Reparto justo con pesos (*max-min weighted fair*)

Max-min *Weighted* Fair Share

- En ocasiones se desea una asignación preferente a unos flujos frente a otros
- Se asocia esta preferencia con unos pesos w_1, w_2, ..., w_n
- Extensión:
  - Los recursos se asignan en orden de demanda creciente, normalizada por el peso
  - Ningún cliente recibe más de lo que solicita
  - Aquellos cuya demanda no se pueda satisfacer se reparten el remanente del recurso en proporción a sus pesos

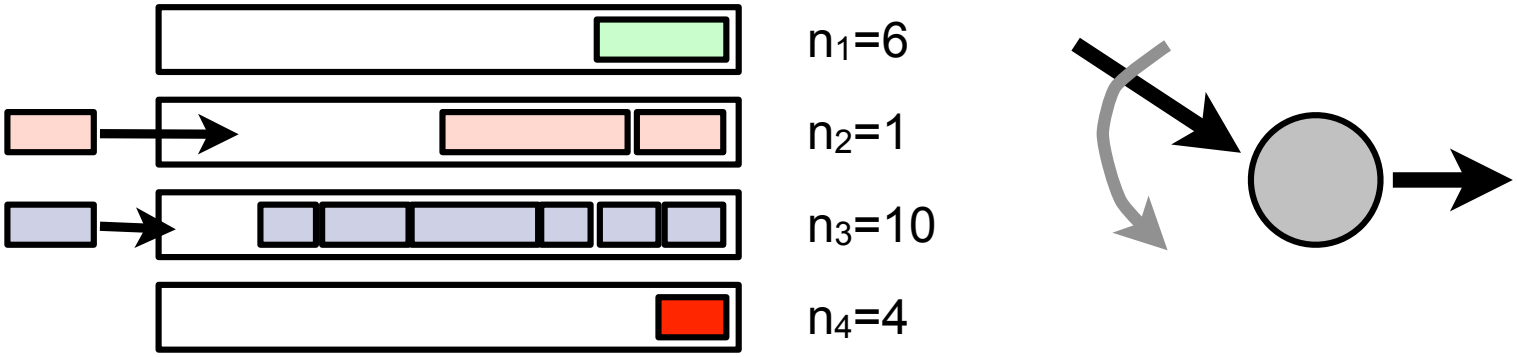
Max-min WFS (Ejemplo)

- Recurso: 20. Demandas: 4, 2, 10 y 8. Pesos: 2.5, 4, 0.5 y 1
- Normalización de los pesos:
  - Que el menor valga 1
  - Pesos normalizados: 5, 8, 1 y 2
- En vez de 4 clientes es como si hubiera 5+8+1+2 = 16
- C/n = 20/16 = 1.25
- La asignación a cada uno sería:
  - (5x1.25=) 6.25, (8x1.25=) 10, (1x1.25=) 1.25 y (2x1.25=) 2.5
  - El cliente 1 obtiene 6.25 pero solicitaba 4 luego sobra 2.25
  - El cliente 2 obtiene 10 pero solicitaba 2 luego sobra 8
  - El cliente 3 obtiene 1.25 pero solicita 10 (insuficiente)
  - El cliente 4 obtiene 2.5 pero solicita 8 (insuficiente)
- Ha sobrado 2.25 + 8 = 10.25 a repartir entre los clientes 3 y 4
  - Sus pesos ya están normalizados (1 y 2). C/n = 10.25 / 3 = 3.417
  - El cliente 3 obtiene 3.417 adicional, en total 1.25+3.417 = 4.667 (insuficiente)
  - El cliente 4 obtiene 6.834 adicional, en total 2.5+6.834 = 9.334, sobra 1.334
  - Lo que sobra del cliente 4 se asigna al cliente 3 y así recibe 4.667+1.334
- Asignación final: 4, 2, 6, 8

Weigthed Round Robin

Weighted Round Robin (WRR)

- Opera por “turnos”. Un peso para cada clase
- Se normaliza el peso por el tamaño medio de paquete en la clase $\frac{\phi(i)}{s_i}$
- Normaliza el resultado para que sean enteros
- En cada turno visita cada cola (en RR) y sirve tantos paquetes como su peso normalizado
- Ejemplo:
  - Pesos: 0.03, 0.05, 1 y 0.5
  - Tamaños medios: 50, 500, 1000 y 1200 bytes
  - Renormalizados según tamaños medios: 0.0006, 0.0001, 0.001 y 0.0004
  - Renormalizados a enteros: 6, 1, 10, 4



Weighted Round Robin (WRR)

Problemas

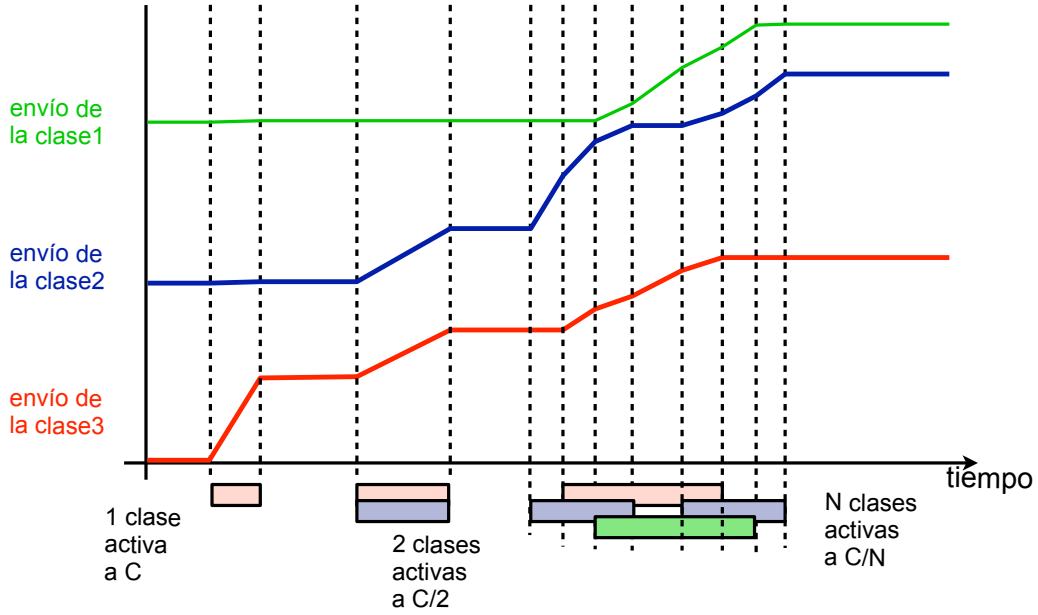
- Necesita saber el tamaño medio de paquete de cada clase
- Más sencillo si los paquetes son de tamaño constante
- Es justo solo por encima de la escala de la duración del turno
- Ejemplo:
  - Enlace T3 (45Mbps)
  - 500 PVCs ATM con peso 1 y 500 PVCs con peso 10
  - Supongamos que todos los PVCs tiene tráfico
  - Un turno requiere enviar: 500 x 1 + 500 x 10 = 5500 celdas ➔ 51.82 ms
  - Por debajo de una escala de 50ms unos PVCs reciben más que otros
- El retardo que sufre una clase depende del número de clases que haya
- Hay implementaciones que lo combinan con una cola de prioridad

