

# Escuela Politécnica Superior

Planificación y Control de Proyectos.

## Capítulo 11

Dr. Daniel Tapias  
Curso 2014 / 15

[daniel.tapias@uam.es](mailto:daniel.tapias@uam.es)

# PROYECTOS



# PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

---

- Capítulo 1: Introducción.
- Capítulo 2: ¿Qué es un proyecto?
- Capítulo 3: Tipos de proyectos.
- Capítulo 4: Ciclo de vida de los proyectos.
- Capítulo 5: Proyectos de desarrollo software.
- Capítulo 6: Organización empresarial y proyectos.
- Capítulo 7: La Calidad.
- Capítulo 8: La usabilidad y la accesibilidad.
- Capítulo 9: El Riesgo.
- Capítulo 10: Análisis de viabilidad.
- Capítulo 11: Técnicas de planificación y control de proyectos.**
- Capítulo 12: Toma de decisión.
- Capítulo 13: Proyecto: Búsqueda de empleo.

- 1.- Introducción.
- 2.- Técnicas de planificación y programación.
  - 2.1.- Gráficos de Gantt.
  - 2.2.- Método CPM/PERT.
  - 2.3.- Ejemplo de proyecto con CPM/PERT.
  - 2.4.- Algoritmo de cálculo del camino crítico.
  - 2.5.- Camino crítico y holgura.
  - 2.6.- Replanificación.
  - 2.7.- Estimación de la duración de las tareas.
  - 2.8.- Estimación de la duración del proyecto.

# INTRODUCCIÓN

---

Cada proyecto tiene una duración óptima, que es la que permite su realización con un coste mínimo.



Si se intenta realizar el proyecto en menor tiempo, el coste puede aumentar significativamente porque requerirá más recursos.



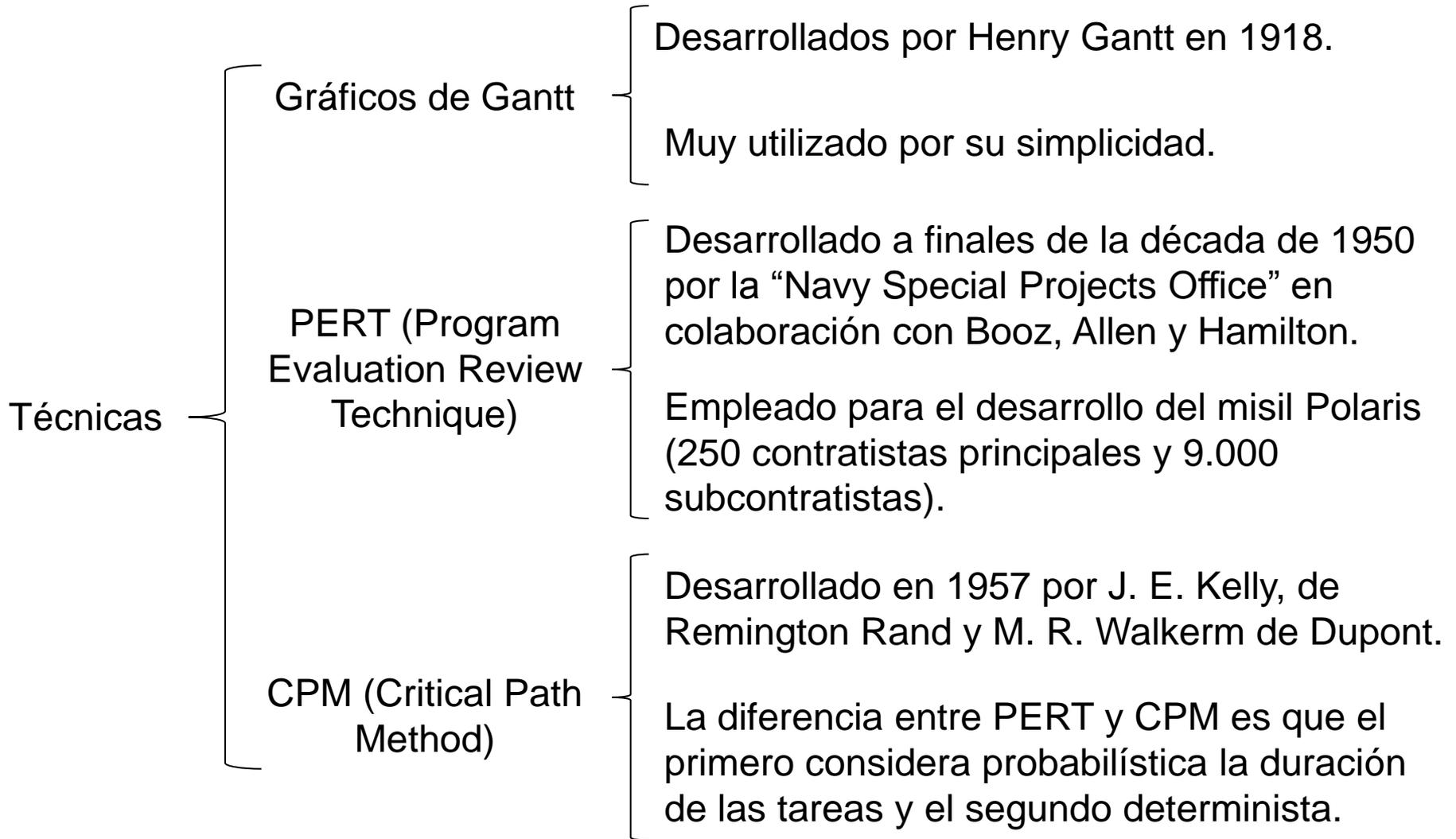
Por otro lado, si un proyecto sobrepasa su tiempo óptimo, se suelen producir ineficiencias..



