
Seguimiento de la Planificación

1. Introducción.

2. Seguimiento mediante diagramas de Gantt.

3. Control de proyectos utilizando grafos PERT.

3.1. El algoritmo de Ford-Fulkerson.

3.2. Ejemplo de aplicación.

4. Ejercicios.

1. Introducción.

Una vez que se ha establecido la agenda de desarrollo, comienza la actividad de seguimiento y control. El gestor del proyecto sigue la pista a cada tarea establecida en la agenda (seguimiento). Si una tarea se sale de la agenda, el gestor puede utilizar alguna herramienta de planificación automática sobre el proyecto para determinar el impacto del error de planificación sobre los hitos intermedios y sobre la fecha final de entrega, o llevar a cabo acciones para corregir las desviaciones (control).

En ese caso, se pueden reasignar los recursos, reordenar las tareas o (como último recurso) modificar los compromisos de entrega para resolver el problema no detectado. De este modo, se puede controlar mejor el desarrollo de software.

La propiedad más resaltable de una estimación de coste para el desarrollo de software es la *"profecía de autorrelleno de tiempo"* que dice:

Si una estimación de coste está dentro del 20% de la estimación de coste "ideal" para el trabajo, un buen gestor puede conseguir que el trabajo se termine a tiempo.

Hay dos fenómenos principales que actúan sobre la holgura en el tiempo de trabajo del personal y que hacen que se cumpla la profecía de autorelleno:

1. Ley de Parkinson (1957): "El trabajo se expande hasta rellenar todo el volumen disponible".
2. Efecto "límite de tiempo": "La cantidad de energía y esfuerzo dedicado a una actividad se acelera conforme nos acercamos al límite de tiempo para completar la actividad".

De esta forma, con un conjunto apropiado de hitos y un buen conjunto de técnicas de seguimiento y control de proyectos, un gestor de proyectos software capacitado puede conseguir que un proyecto razonablemente bien estimado que ha sufrido un retraso vuelva a su planificación original.

Sin embargo, si las estimaciones no fueron lo suficientemente buenas y están muy lejanas de la realidad (especialmente por defecto), no será posible reconducir el proyecto dentro del tiempo establecido.

2. Seguimiento mediante diagramas de Gantt.

Se pueden utilizar diagramas de Gantt para hacer un seguimiento de la ejecución del proyecto con respecto a la agenda desarrollada.

Para ello, se superponen a las barras del diagrama que contiene la planificación original, nuevas barras que indiquen la duración real en la ejecución de cada una de las tareas contenidas en el plan. De esta forma, se puede observar fácilmente si existen divergencias entre las fechas y duraciones estimadas y las de la ejecución real.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tarea 1.1										
Tarea 1.2										
Tarea 1.3										
Tarea 2.1										
Tarea 2.2										
Tarea 2.3										
								(1)		



Original



Ejecución

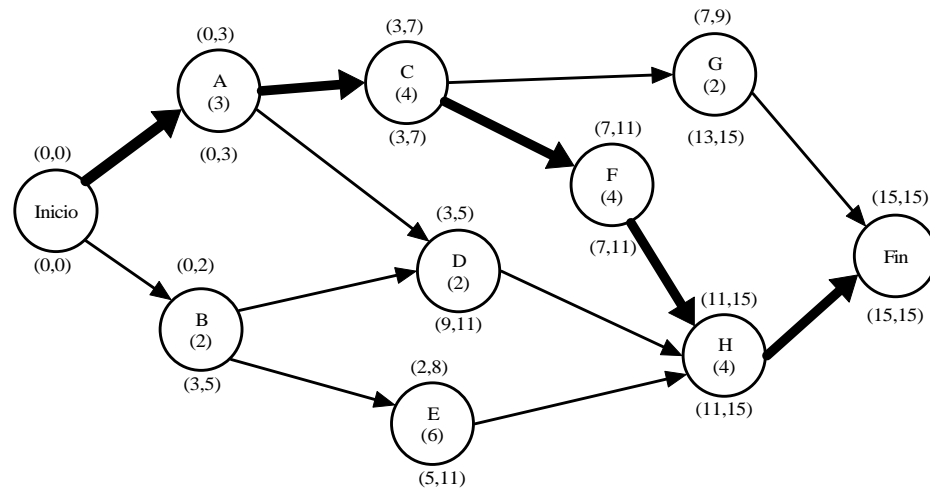
- (1) La tarea 2.3, que debía comenzar el séptimo día, no puede hacerlo hasta el octavo, debido al exceso de duración de la tarea 1.3

Utilizando esta notación podemos seguir el avance del proyecto detectando con relativa facilidad las desviaciones del plan original. En cualquier caso, ante situaciones de retraso, habrá que tener en cuenta el impacto que pueda provocar sobre la asignación de recursos del proyecto, puesto que este retraso puede provocar nuevos conflictos en la utilización de los recursos.