Weighted Fair Queueing

GPS

- Partiendo de *Processor Sharing* se asocia un peso $\phi(i)$ a cada cola y entonces la cantidad de servicio es proporcional al mismo
- Ofrece *weighted max-min fairness* y lo llamamos *Generalized Processor Sharing (GPS)*
- En cualquier caso, en la realidad no podemos servir fluidos sino que servimos paquetes así que solo podremos aproximarlo
- Round Robin es una aproximación a PS
- WRR es una aproximación a GPS

$$c_i = C \frac{\phi(i)}{\sum \phi(i)}$$

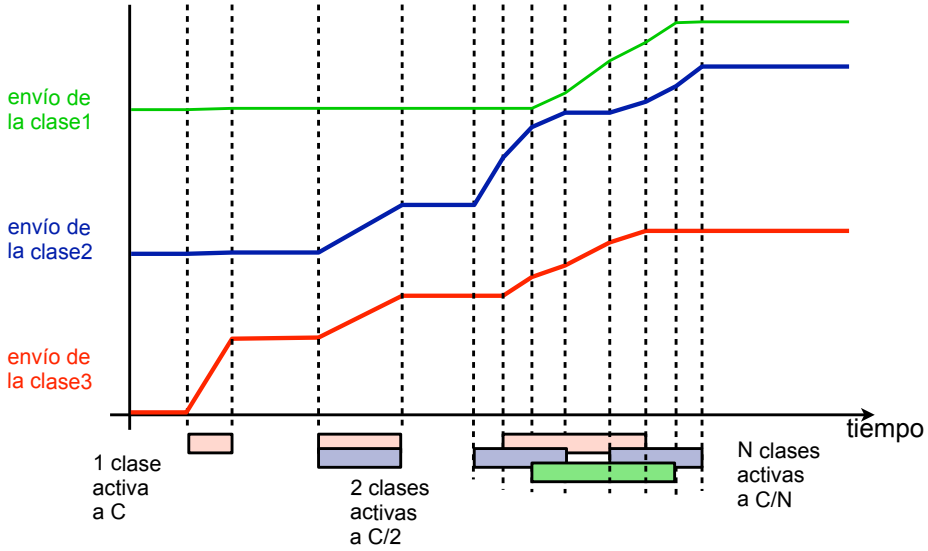


WFQ

- *Weighted Fair Queueing*
- Aproximación de GPS (*Generalized Processor Sharing*) para el caso de paquetes
- Equivalente a PGPS (*Packet-by-packet Generalized Processor Sharing)*
- No requiere conocer el tamaño medio de paquete
- Emplea un reloj virtual
- Calcula el final virtual en que se enviaría cada paquete en el caso ideal GPS
- Se envían en orden de tiempo final virtual
- Más complejo de implementar
- Puede ofrecer *worst-case bounds*
- En resumen
  - Simular GPS
  - Enviar los paquetes en el mismo orden que GPS

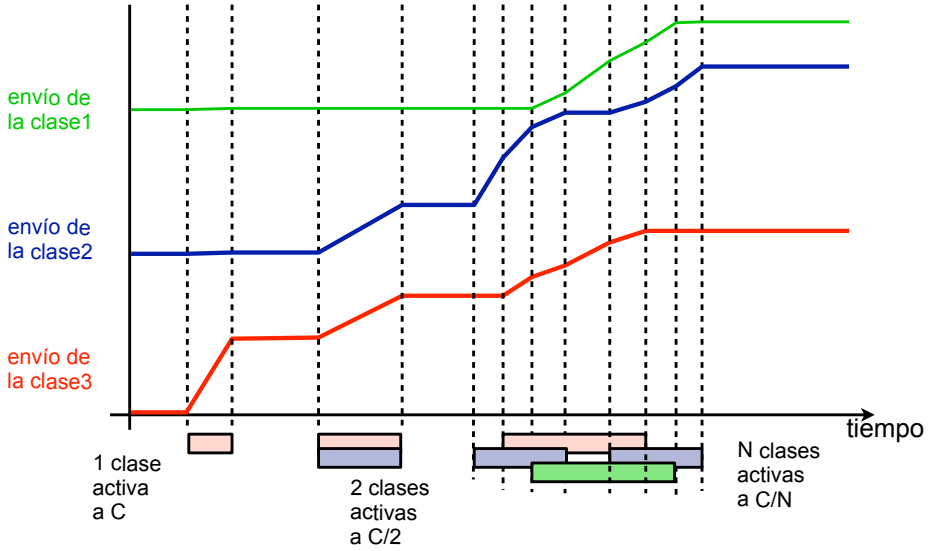
WFQ

- Se simulan “turnos” (*rounds*)
- Supongamos que no hay pesos
- Supongamos que GPS no sirve fluido perfecto sino bit-a-bit
- **En cada turno se envía 1 bit de cada flujo**
- El número de turno (*round number*) es el número de turnos bit-a-bit que se han completado en un instante
- Así, cuantos más flujos activos simultáneos hay, más despacio se incrementa el turno con el tiempo
- Ignoramos el servir bit-a-bit si definimos el round number como un valor que crece inversamente proporcional al número de flujos activos



WFQ

- Un paquete **k** del flujo **i** que llega en el instante **t**
- Su *finish number F(i,k,t)* :
  - Si flujo está inactivo: el *round number* actual + el tamaño en bits
  - Si flujo está activo: máx[F(i,k-1,t), round_number] + tamaño en bits
- Una vez calculado para un paquete no hay que recalcularlo ante nuevas llegadas
- Si llega a una cola llena se descartan paquetes en orden decreciente de finish number hasta que quepa