A pesar de estas consideraciones, hay veces que el factor tiempo es más importante que el coste, porque el éxito depende de disponer de los resultados del proyecto en una fecha determinada (time to market o TTM)

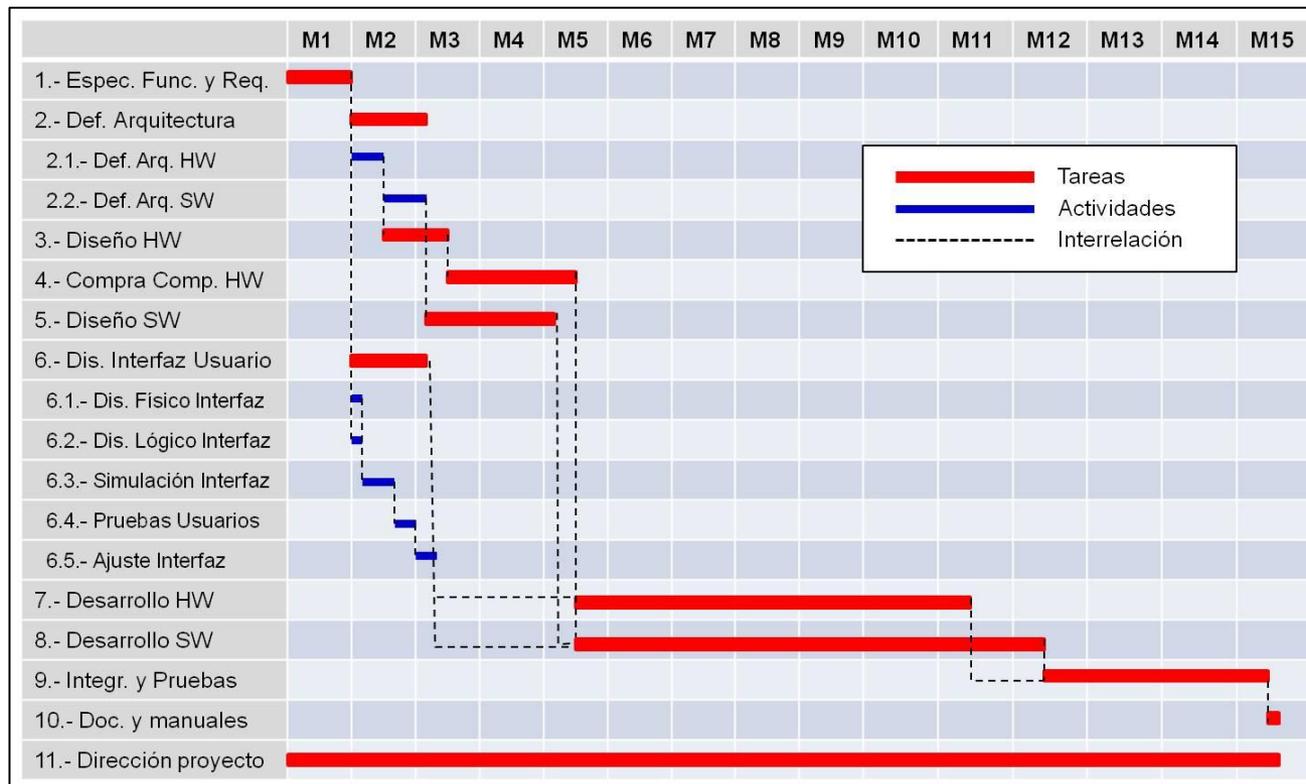
**Independientemente del parámetro a optimizar (tiempo/coste), es necesario contar con técnicas cuantitativas que permitan optimizar y seguir el avance del proyecto.**

# TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN



# GRÁFICOS DE GANTT (I)

- ❑ Representa las tareas y actividades de un proyecto en forma de barras. La longitud de la barra es proporcional a la duración de la tarea o actividad.
- ❑ En el eje de ordenadas se representan las tareas y actividades y en el de abscisas el tiempo.



## GRÁFICOS DE GANTT (II)

---

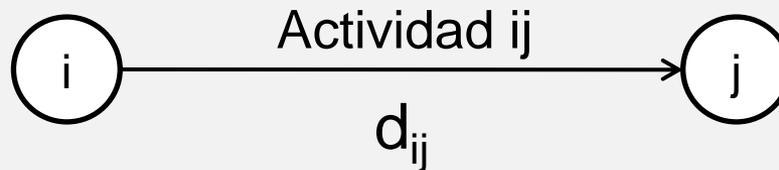
- Es un método fácil de aplicar e intuitivo.
- Es muy utilizado.
- Proporciona una buena información del proyecto.
- Cuando se emplea para realizar el seguimiento del proyecto y, por tanto, se actualiza periódicamente, proporciona información sobre las actividades que están en plazo (según lo previsto) y las desviaciones con respecto al plan inicial.
- Considera que la duración de las tareas y actividades es determinista.

