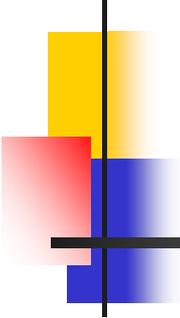


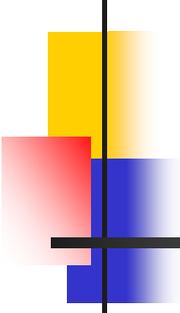
PLANIFICACIÓN TEMPORAL DE PROYECTOS

1. Introducción
2. La planificación temporal según los estándares
3. Técnicas de descomposición estructurada
(ver presentación específica)
4. Métodos de planificación temporal
5. Red de tareas
6. Diagrama de barras
7. Método PERT
 - Principios básicos
 - Etapas
 - Estructura
 - Estimación de tiempos
 - Cálculo de tiempos
 - Holguras
 - Calendario de ejecución del proyecto
8. Método ROY
 - Principios básicos
 - Construcción del grafo ROY
 - Cálculo de los tiempos mínimo y máximo
 - Holguras y calendario de ejecución



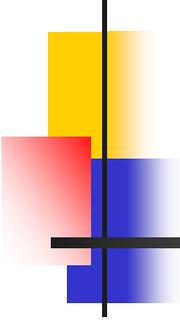
1. Introducción

- Planificación: estimación inicial, monitorización y control
- ¿Qué actividades deben planificarse?
- ¿Cuáles son las causas de fracasos en los proyectos?
- ¿Influye el CV en la planificación?
- Planificación temporal: Identificación de tareas, asignación de tiempos y recursos a dichas tareas y planificación de la secuencia de ejecución de forma que el tiempo de desarrollo del proyecto sea mínimo
 - El objetivo del gestor del proyecto es definir todas las tareas del proyecto, identificar las que son críticas y hacerles un seguimiento para detectar de inmediato posibles retrasos
 - La planificación temporal distribuye el esfuerzo estimado a lo largo de la duración prevista del proyecto
 - La planificación evoluciona con el tiempo



1. Introducción

- Principios de la planificación temporal:
 - **Compartimentación:** descomposición del proyecto en un número manejable de tareas.
 - **Interdependencia:** Se deben determinar las dependencias de cada tarea.
 - **Asignación de tiempo:** A cada tarea se le debe asignar un cierto número de unidades de trabajo, una fecha de inicio y otra de finalización.
 - **Validación del esfuerzo:** A medida que se realiza la asignación de tiempo, el gestor del proyecto se tiene que asegurar de que los técnicos necesarios estarán disponible en cada momento.
 - **Responsabilidades definidas:** Cada tarea que se programe debe asignarse a un miembro específico del proyecto.
 - **Resultados definidos:** El resultado de cada tarea, normalmente un producto, deberá estar definido. Los productos se combinan generalmente en entregas.
 - **Hitos definidos:** Todas las tareas grupos de tareas deben asociarse con algún hito del proyecto. Se considera un hito cuando se ha revisado la calidad de uno o más productos y se han aceptado.



2. Planificación temporal según los estándares

■ PMBOK

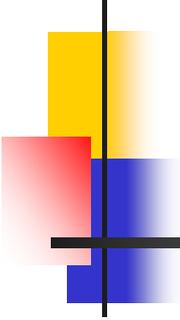
Es una guía que muestra los principios, las herramientas y las técnicas que se deben utilizar para realizar una correcta planificación de proyectos. Desarrollada por el PMI y aprobada por ANSI.

ESTRUCTURA.

- Definición de términos.
- Descripción de áreas de conocimiento.
- Apéndices.
- Glosario e índices.

PROCESOS DE LA PLANIFICACIÓN.

- Definición de actividades.
- Secuenciación de actividades.
- Estimación de la duración de las actividades.
- Desarrollo de la planificación.
- Control de la planificación.



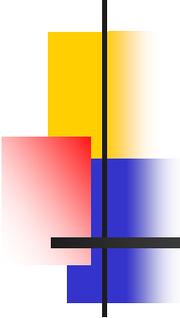
2. Planificación temporal según los estándares

- IEEE 1058.1

Estándar que especifica el formato y contenidos de los planes para la gestión de proyectos software. No especifica las técnicas que se pueden utilizar. Desarrollada por el IEEE y aprobada por ANSI.

ESTRUCTURA

- Alcance y referencias.
- Definiciones.
 - Actividad, documento base, cliente, acuerdo de proyecto, entregables del proyecto, etc.
- Plan para la gestión de proyectos software.
 - Página de título, hoja de revisión, prefacio, tabla de contenidos, lista de figuras, lista de tablas.
 - Introducción.
 - Organización del proyecto.
 - Procesos de gestión.
 - Proceso técnico.
 - Plan de desarrollo.
 - Componentes adicionales, índice, apéndices.



