

Actividades UD6.-Sincronización en Sistemas de Tiempo Real



Concurrencia y Sistemas Distribuidos



Actividad 1

► Sobre la programación en tiempo real:

	1. Establece dificultades adicionales a la programación concurrente, pues deben satisfacerse restricciones temporales en los diferentes hilos.
	2. Está soportada de forma nativa por lenguajes como Java y puede emplearse sin mayor problema sobre sistemas operativos de propósito general tales como Linux, MacOS o Windows, para implementar sistemas de tiempo real críticos o no críticos.
	3. Suele requerir de una planificación de tareas donde se conozcan a priori el uso de la CPU de cada una de ellas.
	4. Suele ejecutarse en sistemas con planificación round-robin.
	5. La sincronización entre tareas en un sistema de tiempo real no resulta necesaria siempre y cuando las tareas de estos sistemas sean independientes entre sí.



Actividad 1 - Solución

► Sobre la programación en tiempo real:

V	1. Establece dificultades adicionales a la programación concurrente, pues deben satisfacerse restricciones temporales en los diferentes hilos.
F	2. Está soportada de forma nativa por lenguajes como Java y puede emplearse sin mayor problema sobre sistemas operativos de propósito general tales como Linux, MacOS o Windows, para implementar sistemas de tiempo real duros o blandos.
V	3. Suele requerir de una planificación de tareas donde se conozcan a priori el uso de la CPU de cada una de ellas.
F	4. Suele ejecutarse en sistemas con planificación round-robin.
V	5. La sincronización entre tareas en un sistema de tiempo real no resulta necesaria siempre y cuando las tareas de estos sistemas sean independientes entre sí.



Actividad 2: Cronograma de tareas periódicas

- ▶ Realice el cronograma de ejecución del siguiente conjunto de tareas periódicas:

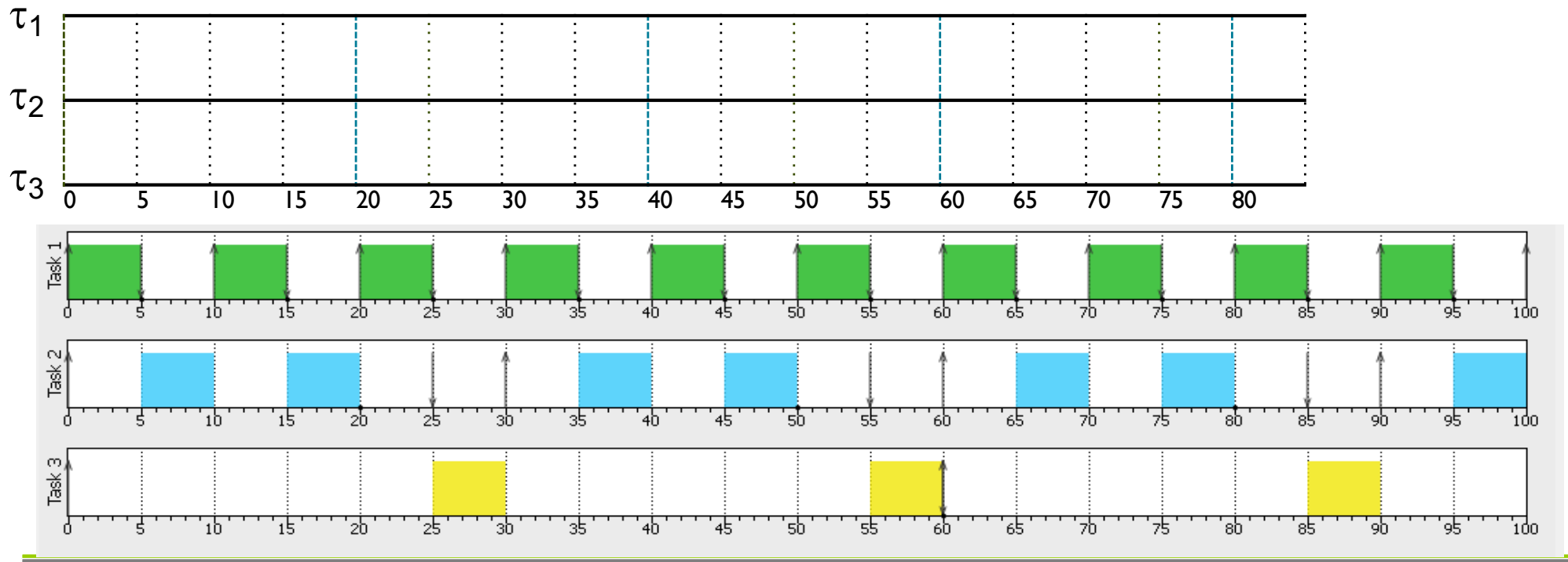
Tarea	T_i	C_i	D_i	Pri *
τ_1	10	5	5	1
τ_2	30	10	25	2
τ_3	60	10	60	3

$$pri(1) > pri(2) > pri(3)$$

- ▶ Observar que el patrón de ejecución se repite cada cierto tiempo:
 - ▶ hiperperiodo= mínimo común múltiplo de los periodos de las tareas

Actividad 2: Cronograma de tareas periódicas

Tarea	T_i	C_i	D_i	Pri *
τ_1	10	5	5	1
τ_2	30	10	25	2
τ_3	60	10	60	3





Actividad 3

- ▶ En un sistema de tiempo real estricto con n tareas periódicas independientes, planificado según un esquema de prioridades fijas expulsivas ...:

	... el peor caso de planificación para una tarea i , se da cuando se activa junto con las menos prioritarias simultáneamente.
	... se calcula el tiempo de respuesta de una tarea mediante una relación de recurrencia en la que intervienen los periodos y los tiempos de cómputo de las tareas.
	... para determinar si una tarea cumplirá siempre su plazo en todas sus activaciones, basta con comprobar si lo hace en su primera activación, considerando un instante crítico inicial.



Actividad 3 - Solución

- ▶ En un sistema de tiempo real estricto con n tareas periódicas independientes, planificado según un esquema de prioridades fijas expulsivas ...:

F	... el peor caso de planificación para una tarea i , se da cuando se activa junto con las menos prioritarias simultáneamente.
V	... se calcula el tiempo de respuesta de una tarea mediante una relación de recurrencia en la que intervienen los periodos y los tiempos de cómputo de las tareas.
V	... para determinar si una tarea cumplirá siempre su plazo en todas sus activaciones, basta con comprobar si lo hace en su primera activación, considerando un instante crítico inicial.

Actividad 4

- La tabla siguiente resume las características de un conjunto de tareas:

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)
τ_1	20	5	3
τ_2	15	7	3
τ_3	10	10	4
τ_4	20	20	3

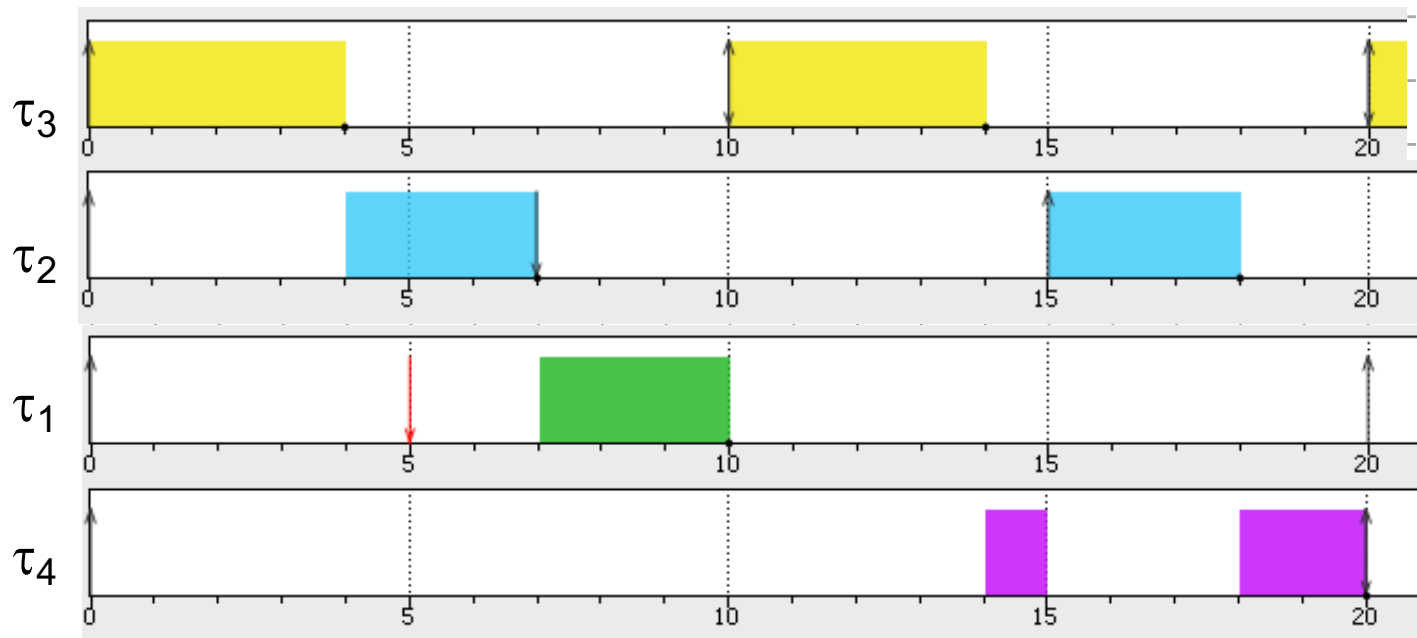
- Argumente si bajo las siguientes asignaciones de prioridades, el sistema sería planificable. En caso afirmativo indique los tiempos de respuesta de las tareas. En caso negativo indique qué tareas fallarán sus plazos.
- Asignación de prioridades inversa a los periodos. Más prioritaria la de menor periodo.
 - Asignación de prioridades inversa a los plazos. Más prioritaria la de menor plazo.