3. Control de proyectos mediante grafos PERT.

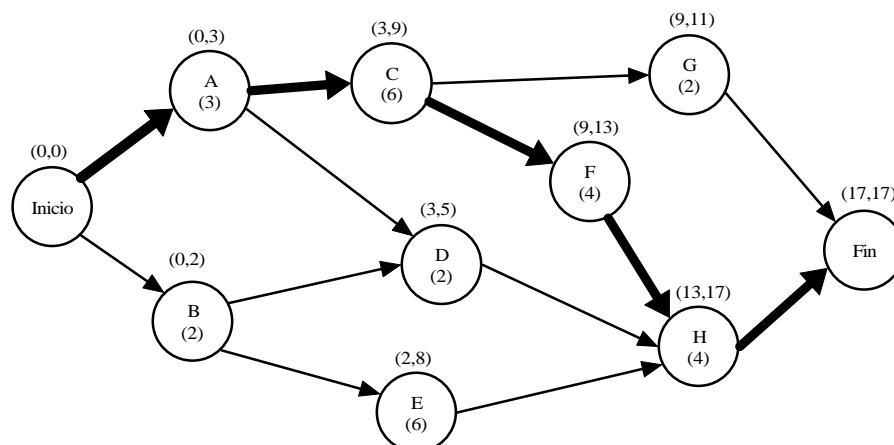
La información asociada con el camino crítico y la holgura en un grafo PERT contiene varias implicaciones importantes sobre el control del proyecto:

- 1.- Podemos utilizar las holguras asociadas con cada actividad para retrasar su comienzo o para alargar su duración (o ambas a la vez). En el ejemplo del tema anterior:

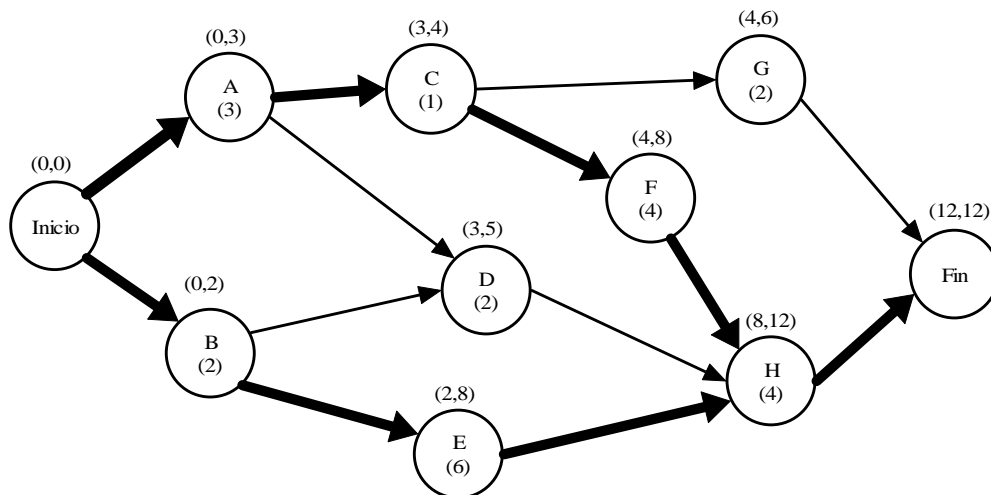


podríamos comenzar la actividad B 2 unidades de tiempo después, o que su duración se alargase en esas dos unidades, o retrasar su comienzo 1 y alargarla 1.