# MÉTODO PERT/CPM (I)

- ❑ Representan, mediante grafos, el conjunto de tareas y actividades de un proyecto.

- ❑ El grafo se construye respetando el orden en el que se realizan las tareas y actividades del proyecto.

- ❑ Un grafo es una representación de un proceso por medio de arcos o flechas y círculos o nodos. Las flechas representan las tareas y actividades y los círculos representan los nodos de comienzo y fin de cada tarea y actividad.



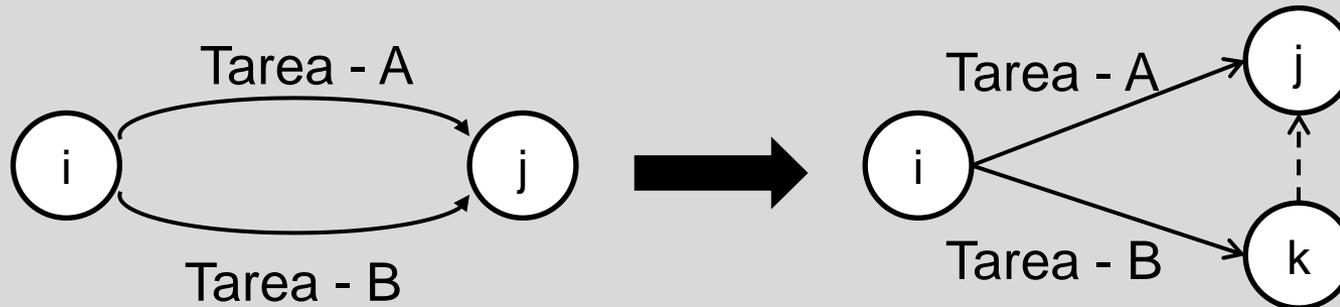
Donde “i” es el suceso que precede a la actividad o de inicio, “j” es el suceso que sigue a la actividad o suceso de fin y  $d_{ij}$  es la duración de la actividad.

## Reglas de construcción del grafo

- Cada tarea o actividad tiene un único nodo de inicio (origen) y un único nodo de final (destino).

- Dos tareas o actividades no pueden compartir los mismos nodos de origen y destino.

- Si ocurriera que dos tareas o actividades tuvieran los mismos nodos de origen y destino, se añadiría una tarea o actividad ficticia (de duración nula).



- También se usan tareas ficticias para determinar precedencias entre nodos.

- El sistema de numeración de los nodos es arbitrario, aunque es conveniente ir numerando los nodos según se van incluyendo en el grafo.

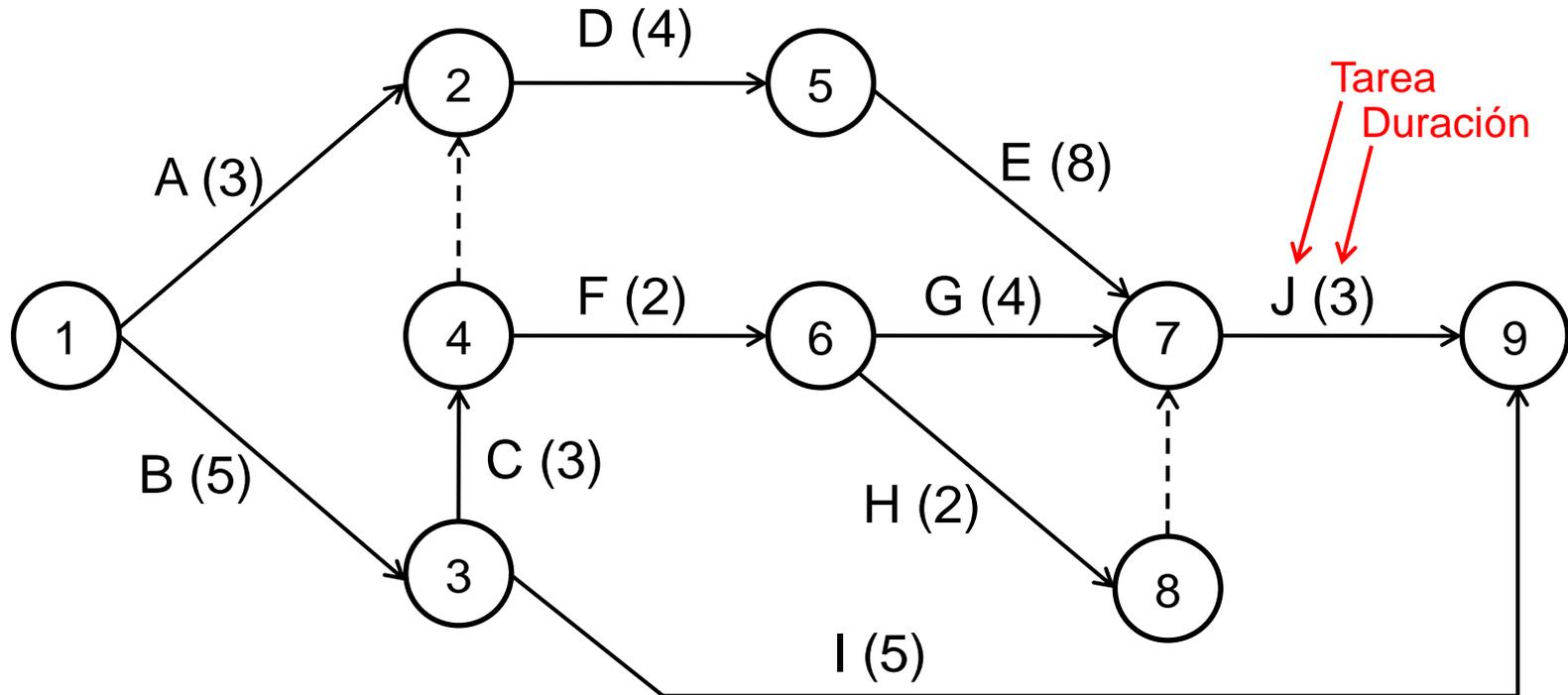
# EJEMPLO DE PROYECTO CON CPM/PERT (I)