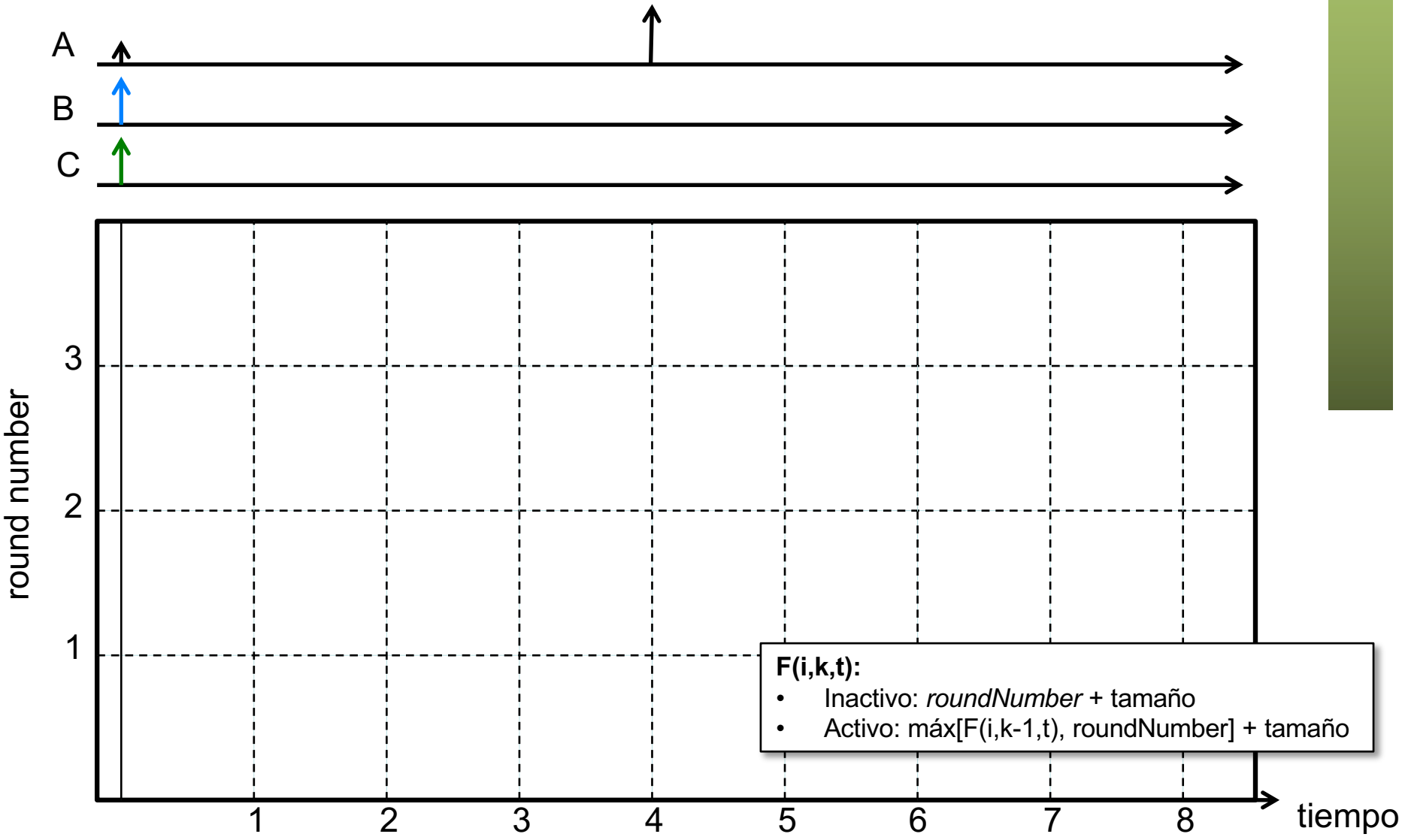
WFQ

- Calcular el round number es complejo
- Hay que hacerlo para cada paquete que llega y por cada uno que se envía
- En el caso con pesos a la hora de calcular el finish number:
  - Si flujo inactivo: el *round number* actual + tamaño / peso
  - Si flujo activo: máx[F(i,k-1,t), round_number] + tamaño / peso
- y el round number se incrementa con el inverso de la suma de los pesos
- Existen variantes para simplificar este cálculo:
  - Self-Clocked Fair Queuing (SCFQ)
  - Start-Time Fair Queuing

WFQ: Ejemplo

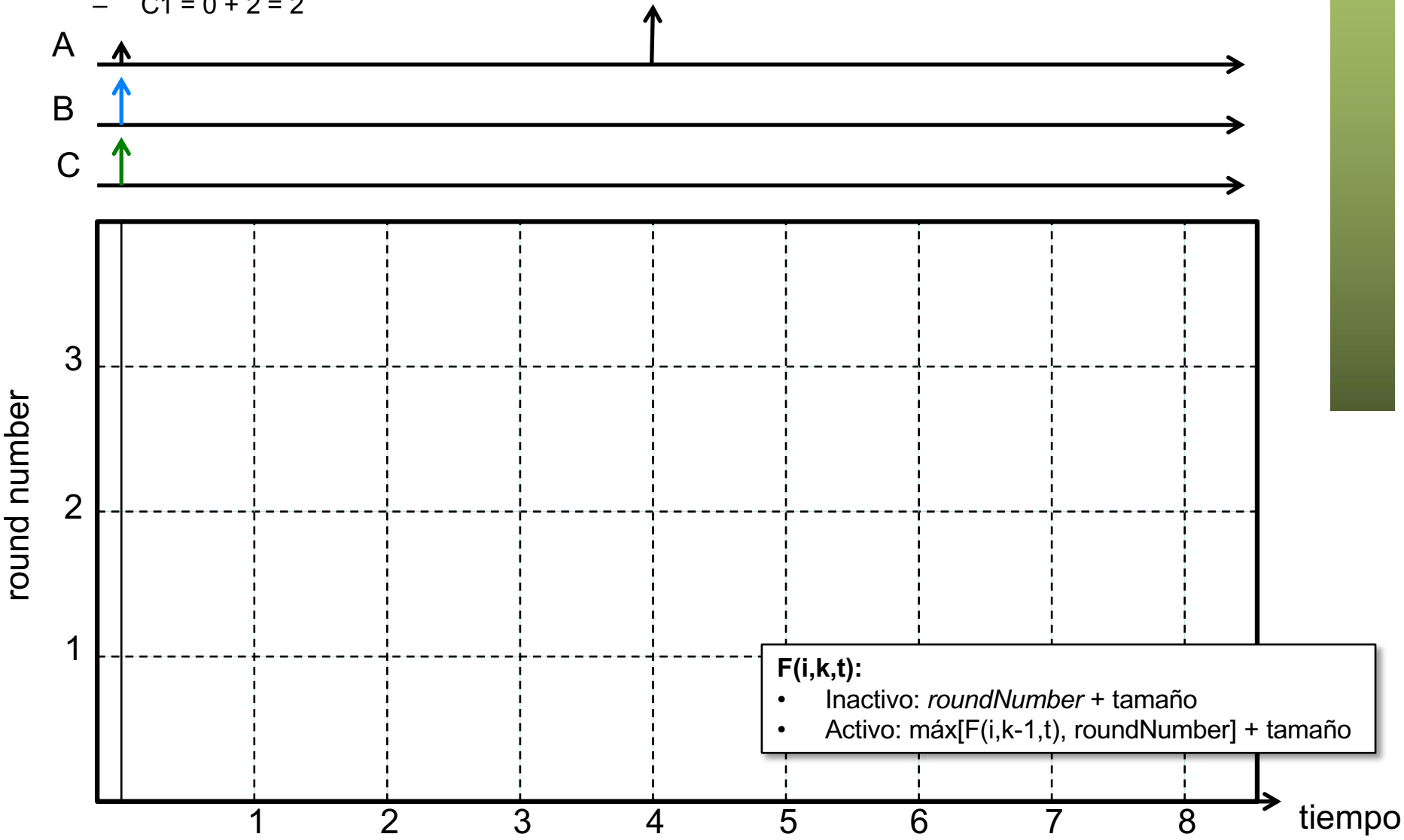
WFQ (Ejemplo)