- 2.- Si alargamos la duración de una actividad del camino crítico en X unidades de tiempo, estamos alargando la duración del proyecto completo en las mismas X unidades de tiempo. Por ejemplo, si en el ejemplo anterior alargamos la actividad C en dos unidades, el proyecto se alargará de 15 a 17 unidades de tiempo:

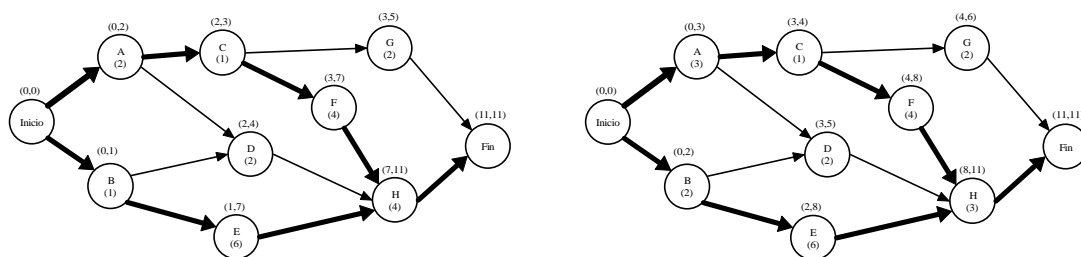


3.- Si el camino crítico no tiene subcaminos (no hay bifurcaciones del camino, y se puede recorrer de una sola vez), podemos acortar la duración del proyecto completo acortando la duración de una actividad del camino crítico. Sin embargo, sólo podemos acortar la duración del proyecto hasta el punto en el que cambia el camino crítico. En el primer ejemplo, podemos acortar C hasta 3 unidades de tiempo, porque en ese momento el camino crítico se bifurca:



Si el camino crítico tiene bifurcaciones, el problema de acortar la duración total del proyecto se hace más compleja. En general, podemos acortar la duración del proyecto acortando una actividad común a todas las bifurcaciones del camino crítico. De otra forma, sólo podemos acortar la duración del proyecto acortando actividades en todas las bifurcaciones del camino crítico.

En este último ejemplo, para acortar la duración una unidad de tiempo, podríamos acortar la actividad H, o bien las actividades A y B simultáneamente.



Sin embargo, existen ciertas limitaciones reales a la hora de comprimir planificaciones de proyectos software: si una actividad dura 4 meses en lugar de los 2 establecidos, en principio podemos mantener nuestra planificación inicial acortando otra actividad en 2 meses; pero en la práctica, intentar hacer esto añadiendo más personal a mitad de proyecto sólo provocará más retrasos. Podemos tomar como límite razonable no acortar una actividad hasta dejarla en menos del 75% de su duración original.

3.1. Método de Ford-Fulkerson.

El método FORD-FULKERSON permite determinar qué tareas tienen un coste de acortamiento menor. Se parte de la construcción de un grafo PERT con las actividades no terminadas (y no iniciadas), y una tabla que refleje para estas actividades las duraciones normales estimadas, las duraciones récord, y el importe que supone para cada actividad pasar de la duración normal a la récord (intentar realizar una tarea en menos tiempo siempre incrementa su coste). El método requiere seguir los siguientes pasos:

1º) Determinación del Flujo máximo ($j_{\text{máx}}$).

El flujo máximo permitido viene determinado por la menor capacidad de los nodos del grafo, ya que a partir de este, aunque los nodos tengan mayor capacidad, el flujo máximo que pasará va a ser el que proviene del nodo con menor capacidad. En nuestro caso, la capacidad de las actividades es la pendiente de costes, y el flujo máximo va a ser la menor pendiente de costes de todas las actividades críticas, y va a determinar la actividad que tiene un coste de acortamiento menor.

2º) Determinación de los nodos saturados.

Los nodos saturados son aquellos en los que su capacidad es igual al máximo flujo permitido. Sobre alguno de estos nodos es sobre el que se realizará el corte.

3º) Determinación del corte más económico.

Es aquel que corta alguno de los nodos saturados. Si hay varios nodos saturados, para la elección del nodo a acortar no hay un procedimiento exacto.

4º) Máximo acortamiento ($q_{\text{máx}}$).

Indica el mayor acortamiento permitido, expresado en unidades de tiempo, que se puede producir con un menor coste. Será la diferencia entre la duración normal y la duración récord del nodo a acortar.

$$q_{\text{máx}} = dN - dR$$

5º) Coste del acortamiento.