Actividad 4

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)	R_i
τ_1	20	5	3	10
τ_2	15	7	3	7
τ_3	10	10	4	4
τ_4	20	20	3	20

a.

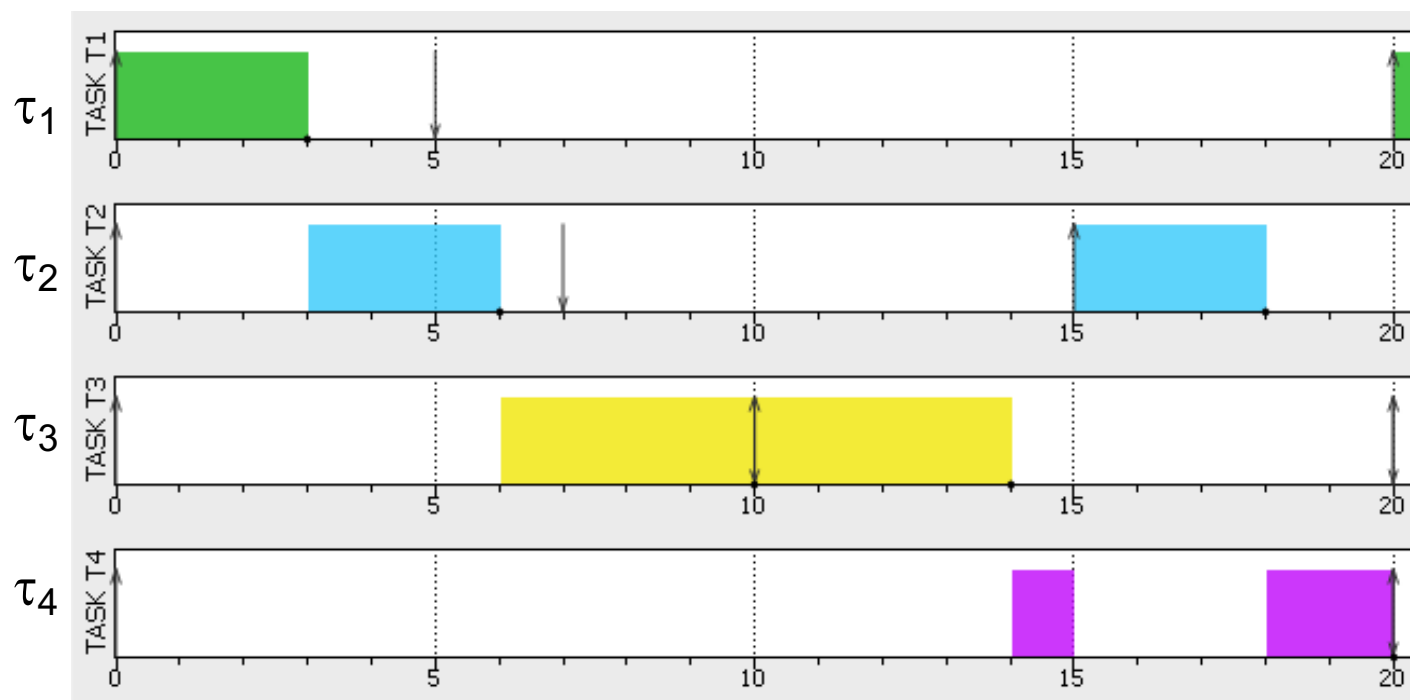
Asignación de prioridades inversa a los periodos. Más prioritaria la de menor periodo.



Actividad 4

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)	R_i
τ_1	20	5	3	3
τ_2	15	7	3	6
τ_3	10	10	4	10
τ_4	20	20	3	20

- b. Asignación de prioridades inversa a los plazos. Más prioritaria la de menor plazo.





Actividad 5

- Determinar la planificabilidad del siguiente conjunto de tareas, utilizando el test de los tiempos de respuesta, en los siguientes casos:
- a) Usando la asignación de prioridades: $\tau_1 > \tau_2 > \tau_3$
 - b) Usando la asignación de prioridades: $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3$

<i>Tarea</i>	<i>T_i</i>	<i>C_i</i>	<i>D_i</i>
τ_1	4	1	4
τ_2	5	2	5
τ_3	20	3	10

Actividad 5 - Solución caso a)

<i>Tarea</i>	<i>T_i</i>	<i>C_i</i>	<i>D_i</i>
τ_1	4	1	4
τ_2	5	2	5
τ_3	20	3	10

$$\tau_1 : w_1^0 = 1$$

$$\tau_2 : w_2^0 = 2 + 1 = 3$$

$$w_2^1 = 2 + \left\lceil \frac{3}{4} \right\rceil \cdot 1 = 3$$

$$\tau_3 : w_3^0 = 3 + 1 + 2 = 6$$

$$w_3^1 = 3 + \left\lceil \frac{6}{4} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{6}{5} \right\rceil \cdot 2 = 9$$

$$w_3^2 = 3 + \left\lceil \frac{9}{4} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{9}{5} \right\rceil \cdot 2 = 10$$

$$w_3^3 = 3 + \left\lceil \frac{10}{4} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{10}{5} \right\rceil \cdot 2 = 10$$

$$R_1 = 1 < D_1$$

$$R_2 = 3 < D_2$$

$$R_3 = 10 \leq D_3$$

Todos los plazos están garantizados

Actividad 5 - Solución caso b)

Tarea	T_i	C_i	D_i
τ_1	4	1	4
τ_2	5	2	5
τ_3	20	3	10

$$\tau_3 : w_3^0 = 3$$

$$\tau_2 : w_2^0 = 2 + 3 = 5$$

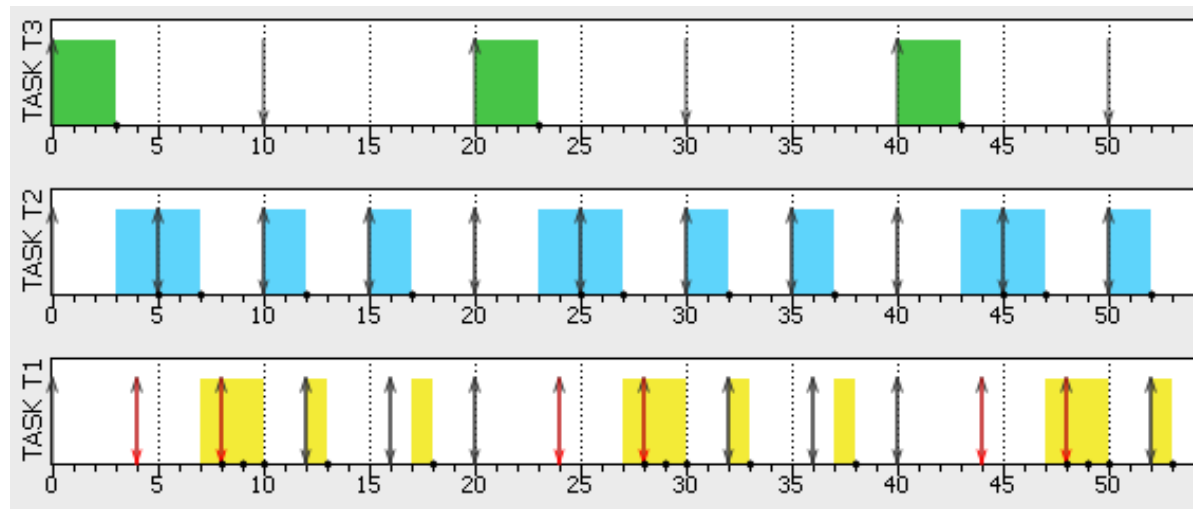
$$w_2^1 = 2 + \left\lceil \frac{5}{20} \right\rceil \cdot 3 = 5$$

$$\tau_1 : w_1^0 = 1 + 2 + 3 = 6$$

$$w_1^1 = 1 + \left\lceil \frac{6}{5} \right\rceil \cdot 2 + \left\lceil \frac{6}{20} \right\rceil \cdot 3 = 8$$

$$w_1^2 = 1 + \left\lceil \frac{8}{5} \right\rceil \cdot 2 + \left\lceil \frac{8}{20} \right\rceil \cdot 3 = 8$$

Usando la asignación de prioridades: $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3$



$$R_1 = 8 > D_1$$

$$R_2 = 5 < D_2$$

$$R_3 = 3 \leq D_3$$

La tarea 1 pierde su plazo. No es planificable.

Actividad 6

- Si se aplica el análisis de planificabilidad de estas tareas, con $\text{pri}(\tau_1) > \text{pri}(\tau_2) > \text{pri}(\tau_3)$, se obtiene... :

<i>Tarea</i>	<i>T_i</i>	<i>C_i</i>	<i>D_i</i>
τ_1	4	2	4
τ_2	9	2	5
τ_3	20	3	11

	... que R1 es 2.
	... que R2 es 4.
	... que R3 es 11.
	... que todos los plazos están garantizados y, por tanto, el sistema es planificable.
	... que se produce el problema de inversión de prioridades.



