



Sustento del uso justo
de Materiales Protegidos
derechos de autor para
fines educativos



UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

UCI
Sustento del uso justo de materiales protegidos por
derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI – para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes pertenecientes a los programas académicos.

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

- a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
- b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
- c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S, Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
- d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
- e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.

- Kunkle, R., M. Eiselle, W. Schafer, B. Tetzlaff y F. Wendland, (2008). "Planning and Implementation of Nitrogen Reduction Measures in Catchment Areas Based on a Determination and Ranking of Target Areas", *Desalination*, 226 (1-3), pp. 1-12.
- Leu, S. S. y Y. C. Lin, (2008). "Project Performance Evaluation Based on Statistical Process Control Techniques", *Journal of Construction Engineering and Management-ASCE*, 134(10), pp. 813-819.
- Lockhart, F., (4 de agosto de 2006). "Rocky Flats Closure Legacy Accelerated Closure Concept", Departamento de Energía de Estados Unidos.
- Mayer, B., S. Irani y H. Adra, (2008). "Virtual Shop Clusters: A New Layout Concept for Ship Repair and Maintenance Facility", *Naval Engineers Journal*, 120(2), pp. 99-111.
- Nalewalk, A., (2007), "Construction Audit—An Essential Project Controls Function", *Cost Engineering*, 49(10), p. 20.
- Poettcker, B., (2009). "SAP—An Effective Tool for Managing Multiple Small Projects", *Cost Engineering*, 51(3), p. 9.
- Schneck, D., R. Laver y M. O'Connor, (2010). "Cost Contingencies, Development Basis, and Project Application", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2111, pp. 109-124.
- Taylor, B., (9 de junio, 2010). "DOE Announces the Completion of Cleanup Activities at GE Hitachi Nuclear Energy's Vallecitos Nuclear Center", Departamento de Energía de Estados Unidos.

APÉNDICE 1

Duración probabilística de las actividades

DURACIÓN ESTIMADA DE LAS ACTIVIDADES

Recuerde que la duración aproximada de cada actividad es la estimación del tiempo total transcurrido de cada actividad, desde que inicia hasta que termina. Con proyectos en los que hay un alto grado de incertidumbre respecto a la duración estimada de las actividades, es posible utilizar tres estimaciones para cada actividad:

1. **Tiempo optimista** (t_o) es el tiempo en que una actividad determinada puede completarse si todo marcha perfectamente y no hay complicaciones. Una regla general es que sólo hay una oportunidad de 10 para completar la actividad en un tiempo menor al tiempo optimista estimado.
2. **Tiempo más probable** (t_m) es el tiempo en el cual una actividad en particular suele completarse bajo condiciones normales. Si una actividad se ha repetido muchas veces, la duración real que ocurre con más frecuencia se puede utilizar como la estimación de tiempo más probable.
3. **Tiempo pesimista** (t_p) es el tiempo en que determinada actividad puede completarse bajo circunstancias adversas, como la presencia de complicaciones inusuales o imprevistas. Una regla general es que sólo hay una oportunidad en 10 de completar la actividad en un tiempo mayor al tiempo pesimista estimado.

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 que el tiempo optimista, y el tiempo pesimista debe ser mayor o igual que el tiempo más probable.

No se requiere hacer las tres estimaciones para cada actividad. Si alguien tiene experiencia o cuenta con datos acerca de cuánto tiempo tomó hacer actividades muy parecidas en proyectos

terminados, quizá sea preferible hacer sólo una estimación de la duración que tendrá una actividad (como se vio en este capítulo). Sin embargo, cuando hay un alto grado de incertidumbre respecto a cuánto tardará una actividad puede ser útil el uso de las tres estimaciones de tiempo (t_o , t_m y t_p).

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD BETA

Cuando se utilizan tres estimaciones para cada actividad, se supone que las tres siguen una **distribución de probabilidad beta**. Con base en este supuesto, es posible calcular una **duración esperada**, t_e (también llamada distribución beta), para cada actividad a partir de las tres estimaciones de tiempo de la misma. La duración esperada se calcula mediante la fórmula:

$$t_e = \frac{t_o + 4(t_m) + t_p}{6}$$

Suponga que el tiempo optimista de una actividad es 1 semana, el tiempo más probable 5 semanas y el tiempo pesimista 15 semanas. La distribución de probabilidad beta para esta actividad se muestra en la figura 5.24. La duración esperada de esta actividad es