Se calcula simplemente como el producto del número de unidades de tiempo a acortar por el coste del acortamiento por unidad de tiempo.

$$C = j_{\text{máx}} \times q_{\text{máx}}$$

Los nuevos datos obtenidos se reflejan en un nuevo grafo PERT.

2.2. Ejemplo de Aplicación.

Supongamos el plan del proyecto desarrollado como ejemplo en un tema anterior (cuyo coste se había estimado en 10.200 €). A los 25 días de iniciar el proyecto se realiza un CONTROL obteniéndose la siguiente información:

ACTIVIDADES	TERMINADAS DÍA TERMIN.	EN PROCESO DÍA PARA TERM.	NO INICIADAS DURACIÓN
A	7		
B	11		
C	16		
D	20		
E		4	
F			4
G			6
H			2
I			4
J	15		
K		2	
L			2
M			5
N			8
P			1

Como consecuencia de los retrasos sufridos en relación a los tiempos de ejecución esperados, se deben establecer un nuevo calendario de ejecución para que el proyecto no se demore respecto a la fecha de terminación programada. Asimismo, se ha de determinar la variación de costes que se produce como consecuencia del retraso en la finalización de las diferentes actividades.

En el siguiente cuadro aparecen los costes presupuestados, las pendientes de costes, así como la duración de las actividades no iniciadas y los días para terminar las actividades en proceso.

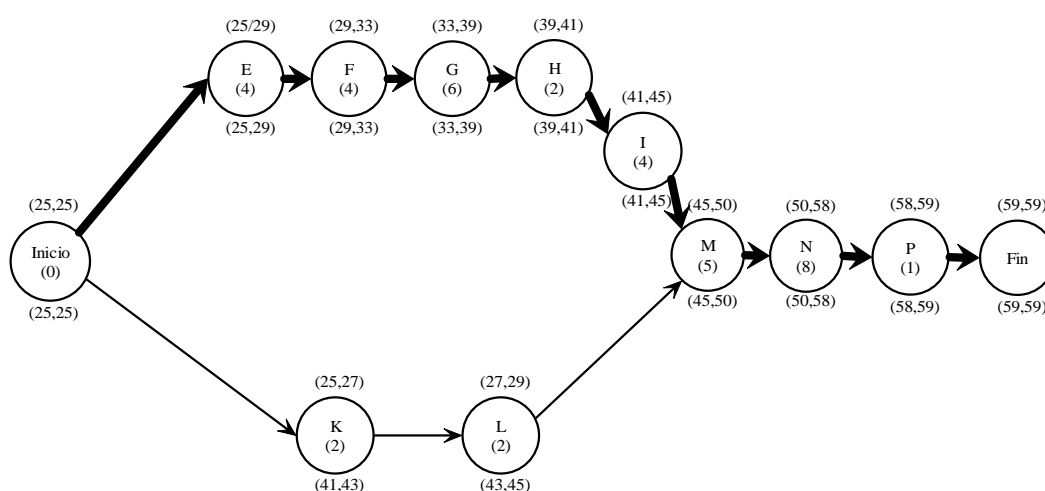
$$\text{PENDIENTE DE COSTES} = \text{CR-CN} / \text{DN-DR}$$

La pendiente de costes va a servir para determinar el aumento de costes por cada unidad de tiempo que se demore la realización de una actividad.

ACTIV	DURACIÓN		COSTE (€)		PENDIENTE DE COSTES
	NORMAL	RÉCORD	NORMAL	RÉCORD	
E	4	3	660	810	150
F	4	3	600	780	180
G	6	5	1080	1260	180
H	2	1	240	540	300
I	4	3	720	960	240
K	2	1	336	486	150
L	2	1	120	480	360
M	5	4	1440	1680	240
N	8	6	1920	2100	90
P	1	0,75	24	69	180

En esta fecha se estima que para finalizar el proyecto se van a necesitar 7.150 € sumando esta cantidad a lo que se lleva gastado, se obtiene un coste total del proyecto de 10.400 €. Como se ve, puesto que el presupuesto original eran 10.200€, el retraso ha supuesto un incremento de 200 € en el presupuesto.