- Enlace a 1 unidad/s
- Llegadas de tamaños 1, 2 y 2 unidades en t=0 y de tamaño 2 unidades en t=4



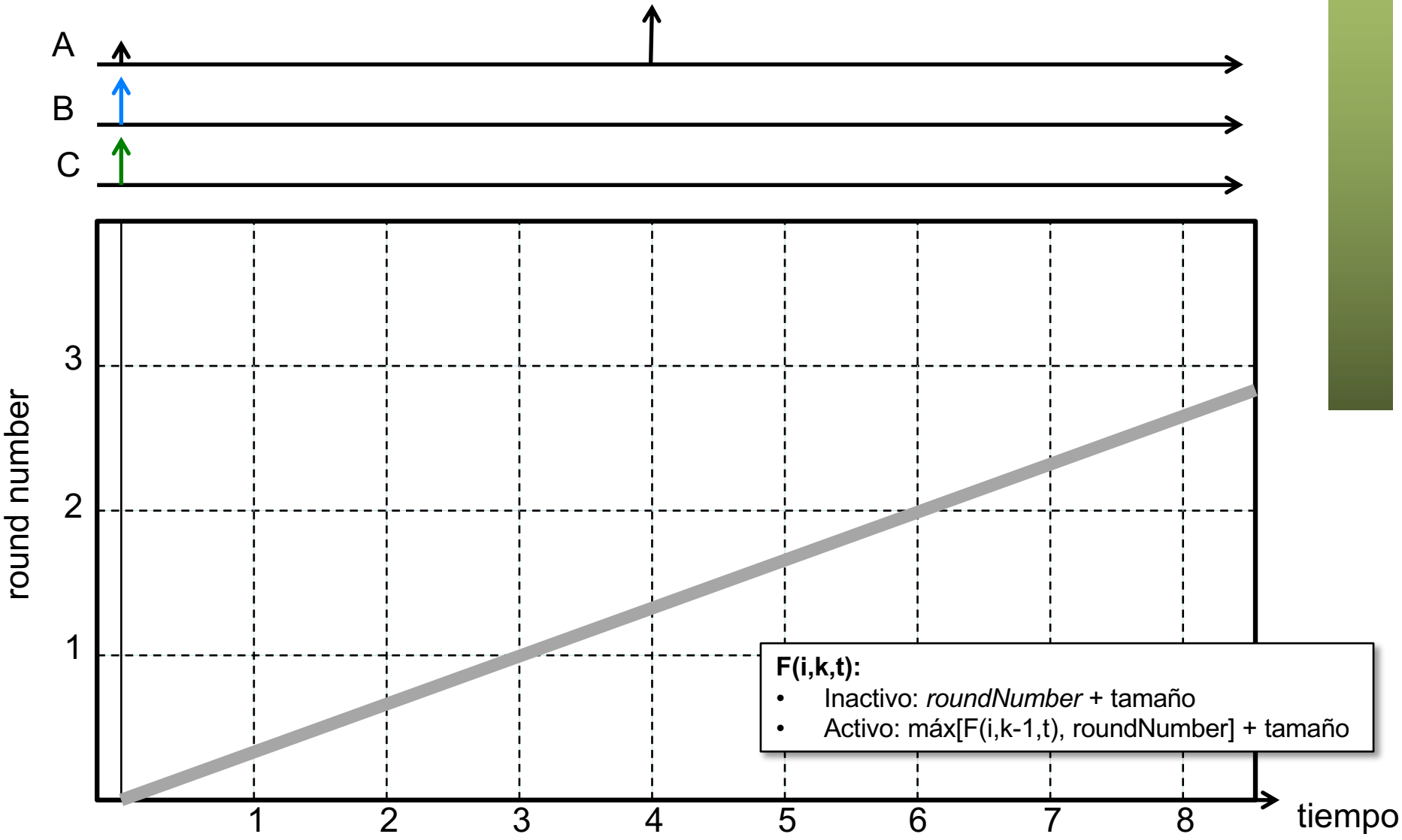
WFQ (Ejemplo)