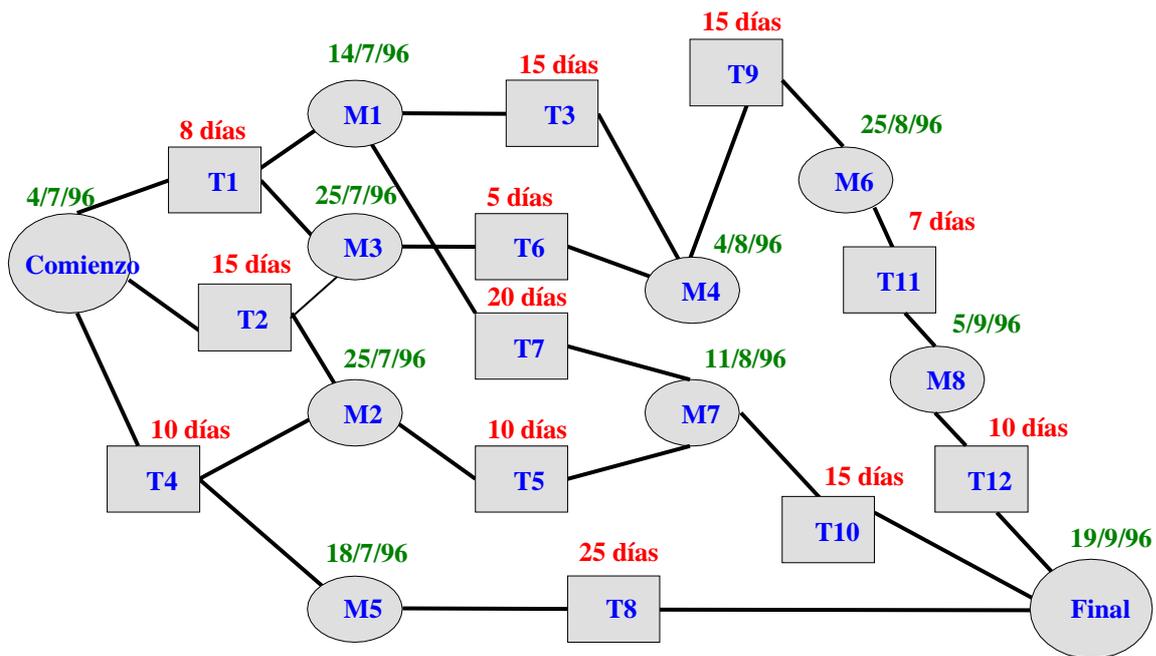
4. Métodos de planificación temporal

- **Red de tareas:** representación mediante una estructura en red de las tareas e hitos del proyecto.
- **Diagrama de barras:** Representación gráfica de las tareas sobre una escala de tiempos.
- **PERT** (*Program Evaluation & Review Technique*):
 - Creado para proyectos del programa de defensa del gobierno norteamericano entre 1958 y 1959.
 - Se utiliza para controlar la ejecución de proyectos con gran número de actividades que implican investigación, desarrollo y pruebas.
- **CPM** (*Critical Path Method*):
 - Desarrollado para dos empresas americanas entre 1956 y 1958.
 - Se utiliza en proyectos en los que hay poca incertidumbre en las estimaciones.
- **Método de ROY:**
 - Desarrollado en Europa entre 1958 y 1961 (B. Roy/ M. Simmonard).
 - Similar a los métodos PERT y CPM, pero permite establecer las redes sin utilizar actividades ficticias e iniciar los cálculos sin la construcción de la red.

5. Red de tareas

Redes de Tareas: Representan las tareas que deben ejecutarse en paralelo y las que deben llevarse a cabo en secuencia debido a una dependencia respecto a la tarea o tareas anteriores.

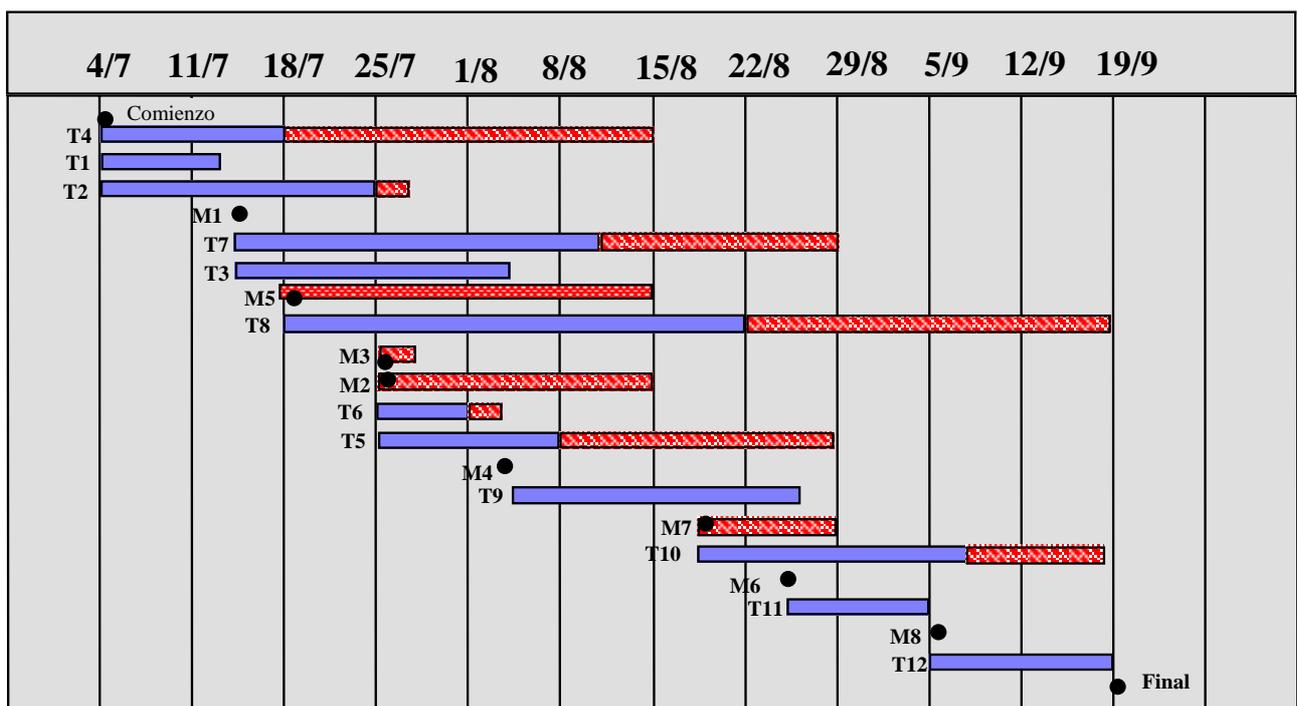
- Los nodos rectangulares representan las *tareas*.
- Los nodos redondeados representan los *hitos*



Tarea	Duración (días)	Dependencias
T1	8	
T2	15	
T3	15	T1
T4	10	
T5	10	T2,T4
T6	5	T1,T2
T7	20	T1
T8	25	T4
T9	15	T3,T6
T10	15	T5,T7
T11	7	T9
T12	10	T11

6. Diagrama de barras

- **Diagramas de barras o de Gantt:** Representación gráfica de las tareas sobre una escala de tiempos. Las tareas se representan en forma de barra sobre dicha escala manteniendo la relación de proporcionalidad entre sus duraciones y su representación gráfica, y su posición respecto del punto origen del proyecto.
 - No permiten la representación de conexiones cruzadas que muestre directamente la dependencia de tareas.
 - Tampoco permiten conocer claramente la lógica utilizada en la planificación.



7. Método PERT: principios básicos

- Técnica de control de tiempos para organizar, ordenar, asignar prioridades y controlar el progreso coordinado de las diferentes actividades que componen un proyecto.
- Parte de la descomposición del proyecto en actividades. Entendiendo por **actividad** la ejecución de una tarea que exige para su realización el uso de recursos.
- Se establece también el concepto de **acontecimiento o suceso**: indica el principio o fin de una actividad o conjunto de actividades. No consume tiempo ni recursos.
- Los pasos para construir un PERT son: **construcción de la estructura, la estimación de tiempo, el cálculo de tiempos y el cálculo de las holguras.**
- El método utiliza una estructura de **grafo** para la representación gráfica de las actividades o tareas de un proyecto.
 - Las **actividades** se representan por líneas o flechas (arcos del grafo).
 - Los **sucesos** se representan por círculos (vértices del grafo).