Con los nuevos datos se va a empezar a planificar de nuevo para que el proyecto pueda finalizarse en la fecha acordada. Para ello, se va a construir un nuevo grafo PERT con las tareas no comenzadas y las pendientes de terminar:



Las nuevas holguras totales son:

ACTIV.	Holgura	CAMINO CRITICO
E	0	CC
F	0	CC
G	0	CC
H	0	CC
I	0	CC
K	16	
L	16	
M	0	CC
N	0	CC
P	0	CC

De la comparación del 1^{er} PERT y de este segundo, observamos que el proyecto se ha retrasado $59-56 = 3$ días.

Por tanto, si se quiere terminar el día 56 lo que habrá que hacer es acortar en 3 días. Para ello utilizaremos el método FORD-FULKERSON, que nos va a servir para determinar las que tareas que tienen un coste de acortamiento menor. El método se aplicará tantas veces como sea necesario (o sea posible) para volver a la planificación temporal inicial.

1^{er} acortamiento

1º) Flujo máximo.

El máximo flujo que puede pasar por el CC es 90, que indica que el máximo gasto permitido de acortamiento por día va a ser de 90 €

$$j_{\text{máx}} = 90$$

2º) Determinación de nodos saturados.

El nodo saturado es el N, ya que aquí el coste máximo de acortamiento del proyecto va a ser igual al coste de acortamiento de la actividad que lo representa. Sólo hay un nodo saturado.

3º) Corte más económico.

Al haber un sólo nodo saturado, es el corte más económico. Por tanto vamos a acortar la duración de esta actividad.

4º) Máximo acortamiento.

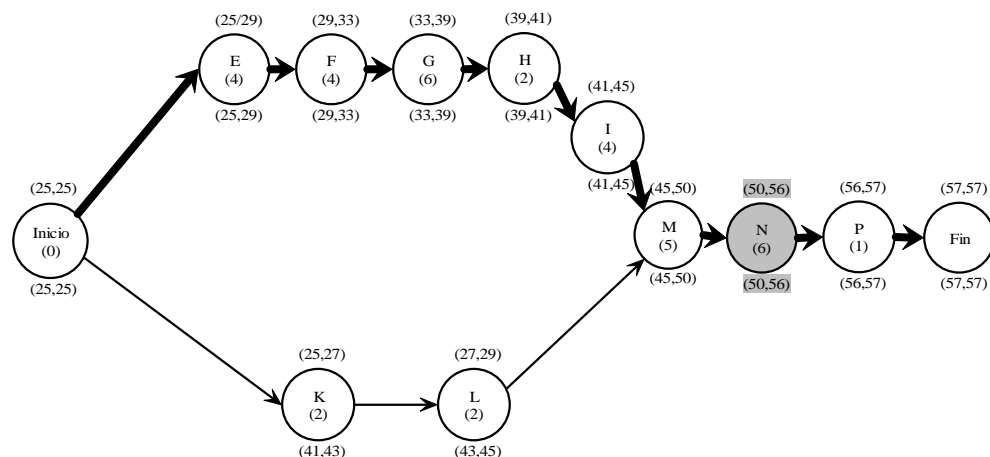
Indica el mayor acortamiento permitido, expresado en unidades de tiempo que se puede producir con un menor coste.

$$q_{\text{máx}} = dN - dR = 2 \text{ días}$$

5º) Coste del acortamiento.

$$C = j_{\text{máx}} \times q_{\text{máx}} = 90 \times 2 = 180$$

Los nuevos datos obtenidos se reflejan en un nuevo grafo PERT, donde se indica que la duración del proyecto ha pasado de 59 a 57 días. Sin embargo, todavía se ha de disminuir la duración del proyecto para que se pueda finalizar en la fecha prevista.



