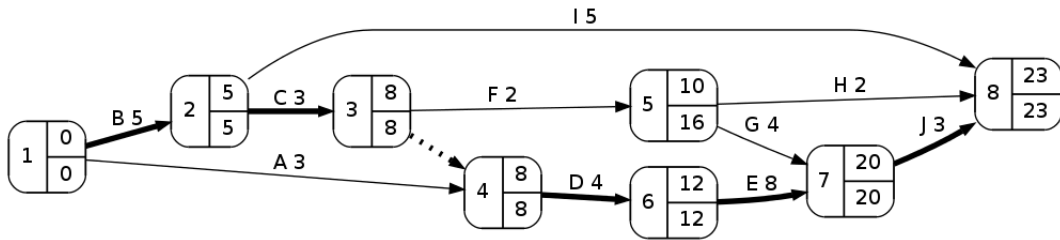
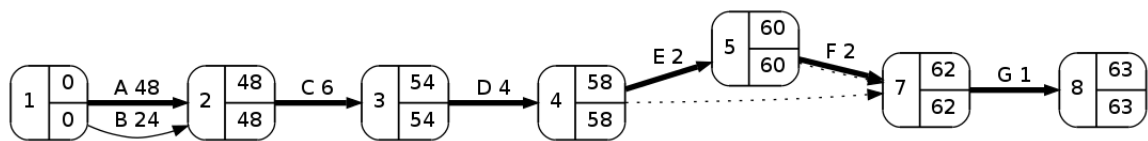


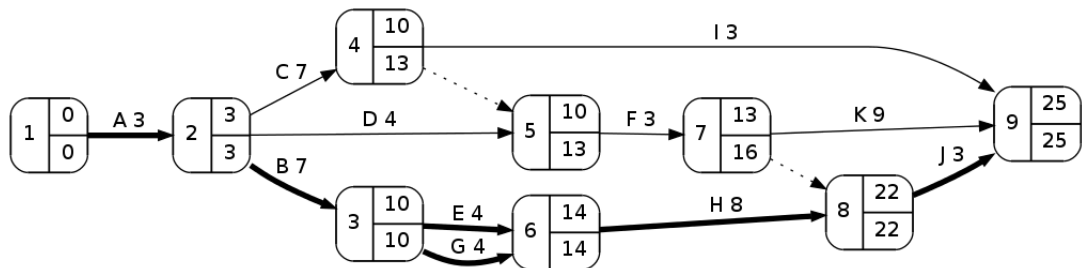
**Ejercicio 1** A continuación se presenta la red, con el camino crítico resaltado en trazo grueso; esta comprende las actividades B, C, D, E y J. La duración del proyecto es de 23 semanas.



**Ejercicio 2** A continuación se presenta la red, con el camino crítico resaltado en trazo grueso; esta comprende las actividades A, C, D, E, F y G. La duración del proyecto es de 63 semanas.



**Ejercicio 3** Para encontrar el camino crítico, se obtiene el grafo de tareas representado por la matriz de precedencia y, sobre el mismo, se ejecuta el algoritmo de búsqueda de camino crítico.



El este gráfico puede verse el proyecto inicial, con los caminos críticos resaltados en trazo más grueso y las tareas ficticias en líneas punteadas.

Los caminos críticos son: A-B-E-H-J y A-B-G-H-J.

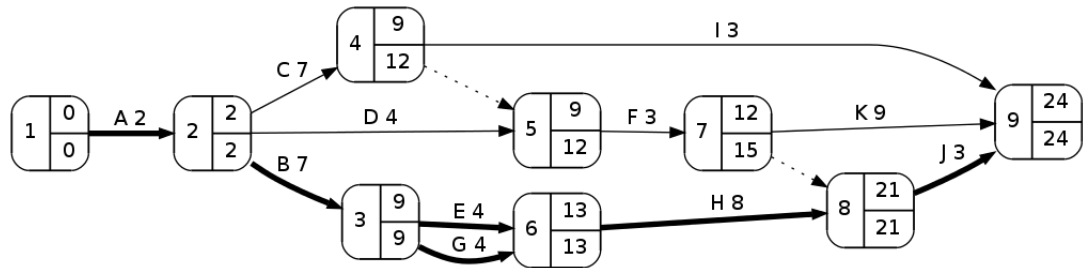
La duración del proyecto es de 25 semanas. Y, su costo, es de \$14600 (se obtiene sumando el costo de cada tarea, consistente en el producto de su duración por el costo semanal de la misma).