- Finish numbers:
  - A1 = 0 + 1 = 1
  - B1 = 0 + 2 = 2
  - C1 = 0 + 2 = 2



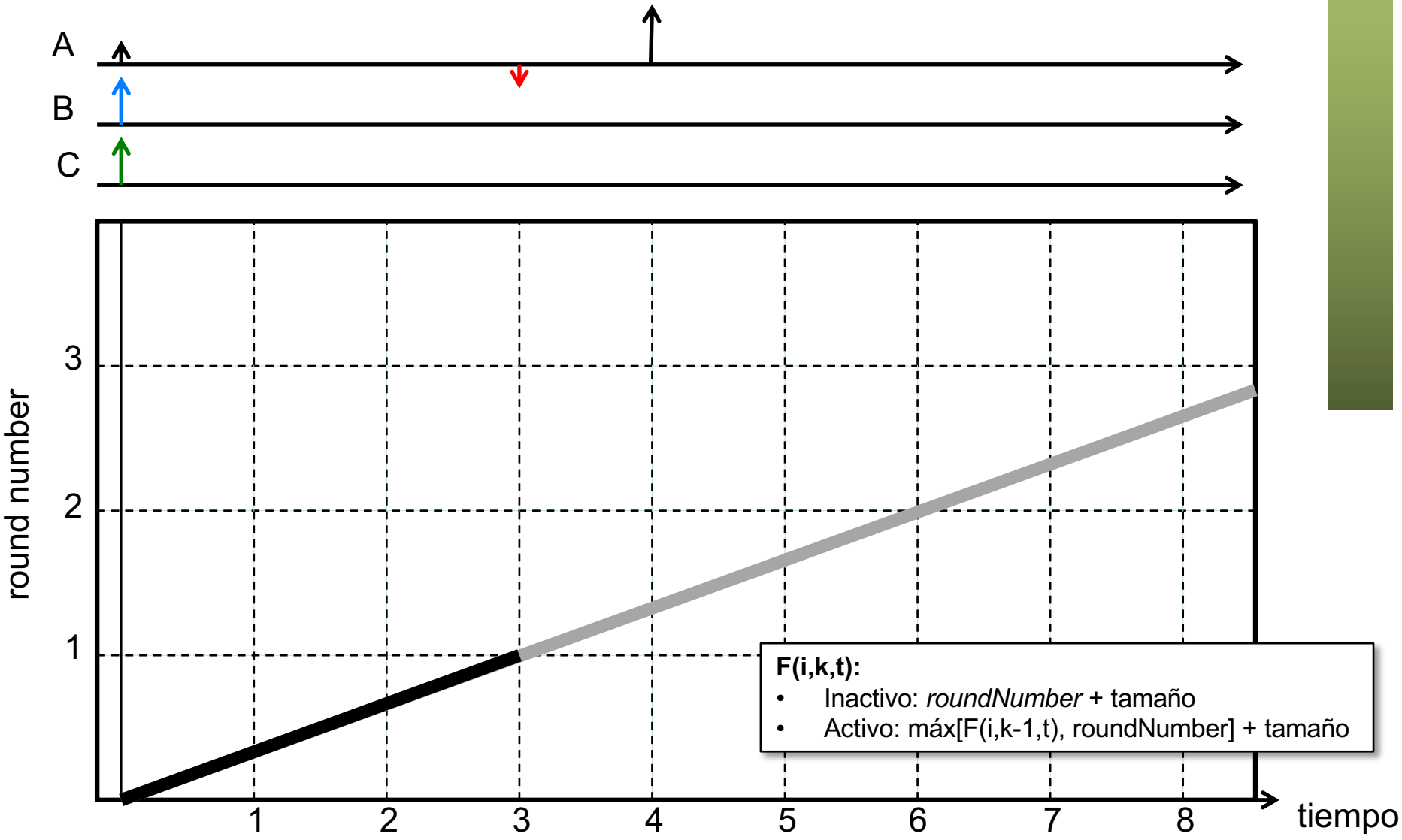
WFQ (Ejemplo)

- Hay 3 flujos a enviar simultáneamente
- El round number se incrementa a C/3 = 1/3 por unidad de tiempo



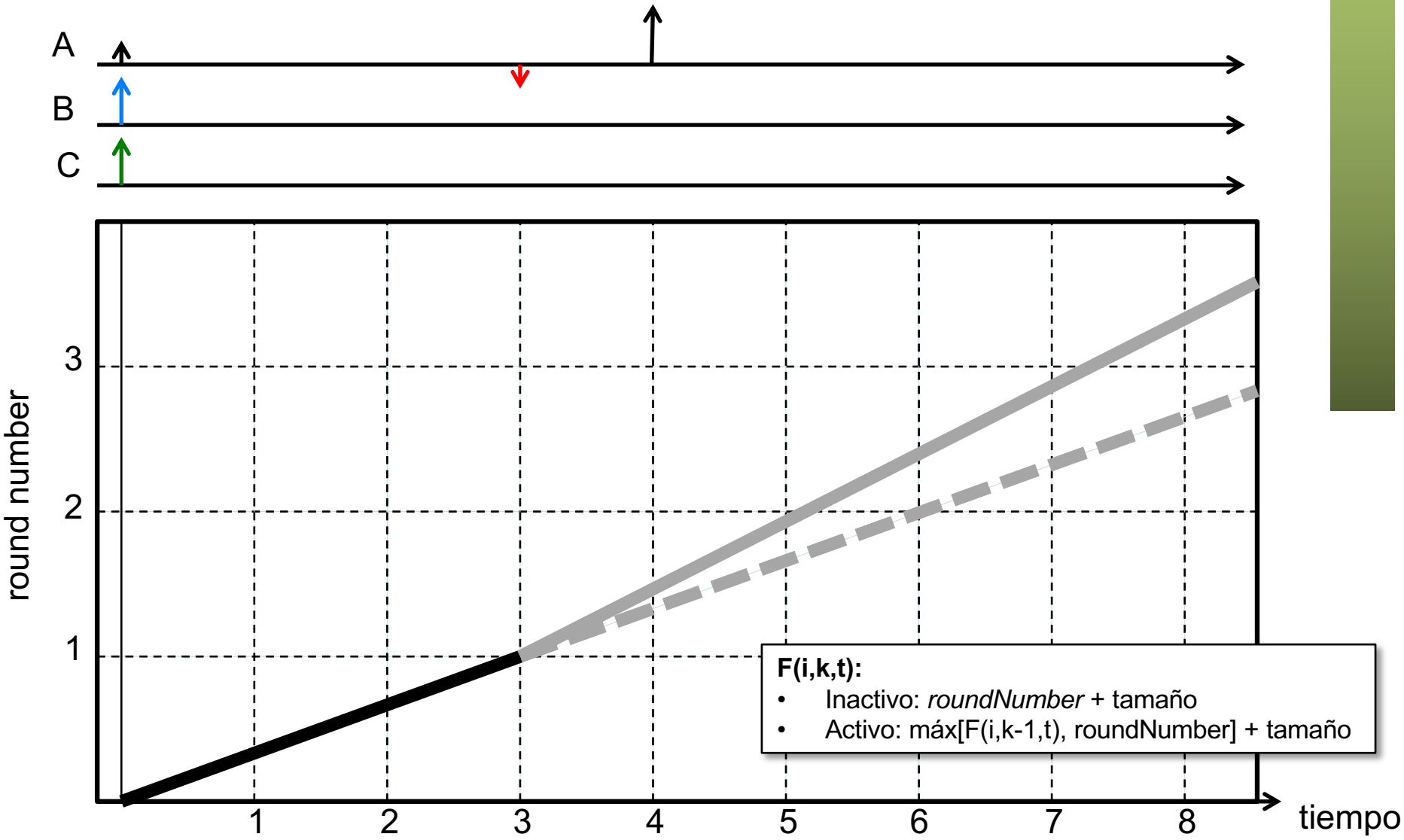
WFQ (Ejemplo)

- En el instante t=3 se han servido 3 bits, eso es uno por flujo y por lo tanto termina el round 1 y termina de enviarse A1



