

## Estimación de la duración de actividades

La estimación de la duración de cada actividad es el tiempo total transcurrido estimado desde el momento en que se inician actividad hasta el momento cuando se termina. Con proyectos para los cuales halló un alto grado de incertidumbre respecto a las estimaciones de duración de la actividad, es posible utilizar tres estimaciones para cada actividad:

1. Tiempo óptimo u optimista “o” es el tiempo en el cual un actividad en particular puede terminar se si todo sale a la perfección y no hay complicaciones. Una regla general es que debe haber sólo una oportunidad en 10 de terminar la actividad en menos tiempo la estimación de tiempo optimista.
2. Tiempo más probable “m” es el tiempo en el cual una actividad en particular se termina con frecuencia bajo condiciones normales. Sin actividad se ha repetido muchas veces, la duración real que ocurre con mayor frecuencia puede utilizarse como estimación de tiempo más probable.
3. Tiempo pesimista “p” es el tiempo en el cual un actividad en particular puede terminar se bajo circunstancias adversas como la presencia de complicaciones inusuales o imprevistas. Una regla general es que sólo debe haber una oportunidad en 10 de terminar la actividad en un tiempo menor que la estimación del tiempo pesimista.

Al establecer tres estimaciones de tiempo es posible tomar en cuenta la incertidumbre cuando se estima cuánto durará una actividad. El tiempo más probable debe ser mayor o igual a tiempo optimista, y el tiempo pesimista debe ser mayor o igual el tiempo más probable  $m \geq o \quad p \geq m$

No es necesario hacer tres estimaciones para cada actividad. Si alguien tiene experiencia o datos sobre cuánto requirió la realización de actividades muy similares en proyectos terminados, tal vez sea preferible sólo hacer un estimación de tiempo que se espera que dure un actividad. Sin embargo, utilizar tres estimaciones o, m, p puede ser útil cuando hay un alto grado de incertidumbre con respecto a cuánto durará un actividad.

### Distribución de Probabilidad $\beta$ Beta

En la planeación de red, cuando se utilizan tres estimaciones para cada actividad, se supone que las tres estimaciones siguen una **distribución de probabilidad  $\beta$  beta**.

Con base en esta suposición, es posible calcular una duración esperada, o llamada también media o media aritmética o promedio, "e" para cada actividad de las tres estimaciones de tiempo de la actividad. La duración esperada se calcula:

$$Te = \frac{o+4m+p}{6}$$

Suponga que tiempo optimista para una actividad es de **una** semana, el tiempo más probable es de **5** semanas, y el tiempo pesimista es de **15** semanas.

**Calcule usted la distribución de probabilidad  $\beta$  beta a esta actividad**

$$[1+(4 \times 5)+15]/6 = 6 \text{ semanas}$$

Suponga que tiempo optimista para otra actividad es de 10 semanas, el tiempo más probable de 15 semanas y el tiempo pesimista es de 20 semanas. La distribución de probabilidad  $\beta$  beta a esta actividad sería de

$$[10+(4 \times 15)+20]/6 = 15 \text{ semanas}$$

Los picos de las curvas de las gráficas (a) y (b) representan los tiempos más probables para sus actividades respectivas. La duración esperada e divide el área total bajo la curva de probabilidad  $\beta$  beta en dos partes iguales. En otras palabras, el 50% velaría bajo cualquier curva de probabilidad  $\beta$  beta estará a la izquierda de e y 50% está a la derecha. Por ejemplo se muestra que 50% del área bajo la curva está a la izquierda con seis semanas y el 50% del área está a la derecha con seis semanas. Por tanto, hay una probabilidad del +50 -50% de que una actividad en realidad requiera más o menos tiempo que la duración esperada. Dicho de otra forma, hay una probabilidad del 50% ó 0.5 de que una actividad tome más tiempo que e=8, m=12 y que p=22

Se supone que a medida que el proyecto avanza algunas actividades requerirán menos tiempo que su duración esperada y algunas actividades requerirán más tiempo que su duración esperada. Además se supone que a la fecha cuando el proyecto completo se termine, la diferencia neta total entre todas las duraciones esperadas y todas las duraciones reales será mínima.

### Cálculo de probabilidad

La planeación de la red en la cual se utilizan 3 estimaciones para cada actividad, puede considerarse como técnica estocástica o probabilística, debido a que permite la incertidumbre en la duración de la actividad al incorporar tres estimaciones que se supone distribuidas según la distribución de probabilidad  $\beta$  ( $\beta$  beta). Cualquier técnica que utiliza sólo una estimación de tiempo, se considera **técnica determinística**. Debido a que se supone que las tres estimaciones de tiempo para cada actividad siguen una distribución de probabilidad  $\beta$  beta, es posible calcular la probabilidad, o posibilidad, de completar en realidad el proyecto antes del tiempo requerido. Si sólo se utilizan estimación de tiempo para cada actividad, los cálculos de probabilidad no pueden hacerse.