Actividad 6 – Solución

- Si se aplica el análisis de planificabilidad de estas tareas, con $\text{pri}(\tau_1) > \text{pri}(\tau_2) > \text{pri}(\tau_3)$, se obtiene... :

<i>Tarea</i>	<i>T_i</i>	<i>C_i</i>	<i>D_i</i>
τ_1	4	2	4
τ_2	9	2	5
τ_3	20	3	11

V	... que R1 es 2.
V	... que R2 es 4.
F	... que R3 es 11.
F	... que todos los plazos están garantizados y, por tanto, el sistema es planificable.
F	... que se produce el problema de inversión de prioridades.

Actividad 7

- ▶ Sea el conjunto de tareas en un sistema de tiempo real descrito por la siguiente tabla:

Tarea	Periodo (T)	Cómputo (C)	Plazo (D)	Prioridad
A	5	2	4	1
B	15	5	12	2
C	20	8	16	3

- ▶ Asuma una asignación de prioridades en la que la tarea con menor valor numérico será la más prioritaria.
- ▶ Conteste V/F a las siguientes afirmaciones



Actividad 7

	1. Este sistema no supera el análisis de planificabilidad ya que la respuesta de la tarea A se produce fuera de su plazo.
	2. Este sistema no supera el análisis de planificabilidad ya que la respuesta de la tarea B se produce fuera de su plazo.
	3. Este sistema no supera el análisis de planificabilidad ya que la respuesta de la tarea C se produce fuera de su plazo.
	4. Este sistema sería planificable si el intervalo de cómputo de la tarea C fuera 5 unidades de tiempo ($C_C=5$).



Actividad 7 - Solución

F	<p>Este sistema no supera el análisis de planificabilidad ya que la respuesta de la tarea A se produce fuera de su plazo.</p> <p><i>JUSTIFICACIÓN: $R_A=2 \leq 4 (D_A)$</i></p>
F	<p>Este sistema no supera el análisis de planificabilidad ya que la respuesta de la tarea B se produce fuera de su plazo.</p> <p><i>JUSTIFICACIÓN: $W_B^0=5+2=7 \leq 12$; $W_B^1=5+[7/5]*2=5+2*2=9 \leq 12$; $W_B^2=5+[9/5]*2=9$</i> <i>Por tanto, $R_B=9 \leq 12 (D_B)$ está en plazo.</i></p>
V	<p>Este sistema no supera el análisis de planificabilidad ya que la respuesta de la tarea C se produce fuera de su plazo.</p> <p><i>JUSTIFICACIÓN: $W_C^0=8+5+2=15 \leq 16$; $W_C^1=8 + [15/15]*5 + [15/5]*2=8 + 5 + 3*2=19 > 16$.</i> <i>$R_C > 16$. El sistema no es planificable.</i></p>
F	<p>Este sistema sería planificable si el intervalo de cómputo de la tarea C fuera 5 unidades de tiempo ($C_C=5$).</p> <p><i>JUSTIFICACIÓN: $W_C^0=5+5+2=12 \leq 16$; $W_C^1=5 + [12/15]*5 + [12/5]*2=5 + 5+3*2=16$.</i> <i>$W_C^2=5 + [16/15]*5 + [16/5]*2=5 + 2*5+4*2=23 > 16$.</i> <i>$R_C > 16$. Sigue sin ser planificable.</i></p>

Actividad 8: Sobre sincronización

- La sincronización entre tareas en un sistema de tiempo real estricto planificado según un esquema de prioridades fijas expulsivas..:

	... requiere protocolos específicos en el acceso a las secciones críticas que acoten los tiempos de bloqueo de las tareas.
	... no afecta al tiempo de respuesta de la tarea menos prioritaria, cuando se utilizan correctamente semáforos con el protocolo del techo de prioridad inmediato .
	...no afecta al tiempo de respuesta de las tareas que no utilizan semáforos, pues sus factores de bloqueo (B_i) son siempre cero.

Actividad 8: Sobre sincronización

- La sincronización entre tareas en un sistema de tiempo real estricto planificado según un esquema de prioridades fijas expulsivas...:

V	... requiere protocolos específicos en el acceso a las secciones críticas que acoten los tiempos de bloqueo de las tareas.
V	... no afecta al tiempo de respuesta de la tarea menos prioritaria, cuando se utilizan correctamente semáforos con el protocolo del techo de prioridad inmediato.
F	...no afecta al tiempo de respuesta de las tareas que no utilizan semáforos, pues sus factores de bloqueo (B_i) son siempre cero.

Actividad 9

- ▶ Sea un sistema con 4 tareas y 2 semáforos que guardan las secciones críticas según tablas adjuntas:

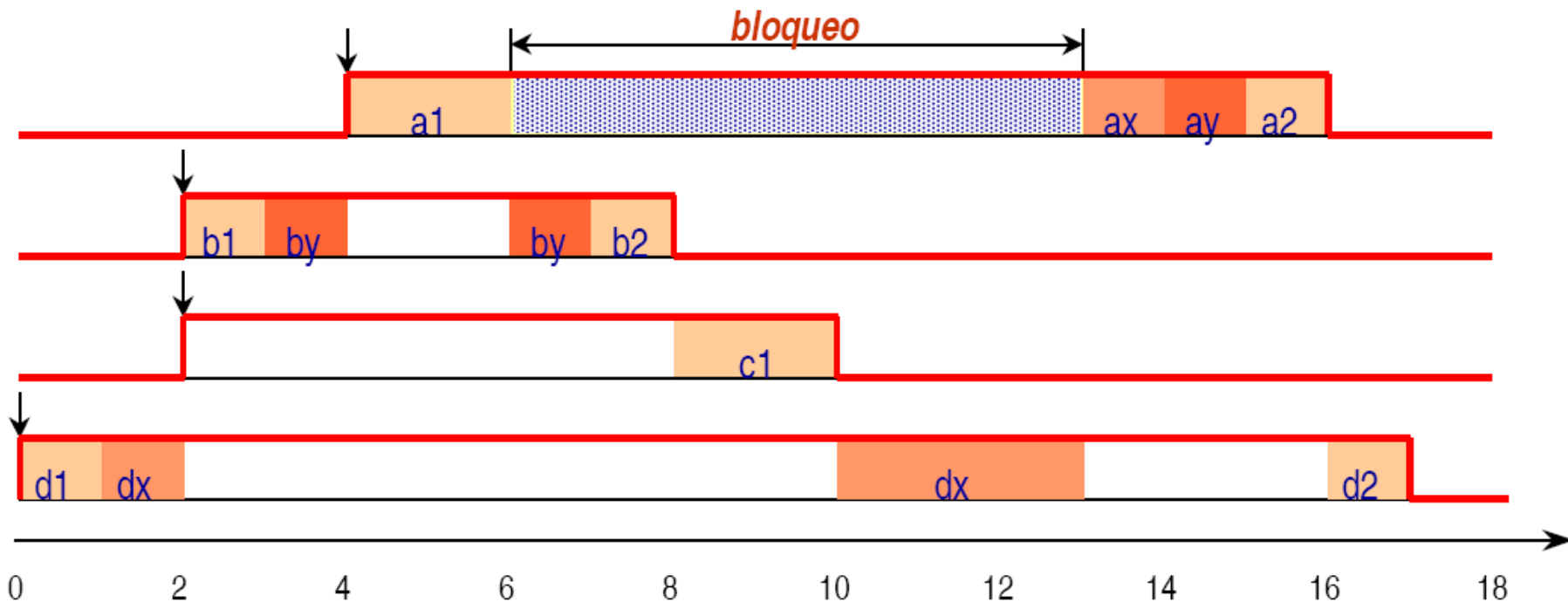
Tarea	Acciones	Inst. de activación
τ_1	a1; ax; ay; a2	4
τ_2	b1; by; b2	2
τ_3	c1	2
τ_4	d1; dx; d2	0

Acción	C	usa semáforo
a1	2	
ax	1	X
ay	1	Y
a2	1	
b1	1	
by	2	Y
b2	1	
c1	2	
d1	1	
dx	4	X
d2	1	

- ▶ Desarrollar los cronogramas para los siguientes casos:
 - Prioridades fijas expulsivas con $\text{pri}(1) > \text{pri}(2) > \text{pri}(3) > \text{pri}(4)$, y semáforos normales
 - Semáforos que utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato
- ▶ Calcular en el caso b), para cada tarea su factor de bloqueo máximo