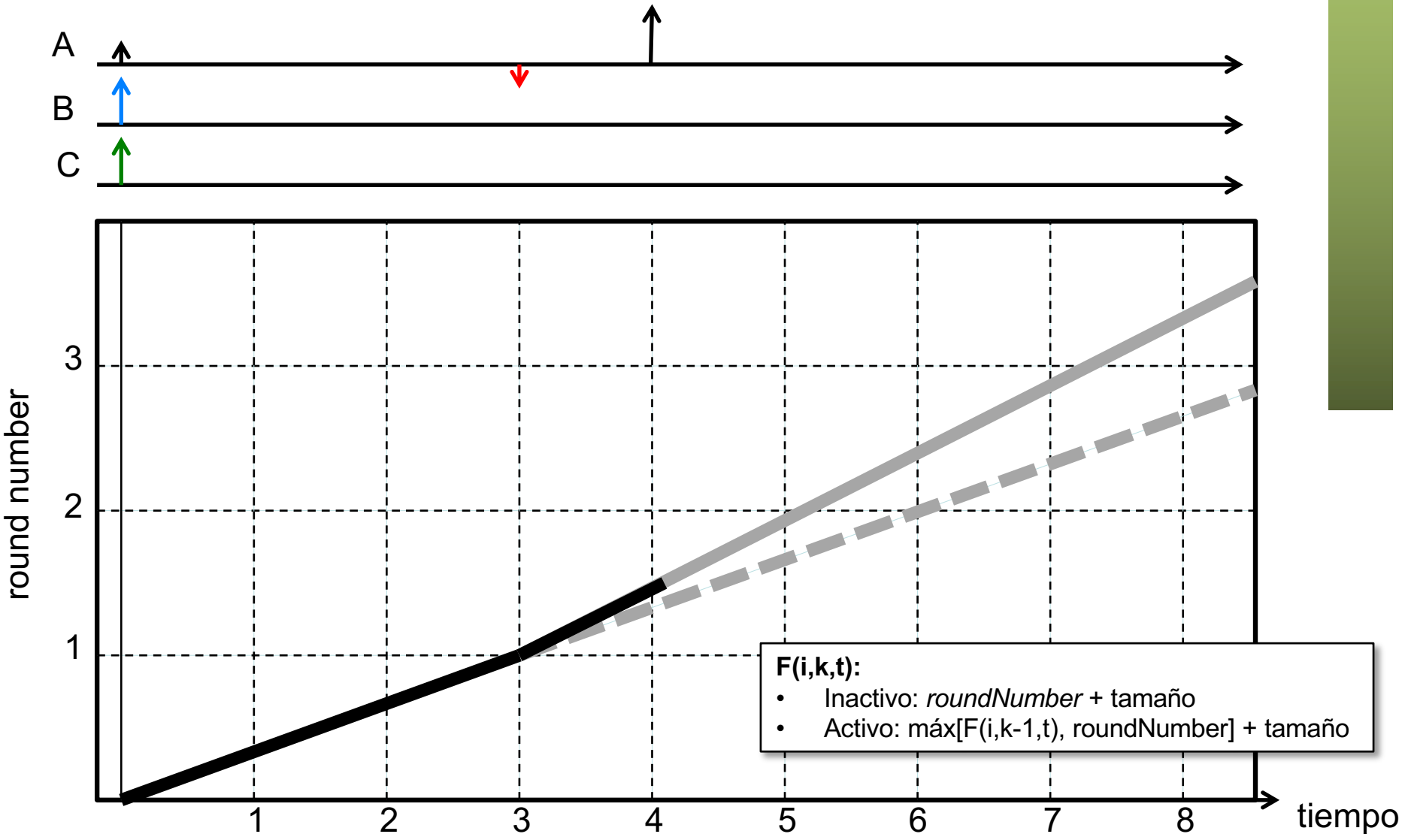
WFQ (Ejemplo)

- A partir de ahí se siguen sirviendo B1 y C1 con finish number = 2
- Al haber dos flujos activos crece el round number a 1/2



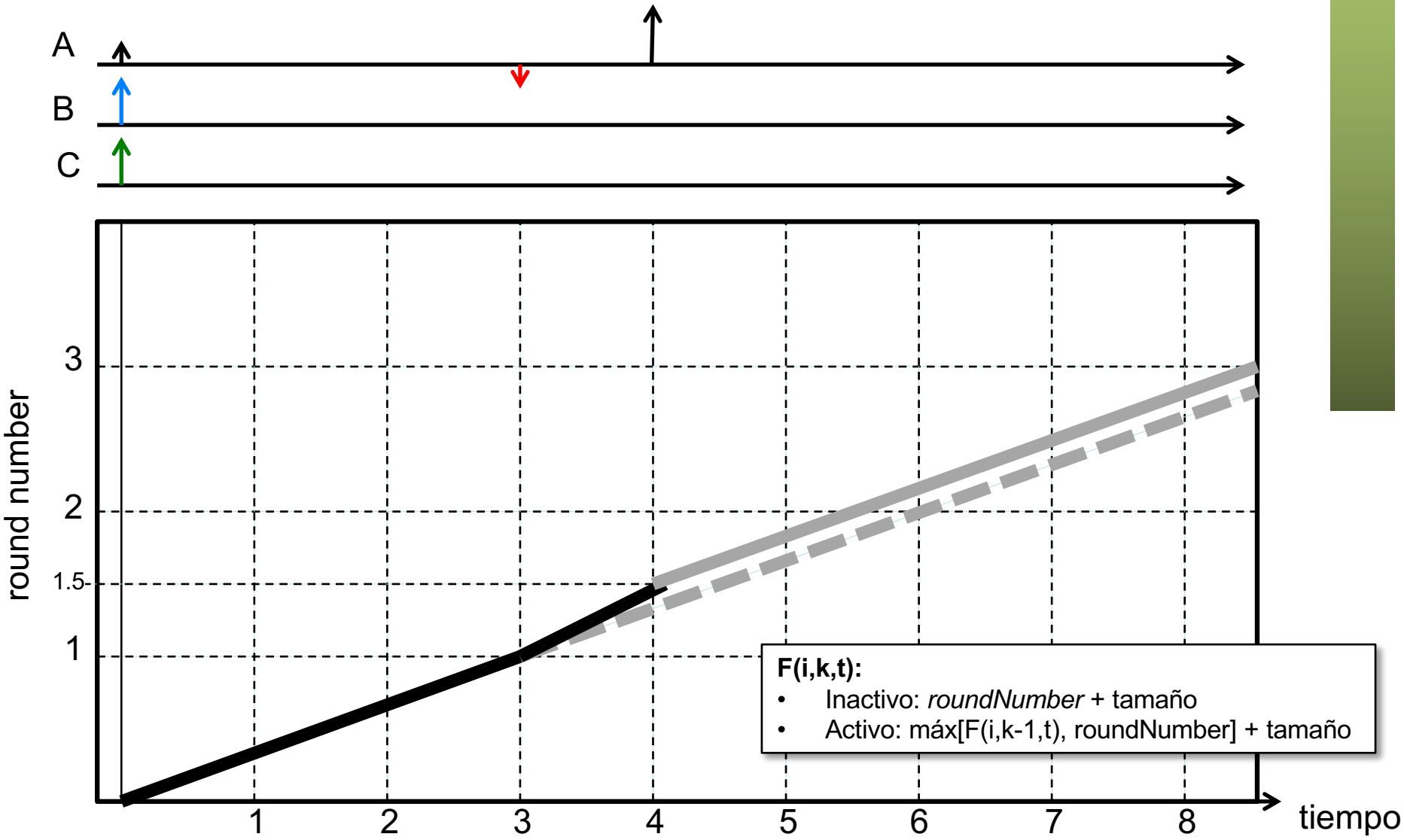
WFQ (Ejemplo)