Cuando se utilizan las tres estimaciones de tiempo, todas las actividades en la ruta crítica del diagrama de red pueden sumarse juntas para obtener una distribución de probabilidad total. El teorema del límite central establece esta distribución de probabilidad total no es una distribución de probabilidad  $\beta$  beta sino una distribución de **Probabilidad Normal**, que tiene forma de campana y es simétrica en torno a su valor medio.

Además esta distribución de probabilidad total y una duración esperada que es igual a la suma de las duraciones esperadas de todas las actividades que conforman la distribución total. También tiene una varianza que es igual a la suma de las varianzas de todas las actividades que componen la distribución total.

La varianza para la distribución de probabilidad  $\beta$  beta de una actividad se calcula conforme a la siguiente fórmula:

$$\text{Varianza} = \sigma^2 = \left[ \frac{(p-o)^2}{6} \right]$$

Entonces, significa que la varianza de la distribución normal es la suma de las varianzas de la distribución  $\beta$  beta.

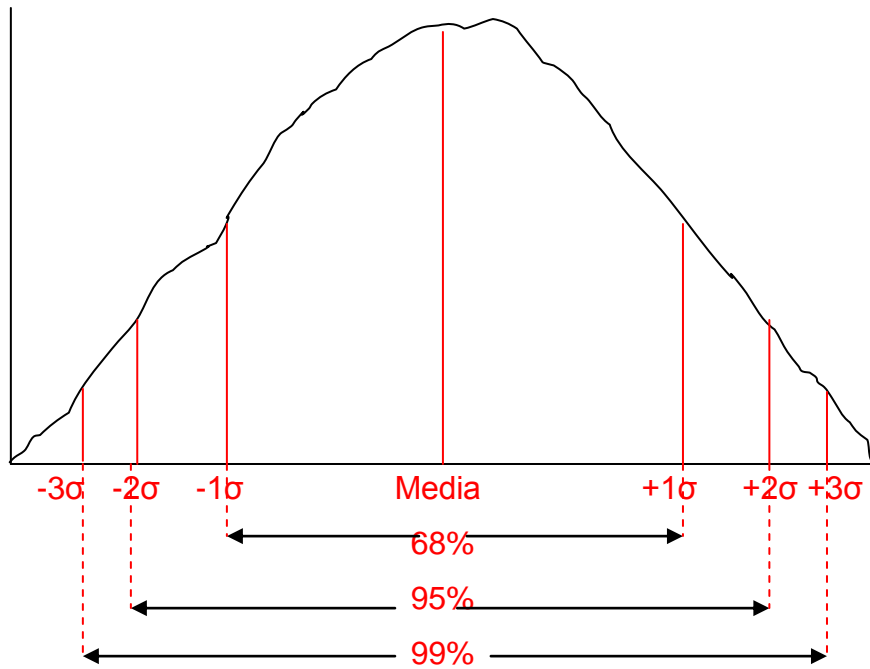
Mientras que la duración esperada, la cual divide el área bajo la distribución de distribución de probabilidad en dos partes iguales, es una medida de la tendencia central de una distribución, la varianza es una medida de la dispersión, o diseminación, de una distribución de su valor esperado. La **desviación estándar**,  $\sigma$  (Sigma), es otra medida de la dispersión de una distribución y es igual a la raíz cuadrada de la varianza.

La desviación estándar proporciona una mejor representación visual de la desviación de una distribución de su media, o valor esperado, que la varianza.

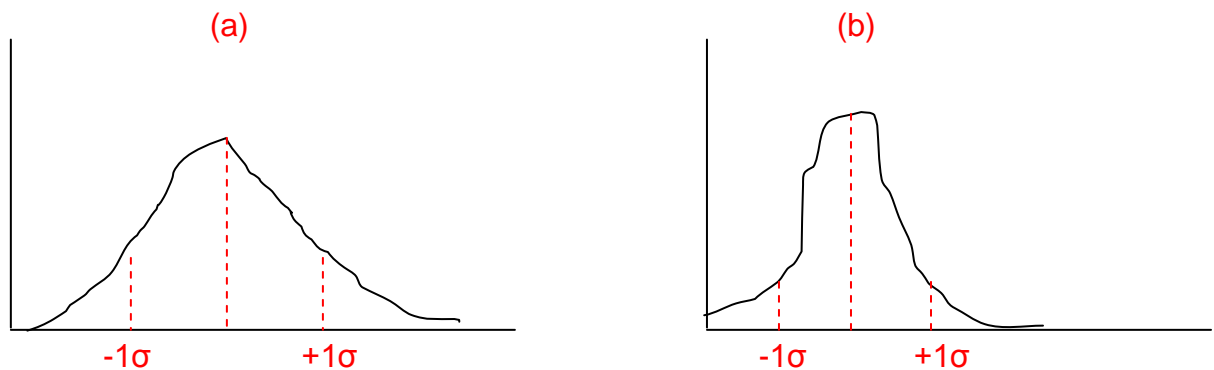
Para una distribución normal, (III) el área de una desviación estándar de la media (a ambos lados) incluye cerca del 68% del área total bajo la curva, el área dentro de dos desviaciones estándar incluye cerca del 95% dentro del área total bajo la curva y el área dentro de las tres desviaciones estándar incluye alrededor del 99% del área total bajo la curva.