❑ Se trata de obtener el grafo del proyecto de apertura de una nueva oficina y traslado de personal. El objetivo del proyecto es finalizar en 22 semanas. La lista de tareas es la siguiente:

TAREA	DESCRIPCIÓN	TAREAS PREDECESORAS	DURACIÓN (Semanas)
A	Elegir local.	-	3
B	Definir plan.	-	5
C	Requisitos personal.	B	3
D	Diseñar oficina.	A, C	4
E	Construir interior.	D	8
F	Selección del personal a trasladar.	C	2
G	Contratación de nuevos empleados.	F	4
H	Trasladar oficinas.	F	2
I	Ajustes financieros.	B	5
J	Formar al personal.	H, E, G	3

## EJEMPLO DE PROYECTO CON CPM/PERT (II)

❑ La carga total de trabajo del proyecto, tal y como se puede calcular en la tabla anterior, es de 39 semanas. En cuanto al grafo, quedaría:

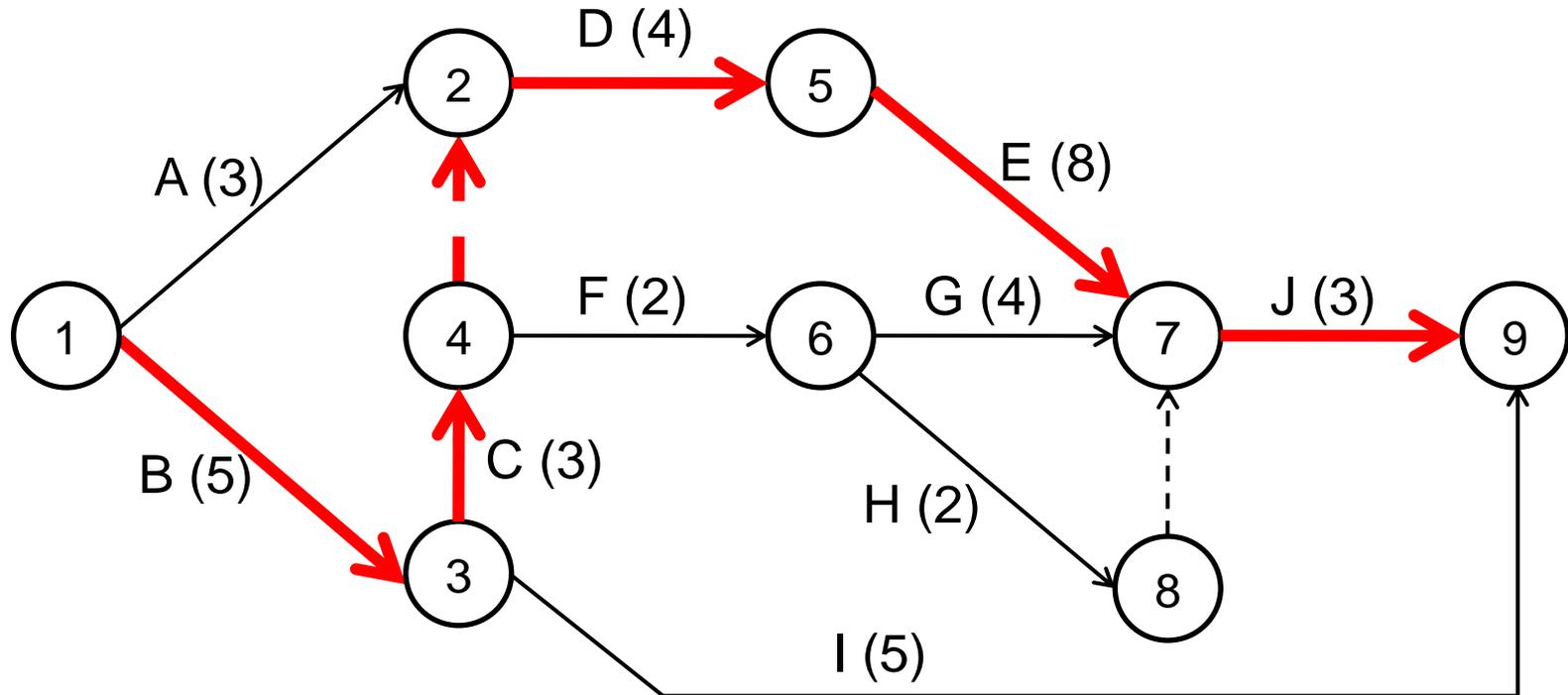


❑ Hay dos actividades ficticias:

- Entre los nodos 4 y 2: Para que la actividad C preceda a la D.
- Entre los nodos 8 y 7: Para diferenciar las actividades G y H, que tienen el mismo origen y destino.