$$t_e = \frac{1 + 4(5) + 15}{6} = 6 \text{ semanas}$$

FIGURA 5.24 Distribución de probabilidad beta



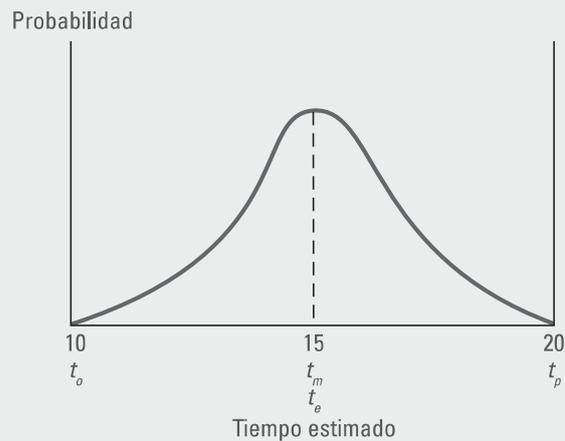
Suponga que el tiempo optimista para otra actividad es 10 semanas, el tiempo más probable es 15 semanas y el tiempo pesimista 20 semanas. La distribución de probabilidad beta para esta actividad se muestra en la figura 5.25. La duración esperada de esta actividad es

$$t_e = \frac{10 + 4(15) + 20}{6} = 15 \text{ semanas}$$

Casualmente, sucede que esto es lo mismo que la estimación del tiempo más probable.

Los picos de las curvas de las figuras 5.24 y 5.25 representan los tiempos más probables para sus actividades respectivas. La duración esperada, t_e , divide el área total bajo la curva de probabilidad beta en dos partes iguales. En otras palabras, 50% del área bajo cualquier curva de probabilidad beta estará a la izquierda de t_e y 50% a la derecha. Por ejemplo, la figura 5.24 muestra que 50% del área bajo la curva está a la izquierda de 6 semanas y 50% del área está a la derecha de 6 semanas. Por tanto, *hay una probabilidad 50-50 de que una actividad en realidad tome más o menos tiempo que la duración esperada*. Dicho de otra forma, hay una probabilidad de 0.5 de que una actividad tome

FIGURA 5.25 Distribución de probabilidad beta



más tiempo que t_e , y una probabilidad de 0.5 de que tome menos tiempo que t_e . En la figura 5.24 hay una probabilidad de 50% de que la actividad tarde más de 6 semanas y una probabilidad de 50% de que tarde menos de 6 semanas.

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

CONCEPTOS BÁSICOS DE PROBABILIDAD

La planeación de red en la cual se utilizan tres estimaciones de tiempo para cada actividad se considera una *técnica estocástica o probabilística* porque permite incertidumbre en la duración de la actividad, al incorporar tres estimaciones que se suponen distribuidas con base en la distribución de probabilidad beta. Cualquier técnica que utiliza sólo una duración estimada se considera una *técnica determinística*. Debido a que se supone que las tres estimaciones de tiempo para cada actividad siguen una distribución de probabilidad beta, es posible calcular la probabilidad, o posibilidad, de completar el proyecto antes del tiempo requerido. Si sólo se utiliza una duración estimada para cada actividad no se pueden hacer cálculos de probabilidad.

Cuando se utilizan tres estimaciones todas las actividades de la ruta crítica del diagrama de red pueden sumarse para obtener una distribución de probabilidad total. El teorema del límite central establece que esta distribución de probabilidad total no es una probabilidad beta, sino una **distribución de probabilidad normal**, que tiene forma de campana y es simétrica en torno a su media (o valor esperado). Además, esta distribución de probabilidad normal total tiene una duración esperada que es igual a la suma de las duraciones esperadas de todas las actividades que componen la distribución total.

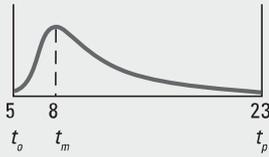
Mientras que la duración esperada, que divide el área bajo la distribución de probabilidad en dos partes iguales, es una medida de la tendencia central de una distribución, la **varianza, σ^2** , es una medida de la dispersión o diseminación, de una distribución a partir de su valor esperado.

Refuerce su aprendizaje

28. Calcule la duración esperada de una actividad que tiene los tiempos estimados siguientes: $t_o = 8$, $t_m = 12$ y $t_p = 22$.