**Reducción de la duración del proyecto** Para poder decidir el orden en que se reducirán las tareas, se calcula el costo de reducción semanal de cada una. Éste se obtiene como el cociente entre el costo de reducción total ( $\Delta\$$  o costo crash menos costo) y su máxima reducción posible ( $\Delta d$  o diferencia entre tiempo normal y tiempo mínimo).

Tarea	$\Delta d$	$\Delta \$$	$\Delta \$ / \Delta d$
A	1	100	100
B	1	140	140
C	2	400	200
D	2	500	250
E	2	400	200
F	2	600	300
G	3	900	300
H	0	-	-
I	1	1000	1000
J	0	-	-
K	3	300	100

Puede verse en la tabla que la tarea crítica con menor costo de reducción semanal es A. Sin embargo ésta puede reducirse a lo sumo en una semana. Por lo tanto, si conviene, deberá luego reducirse otra tarea.

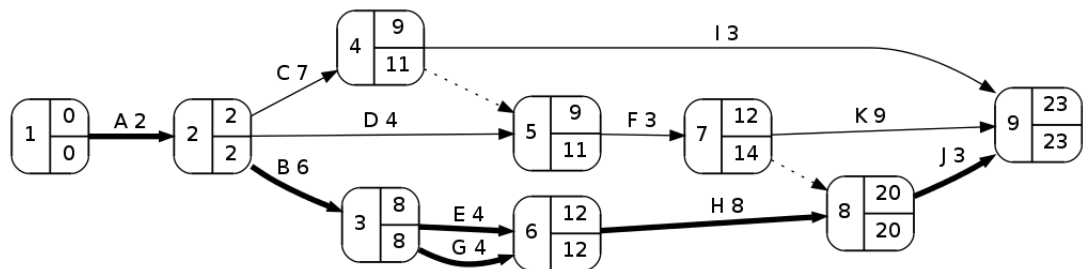
#### Reducción en una semana de la tarea A



Al haber reducido una tarea crítica en una semana, la nueva duración del proyecto es de 24 semanas. Y su nuevo costo, dado el beneficio otorgado por esta reducción, es de  $\$14600 - \$150 + \$100 = \$14550$ . Por lo tanto, conviene reducir el proyecto en una semana.

Ahora, la tarea crítica con menor costo de reducción semanal es B.

#### Reducción en una semana de la tarea B

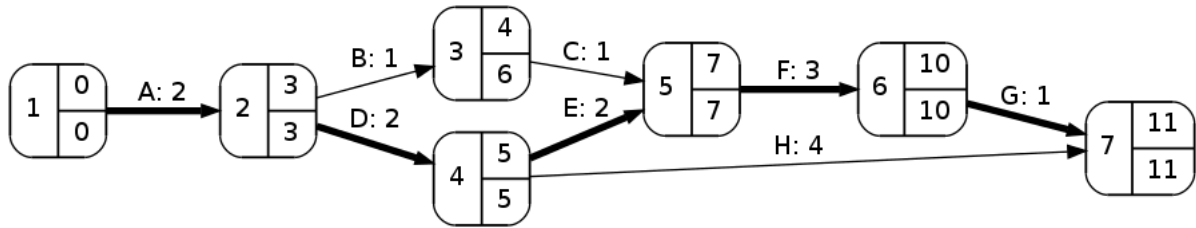


Nuevamente bajó la duración del proyecto, a un total de 23 semanas. Y su costo ahora es de  $\$14550 - \$150 + \$140 = \$14540$ . Entonces conviene aceptar la reducción de 25 a 23 semanas.

**Reducción de la tercer semana** Ahora, la única reducción posible en tareas que formen parte de un camino crítico es en E y G. Dado que ambas no forman parte del mismo camino, deben reducirse en simultáneo.

El costo de reducir en una semana E es de \$200, y el de G es de \$300, por lo que no conviene si el beneficio percibido es de \$150 en total ya que el nuevo costo llegaría a ser de  $\$14540 + \$200 + \$300 - \$150 = \$14890$ , siendo mayor que el original del proyecto.

**Ejercicio 4** Utilizando la tabla que indica la precedencia entre tareas. La duración de cada tarea se calcula mediante la fórmula  $\frac{a+4m+b}{6}$ . El camino crítico se resalta con flechas más gruesas.