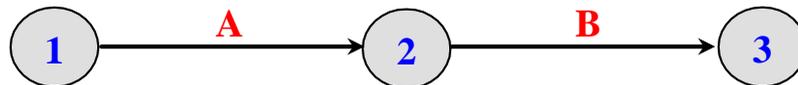


$A_{1,2}$: actividad
1, 2: sucesos

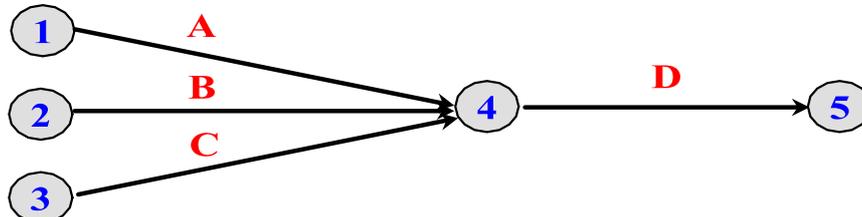
7. Método PERT: principios básicos

- Tipos de prelacones entre las actividades:

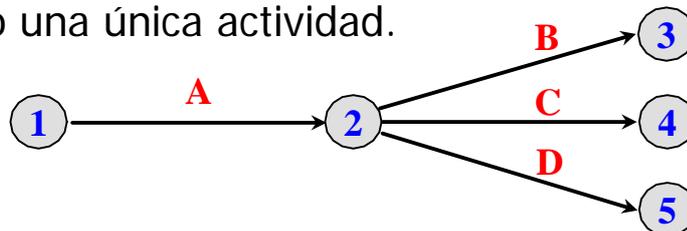
- **Prelaciones lineales:** Para poder iniciar una determinada actividad es necesario que haya finalizado una única actividad.



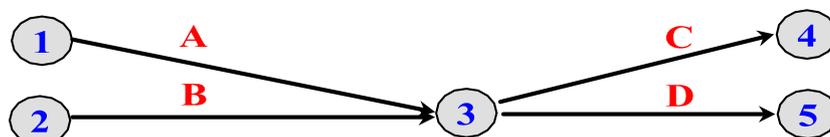
- **Prelaciones que originan una convergencia:** Para poder iniciar una determinada actividad es necesario que hayan finalizado dos o más actividades.



- **Prelaciones que originan una divergencia:** Para poder iniciarse un conjunto de actividades es necesario que haya finalizado una única actividad.



- **Prelaciones que originan convergencia-divergencia:** Para poder iniciarse un conjunto de actividades es necesario que hayan finalizado dos o más actividades.

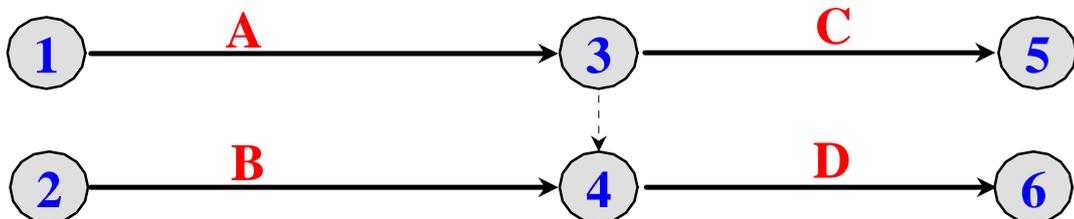


7. Método PERT: principios básicos

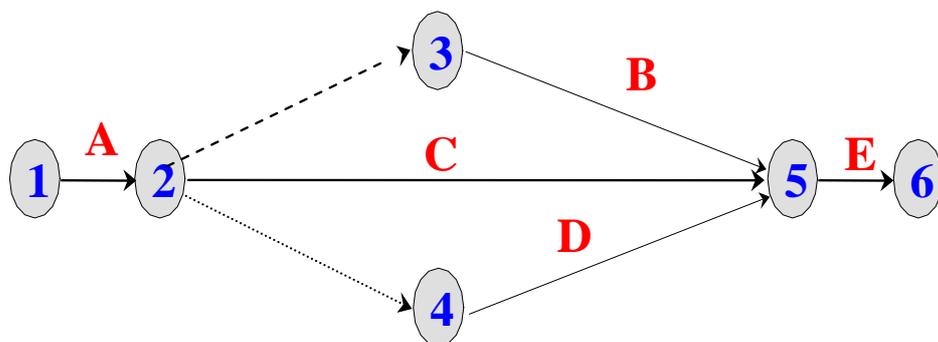
- **Actividades ficticias:** son actividades que no consumen tiempo ni recursos.

Se utilizan en dos casos:

- Cuando se presentan simultáneamente relaciones lineales y de convergencia o divergencia:



- Con actividades paralelas:



7. Método PERT: construcción de la estructura

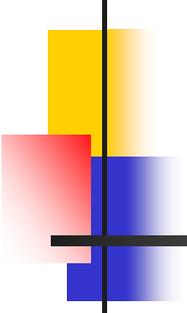
- Se comienza recogiendo de manera sistematizada toda la información referente a las relaciones entre las distintas actividades. Existen dos procedimientos:
 - **Matriz de encadenamientos:** matriz cuadrada cuya dimensión es igual al número de actividades en que se ha descompuesto el proyecto. Si en los puntos de cruce aparece una X indica que para poder iniciar la actividad de la fila tiene que haber terminado la correspondiente a la columna.
 - **Cuadro de relaciones:** tabla de dos columnas, en la primera se encuentran las actividades del proyecto y en la segunda figuran las actividades precedentes de su homóloga en la primera columna.

	A	B	C	D	E	F
A						
B						
C	X	X				
D	X					
E	X					
F				X		

Matriz de encadenamientos

Actividades	Precedentes
A	
B	
C	A, B
D	A
E	A
F	D

Cuadro de relaciones



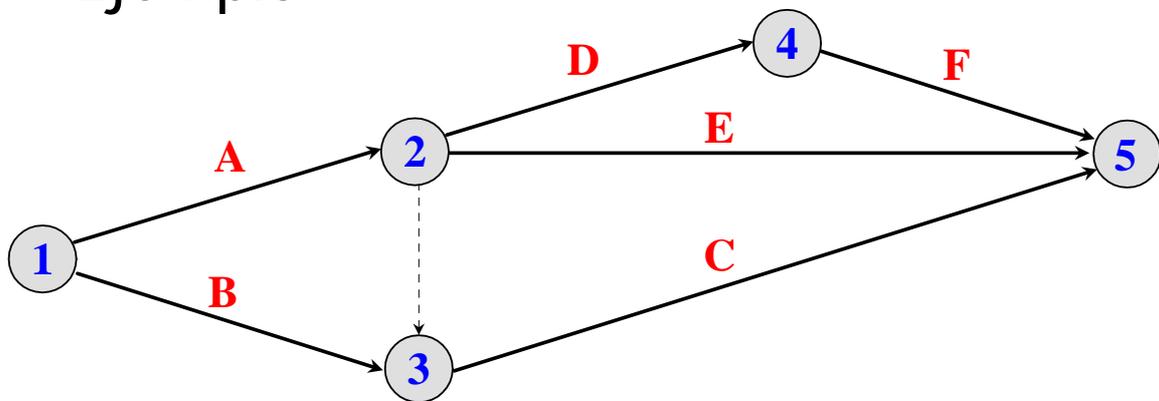
7. Método PERT: construcción de la estructura

- El grafo comienza en un vértice que representa el suceso inicio del proyecto y termina en otro vértice que representa el suceso fin del proyecto.
 - **Suceso inicio del proyecto:** representa el inicio de una o más actividades.
 - **Suceso fin del proyecto:** representa el fin de una o más actividades.
 - **Actividades inicio del proyecto:** no tienen ninguna actividad precedente.
 - **Actividades fin del proyecto:** no preceden a ninguna otra actividad.
- La numeración de los vértices del grafo debe cumplir la siguiente condición:

El número del vértice que represente el comienzo de cierta actividad debe ser menor que el número del vértice que represente el suceso fin de esa actividad.