- B1 y B2 terminarían de enviarse al alcanzar round number = 2 (t = 5) pero llega antes A2



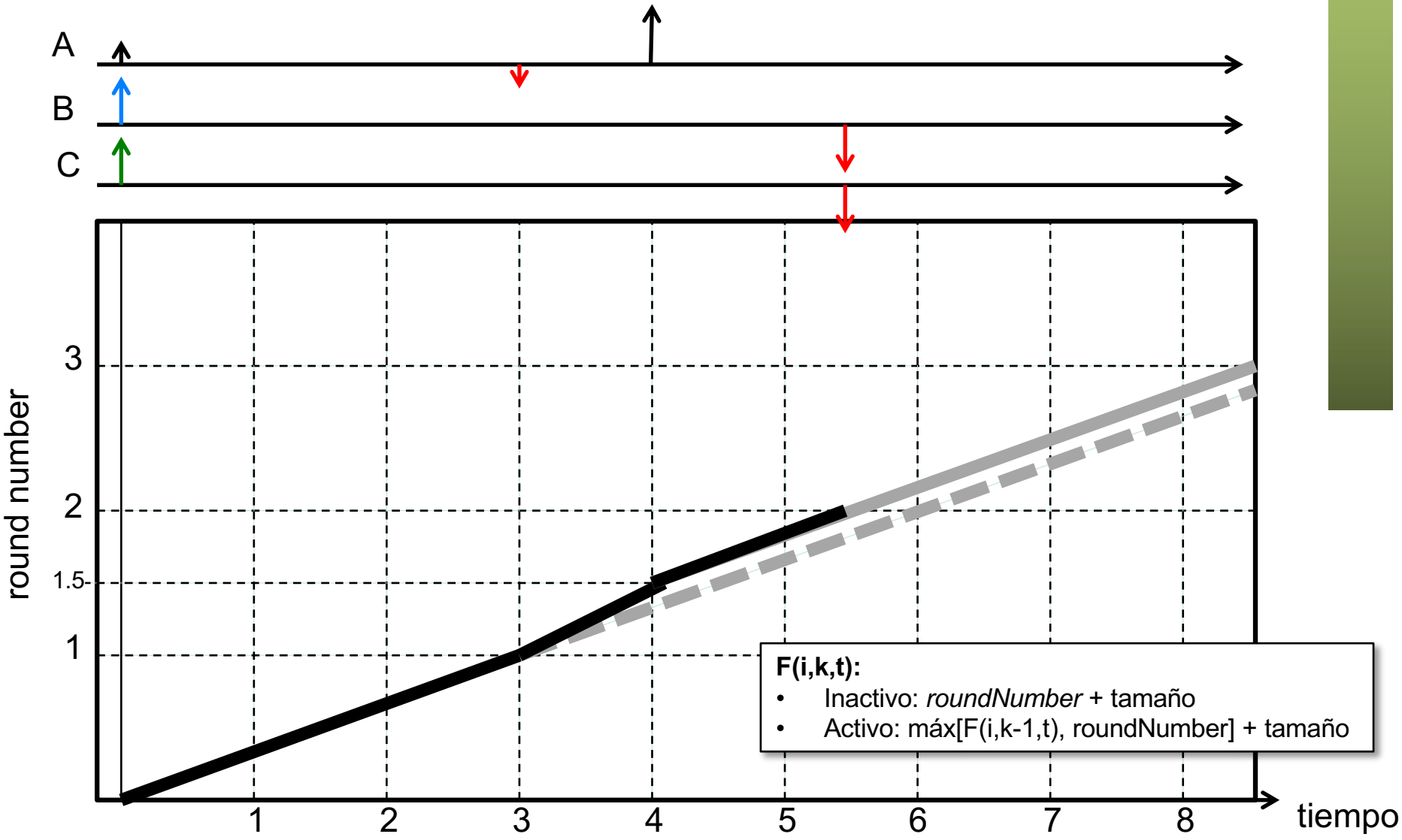
WFQ (Ejemplo)

- Finish number de A2 es 1.5 + 2 = 3.5
- A partir de t=4 vuelve a haber 3 flujos simultáneos