**4.a** El desvío lo calculamos como  $\sigma_n = \frac{b_n - a_n}{6}$ . Para cada tarea se tiene el siguiente desvío:

Tarea	$\sigma$
A	0,333
B	0
C	0
D	0,333
E	0
F	0,667
G	0
H	1,333

Para medir el desvío del proyecto, utilizamos la fórmula  $\sigma_{proy} = \sqrt{\sum_i \sigma_{CCi}^2}$  y se toma sólo el desvío de las tareas del camino crítico.

$$\sigma_{proy} = \sqrt{\frac{1^2}{3} + \frac{1^2}{3} + \frac{2^2}{3}} = \sqrt{\frac{6}{9}} = 0,82$$

Entonces, el camino crítico esta dado por las tareas A-D-E-F-G y tiene una duración total de 11 días y un desvío de 0,82 días.

**4.b** Para estimar una fecha de finalización con el 80 % de probabilidad se utilizará la distribución normal.

$$P(z \leq z_0) = 0,8 \Rightarrow 0,84 \leq z_0 \leq 0,85 \Rightarrow z \simeq 0,845$$

Éste valor se obtiene de buscar la probabilidad en la tabla normal y buscando su valor de z correspondiente que hace que la distribución acumule 0,8 de probabilidad; dado que no se encuentra el número exacto, se realizó una estimación del valor de z entre los dos valores más cercanos de probabilidad. Para obtener el tiempo, sabemos que

$$z_0 = \frac{T_p - \mu}{\sigma_{proy}} = \frac{T_p - 11días}{0,82} \simeq 0,845 \Rightarrow T_p \simeq 11,69días$$

Donde  $T_p$  = Tiempo de proyecto con un 80 % de probabilidad. Por lo tanto, la fecha de finalización del proyecto es de 11,69 días con un 80 % de probabilidad.

**4.c** Usando la distribución normal, podemos calcular la probabilidad de finalizar en 13 días o mas como:

$$P(z \leq z_0) = P(T_p \leq 13)$$

Sabiendo que

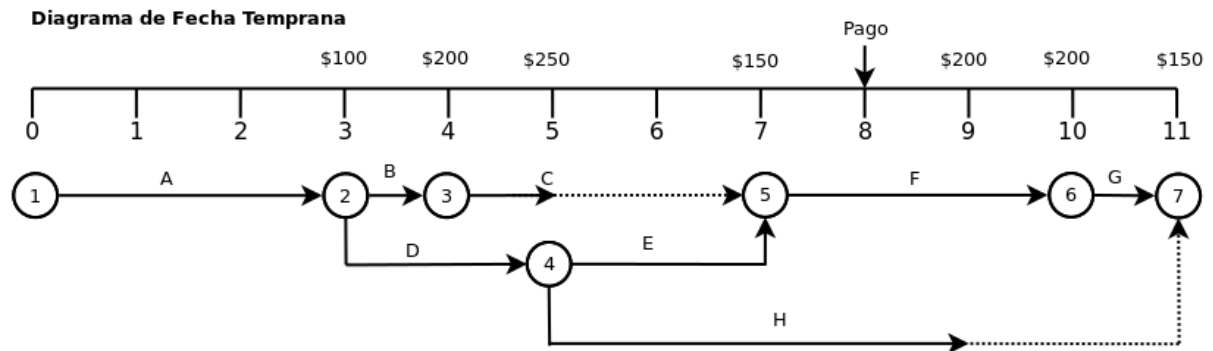
$$z_0 = \frac{T_p - \mu}{\sigma_{proy}} = \frac{13días - 11días}{0,82} = 2,44$$

Buscando el valor correspondiente en la tabla de la distribución normal, se obtiene que

$$P(z \leq 2,44) \simeq 0,99$$

Por lo tanto, la probabilidad de terminar el proyecto en 13 días o menos es de un 99 %

**4.d** Para este proyecto, se tiene el siguiente diagrama de fechas tempranas, considerando los costos de las tareas, contabilizandolos al finalizar las mismas.



