congestión es 3 MSS; el tamaño del buffer en recepción es 4 MSS; la aplicación receptora consume 1 MSS cada 30 milisegundos. Suponiendo que el round trip time (RTT) es de 10 milisegundos y que no hay pérdidas ni descartes de paquetes, ¿cuánto tiempo tarda la entidad A en enviar 8 segmentos TCP con datos a la entidad B? Considere despreciable el tiempo que se tarda en emitir los segmentos por los interfaces de red.



# Ejercicio 3

## Ejercicio TCP: RTT, número de secuencia y acuse de recibo

Suponga dos entidades TCP A y B con la siguiente configuración: el valor inicial de la ventana de congestión es 3 MSS; el tamaño del buffer en recepción es 4 MSS; la aplicación receptora consume 1 MSS cada 30 milisegundos. Suponiendo que el round trip time (RTT) es de 10 milisegundos y que no hay pérdidas ni descartes de paquetes, ¿cuánto tiempo tarda la entidad A en enviar 8 segmentos TCP con datos a la entidad B? Considere despreciable el tiempo que se tarda en emitir los segmentos por los interfaces de red.

Datos:

CWIN = 3 MSS

RWIN = 4 MSS

RTT = 10 ms (constante)

Se consume 1 MSS en B cada 30 ms

$t_t \approx 0$

Suponemos:

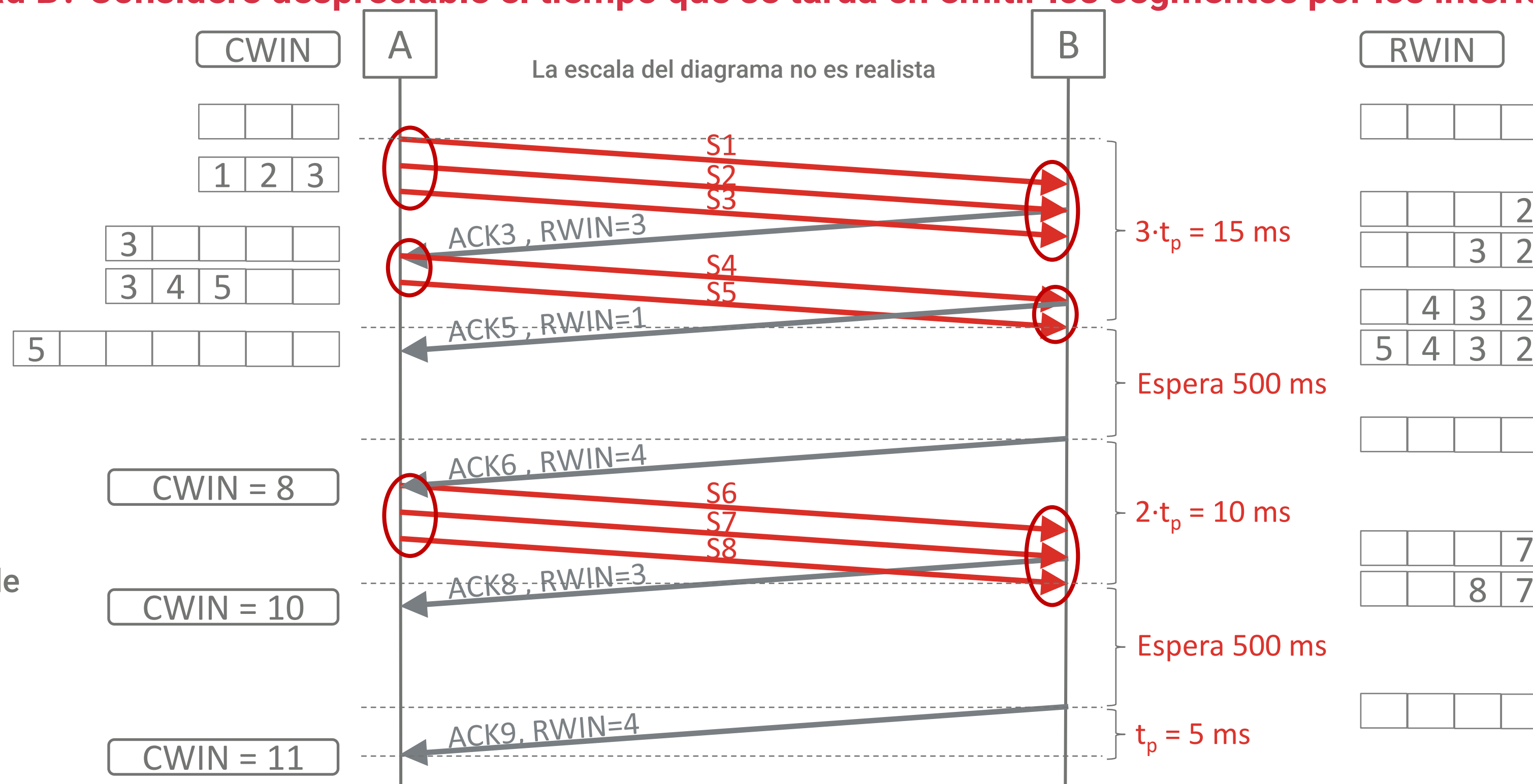
RTT simétrico (mismo  $t_p$  de ida y vuelta)