7. Método PERT: construcción de la estructura

Ejemplo:

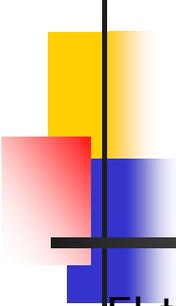


	A	B	C	D	E	F
A						
B						
C	X	X				
D	X					
E	X					
F				X		

Matriz de encadenamientos

Actividades	Precedentes
A	
B	
C	A, B
D	A
E	A
F	D

Cuadro de prelación



7. Método PERT: estimación de tiempos

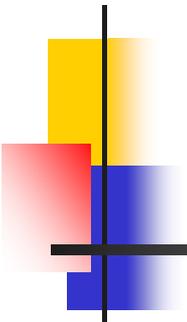
- El tiempo que se tarda en desarrollar una actividad no se conoce con exactitud por lo que hay que realizar estimaciones de tiempo. El método PERT considera tres estimaciones de tiempo distintas:
 - **Estimación optimista (E_o):** tiempo mínimo en que podría ejecutarse la actividad si no surgiera ningún contratiempo.
 - **Estimación más probable** o estimación **modal (E_m):** tiempo que se empleará en ejecutar la actividad en circunstancias normales
 - **Estimación pesimista (E_p):** tiempo máximo de ejecución de la actividad si las circunstancias son muy desfavorables.
- El tiempo PERT (D) será la media o esperanza matemática:

$$D = \frac{E_o + 4 E_m + E_p}{6}$$

- Varianza de una actividad:

$$V^2 = \left(\frac{E_o - E_p}{6} \right)^2$$

Las actividades con mayor varianza tienen un mayor riesgo en la estimación de su duración.



7. Método PERT: cálculo de tiempos

- Una vez construido el grafo del proyecto y asignados tiempos de ejecución a las actividades, el siguiente paso consistirá en calcular dos parámetros para cada suceso o acontecimiento:

- **TPA (Tiempo más Pronto del Acontecimiento)/EET (*Earliest Even Time*)**: representa el tiempo mínimo para que comience un acontecimiento o el tiempo más pronto en el que puede suceder un acontecimiento.

El TPA del suceso inicial es cero, para el resto de los sucesos el TPA se calcula siguiendo las siguientes reglas:

- Seleccionar todas las actividades que llegan al suceso.
- Para cada actividad que entra, se suma la duración de la actividad y el TPA de su suceso inicial.
- Seleccionar el TPA mayor que se haya obtenido.

$$t_j = \max [t_i + t_{ij}] \quad \forall i$$

- **TTA (Tiempo más Tarde del Acontecimiento)/LET (*Latest Even Time*)**: representa el tiempo más tarde en el que puede darse el acontecimiento, sin que afecte a la planificación del proyecto.

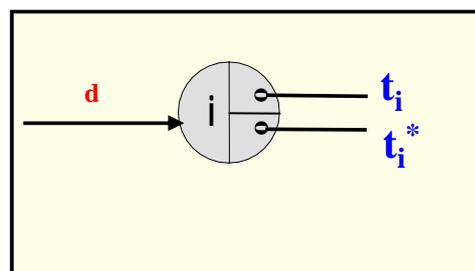
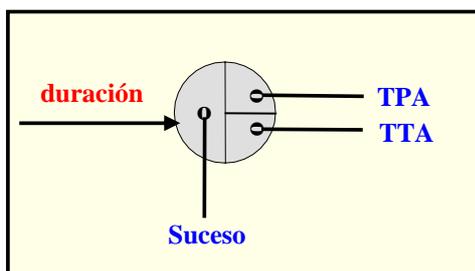
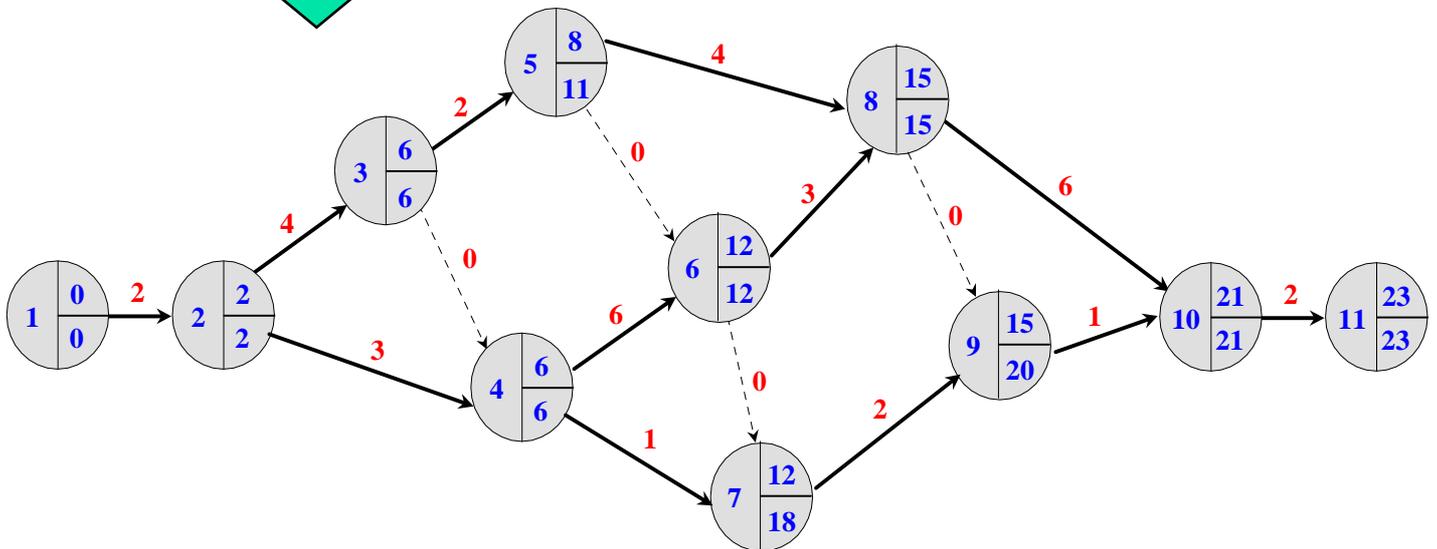
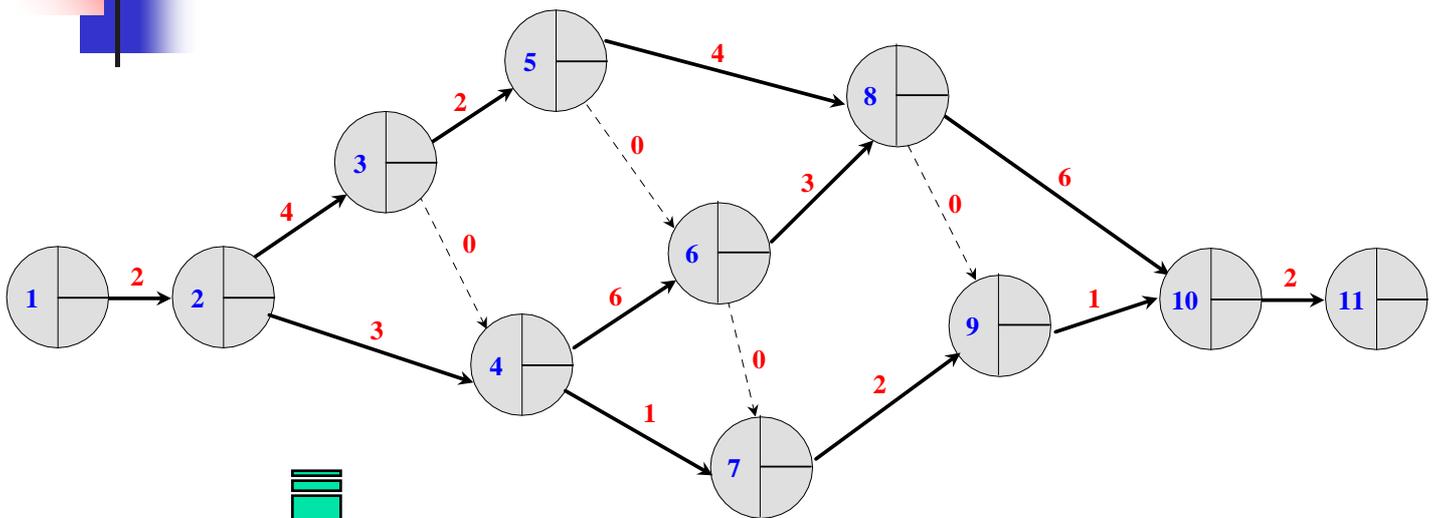
El suceso fin del proyecto tiene TPA igual al TTA, para el resto de los sucesos se aplican las reglas siguientes:

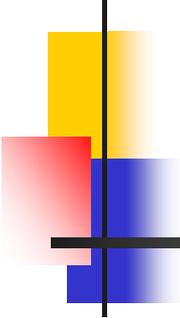
- Considerar todas las actividades que salen del suceso.
- Restar al TTA del suceso final la duración de cada actividad.
- Seleccionar el menor TTA que se haya obtenido.

$$t_i^* = \min [t_j^* - t_{ij}] \quad \forall j$$

- Para cada actividad ¿Cuántos tiempos podemos conocer? ¿Cómo calcularlos en función de TPA y TTA?

7. Método PERT: cálculo de tiempos





7. Método PERT: cálculo de tiempos

- **Holgura** o **flotación** de cierto suceso i (H_i) se define como la diferencia entre los tiempos TTA y TPA:

$$H_i = t_i^* - t_i$$

La holgura de un suceso indica el número de unidades de tiempo en que puede retrasarse la realización del mismo, de manera que la duración del proyecto no experimente ningún retraso.

- **Holgura total** de cierta tarea ij (H_{ij}^T) se define como el tiempo que resulta de restar el tiempo TTA del suceso final del TPA del suceso inicial y la duración de esa tarea:

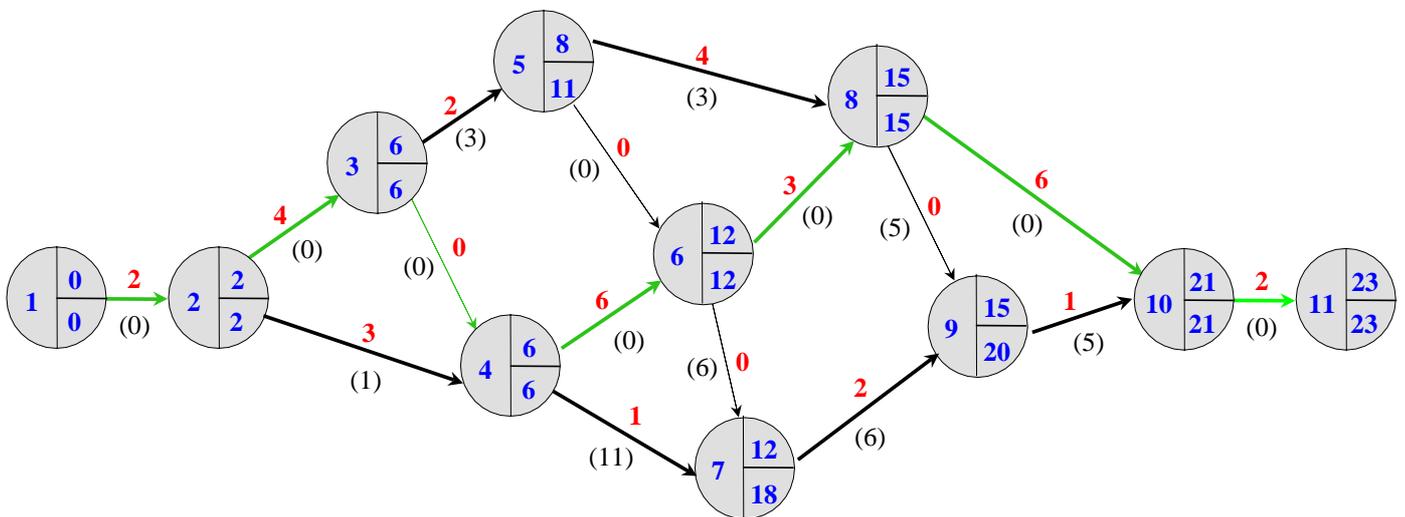
$$H_{ij}^T = t_j^* - t_i - t_{ij}$$

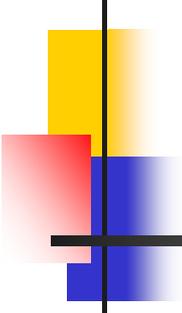
La holgura total de una tarea indica el número de unidades de tiempo en que puede retrasarse la realización de la tarea con respecto al tiempo PERT previsto, de manera que la duración del proyecto no se retrase.

- Aquellas tareas cuya holgura total sea cero se denominan **actividades o tareas críticas**. El camino que forman se denomina **camino crítico**.
- ¿Existen otras holguras?
- El retraso en la realización de cualquiera de las tareas críticas producirá un retraso en la finalización del proyecto.

7. Método PERT: cálculo de tiempos

- El camino crítico es el camino de longitud máxima que va desde el vértice que representa el suceso inicio del proyecto al vértice que representa el suceso fin del proyecto.