Si \$ es el costo de la tarea,  $i$  es el interés, y  $n$  es el día de finalización de la tarea, el valor actual del proyecto se calcula como:

$$VAN = \sum_{n=1}^{11} \frac{\$n}{(1+i)^n}$$

Se considera negativo dado que todos son costos, es decir, egresos. Para una tasa diaria del 0,5 % se tiene un  $i = 0,005$ .

$$VAN = - \sum_{n=1}^{11} \frac{\$n}{(1,005)^n}$$

$$VAN = - \left( \frac{\$100}{(1,005)^3} + \frac{\$200}{(1,005)^4} + \frac{\$250}{(1,005)^5} + \frac{\$150}{(1,005)^7} + \frac{\$200}{(1,005)^9} + \frac{\$200}{(1,005)^{10}} + \frac{\$150}{(1,005)^{11}} \right)$$

$$VAN = -\$1199,33$$

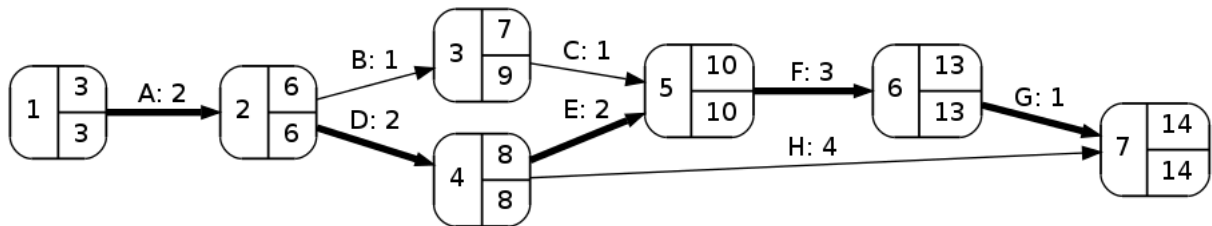
Para calcular el importe a pagar el día 8, se utilizará la fórmula  $\frac{\$}{(1+i)^n}$  para calcular el importe de fechas futuras, y  $\$.(1+i)^n$  para los importes de fechas pasadas, donde \$ es el costo de la tarea,  $i$  es

el interés, y  $n$  es la diferencia de días desde la finalización de la tarea y el día 8.  
Con lo cual, el importe a pagar el día 8 es:

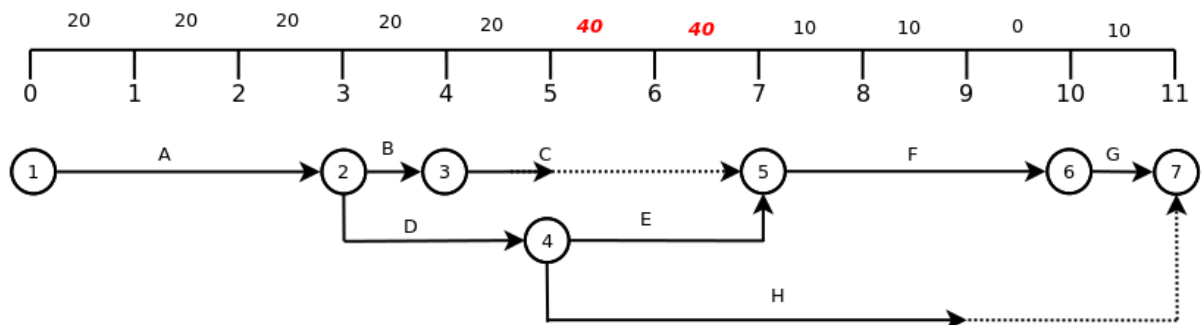
$$Dia8 = \$100(1,005)^5 + \$200(1,005)^4 + \$250(1,005)^3 + \$150(1,005)^1 + \frac{\$200}{(1,005)^1} + \frac{\$200}{(1,005)^2} + \frac{\$150}{(1,005)^3}$$

$$Dia8 = \$1255,87$$

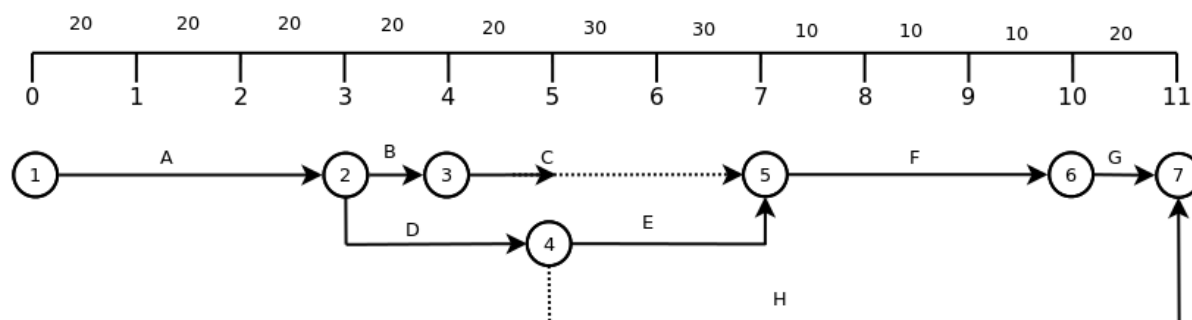
**4.e** En el caso de que la tarea G no pueda iniciarse hasta el día 13, dado que G es una tarea crítica, se debiera retrasar el inicio del proyecto 3 días. La duración total del proyecto continúa siendo de 11 días, solo que se corre el inicio. Se representa esta modificación en el siguiente gráfico.