## EJEMPLO DE PROYECTO CON CPM/PERT (III)

□ Una vez dibujado el grafo, podemos determinar el camino crítico y la duración del proyecto:



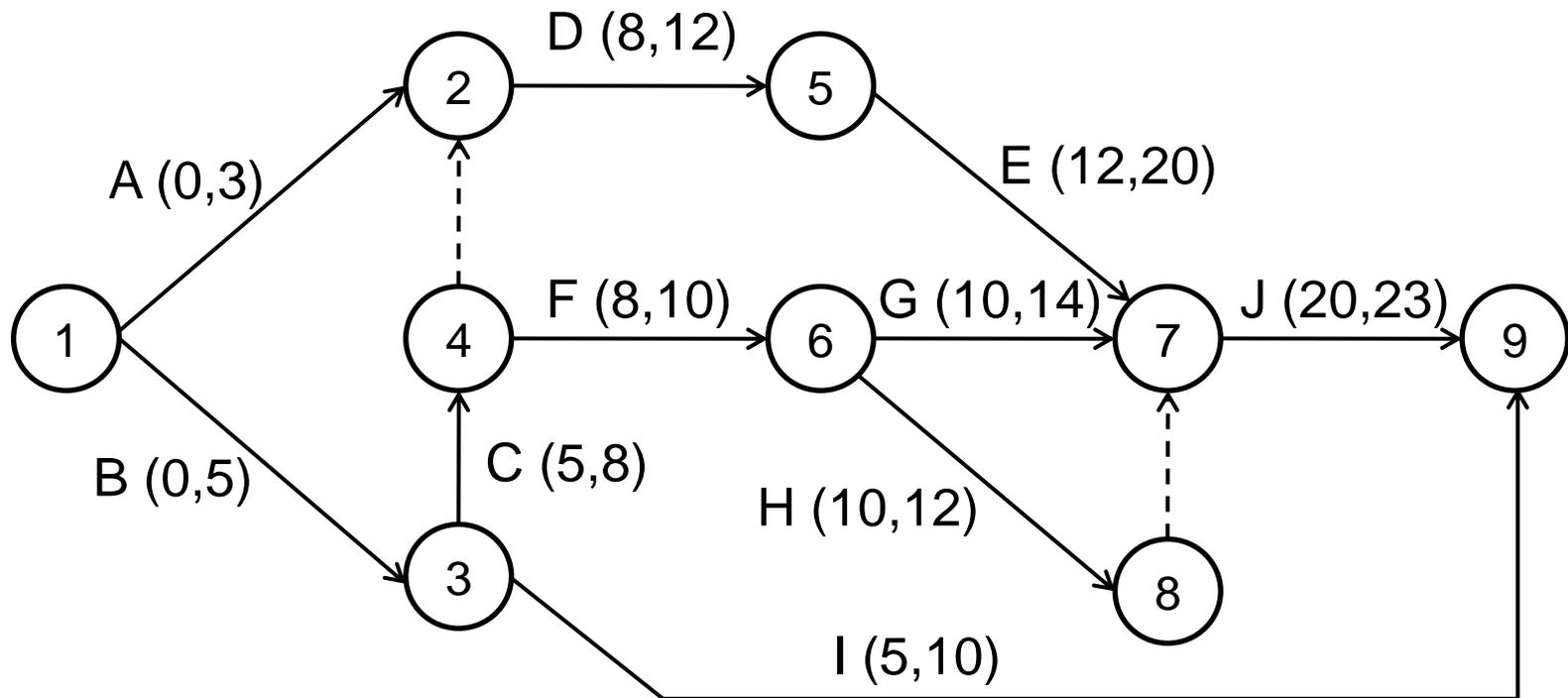
□ La duración mínima del proyecto es la del camino más largo, que se llama **camino crítico**. En el ejemplo, la duración del proyecto sería de 23 semanas, con lo que no se cumpliría el objetivo.

# ALGORITMO DE CÁLCULO DEL CAMINO CRÍTICO (I)

□ Al recorrer el grafo desde el principio al final, vamos calculando los tiempos de inicio y de finalización menores de cada tarea. **El tiempo de inicio menor (TIm)** de una tarea es el mayor de los tiempos de finalización de todas las tareas que finalizan en ese nodo. **El tiempo de finalización menor (TFm)** es:

$$TFm = TIm + d$$

Donde “d” es la duración esperada de la tarea.