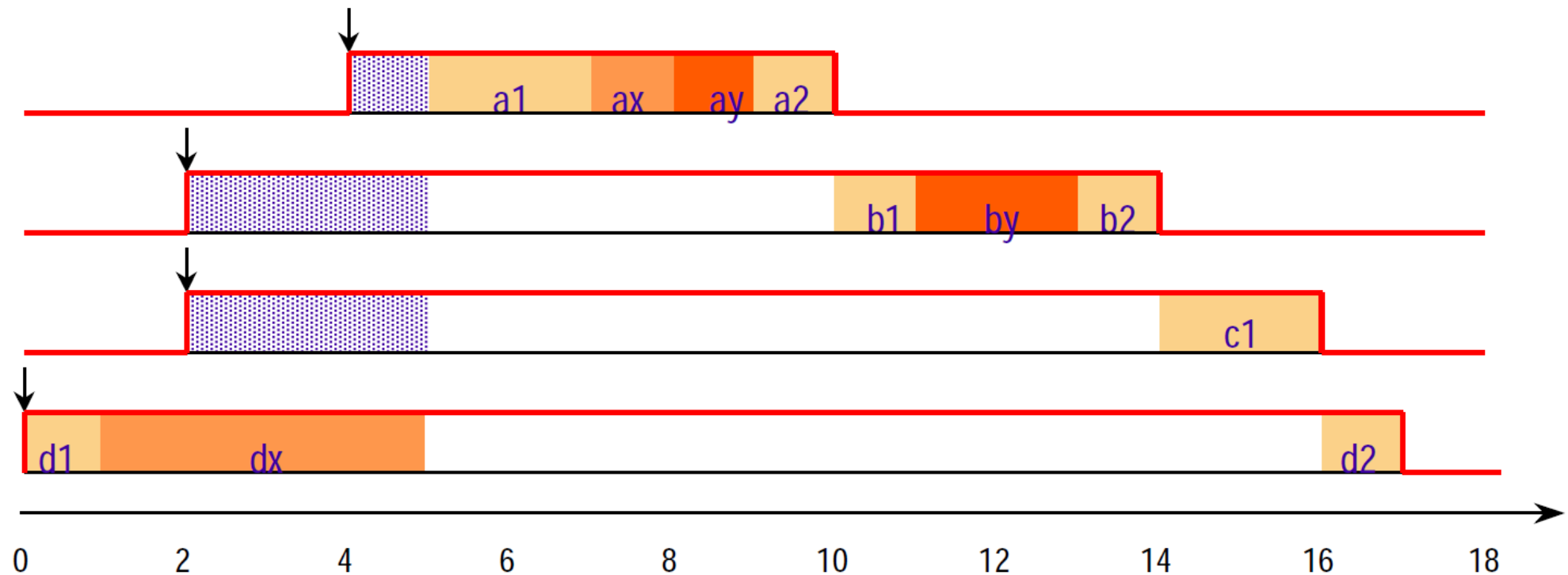
Actividad 9 - Solución: a) inversión de prioridad

Tarea	Acciones	Inst. de activación
τ_1	a1(2); ax(1); ay(1); a2(1)	4
τ_2	b1(1); by(2); b2(1)	2
τ_3	c1(2)	2
τ_4	d1(1); dx(4); d2(1)	0



Actividad 9 - Solución: b) Techo de prioridad inmediato

Tarea	Acciones	Inst. de activación
τ_1	a1(2); ax(1); ay(1); a2(1)	4
τ_2	b1(1); by(2); b2(1)	2
τ_3	c1(2)	2
τ_4	d1(1); dx(4); d2(1)	0



Actividad 9- Solución: cálculo de factores de bloqueo

► Para el protocolo de techo de prioridad inmediato:

► para la tarea de menor prioridad: $B_n = 0$

► para el resto de tareas:
$$B_i = \max_{\{k,s \mid k \in lp(i) \wedge s \in usa(k) \wedge techo(s) \geq prio(i)\}} C_{k,s}$$

► se consideran las tareas k de prioridad inferior a i , y entonces se miran los semáforos s que pueden cerrar, y se selecciona aquellos cuyo techo tenga prioridad $\geq i$, por último se miran los tiempos de cómputo de las secciones que guardan esos semáforos $C_{k,s}$ y se selecciona la de mayor duración.

Acción	C	usa semáforo
a1	2	
ax	1	X
ay	1	Y
a2	1	
b1	1	
by	2	Y
b2	1	
c1	2	
d1	1	
dx	4	X
d2	1	



Tarea	B_i con Techo de prioridad inmediato
τ_1	4
τ_2	4
τ_3	4
τ_4	0

Actividad 10

- ▶ Sea el conjunto de tareas descrito por las siguientes tablas:

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)
A	50	30	5
B	10	10	4
C	75	50	20

Tarea	Semáforo	Duración de la SC
A	S2	3
	S1	1
B	S3	2
	S1	2
C	S3	4

- ▶ Calcule los tiempos de bloqueo de todas las tareas teniendo en cuenta que los 3 semáforos utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato
- ▶ Calcule el tiempo de respuesta de cada una de las tareas e indique si este sistema sería planificable.
- ▶ Nota: Asuma asignación de prioridades basada en el plazo, donde la tarea de menor plazo es la más prioritaria.



Actividad 10 - Solución

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)
A	50	30	5
B	10	10	4
C	75	50	20

Tarea	Semáforo	Duración de la SC
A	S2	3
B	S1	1
	S3	2
C	S1	2
	S3	4

- ▶ Asignación de prioridades: $\text{pri}(B) > \text{pri}(A) > \text{pri}(C)$
- ▶ Techos de los semáforos: $\text{techo}(S1) = \text{techo}(S3) = \text{pri}(B)$; $\text{techo}(S2) = \text{pri}(A)$
- ▶ Cálculo de los B_i :
- ▶ $B_C = 0$;
- ▶ $B_A = 4$; La tarea C usa S1 y S3, ambos tienen techo $> \text{pri}(A)$, la SC mayor es de 4 unidades de cómputo.
- ▶ $B_B = 4$; La tarea C usa S1 y S3, ambos tienen techo $= \text{pri}(B)$, la SC mayor es de 4 unidades de cómputo; La tarea A usa S2 con techo $< \text{pri}(B)$.

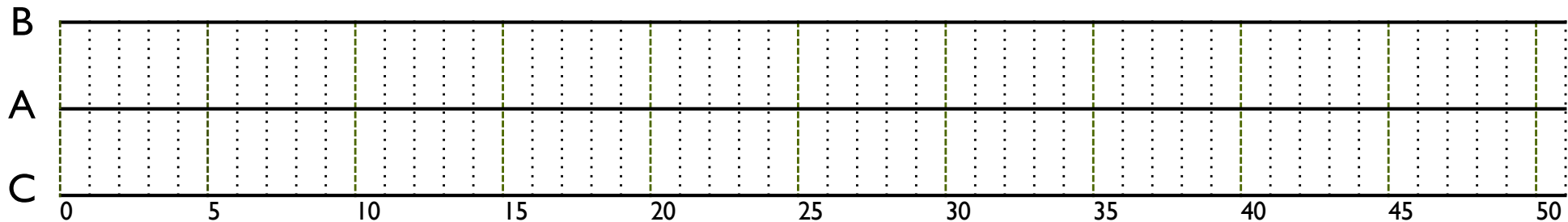


Actividad 10 - Solución

Tarea	T	D	C	B	R
A	50	30	5	4	
B	10	10	4	4	
C	75	50	20	0	

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

► Tiempos de respuesta:



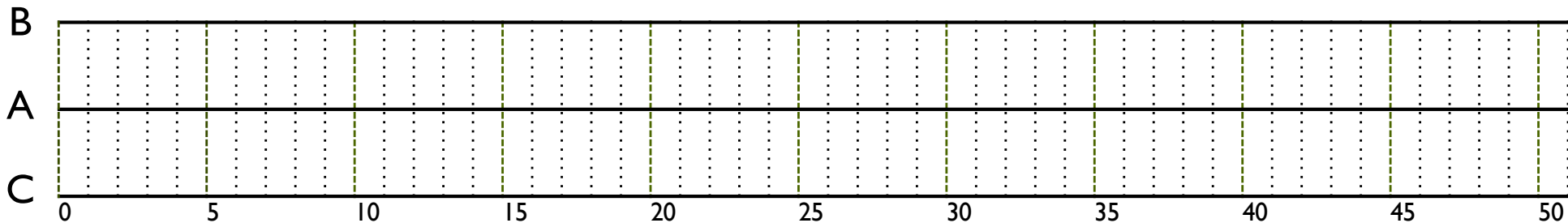
$$\tau_B : w_B^0 = 4 + 4 = 8$$

Actividad 10 - Solución

Tarea	T	D	C	B	R
A	50	30	5	4	
B	10	10	4	4	8
C	75	50	20	0	

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

► Tiempos de respuesta:



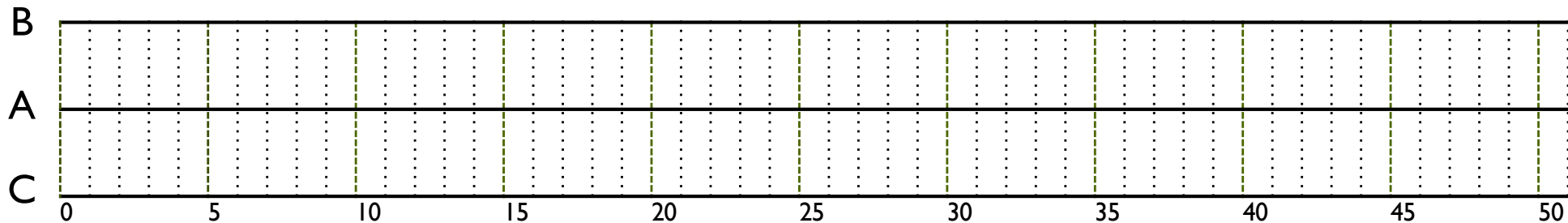
$$\begin{aligned} \tau_A : w_A^0 &= 9 + 4 = 13 \\ w_A^1 &= 5 + 4 + \left\lceil \frac{13}{10} \right\rceil \cdot 4 = 17 \\ w_A^2 &= 5 + 4 + \left\lceil \frac{17}{10} \right\rceil \cdot 4 = 17 \end{aligned}$$