7. Método PERT: calendario de ejecución del proyecto

- En el calendario se establecen cuatro fechas para cada una de las actividades:

- Fecha de comienzo más temprana:

$$\Delta_{ij} = t_i$$

- Fecha de comienzo más tardía:

$$\Delta^*_{ij} = t_i + H^T_{ij} = t^*_j - t_{ij}$$

- Fecha de finalización más temprana:

$$\nabla_{ij} = t_i + t_{ij}$$

- Fecha de finalización más tardía:

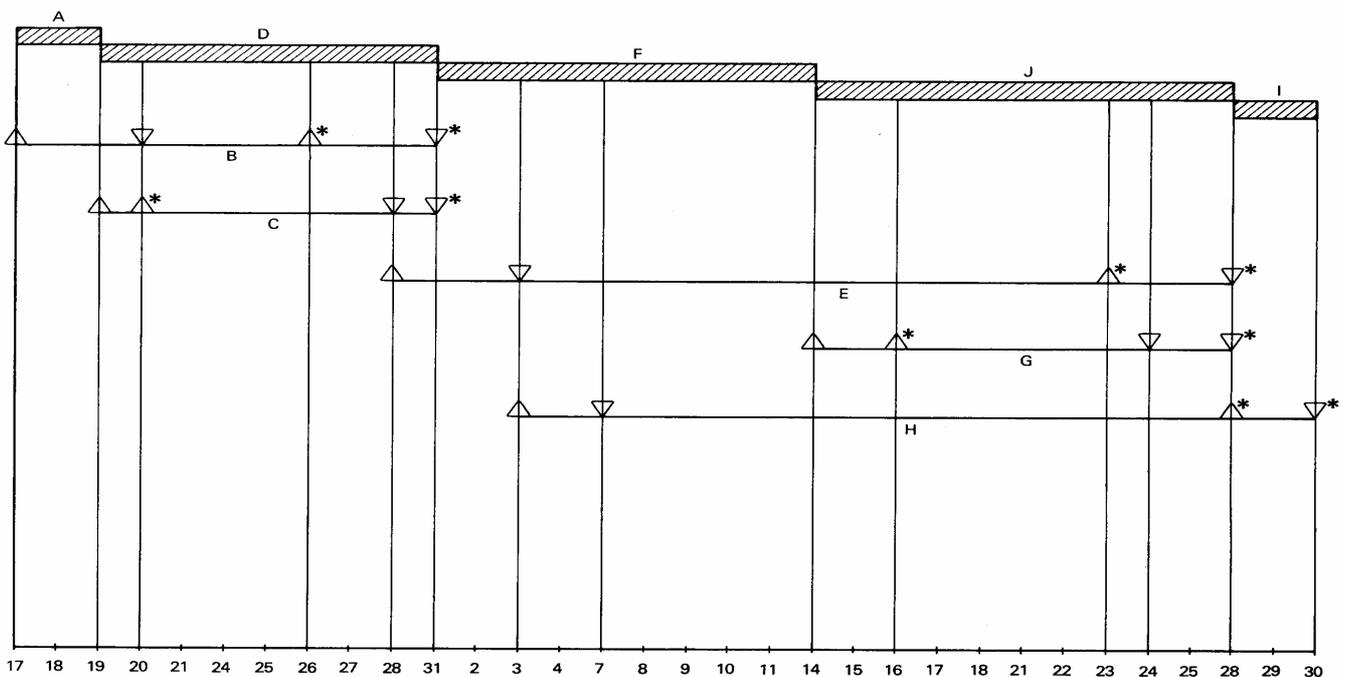
$$\nabla^*_{ij} = t^*_j$$

- En el caso de las actividades críticas las fórmulas anteriores coinciden.
- La holgura total de una actividad es igual a la diferencia entre las fechas de comienzo más tardía y más temprana e igual a la diferencia entre las fechas de finalización más tardía y más temprana:

$$H^T_{ij} = \Delta^*_{ij} - \Delta_{ij} = \nabla^*_{ij} - \nabla_{ij}$$

7. Método PERT: calendario de ejecución del proyecto

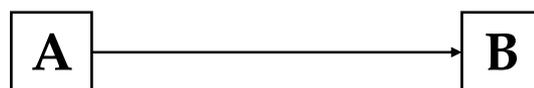
<i>Actividad</i>	<i>Fecha de comienzo</i>	<i>Fecha de finalización</i>
A	17 octubre	19 octubre
B	17-26 octubre	20-31 octubre
C	19-20 octubre	28-31 octubre
D	19 octubre	31 octubre
E	28 octubre-23 noviembre	3-28 noviembre
F	31 octubre	14 noviembre
G	14-16 noviembre	24-28 noviembre
H	3-28 noviembre	7-30 noviembre
I	28 noviembre	30 noviembre
J	14 noviembre	28 noviembre



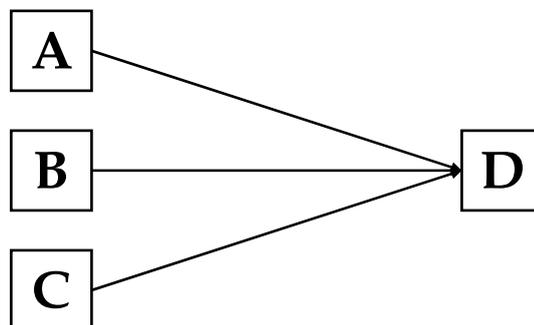
Calendario de ejecución del proyecto

8. Método ROY: principios básicos

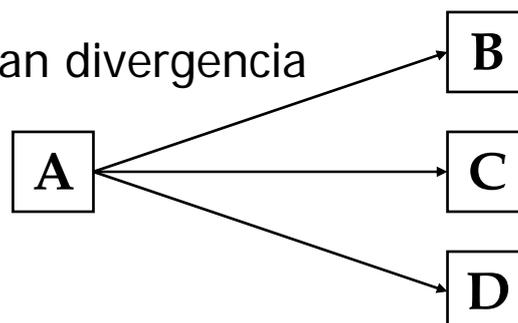
- La diferencia básica entre el método ROY y los métodos PERT y CPM reside en los principios de construcción del grafo:
 - Las actividades se representan por los vértices del grafo
 - Las relaciones existentes entre las actividades se representan mediante los arcos del grafo.
- Representación de las relaciones:
 - Relación lineal