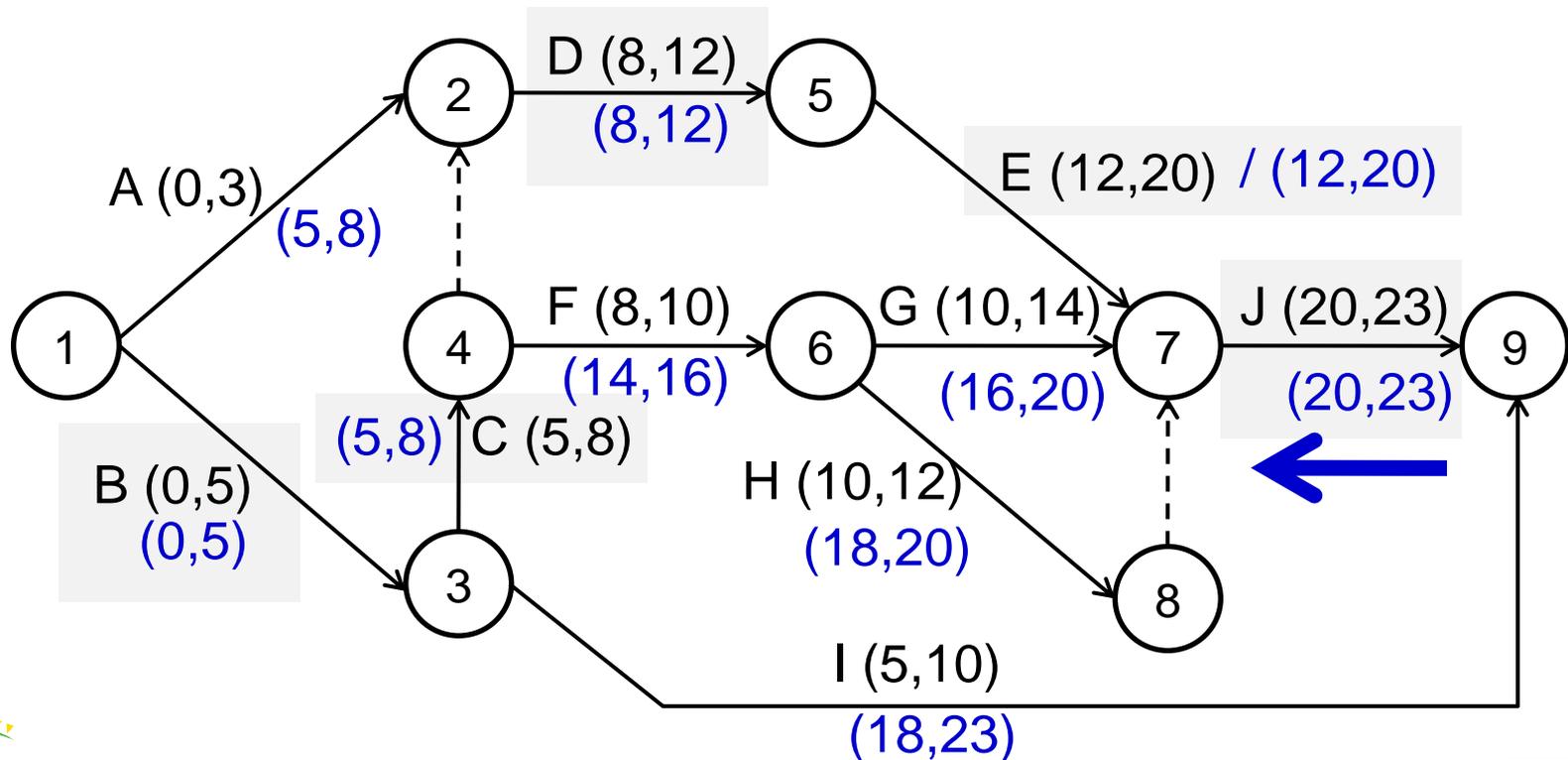


# ALGORITMO DE CÁLCULO DEL CAMINO CRÍTICO (II)

□ Al recorrer el grafo inversamente, vamos calculando los tiempos de inicio y de finalización mayores de cada tarea. **El tiempo de finalización mayor (TFM)** de una tarea es el menor de los tiempos inicio de las tareas que salen de ese nodo. **El tiempo de inicio mayor (TIM)** de una tarea es:

$$\text{TIM} = \text{TFM} - d$$

Donde “d” es la duración esperada de la tarea.



# CAMINO CRÍTICO Y HOLGURA (I)

---

- ❑ Como se puede observar en el grafo anterior, el camino crítico está formado por las flechas en las que los tiempos menores ( $T_{im}$  y  $TF_m$ ) coinciden con los tiempos mayores ( $T_{IM}$  y  $TF_M$ ).
- ❑ Con estos datos ya podemos calcular las **holguras** de las tareas. Esto es: **el tiempo que se puede retrasar el inicio de una tarea o actividad sin retrasar la finalización del proyecto**. La holgura se calcula como la diferencia entre el Tiempo de inicio mayor ( $T_{IM}$ ) y el tiempo de inicio menor ( $T_{im}$ ):

$$\text{Holgura} = T_{IM} - T_{im}$$

- ❑ Las tareas que no tienen holgura son las que forman el camino crítico, tal y como se puede ver en la tabla de la siguiente transparencia.