Actividad 10 - Solución

Tarea	T	D	C	B	R
A	50	30	5	4	17
B	10	10	4	4	8
C	75	50	20	0	

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

► Tiempos de respuesta:



$$\tau_C : w_C^0 = 20 + 4 + 5 = 29$$

$$w_C^1 = 20 + \left\lceil \frac{29}{10} \right\rceil \cdot 4 + \left\lceil \frac{29}{50} \right\rceil \cdot 5 = 37 \quad \tau_C : w_C^3 = 20 + \left\lceil \frac{41}{10} \right\rceil \cdot 4 + \left\lceil \frac{41}{50} \right\rceil \cdot 5 = 45$$

$$w_C^2 = 20 + \left\lceil \frac{37}{10} \right\rceil \cdot 4 + \left\lceil \frac{37}{50} \right\rceil \cdot 5 = 41 \quad w_C^4 = 20 + \left\lceil \frac{45}{10} \right\rceil \cdot 4 + \left\lceil \frac{45}{50} \right\rceil \cdot 5 = 45$$

Actividad 11

- ▶ Sea el conjunto de tareas descrito por las siguientes tablas:

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)
A	4	4	1
B	5	5	2
C	20	10	3

Tarea	Semáforo	Duración de la SC
A	S1	1
B	S1	1
	S2	1
C	S2	2

- ▶ Calcule los tiempos de bloqueo de todas las tareas teniendo en cuenta que los semáforos utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato
- ▶ Calcule el tiempo de respuesta de cada una de las tareas e indique si este sistema sería planificable.
- ▶ Nota: Asuma asignación de prioridades basada en el plazo, donde la tarea de menor plazo es la más prioritaria.

Actividad 11 - Solución

- ▶ Sea el conjunto de tareas descrito por las siguientes tablas:

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)
A	4	4	1
B	5	5	2
C	20	10	3

Tarea	Semáforo	Duración de la SC
A	S1	1
B	S1	1
	S2	1
C	S2	2

- ▶ Asignación de prioridades: $\text{pri}(A) > \text{pri}(B) > \text{pri}(C)$
- ▶ Techos de los semáforos: $\text{techo}(S1) = \text{pri}(A)$; $\text{techo}(S2) = \text{pri}(B)$
- ▶ Cálculo de los B_i :
- ▶ $B_C = 0$;
- ▶ $B_A = 1$; La tarea B usa S1 con techo = $\text{pri}(A)$, la duración de la SC es de 1 unidad de cómputo. La tarea C usa S2 con techo $< \text{pri}(A)$.
- ▶ $B_B = 2$; La tarea C usa S2, con techo = $\text{pri}(B)$, la SC es de 2 unidades de cómputo;

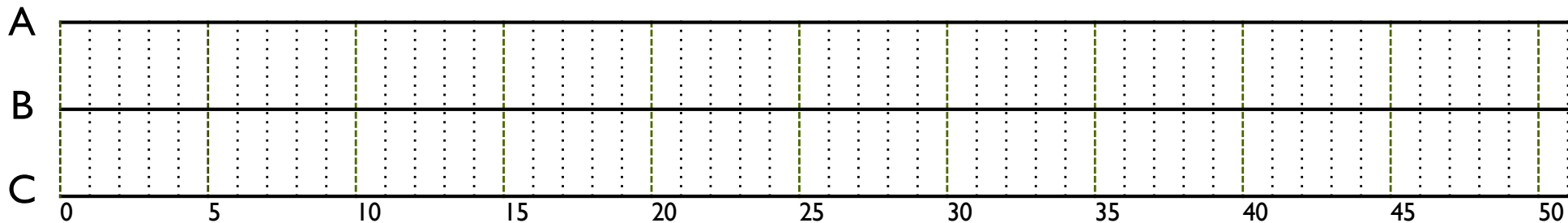


Actividad 11 - Solución

Tarea	T	D	C	B	R
A	4	4	1	1	
B	5	5	2	2	
C	20	10	3	0	

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

► Tiempos de respuesta:



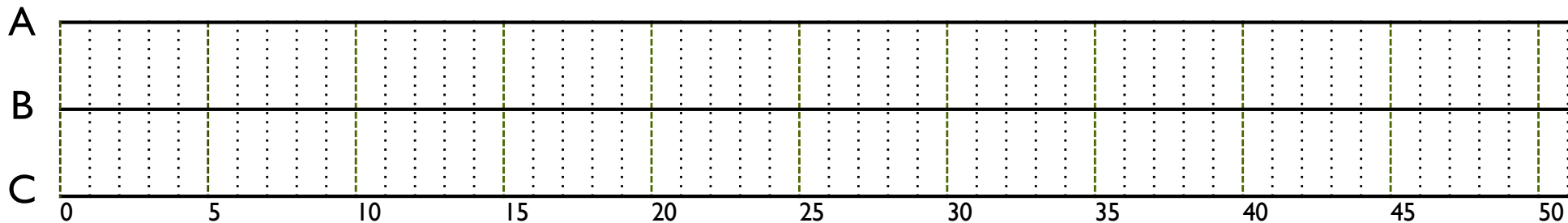
$$\tau_A : w_A^0 = 1 + 1 = 2$$

Actividad 11 - Solución

Tarea	T	D	C	B	R
A	4	4	1	1	2
B	5	5	2	2	
C	20	10	3	0	

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

► Tiempos de respuesta:



$$\tau_B : w_B^0 = 2 + 2 + 1 = 5$$

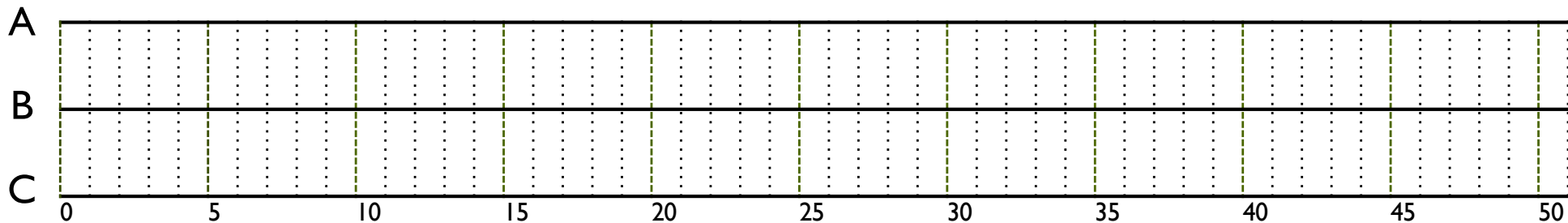
$$w_B^1 = 2 + 2 + \left\lceil \frac{5}{4} \right\rceil \cdot 1 = 6$$

Actividad 11 - Solución

Tarea	T	D	C	B	R
A	4	4	1	1	2
B	5	5	2	2	6
C	20	10	3	0	

$$R_i = C_i + B_i + \sum_{j \in hp(i)} \left\lceil \frac{R_i}{T_j} \right\rceil C_j$$

► Tiempos de respuesta:



$$\tau_C : w_C^0 = 3 + 1 + 2 = 6$$

$$w_C^1 = 3 + \left\lceil \frac{6}{4} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{6}{5} \right\rceil \cdot 2 = 9$$

$$w_C^2 = 3 + \left\lceil \frac{9}{4} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{9}{5} \right\rceil \cdot 2 = 10$$

$\tau_C :$

$$w_C^3 = 3 + \left\lceil \frac{10}{4} \right\rceil \cdot 1 + \left\lceil \frac{10}{5} \right\rceil \cdot 2 = 10$$

Actividad 11c – Solución

- ▶ Sea el conjunto de tareas descrito por las siguientes tablas:

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)
A	4	4	1
B	5	5	2
C	20	10	3

Tarea	Semáforo	Duración de la SC
A	S1	1
B	S1	2
	S2	1
C	S2	1

- ▶ Calcule los tiempos de bloqueo de todas las tareas teniendo en cuenta que los semáforos utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato
- ▶ Calcule el tiempo de respuesta de cada una de las tareas e indique si este sistema sería planificable.
- ▶ Nota: Asuma asignación de prioridades basada en el plazo, donde la tarea de menor plazo es la más prioritaria.

Actividad 11c – Solución

- ▶ Sea el conjunto de tareas descrito por las siguientes tablas:

Tarea	Periodo (T)	Plazo (D)	Tiempo de cómputo (C)
A	4	4	1
B	5	5	2
C	20	10	3

Tarea	Semáforo	Duración de la SC
A	S1	1
B	S1	2
	S2	1
C	S2	1

- ▶ Calcule los tiempos de bloqueo de todas las tareas teniendo en cuenta que los semáforos utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato
- ▶ Calcule el tiempo de respuesta de cada una de las tareas e indique si este sistema sería planificable.
- ▶ Nota: Asuma asignación de prioridades basada en el plazo, donde la tarea de menor plazo es la más prioritaria.