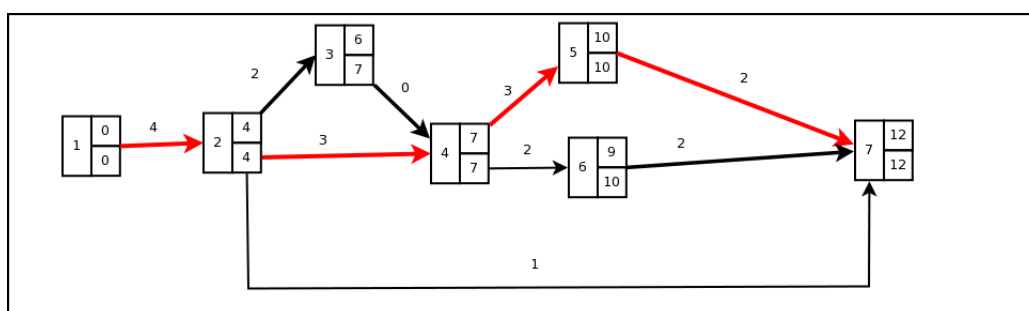
**4.f** Teniendo en cuenta el Diagrama de fecha temprana, se indica el requerimiento de metros cúbicos por día (con un número arriba de cada día del calendario). En línea punteada se indican los márgenes de tiempo, dado que la tarea en cuestión no es crítica y su fecha tardía es mayor que su fecha temprana.



Se resaltan los días 5 y 6 en donde se supera la capacidad máxima. Para adaptarse a la restricción, se decidió retrasar el inicio de la tarea H, dado que ésta tiene un margen de tiempo suficiente para evitar que se superponga con E que es una tarea crítica que usa al máximo los recursos disponibles.



**Ejercicio 5** Para comenzar el ejercicio, se comienza planteando el gráfico de la red planteada en el enunciado y se marca con línea más gruesa y roja el camino crítico en cuestión.



**5.a** Para lograr reducir la duración del proyecto en 2 días, tal cual solicita el enunciado, se planteará el método de acortamiento de proyectos. // Dicho método plantea la obtención del tiempo en el que puede reducirse una tarea (obteniéndose como la diferencia entre la duración y el tiempo mínimo de ejecución para cada tarea) y considerando el costo para reducir en un día dicha tarea. Se plantea la siguiente tabla:

Tarea	$\Delta d$	Inc. de costo por reducción en un día
1-2	1	600
2-3	1	500
2-4	2	1000
2-7	0	-
3-4	0	-
4-5	1	700
4-6	1	200
5-7	1	400
6-7	1	400

A continuación se calcula el presupuesto del proyecto como la suma de los costos de cada una de las tareas, entonces:

$$\text{Presupuesto} = 1400 + 1500 + 1600 + 600 + 1300 + 800 + 300 + 6000 = \$13500$$

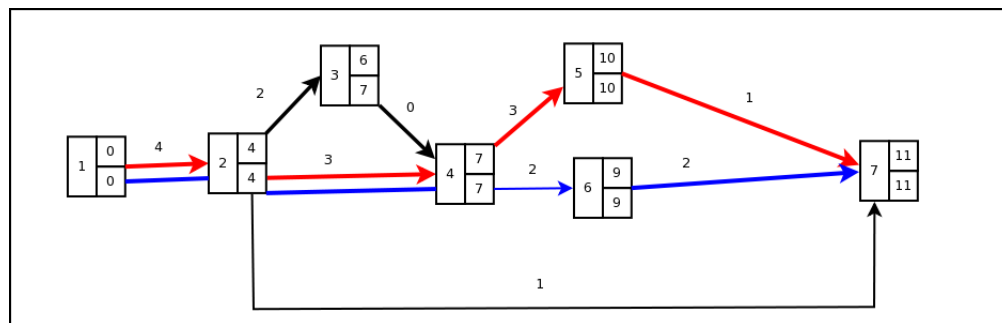
Según se desprende del camino crítico planteado en el gráfico anterior, comprendido por las tareas: 1 - 2 - 4 - 5 - 7 la duración total del proyecto es de 12 días.