# CAMINO CRÍTICO Y HOLGURA (II)

---

TAREA	DESCRIPCIÓN	HOLGURA (Semanas)
A	Elegir local.	5
B	Definir plan.	-
C	Requisitos personal.	-
D	Diseñar oficina.	-
E	Construir interior.	-
F	Selección personal a trasladar.	6
G	Contratación nuevos empleados.	6
H	Trasladar oficinas.	8
I	Ajustes financieros.	13
J	Formar al personal.	-

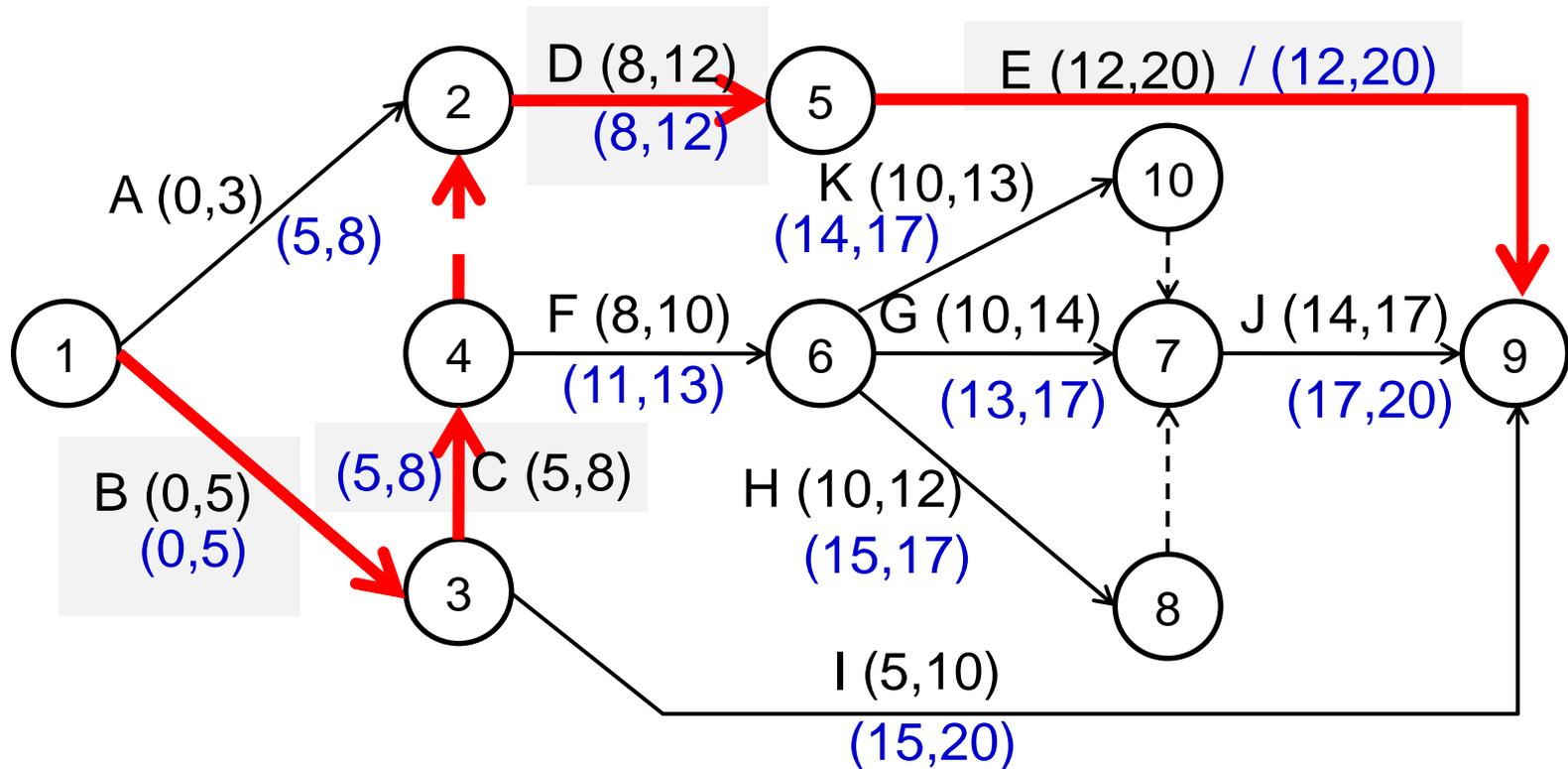
# REPLANIFICACIÓN (I)

❑ Si el proyecto cambiase y se le añadiera otra tarea K y se modificasen las tareas predecesoras (nótese que la tarea J ya no está precedida por la E):

TAREA	DESCRIPCIÓN	TAREAS PREDECESORAS	DURACIÓN (Semanas)
A	Elegir local.	-	3
B	Definir plan.	-	5
C	Requisitos personal.	B	3
D	Diseñar oficina.	A, C	4
E	Construir interior.	D	8
F	Selección del personal a trasladar.	C	2
G	Contratación de nuevos empleados.	F	4
H	Trasladar oficinas.	F	2
I	Ajustes financieros.	B	5
J	Formar al personal.	H, G, K	3
K	Comprobar formación.	F	3

# REPLANIFICACIÓN (II)

□ En este caso, la duración mínima del proyecto sería de 20 meses y el camino crítico sería el señalado en la figura. En cuanto a la carga total de trabajo, sería de 42 semanas.