Refuerce su aprendizaje

29. Calcule la duración esperada (t_e) y la varianza (σ^2) para la siguiente distribución de probabilidad beta.



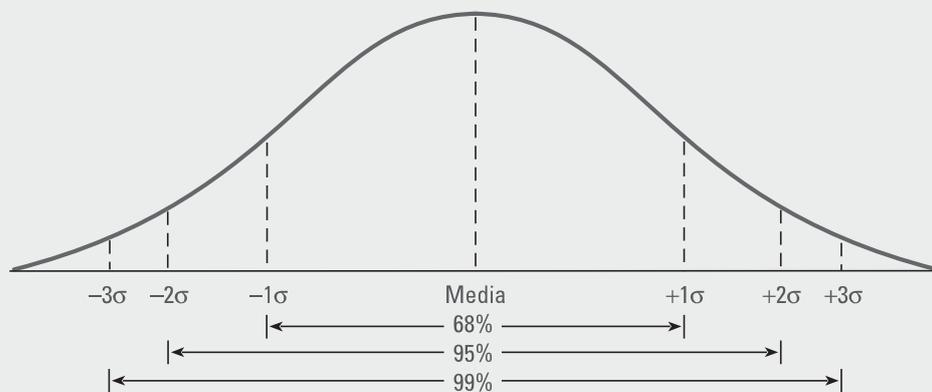
La varianza para la distribución de probabilidad beta de una actividad se calcula utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Varianza} = \sigma^2 = \left[\frac{t_p - t_o}{6} \right]^2$$

La varianza de la distribución de probabilidad normal total es igual a la suma de las varianzas de todas las actividades que conforman la distribución normal total.

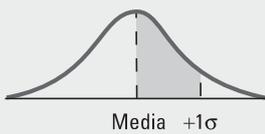
La **desviación estándar**, σ , es otra medida de la dispersión de una distribución y es igual a la raíz cuadrada de la varianza. La desviación estándar proporciona una mejor representación visual de la desviación de una distribución de su media o valor esperado que la varianza. Para una distribución normal (vea la figura 5.26), el área dentro de una desviación estándar de la media (a ambos lados) incluye aproximadamente 68% del área total bajo la curva, el área dentro de dos desviaciones estándar incluye alrededor de 95% del área total bajo la curva y el área dentro de tres desviaciones estándar incluye aproximadamente 99% del área total bajo la curva.

FIGURA 5.26 Distribución de probabilidad normal



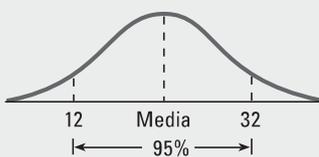
Refuerce su aprendizaje

30. ¿Qué porcentaje del área bajo esta curva normal está sombreado?



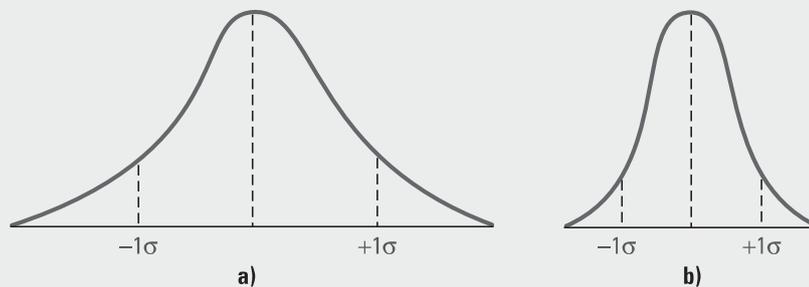
Refuerce su aprendizaje

31. Si 95% del área bajo la curva normal siguiente está entre los dos puntos marcados, ¿cuál es la desviación estándar? ¿Cuál es la varianza?



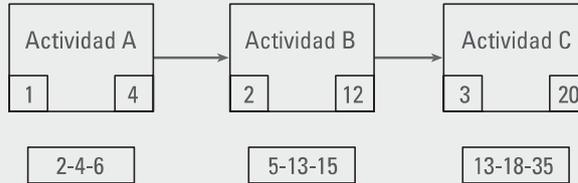
Como se observó antes, la desviación estándar es una medida de la dispersión de una distribución. La figura 5.27 muestra dos distribuciones normales. La distribución en a) de la figura 5.27 está más dispersa y, por tanto, tiene una desviación estándar mayor que en b). No obstante, para ambas distribuciones 68% del área bajo la curva se incluye dentro de una desviación estándar de la media.