Planificable

Tarea	T	D	C	B	R
A	4	4	1	2	3
B	5	5	2	1	4
C	20	10	3	0	10

Actividad 12

- ▶ Sean cuatro tareas A, B, C y D, con $\text{prio}(A) > \text{prio}(B) > \text{prio}(C) > \text{prio}(D)$; y dos semáforos Q y R que utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato, tales que:

Tarea	Prioridad (p)	Instante de activación	Patrón de ejecución
A	2	7	EQRRQ
B	4	6	EEEE
C	6	2	EQRRQ
D	8	0	EQQQE

- ▶ E representa una unidad de ejecución sin acceso a sección crítica alguna, Q una unidad de ejecución con bloqueo del semáforo Q, R una unidad de ejecución con bloqueo del semáforo R; cada tarea bloquea el semáforo una única vez.
- ▶ Ilustre gráficamente la ejecución de las tareas utilizando la cuadrícula adjunta, donde (p) corresponde a la prioridad con que la tarea ejecuta la unidad de tiempo correspondiente. Marque los instantes de activación y finalización de cada tarea.



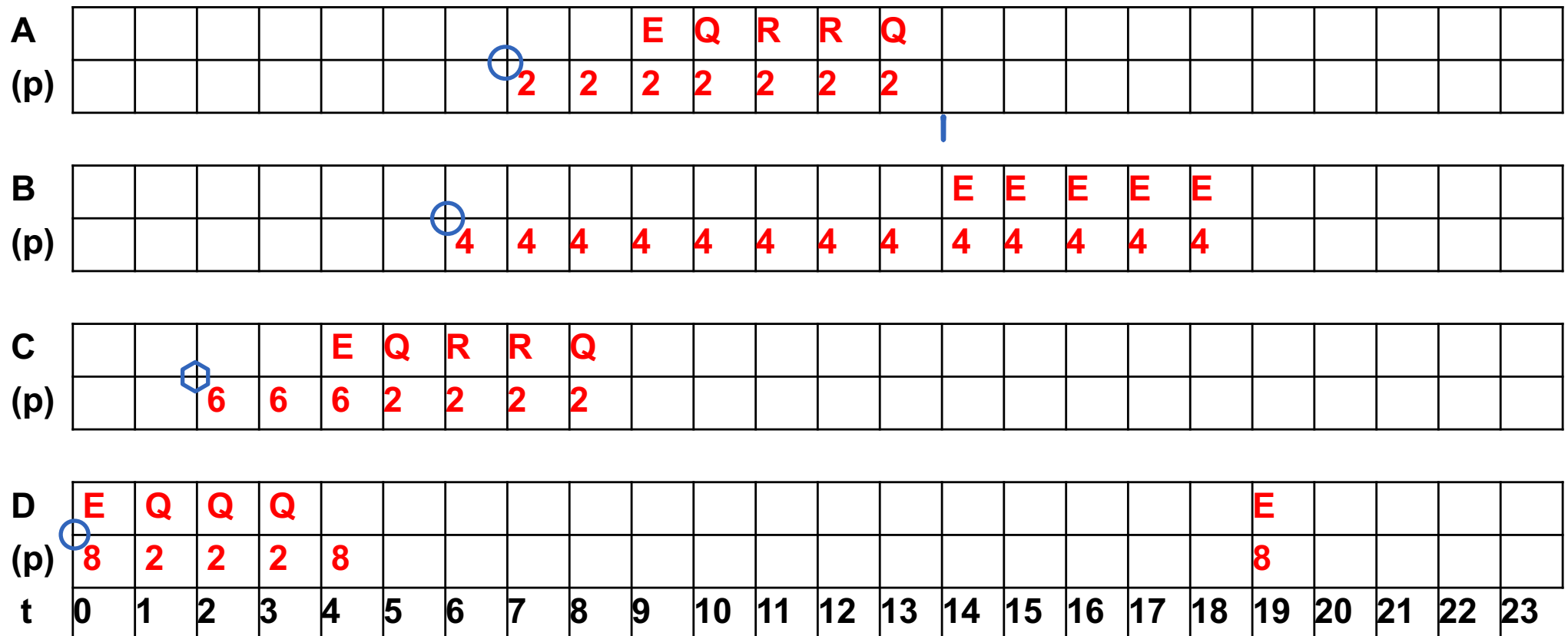
Actividad 12

Tarea	Prioridad (p)	Instante de activación	Patrón de ejecución
A	2	7	EQRRQ
B	4	6	EEEE
C	6	2	EQRRQ
D	8	0	EQQQE

A																								
B																								
C																								
D																								
t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23



Tarea	Prioridad (p)	Instante de activación	Patrón de ejecución
A	2	7	EQRRQ
B	4	6	EEEE
C	6	2	EQRRQ
D	8	0	EQQQE



Actividad 13: protocolo techo prioridad inmediato

- ▶ Sean dos tareas A, y B, con $\text{prio}(A) > \text{prio}(B)$; y dos semáforos Q y R que utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato, tales que:

Tarea	Prioridad	Instante Activación	Patrón Ejecución
A	1	2	ERRQQRE
B	2	0	EQRRRQE

- ▶ E representa una unidad de ejecución sin acceso a sección crítica alguna, Q una unidad de ejecución con bloqueo del semáforo Q, R una unidad de ejecución con bloqueo del semáforo R; cada tarea bloquea el semáforo una única vez.
 - ▶ A: E, P(R)...P(Q)....V(Q)....V(R),E
 - ▶ B: E, P(Q)...P(R)....V(R)....V(Q),E



Actividad 13

Tarea	Prioridad	Instante Activación	Patrón Ejecución
A	1	2	ERRQQRE
B	2	0	EQRRRQE

- Para contestar a las cuestiones puede ayudarse utilizando la cuadrícula adjunta, donde se ilustre gráficamente la ejecución de las tareas.

A																
B																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

	La tarea B está en ejecución en el intervalo $[0,2)$.
	La tarea A está en ejecución en el intervalo $[2,6)$.
	En $t=6$ se produce un interbloqueo entre A y B.
	En el intervalo $[1,6)$ la prioridad de la tarea B es 1.
	La tarea B finaliza su ejecución en el instante 14.
	No finaliza la ejecución de ninguna tarea.



Actividad 13

Tarea	Prioridad	Instante Activación	Patrón Ejecución
A	1	2	ERRQQRE
B	2	0	EQRRRQE

- Para contestar a las cuestiones puede ayudarse utilizando la cuadrícula adjunta, donde se ilustre gráficamente la ejecución de las tareas.

A							E	R	R	Q	Q	R	E			
B	E	Q	R	R	R	Q								E		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

V	La tarea B está en ejecución en el intervalo $[0,2)$.
F	La tarea A está en ejecución en el intervalo $[2,6)$.
F	En $t=6$ se produce un interbloqueo entre A y B.
V	En el intervalo $[1,6)$ la prioridad de la tarea B es 1.
V	La tarea B finaliza su ejecución en el instante 14.
F	No finaliza la ejecución de ninguna tarea.

Actividad 14

- ▶ Sea el conjunto de tareas en un sistema de tiempo real descrito por la siguiente tabla:

Tarea	T	C	D	Pri
A	5	2	4	1
B	15	4	10	2
C	20	3	16	3

- ▶ Asumiendo una asignación de prioridades en la que la tarea con menor valor numérico será la más prioritaria, y considerando que dichas tareas utilizan dos semáforos S1 y S2 de la siguiente manera:

Tarea	Semáforo	Duración de la sección crítica
A	S1	1
B	S2	3
C	S1	2
C	S2	1



Actividad 14

- | | |
|--|---|
| | 1. El techo del semáforo S1 es 1 y el techo del semáforo S2 también es 1. |
| | 2. El factor de bloqueo máximo para la tarea A es 2. |
| | 3. Si se aplica el protocolo de techo de prioridad inmediato, el tiempo de respuesta en el peor caso para la tarea B es 10. |
| | 4. Haciendo uso del protocolo del techo de prioridad inmediato, el sistema no es planificable. |
| | 5. Si se aplica el protocolo de techo de prioridad inmediato, el tiempo de respuesta en el peor caso para la tarea C es 13. |



Actividad 14 - Solución

F	<p>El techo del semáforo S1 es 1 y el techo del semáforo S2 también es 1.</p> <p><i>JUSTIFICACIÓN: El semáforo S1 es utilizado por las tareas A y C. La más prioritaria es la tarea A, por lo que su techo es igual a la prioridad de A, es decir, 1.</i></p> <p><i>El semáforo S2 es utilizado por las tareas B y C, siendo B la tarea más prioritaria. Por tanto, el techo de S2 es igual a la prioridad de B, es decir, 2.</i></p>
V	<p>El factor de bloqueo máximo para la tarea A es 2.</p> <p><i>JUSTIFICACIÓN: Las tareas con menor prioridad que A utilizan los semáforos S1 y S2. Solamente S1 tiene techo con valor igual o superior a la prioridad de A (en este caso, $\text{techo}(S1) = \text{prio}(A)$). Dicho semáforo lo emplea la tarea C con una duración de la sección crítica igual a 2. Por tanto, el factor de bloqueo máximo para A es 2.</i></p>
V	<p>Si se aplica el protocolo de techo de prioridad inmediato, el tiempo de respuesta en el peor caso para la tarea B es 10.</p> <p><i>JUSTIFICACIÓN: El factor de bloqueo para B es 2, que se corresponde con la duración de la sección crítica de C usando el semáforo S1, que tiene techo $> \text{prio}(B)$. Si añadimos dicho factor de bloqueo a la fórmula del cálculo del tiempo de respuesta tenemos que:</i></p> <p><i>$W_B^0 = 2 + 4 + 2 = 8$; $W_B^1 = 2 + 4 + [8/5] * 2 = 2 + 4 + 2 * 2 = 10$; $W_B^2 = 2 + 4 + [10/5] * 2 = 2 + 4 + 2 * 2 = 10$.</i></p> <p><i>Por tanto, $R_B = 10$.</i></p>

Actividad 14 - Solución

F

Haciendo uso del protocolo del techo de prioridad inmediato, el sistema no es planificable.