- Relaciones que originan convergencia



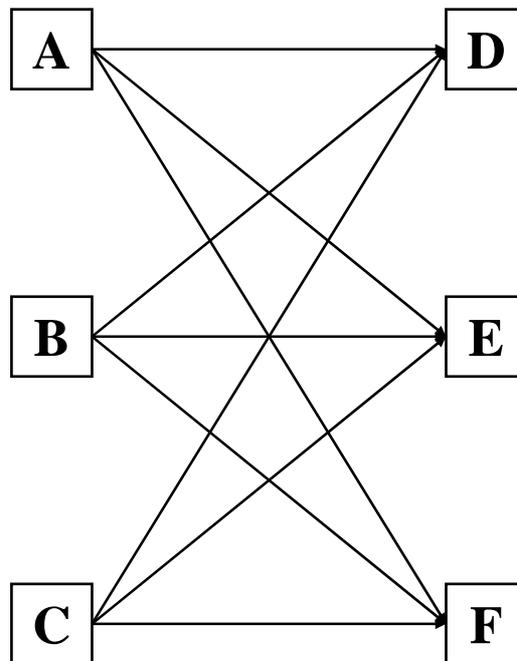
- Relaciones que originan divergencia



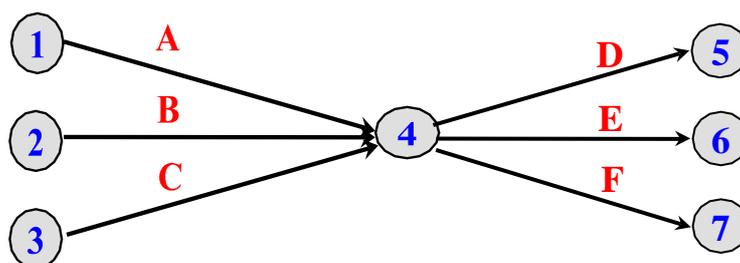
8. Método ROY: principios básicos

ROY

- Prelaciones que originan convergencia-divergencia



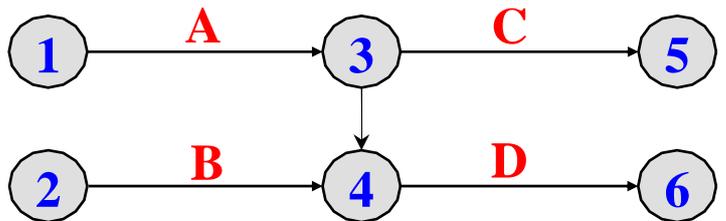
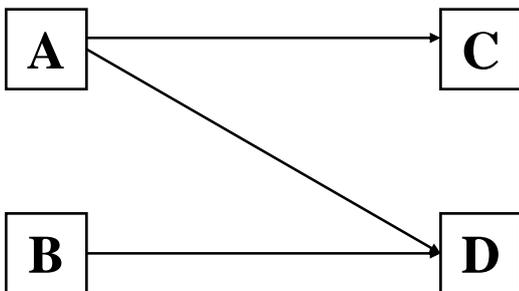
PERT



8. Método ROY: principios básicos

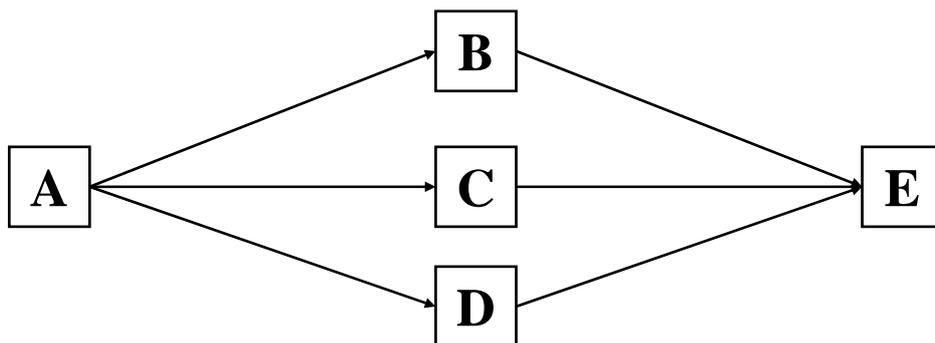
ROY

- Prelaciones lineales y de convergencia (o divergencia) simultáneas:

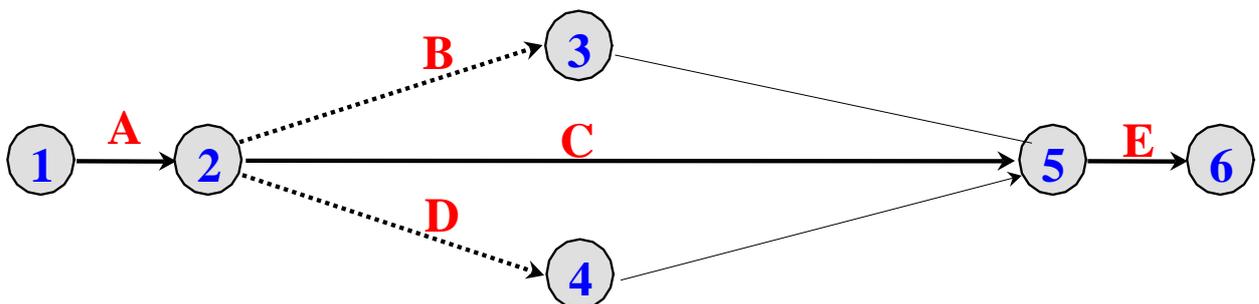


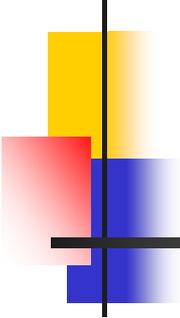
ROY

- Actividades en paralelo:



PERT



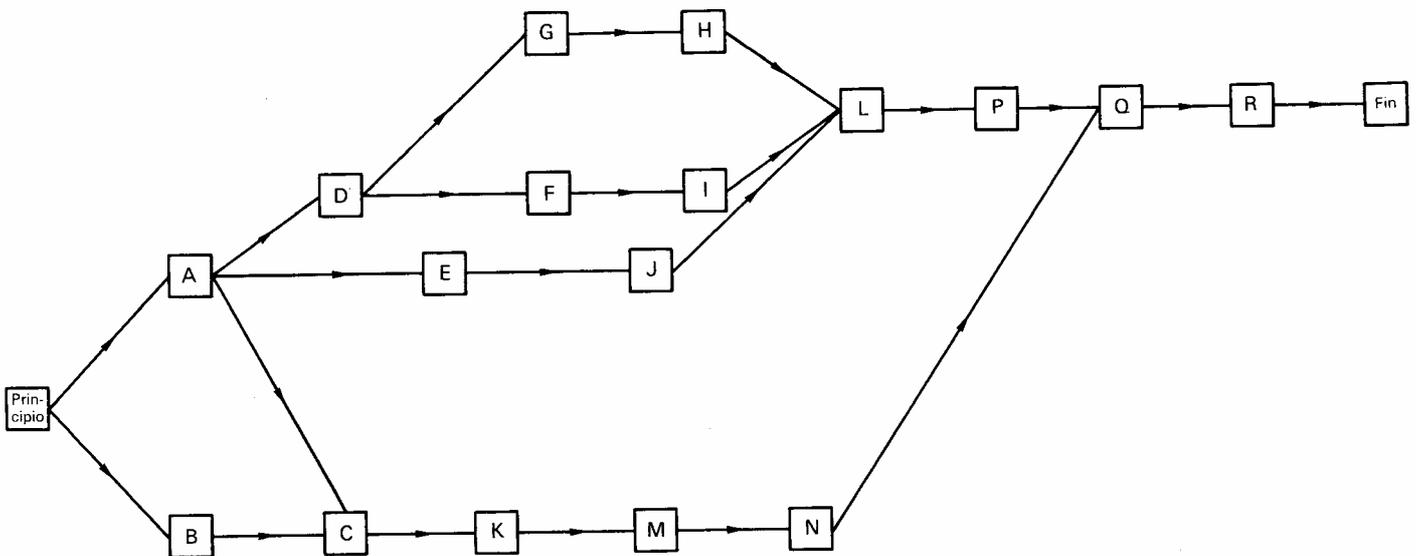


8. Método ROY: construcción del grafo

- Para construir el grafo hay que introducir, en el conjunto de actividades del proyecto, dos actividades adicionales: las actividades inicio y fin del proyecto:
 - La actividad inicio está representada por un vértice del que salen arcos que llegan a todas las actividades que no tienen actividades precedentes.
 - La actividad fin de proyecto está representada por un vértice al que llegan arcos que proceden de los vértices que representan a todas las actividades que no tienen actividades siguientes.
- Las actividades inicio y fin del proyecto son actividades ficticias que no consumen tiempo ni recursos, se les asigna un tiempo de ejecución igual a cero.
- Si en el proyecto sólo existe una actividad sin precedentes, esa actividad jugaría el papel de actividad inicio del proyecto.
- Si en el proyecto sólo existe una actividad sin siguientes, esa actividad jugaría el papel de actividad fin del proyecto.
- Las prelaciónes entre las actividades se pueden recoger en cuadros de prelación o mediante matrices de encadenamiento.