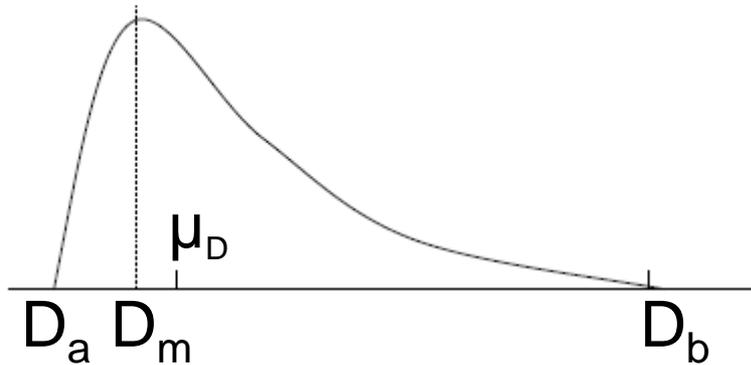
# REPLANIFICACIÓN (III)

---

TAREA	DESCRIPCIÓN	HOLGURA (Semanas)
A	Elegir local.	5
B	Definir plan.	-
C	Requisitos personal.	-
D	Diseñar oficina.	-
E	Construir interior.	-
F	Selección personal a trasladar.	3
G	Contratación nuevos empleados.	3
H	Trasladar oficinas.	5
I	Ajustes financieros.	10
J	Formar al personal.	3
K	Comprobar formación.	4

# ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS TAREAS (I)

□ En el método PERT se asume que la duración esperada de una tarea es una variable aleatoria que sigue una distribución Beta unimodal.



Donde:

- $D_a$  es la duración optimista o menor tiempo que puede durar una tarea.
- $D_b$  es la duración pesimista o el mayor tiempo que puede durar una tarea.
- $\mu_D$  es la duración esperada para una actividad.
- $D_m$  es la moda de la duración.

□ La duración esperada,  $\mu_D$ , y la varianza,  $\sigma_D^2$ , de la actividad vienen dadas por las expresiones:

$$\mu_D = \frac{D_a + 4 \cdot D_m + D_b}{6}$$

$$\sigma_D^2 = \left[ \frac{D_b - D_a}{6} \right]^2$$

## ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN DE LAS TAREAS (II)

□ En el ejemplo anterior, quedaría:

TAREA	DESCRIPCIÓN	Da	Dm	Db	$\mu_D$	$\sigma_D$
A	Elegir local.	1	3	5	3	2/3
B	Definir plan.	3	4,5	9	5	1
C	Requisitos personal.	2	3	4	3	1/3
D	Diseñar oficina.	2	4	6	4	2/3
E	Construir interior.	4	7	16	8	2
F	Selección del personal a trasladar.	1	1,5	5	2	2/3
G	Contratación de nuevos empleados.	2,5	3,5	7,5	4	5/6
H	Trasladar oficinas.	1	2	3	2	1/3
I	Ajustes financieros.	4	5	6	5	1/3
J	Formar al personal.	1,5	3	4,5	3	1/2
K	Comprobar formación.	1	3	5	3	2/3

# ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN DEL PROYECTO (I)

- ❑ La duración esperada del proyecto,  $D$ , es una variable aleatoria que es la suma de otras variables aleatorias (las duraciones de las tareas que forman parte del camino crítico) . Por tanto, la variabilidad de la duración del proyecto dependerá de la variabilidad de todas las tareas del camino crítico.
- ❑ Asumiendo que la duración esperada de cada tarea es una variable aleatoria independiente, podemos asumir también que para un número suficiente de tareas en el camino crítico, se cumplirá que la duración esperada del proyecto se aproxima a una distribución normal donde (volviendo al ejemplo anterior):

$$\mu_D = \mu_{DB} + \mu_{DC} + \mu_{DD} + \mu_{DE}$$

$$\sigma_D^2 = \sigma_{DB}^2 + \sigma_{DC}^2 + \sigma_{DD}^2 + \sigma_{DE}^2$$

Donde  $\mu_{DB}$ ,  $\mu_{DC}$ ,  $\mu_{DD}$  y  $\mu_{DE}$  son las duraciones esperadas de las tareas que forman el camino crítico B, C, D y E y  $\sigma_{DB}$ ,  $\sigma_{DC}$ ,  $\sigma_{DD}$  y  $\sigma_{DE}$  son sus desviaciones típicas.

## ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN DEL PROYECTO (II)

---

❑ En estas condiciones, la probabilidad de que el proyecto durase menos de una duración dada “d”, vendría dada por:

$$P( D \leq d ) = P( Z \leq z )$$

Donde “z” es el valor de entrada a una tabla de distribución normal y viene dada por:

$$z = \frac{d - \mu_D}{\sigma_D}$$

❑ Volviendo al ejemplo, la probabilidad de que el proyecto durase menos de 22 semanas (el tiempo esperado,  $\mu_D$ , es de 20 semanas):

$$P( D \leq 22 ) = P( Z \leq \frac{22 - 20}{\sqrt{50/9}} ) = P( Z \leq 0,8485 )$$

Buscando en las tablas de la distribución normal estándar, obtenemos:

$$P( D \leq 22 ) = P( Z \leq 0,8485 ) = 0,7976 \approx 0,8$$

Luego hay un 80% de probabilidades de que el proyecto finalice en menos de 22 semanas.