JUSTIFICACIÓN: Con la afirmación anterior hemos visto que $R_B=10$. Falta calcular R_A y R_C . $R_A = 2 + 2 = 4 \leq 4 (D_A)$, pues su factor de bloqueo $B_A=2$.

Para R_C debemos calcular primero su factor de bloqueo, que en este ejemplo es 0 ya que es la tarea con menor prioridad. Por ello, el cálculo de su tiempo de respuesta es igual que para el análisis de planificabilidad sin aplicar el protocolo de techo de prioridad inmediato.

*$W_C^0 = 3 + 4 + 2 = 9 \leq 16$; $W_C^1 = 3 + [9/15] * 4 + [9/5] * 2 = 3 + 1 * 4 + 2 * 2 = 11 \leq 16$;*

*$W_C^2 = 3 + [11/15] * 4 + [11/5] * 2 = 3 + 1 * 4 + 3 * 2 = 13 \leq 16$; $W_C^3 = 3 + [13/15] * 4 + [13/5] * 2 = 13 \leq 16$*

Por tanto, $R_C=13$.

Como $R_A \leq D_A$, $R_B \leq D_B$ y $R_C \leq D_C$, el sistema sí es planificable.

V

Si se aplica el protocolo de techo de prioridad inmediato, el tiempo de respuesta en el peor caso para la tarea C es 13.

JUSTIFICACIÓN: Como se ha visto en la respuesta de la afirmación anterior, aplicando dicho protocolo se obtiene que $R_C=13$ (pues su factor de bloqueo es 0).

Actividad 15

- ▶ Sea el conjunto de tareas en un sistema de tiempo real descrito por la siguientes tablas:
- ▶ Asumiendo una asignación de prioridades en la que la tarea con **mayor** valor numérico será la más prioritaria, y considerando que dichas tareas utilizan los semáforos S1, S2 y S3 de la siguiente manera:

Tarea	T	C	D	Pri
A	10	2	8	5
B	15	2	10	4
C	20	3	16	3
D	30	5	25	2
E	40	8	35	1

Tarea	Semáforo	Duración de la sección crítica
A	S1	1
A	S3	1
B	S2	3
C	S1	2
C	S2	1
D	S3	4
E	S3	2



Actividad 15 - Solución

- Calcule los factores de bloqueo y los tiempos de respuesta de cada tarea.

Tarea	T	C	D	Pri	Bi	Ri
A	10	2	8	5	4	6
B	15	2	10	4	4	8
C	20	3	16	3	4	13
D	30	5	25	2	2	18
E	40	8	35	1	0	29

Tarea	Semáforo	Duración de la sección crítica
A	S1	1
A	S3	1
B	S2	3
C	S1	2
C	S2	1
D	S3	4
E	S3	2

Actividad 16

- ▶ Un sistema de tiempo real crítico se compone de 4 tareas que utilizan 2 semáforos para sincronizar el acceso a sus secciones críticas, y cuyas características se describen en las siguientes tablas:

Tarea	Tiempo de cómputo	Periodo	Plazo
T1	4	10	10
T2	5	20	15
T3	5	30	20
T4	10	60	60

Tarea	Semáforo	Duración de la sección crítica
T1	S1	3
T3	S2	4
T4	S2	2

- ▶ Asumiendo que los semáforos utilizan el protocolo del techo de prioridad inmediato y el sistema se planifica por prioridades fijas expulsivas, con asignación de prioridades inversamente proporcional a su plazo, donde la tarea de menor plazo es la más prioritaria...



Actividad I6 - Solución

Tarea	Tiempo de cómputo	Periodo	Plazo	B_i	R_i
T1	4	10	10	0	4
T2	5	20	15	0	9
T3	5	30	20	2	20
T4	10	60	60	0	59

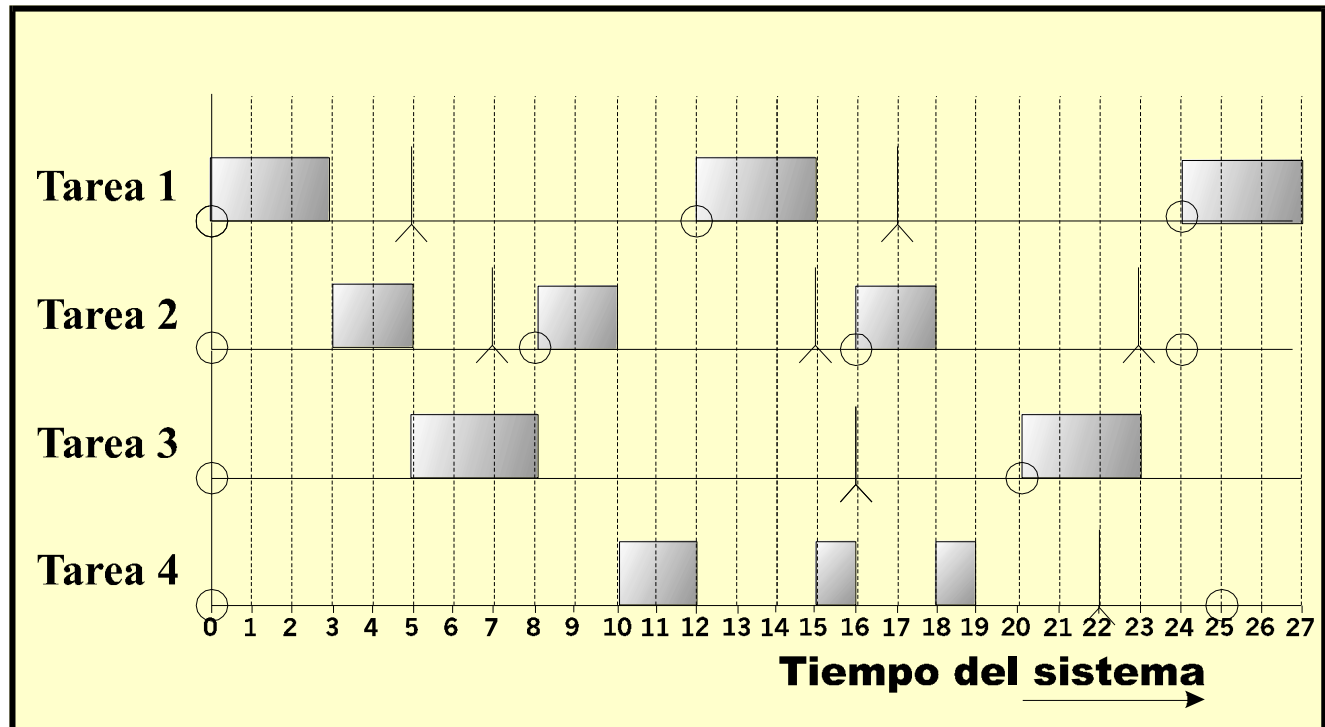
Tarea	Semáforo	Duración de la sección crítica
T1	S1	3
T3	S2	4
T4	S2	2

Los techos de los semáforos S1 y S2 son iguales	F
El factor de bloqueo de T1, T2 y T4 es 0.	V
El tiempo de respuesta de la tarea T3 es $R_3=20$.	V
Todos los plazos están garantizados y, por tanto, el sistema es planificable.	V

Ejemplo de cálculo de los tiempos de respuesta

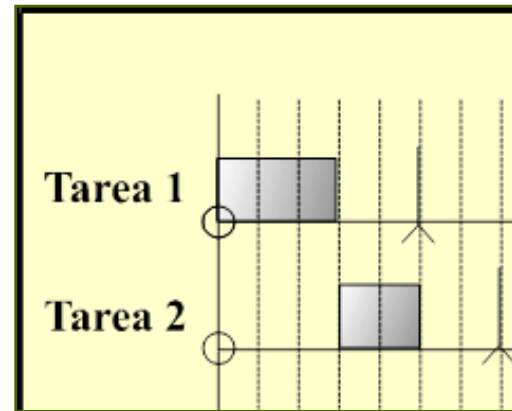
- Calcular los R_i para el siguiente conjunto de tareas:

Tarea	T_i	C_i	D_i	Prio	R_i
τ_1	12	3	5	1	
τ_2	8	2	7	2	
τ_3	20	3	16	3	
τ_4	25	4	22	4	



Ejemplo de cálculo de los tiempos de respuesta

Tarea	T_i	C_i	D_i	Prio	R_i
τ_1	12	3	5	1	3
τ_2	8	2	7	2	5
τ_3	20	3	16	3	
τ_4	25	4	22	4	