La desviación estándar (IV) es una medida de dispersión de una distribución. En dos distribuciones normales puede observarse una dispersión mayor y por lo tanto tiene una desviación estándar mayor (a) que si la comparamos con otra distribución menos dispersa (b). Sin embargo para las dos distribuciones el 68% del área bajo la curva se incluye dentro de una desviación estándar de la media.

La distribución de probabilidad total de todas las actividades en la ruta crítica del diagrama de red es una distribución normal, con una medida igual a la suma de las duraciones esperadas de actividades individuales y una varianza igual a la suma de las varianzas de actividades individuales.

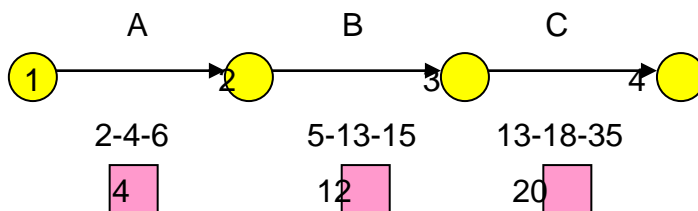


**Distribución de Probabilidad Normal**



Ejemplo de un proyecto que puede iniciar en el tiempo "0" y debe terminarse en el día 42.

La distribución de probabilidad para las actividades, son como sigue:



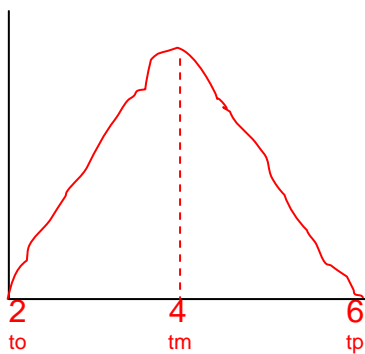
Terminación Requerida 42 días

Actividad A = "o" 2 - "m" 4 - "p" 6 $te = [2+4(4)+6]/6 =$	4 días
Actividad B = "o" 5 - "m" 13 - "p" 15 $te = [5+4(13)+15]/6 =$	12 días
Actividad C = "o" 13 - "m" 18 - "p" 35 $te = [13+4(18)+35]/6 =$	20 días
Total =	36 días

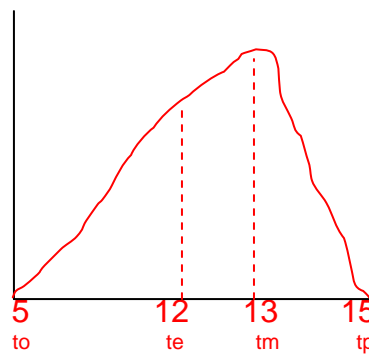
A	2	4	6
B	5	13	15
C	13	18	35
Total	20	35	56
$Te = [20 + 4(35) + 56] / 6 = 36$ días			

VI

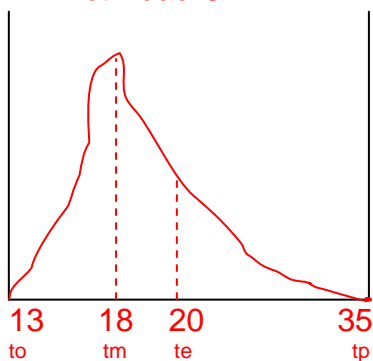
Actividad A



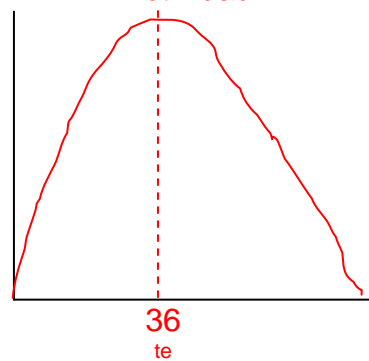
Actividad B



Actividad C



Actividad D



Este resultado es el mismo que la suma de las tres duraciones individuales esperadas que se calcularon anteriormente  $4+12+20=36$  días.