RTT =  $2 \cdot t_p$

Inicio lento

No hay pérdidas

Aquí no vamos a tener en cuenta tiempos de inicio y cierre de la conexión. Además, se considera que el proceso que toma los segmentos del buffer del receptor está disponible al inicio, por lo que el primer segmento que llega directamente pasa al proceso (no se almacena en memoria).



Las elipses rojas indican que todos los puntos son el mismo instante temporal al ser  $t_t \approx 0$ . Los segmentos S1 y S6 entran directamente al proceso que va consumiendo segmentos. La ventana de envío será siempre el mínimo entre CWIN y RWIN (restando al tamaño de ambas los segmentos enviados y no confirmados)

$t_{8seg} = 1030$  ms



# Ejercicio 4

## Ejercicio Teórico

**Explique las diferencias en objetivos y funcionamiento entre el control de flujo y el control de congestión en TCP. ¿Cómo ayudan los routers en el control de congestión de TCP? ¿Y en el control de flujo?**





# Ejercicio 4

## Ejercicio Teórico

**Explique las diferencias en objetivos y funcionamiento entre el control de flujo y el control de congestión en TCP. ¿Cómo ayudan los routers en el control de congestión de TCP? ¿Y en el control de flujo?**

- **Control de flujo TCP.** Su objetivo es garantizar que el flujo que sale del emisor sea entregado, a la aplicación que hay por encima del TCP receptor, sin pérdidas, sin discontinuidades y en orden. El control de flujo permite al receptor de una transmisión controlar la tasa de envíos del emisor, para evitar que éste lo sature (llenando su buffer, por ejemplo) y pudieran llegar a perderse segmentos al tener que descartarse en la recepción. Este control lo realiza, por tanto, el receptor en una transmisión, por medio del campo WIN de la cabecera de TCP (es la ventana ofertada del receptor al emisor, la RWIN del ejercicio anterior), en el que se especifica el número de bytes que podría transmitir el emisor. Si este número menos el número de segmentos sin confirmar es cero, el emisor queda “bloqueado” (se queda sin ventana de envío para seguir transmitiendo segmentos) hasta recibir un nuevo valor de WIN que le permita continuar transmitiendo segmentos. El receptor se encarga de entregar todo ordenado y sin discontinuidades a la aplicación que tiene por encima. Incluso si hay alguna discontinuidad por pérdidas durante la transmisión, el receptor puede corregirla dejando el hueco correspondiente en su buffer (mientras sigue guardando segmentos posteriores), solicitando la retransmisión del segmento perdido y colocándolo en dicho hueco cuando llegue, entregando así todo completo y en orden a la aplicación que tiene por encima.
- **Control de congestión TCP.** Se lleva a cabo por el emisor y su objetivo es intentar evitar la congestión de la red durante la transmisión que, de producirse, conllevaría la pérdida de segmentos. Dicho control se hace aplicando un mecanismo de gestión de los segmentos a enviar, en el que se considera una ventana de congestión (CWIN) que, junto con la ventana ofertada por el receptor (RWIN), define la ventana de envío disponible, es decir, cuántos segmentos pueden ser transmitidos consecutivamente sin recibir confirmaciones. En general, va aumentando mientras no haya muestras de congestión en la red. Si se produce un evento relacionado con la congestión, como la pérdida de algún segmento, la ventana de envíos se reducirá en una proporción. El control de congestión lo realiza el emisor en una transmisión.
- **Routers.** Los routers no incorporan funcionalidades para realizar un control de flujo ni de congestión a nivel de capa de transporte. Si bien se podría considerar que pueden ayudar al control de congestión, mediante los mecanismos de conformación de tráfico (se controla la tasa de generación de paquetes sobre la red) o con los métodos que implementan para definir perfiles de tráfico con determinada prioridad, asociados a Calidad de Servicio (Quality of Service, QoS). Por ejemplo, se puede dar prioridad a transmisiones asociadas a streaming de vídeo sobre la red que gestione el router, evitando saturar la misma con otro tipo de tráfico.