2º acortamiento

1º) Flujo máximo.

$$j_{\text{máx}} = 150 \text{ (máximo que puede pasar por el nodo E)}$$

2º) Nodo saturado. (E)

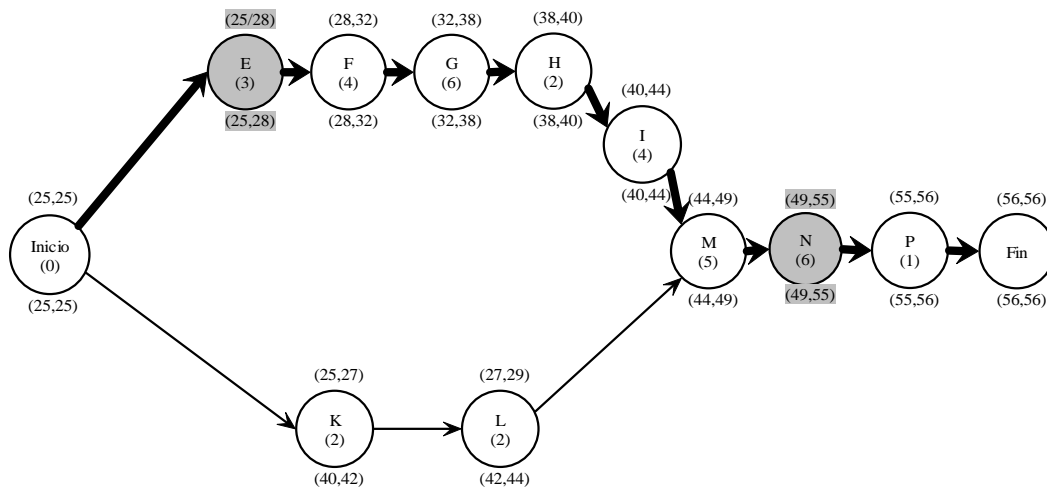
3º) Corte más económico. (E)

4º) *Máximo acortamiento.*

$$q_{\text{máx}} = dN - dR = 4 - 3 = 1$$

5º) *Coste del acortamiento.*

$$C = j_{\text{máx}} \times q_{\text{máx}} = 150 \times 1 = 150$$



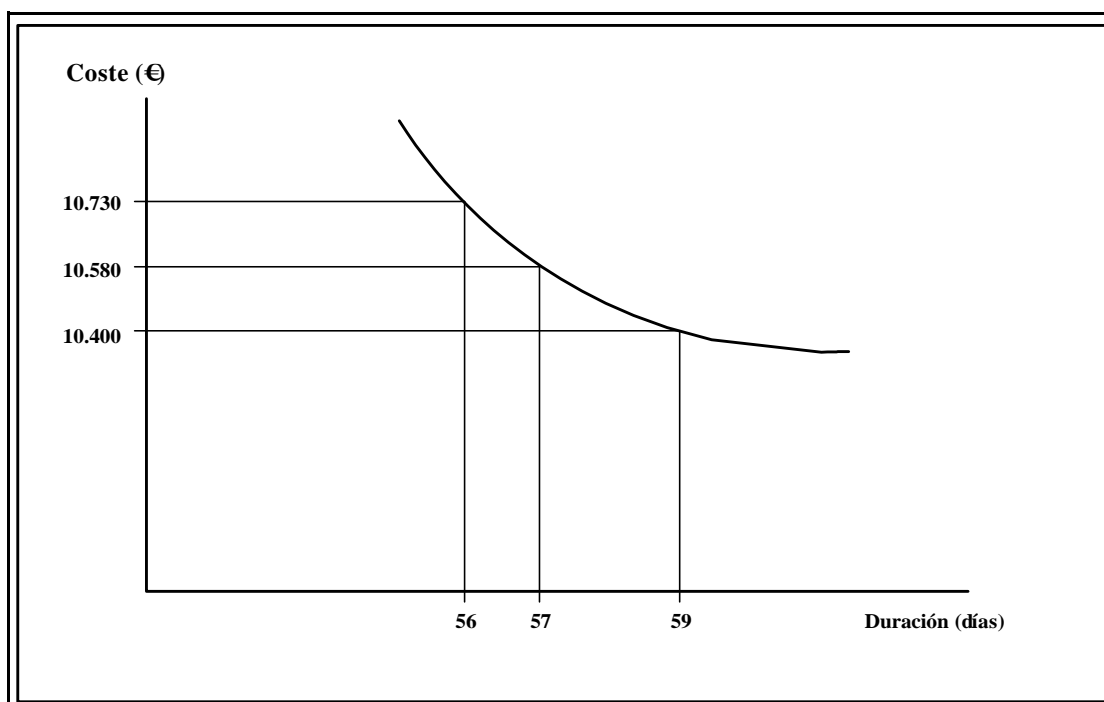
Ya no seguimos acortando, ya que se ha reducido la duración del proyecto a 56 días que era lo pedido.