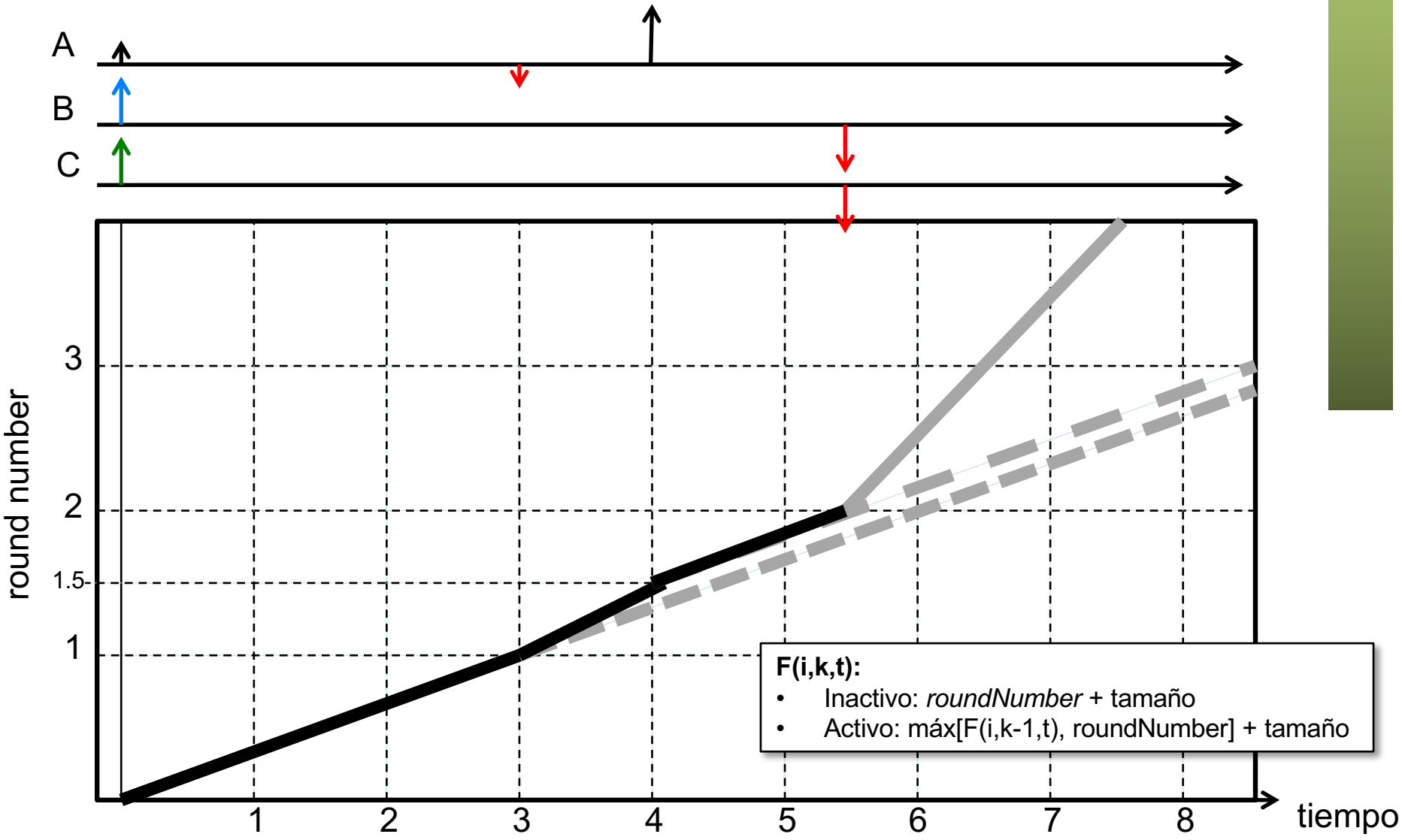
WFQ (Ejemplo)

- Se alcanza el round number 2 en t = 4 + 0.5/(1/3) = 5.5
- Entonces se completaría el envío GPS de B1 y C1



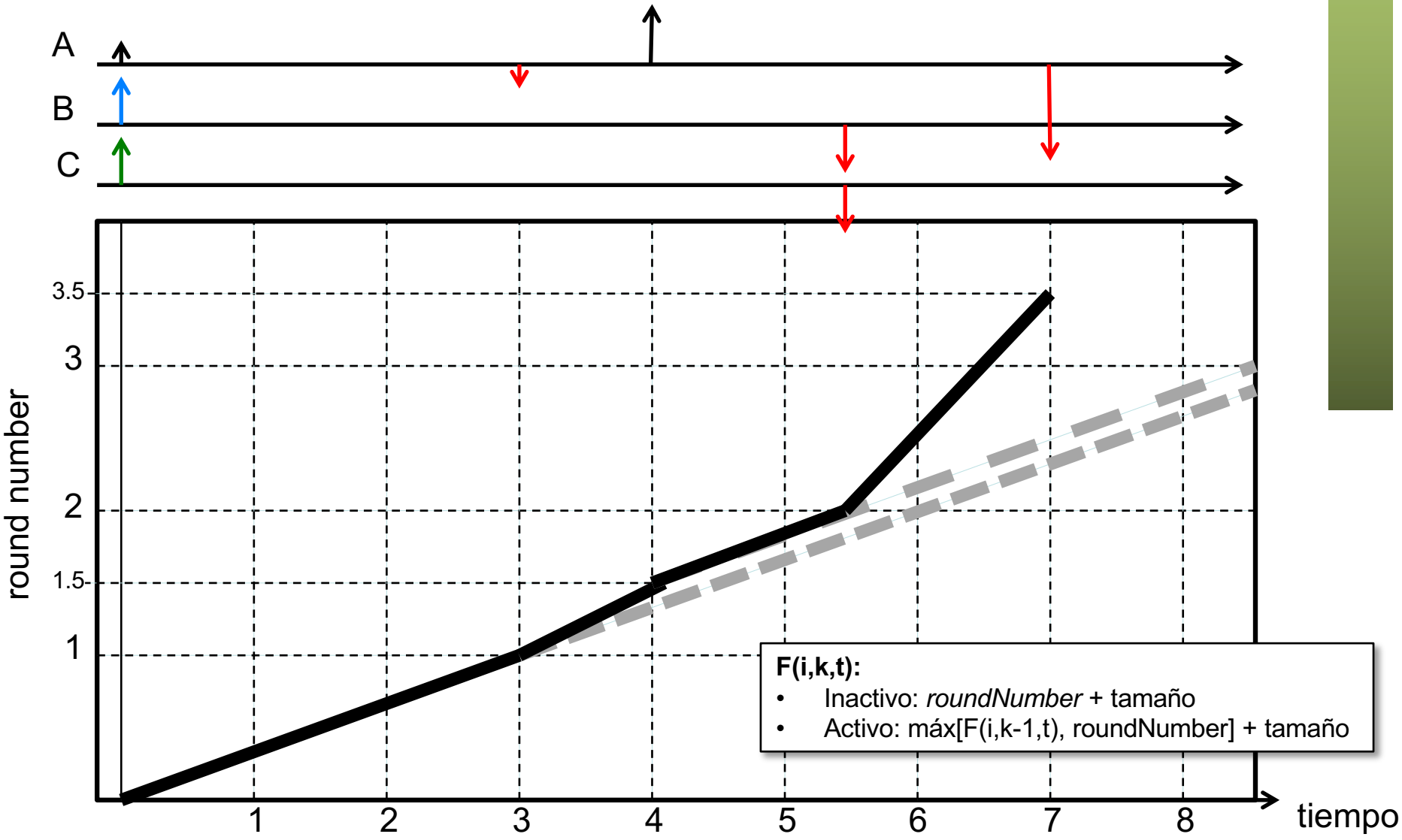
WFQ (Ejemplo)

- Queda solo una fuente activa luego ahora se avanza a 1 round por unidad de tiempo



WFQ (Ejemplo)

- Queda solo una fuente activa luego ahora se avanza a 1 round por unidad de tiempo
- En t = 7 se alcanza el round number 3.5 y termina de enviarse A2



WFQ (Ejemplo)

- Los *Finish numbers* han resultado ser:
  - A1 = 1
  - B1 = 2
  - C1 = 2
  - A2 = 3.5
- Los paquetes se envían en orden de sus finish numbers
- En caso de empate se envían los empatados en cualquier orden