La duración total esperada para la ruta 1- 2-3-4 es 36 días. Por lo tanto el proyecto tiene una primera fecha de terminación del día 36.

El proyecto tiene una fecha de terminación requerida para el día 42.

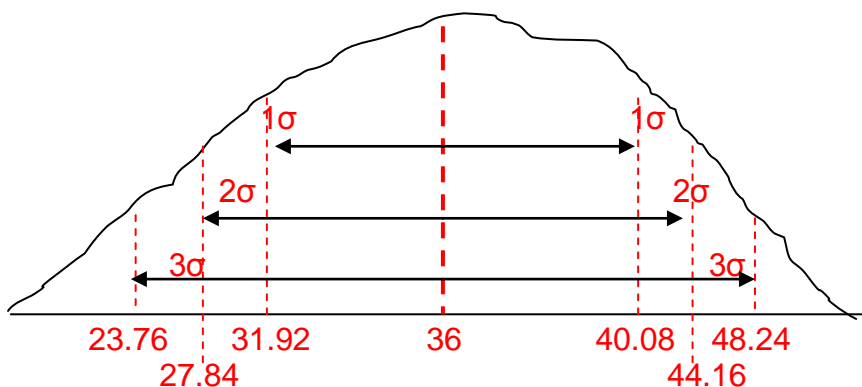
La distribución total en el tiempo transcurrido medio igual a la suma de las tres medias o duraciones individuales esperadas. Existe una probabilidad del 50% de que el proyecto se termine antes de día 36 y una probabilidad del 50% de se termine después del día 36.

La varianzas para distribución  $\beta$  beta de las tres actividades es la siguiente:

Actividad A Sigma $\sigma^2 = [(6-2)/6]^2 =$	0.444
Actividad B Sigma $\sigma^2 = [(15-5)/6]^2 =$	2.778
Actividad C Sigma $\sigma^2 = [(35-13)/6]^2 =$	13.444
Total =	16.666

La varianza para distribución total, es una distribución de probabilidad normal, es la suma de las tres varianzas o sea 16.666. La desviación estándar  $\sigma$  Sigma de la distribución total es  $\sigma = \sqrt{16.666} = 4.08$  días.

### Distribución de Probabilidad Normal para el Proyecto ejemplificado



36	36
4.082482905	4.082482905
31.9175171	40.0824829
31.9175171	40.0824829
4.082482905	4.082482905
27.83503419	44.16496581
27.83503419	44.16496581
4.082482905	4.082482905
23.75255129	48.24744871

Probabilidad del <b>99%</b> (0.99) de terminar el proyecto entre	23.75255129	48.24744871
Probabilidad del <b>95%</b> (0.95) de terminar el proyecto entre	27.83503419	44.16496581
Probabilidad del <b>47.5%</b> (0.0.475) de terminar el proyecto entre	27.83503419	36.0000000
Probabilidad del <b>47.5%</b> (0.0.475) de terminar el proyecto entre	36.0000000	44.16496581
Probabilidad del <b>68%</b> (0.68) de terminar el proyecto entre	31.9175171	40.0824829
Probabilidad del <b>34%</b> (0.34) de terminar el proyecto entre	31.9175171	36.0000000
Probabilidad del <b>34%</b> (0.34) de terminar el proyecto entre	36.0000000	40.0824829
Probabilidad del <b>13.5%</b> (0.0.135) de terminar el proyecto entre	27.83503419	31.9175171
Probabilidad del <b>13.5%</b> (0.0.135) de terminar el proyecto entre	40.0824829	44.16496581
Probabilidad del <b>0.5%</b> (0.005) de terminar el proyecto <b>antes</b> de		23.75255129
Probabilidad del <b>0.5%</b> (0.005) de terminar el proyecto <b>después</b> de		48.24744871

Cálculo de la Probabilidad		
Probabilidad	42	36
$Z = \frac{UT - PT}{\text{Sigma}}$	4.082482905	1.469693846
Sigma		Hay 1.47 desv. std entre PT y UT
UT= Fecha de term. Req. Última		
PT= Prim. Fecha de Te promedio		
Sigma		
Buscamos en la tabla	1.469693846	Dato de la Tabla
.42922 significa que que para $Z=1.47$ se desplaza en la curva hacia la izq. 1.4 luego hasta la columna 0.07 y ahí se encuentra el número .42922 ó 42.922% Por tanto 42.92% es la posibilidad, de terminar entre PT y UT o entre 26 y 42 días Queremos una posibilidad de terminar el proyecto antes de 42 días, por tanto $0.50000000 + 0.42922 = 0.92922$ o lo que es igual a 92.922% de terminar antes del día 42		0.42922