CURVA DE COSTES

- Si el proyecto duraba 59 días teníamos un coste de 10.400 €
- El coste del 1º acortamiento (57 días) era de 180 €
 $10.400 + 180 = 10.580 \text{ €}$
- El coste para 56 días es $10.580 + 150 = 10.730 \text{ €}$

Es decir, si se quiere entregar el proyecto el día 56 el coste aumenta a 10.730 € debido a que se ha producido un retraso de 3 días. Este coste es mayor que el coste estimado al principio del proyecto para todas las actividades.

$$10.730 - 10.200 = 530 \text{ € (incremento de coste)}$$



CALENDARIO DE EJECUCIÓN.

El calendario de ejecución del proyecto al 8 de Octubre (25 días desde el inicio), es:

ACTIVIDAD	FECHA COMIENZO		FECHA FINALIZACIÓN	
E	8 Octubre		10 Octubre	
F	11 Octubre		16 Octubre	
G	17 Octubre		24 Octubre	
H	25 Octubre		26 Octubre	
I	29 Octubre		1 Noviembre	
K	8 Oct	29 Oct	9 Oct	30 Oct
L	10 Oct	31 Oct	11 Oct	1 Nov
M	2 Noviembre		8 Noviembre	
N	9 Noviembre		16 Noviembre	
P	19 Noviembre		19 Noviembre	

3. Ejercicios



Para un proyecto dado, se realizó una estimación utilizando el método PERT. Según esta estimación, el proyecto tendría una duración de 45 días. Sin embargo, a los 15 días se realizó un control, y se observó que se había acumulado cierto retraso.

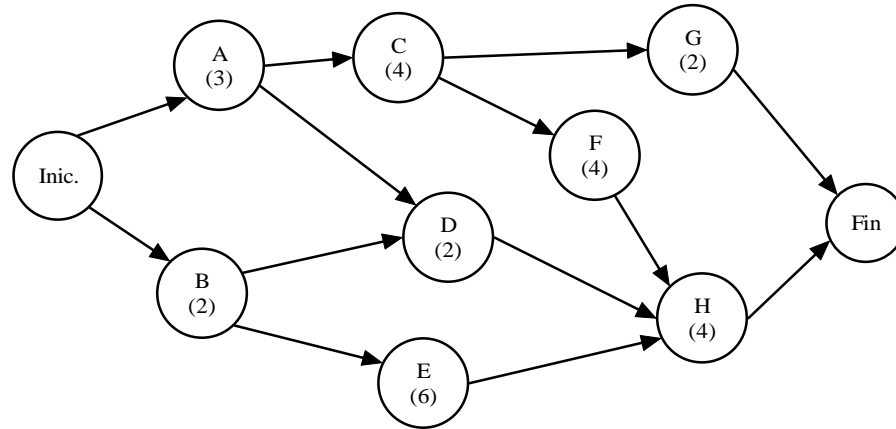
Los datos para las actividades que no han terminado, o que todavía no ha comenzado son los siguientes:

<i>Actividad</i>	<i>Duración</i>	<i>Duración Récord</i>	<i>Pendiente de coste (€)</i>	<i>Preced.</i>	<i>Sig.</i>
Q	3	2	240	-	R
R	9	7	150	Q	S
S	5	4	150	R	-
T	7	5	210	-	U
U	5	4	90	T	V,Y
V	2	1	300	U	W
W	3	2	240	V	X
X	9	6	360	W,Z	-
Y	4	3	120	U	Z
Z	6	5	60	Y	X

Construir el grafo PERT, y aplicar el algoritmo de Ford-Fulkerson hasta obtener la duración inicialmente estimada. Además, si el coste del retraso acumulado asciende a 300 €, obtener el coste total del retraso más el de volver al tiempo inicialmente estimado.

i

Completad el siguiente grafo PERT con los tiempos Early y Last de cada actividad, y marcad el camino crítico resultante. Aplicad el algoritmo de Ford-Fulkerson para recortar la duración total del proyecto en un día.



Actividad	Pendiente de Coste (€)	Acortamiento
A	120	1
B	120	1
C	120	2
D	120	1
E	60	2
F	60	1
G	60	1
H	60	1