De acuerdo con la metodología de acortamiento de proyectos, se comienza por reducir en un día el proyecto en cuestión. Para ello, se analiza de las tareas que conforman dicho camino crítico y poseen un  $\Delta d$  mayor que 0, aquella que posee un Inc. de costo por reducción en un día menor.

La tarea seleccionada para reducir es la 5-7, con lo cual, la tabla anterior quedaría:

Tarea	$\Delta d$	Inc. de costo por reducción en un día
1-2	1	600
2-3	1	500
2-4	2	1000
2-7	0	-
3-4	0	-
4-5	1	700
4-6	1	200
5-7	0	400
6-7	1	400

A continuación se muestra la nueva red, luego de calcular las fechas tempranas y tardías considerando la reducción realizada:



El nuevo presupuesto del proyecto se calcula como:

$$\text{Presupuesto} = \$13500 + \$400 = \$13900$$

Del gráfico se desprende que la nueva duración del proyecto es de 11 días y surge, además del ya existente, un nuevo camino crítico. Este nuevo camino está comprendido por 1 – 2 – 4 – 6 – 7.

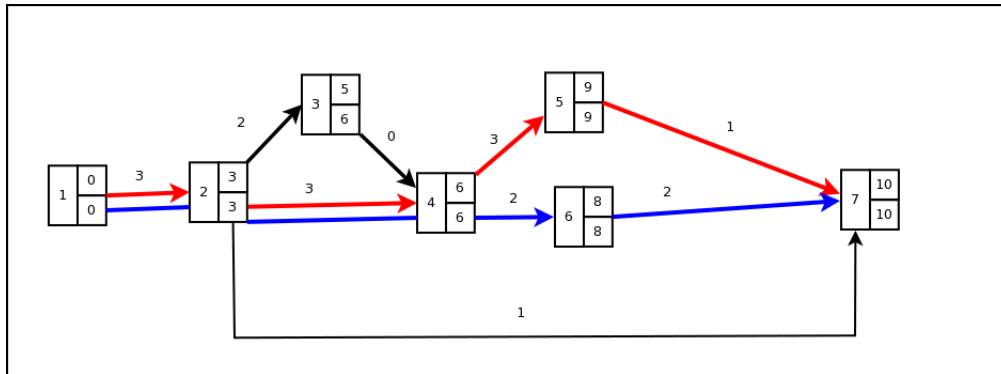
Analizando ambos caminos críticos en conjunto, se desprende que la tabla sobre la que debe analizarse la posible reducción para disminuir en un día mas la duración total del proyecto es la siguiente:

Tarea	$\Delta d$	Inc. de costo por reducción en un día
1-2	1	600
2-4	2	1000

Elijo reducir la tarea 1-2 dado que es la que posee un menor Inc de reducción en un día, la tabla en cuestión es la siguiente:

Tarea	$\Delta d$	Inc. de costo por reducción en un día
1-2	0	600
2-4	2	1000

Realizando esta modificación en la red anterior y recalculando la nueva fecha temprana y tardía para cada una de las tareas se obtiene la siguiente red:



El nuevo presupuesto del proyecto se calcula como:

$$\text{Presupuesto} = \$13900 + \$600 = \$14500$$

Del gráfico se desprende que la nueva duración del proyecto es de 10 días.

Por lo tanto, se puede concluir que para que el proyecto finalice 2 días antes es necesario un presupuesto de \$14500

**5.b** En el ejercicio se propone calcular la cantidad de días en la que conviene finalizar el proyecto de forma tal de minimizar los costos considerando que a partir del día 11 se cobrará un interés de \$100 por día.

Utilizando lo calculado en el ejercicio anterior, se observa que, para finalizar el proyecto en 11 días es necesario incrementar el costo en \$400 y por finalizarlo en 10 días (momento a partir del cual ya no se cobra interés), es necesario incrementar el costo en \$1000.

Por lo tanto, considerando que se cobran \$100 por el día 11 y \$100 por el día 12 como interés, es decir se incrementará en \$200 el total del proyecto, se puede deducir que es conveniente dejar que el proyecto finalice en los 12 días en los cuales fue planificado dado que es necesario un presupuesto total de \$13700, considerando el interés. Este costo es \$200 menor que el necesario para finalizarlo en 11 días como fue calculado en la parte a del presente ejercicio.