8. Método ROY: construcción del grafo

A ctividades	P recedentes
A	-
B	-
C	A , B
D	A
E	A
F	D
G	D
H	G
I	F
J	E
K	C
L	H , I, J
M	K
N	M
P	L
Q	N , P
R	Q



Representación de un grafo ROY

8. Método ROY: cálculo de los tiempos mínimo y máximo

- El **tiempo mínimo** de una actividad K representa lo más pronto que se puede llegar a esa actividad:

$$T_K = \max [T_J + D_J] \quad \forall J$$

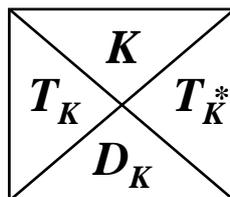
donde D_J representa la duración de la actividad J

- El **tiempo máximo** de una actividad K representa lo más tarde que se puede llegar a esa actividad:

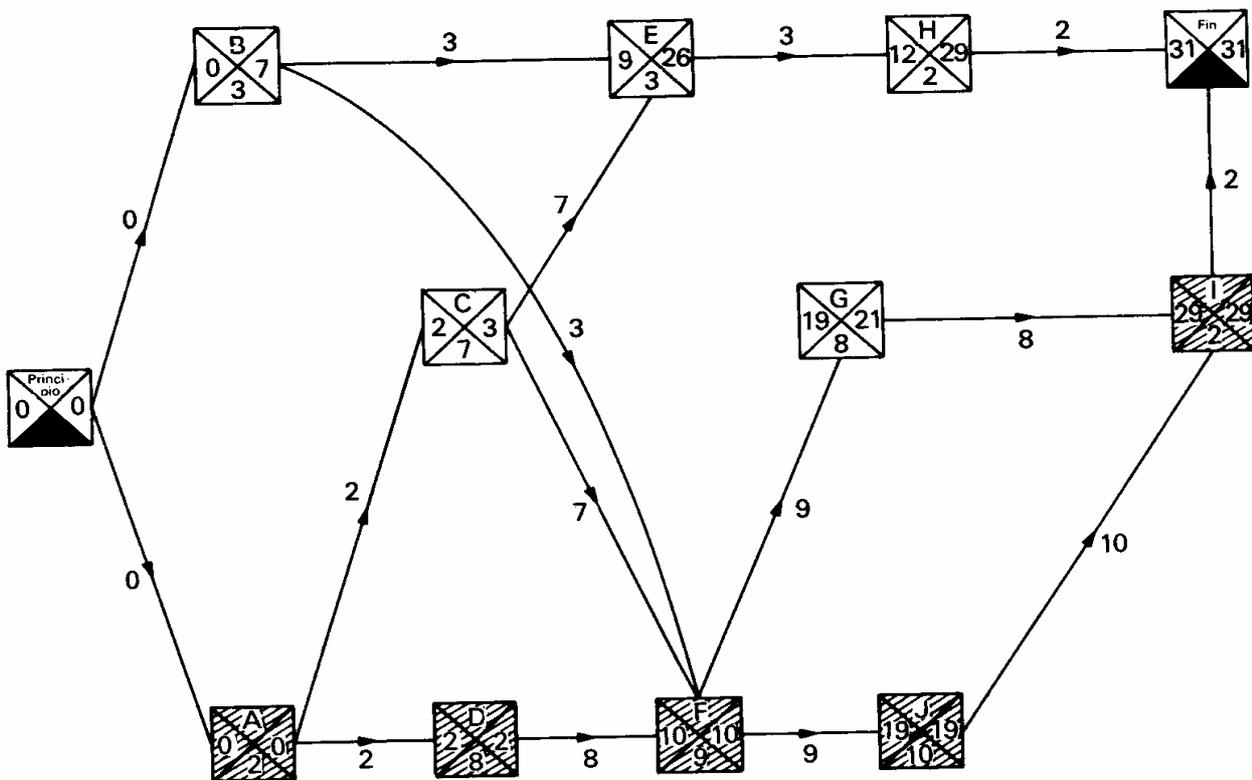
$$T_K^* = \min [T_L^* - D_K] \quad \forall L$$

donde D_K representa la duración de la actividad J

- Notación utilizada para dibujar el grafo:



8. Método ROY: cálculo de los tiempos mínimo y máximo



Representación de tiempos mínimo y máximo en el grafo ROY

- El cálculo de los tiempos mínimo y máximo se puede calcular sin utilizar la estructura de grafo, construyendo una matriz de encadenamientos en la que se han sustituido las "X" por la duración de la actividad correspondiente a la columna.

8. Método ROY: holguras y calendario de ejecución del proyecto

- **Holgura total** de cierta actividad K es la diferencia entre sus tiempos máximo y mínimo:

$$H_K^T = T_K^* - T_K$$

Las actividades con holgura nula son actividades críticas.

- La **holgura libre** de cierta actividad K viene dada por la fórmula:

$$H_K^L = \min [T_L - T_K - D_K] \quad \forall L$$

- A partir de los tiempos mínimo y máximo se puede determinar el calendario de ejecución del proyecto:

- Fecha de comienzo más temprana:

$$\Delta_K = T_K$$

- Fecha de comienzo más tardía:

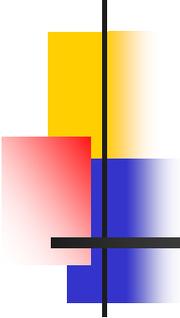
$$\Delta_K^* = T_K^*$$

- Fecha de finalización más temprana:

$$\nabla_K = T_K + D_K$$

- Fecha de finalización más tardía:

$$\nabla_K^* = T_K^* + D_K$$



Referencias

- Burnett, K., *The project management paradigm*, Springer-Verlag, 1998.
- Cos, M., *Teoría General del proyecto*, Ed. Síntesis, 1997.
- Piattini Velthuis, M.G., Calvo-Manzano, J.A., Cervera, J. y Fernández, L. "*Análisis y Diseño Detallado de Aplicaciones Informáticas de Gestión*". Ra-ma. 1996.
- Pressman, R.S., *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*, Mc Graw Hill, 2001.
- Romero, C., *Técnicas de programación y control de proyectos*, Pirámide, 1997.