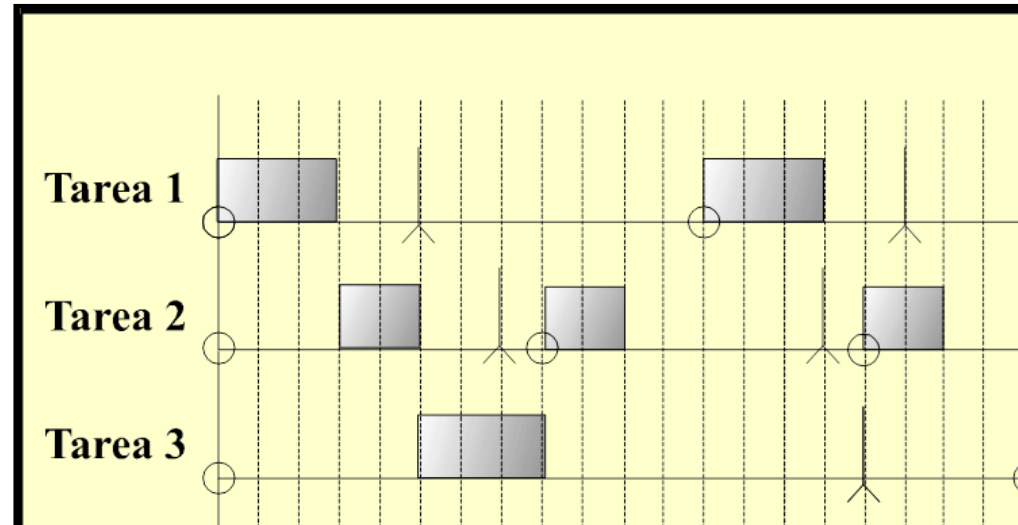
$$\tau_1 : w_1^0 = 3$$

$$\tau_2 : w_2^0 = 2 + 3 = 5$$

$$w_2^1 = 2 + \left\lceil \frac{5}{12} \right\rceil \cdot 3 = 5$$

Ejemplo de cálculo de los tiempos de respuesta

Tarea	T_i	C_i	D_i	Prio	R_i
τ_1	12	3	5	1	3
τ_2	8	2	7	2	5
τ_3	20	3	16	3	8
τ_4	25	4	22	4	

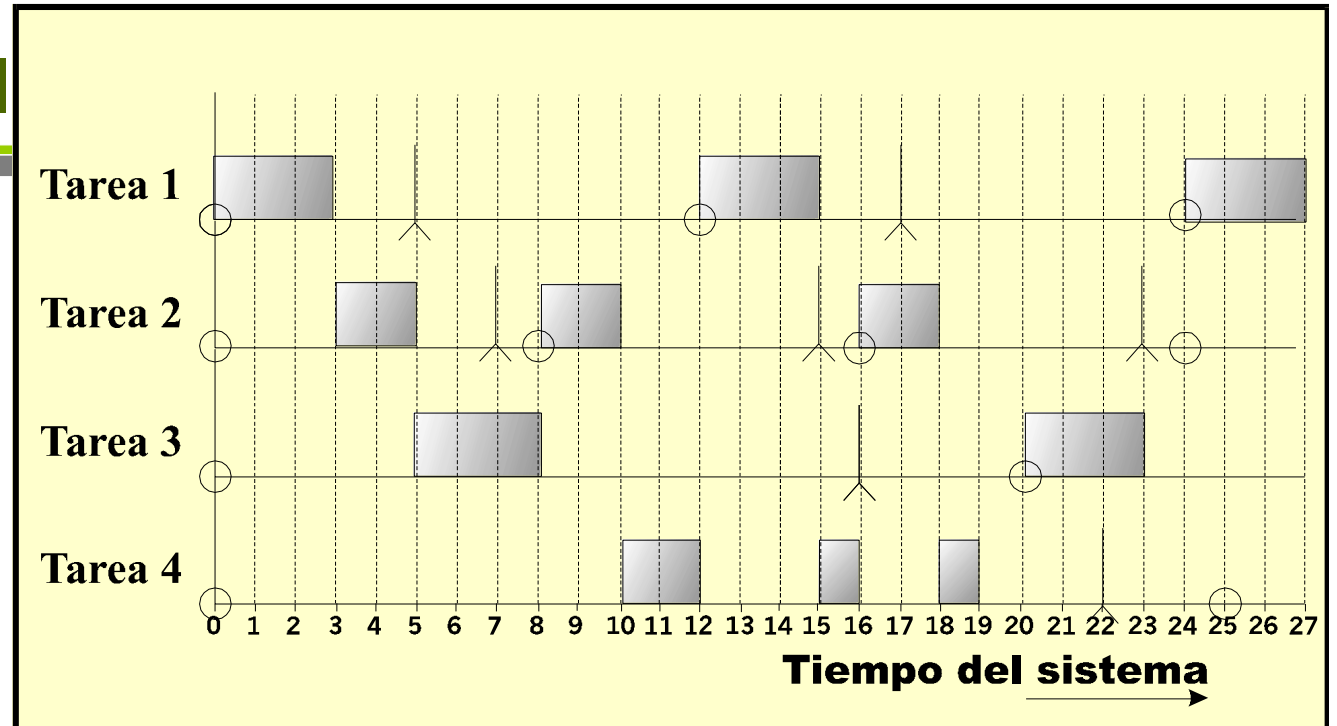


$$\tau_3 : w_3^0 = 3 + 3 + 2 = 8$$

$$w_3^1 = 3 + \left\lceil \frac{8}{12} \right\rceil \cdot 3 + \left\lceil \frac{8}{8} \right\rceil \cdot 2 = 8$$

Ejemplo de cál

Tarea	T_i	C_i	D_i	Prio	R_i
τ_1	12	3	5	1	3
τ_2	8	2	7	2	5
τ_3	20	3	16	3	8
τ_4	25	4	22	4	19



$$\tau_4 : w_4^0 = 4 + 3 + 2 + 3 = 12$$

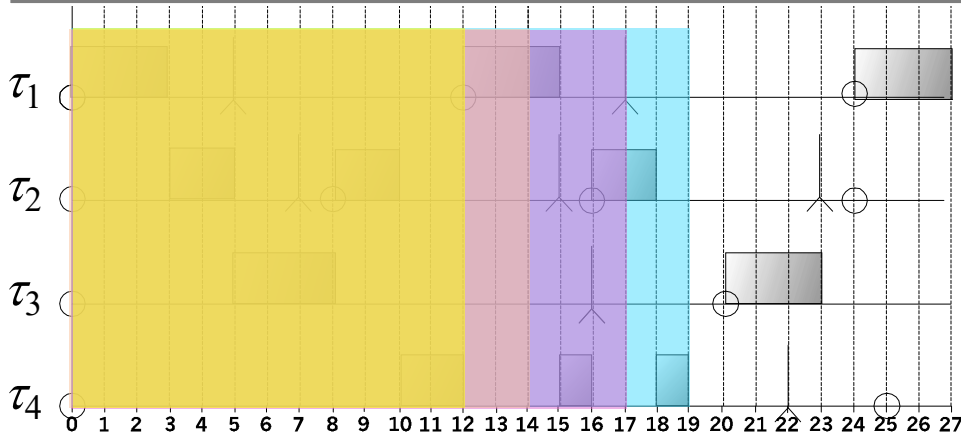
$$w_4^1 = 4 + \left\lceil \frac{12}{12} \right\rceil \cdot 3 + \left\lceil \frac{12}{8} \right\rceil \cdot 2 + \left\lceil \frac{12}{20} \right\rceil \cdot 3 = 14$$

$$w_4^2 = 4 + \left\lceil \frac{14}{12} \right\rceil \cdot 3 + \left\lceil \frac{14}{8} \right\rceil \cdot 2 + \left\lceil \frac{14}{20} \right\rceil \cdot 3 = 17$$

$$w_4^3 = 4 + \left\lceil \frac{17}{12} \right\rceil \cdot 3 + \left\lceil \frac{17}{8} \right\rceil \cdot 2 + \left\lceil \frac{17}{20} \right\rceil \cdot 3 = 19$$

$$w_4^4 = 4 + \left\lceil \frac{19}{12} \right\rceil \cdot 3 + \left\lceil \frac{19}{8} \right\rceil \cdot 2 + \left\lceil \frac{19}{20} \right\rceil \cdot 3 = 19$$

Ejemplo de cálculo de los tiempos de respuesta



Tarea	T _i	C _i	D _i
τ ₁	12	3	5
τ ₂	8	2	7
τ ₃	20	3	16
τ ₄	25	4	22

$$R_4 = 19$$

$$R_4 \leq D_4 \Rightarrow \tau_4 \text{ es planificable}$$

$$\tau_4 : w_4^0 = 4 + 3 + 2 + 3 = 12$$

$$w_4^1 = 4 + \left\lfloor \frac{12}{12} \right\rfloor \cdot 3 + \left\lfloor \frac{12}{8} \right\rfloor \cdot 2 + \left\lfloor \frac{12}{20} \right\rfloor \cdot 3 = 14$$

$$w_4^2 = 4 + \left\lfloor \frac{14}{12} \right\rfloor \cdot 3 + \left\lfloor \frac{14}{8} \right\rfloor \cdot 2 + \left\lfloor \frac{14}{20} \right\rfloor \cdot 3 = 17$$

$$w_4^3 = 4 + \left\lfloor \frac{17}{12} \right\rfloor \cdot 3 + \left\lfloor \frac{17}{8} \right\rfloor \cdot 2 + \left\lfloor \frac{17}{20} \right\rfloor \cdot 3 = 19$$

$$w_4^4 = 4 + \left\lfloor \frac{19}{12} \right\rfloor \cdot 3 + \left\lfloor \frac{19}{8} \right\rfloor \cdot 2 + \left\lfloor \frac{19}{20} \right\rfloor \cdot 3 = 19$$