FIGURA 5.27 Distribuciones de probabilidad normal



La distribución de probabilidad total de todas las actividades en la ruta crítica de un diagrama de red es una distribución normal, con una media o valor esperado igual a la suma de las duraciones esperadas de las actividades individuales y una varianza igual a la suma de las varianzas de las actividades individuales. Considere la red simple de la figura 5.28. Suponga que el proyecto puede iniciar en el tiempo 0 y debe completarse el día 42. La distribución de probabilidad para las actividades de la figura 5.28 se muestran en la figura 5.29.

FIGURA 5.28 Ejemplo de proyecto



Terminación requerida = 42 días

La duración esperada de cada actividad es la siguiente.

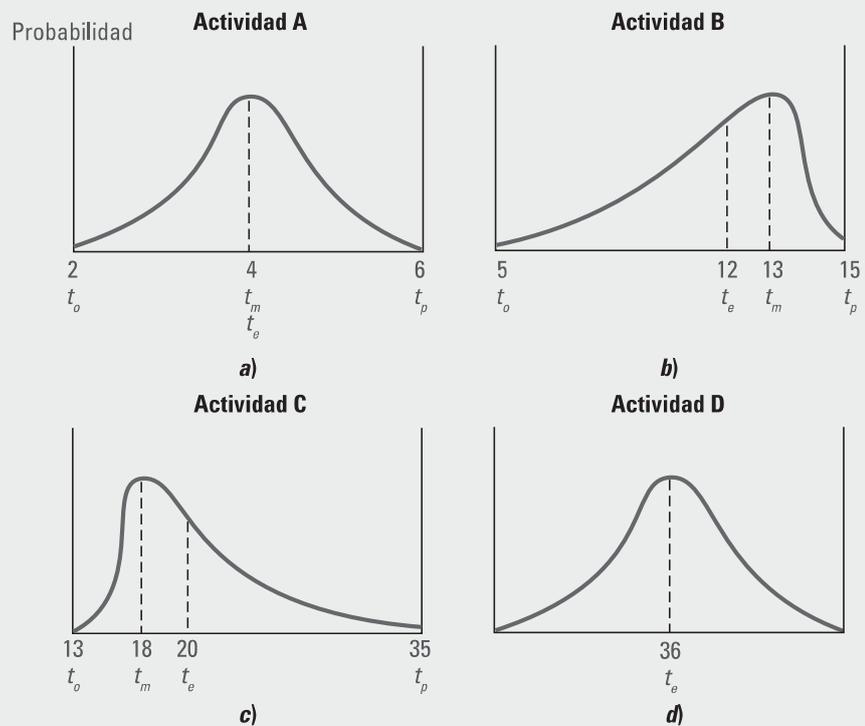
$$\text{Actividad A } t_e = \frac{2 + 4(4) + 6}{6} = 4 \text{ días}$$

$$\text{Actividad B } t_e = \frac{5 + 4(13) + 15}{6} = 12 \text{ días}$$

$$\text{Actividad C } t_e = \frac{13 + 4(18) + 35}{6} = 20 \text{ días}$$

Total = 36 días

FIGURA 5.29 Distribuciones de probabilidad



Si se suman las tres distribuciones, se obtiene una media total, o t_e total:

Actividad	t_o	t_m	t_p
A	2	4	6
B	5	13	15
C	13	18	35
Total	20	35	56

$$t_e = \frac{20 + 4(35) + 56}{6} = 36 \text{ días}$$

Este resultado es el mismo que la suma de las tres duraciones esperadas individuales que se calcularon con anterioridad: $4 + 12 + 20 = 36$ días. La distribución de probabilidad total se muestra en el inciso *d*) de la figura 5.29. La duración total esperada para la ruta 1-2-3-4 es 36 días. Por tanto, el proyecto tiene una primera fecha de terminación esperada del día 36. Como se mencionó antes, el proyecto tiene una fecha de terminación requerida del día 42.

La distribución total tiene un tiempo transcurrido medio igual a la suma de las tres medias o duraciones esperadas individuales. Hay una probabilidad de 0.5 de que el proyecto se termine antes del día 36 y una probabilidad de 0.5 que se termine después del día 36.

Para el ejemplo sencillo de la figura 5.28, la varianza para las distribuciones beta de las tres actividades es la siguiente.

$$\text{Actividad A } \sigma^2 = \left(\frac{6-2}{6} \right)^2 = 0.444$$

$$\text{Actividad B } \sigma^2 = \left(\frac{15-5}{6} \right)^2 = 2.778$$

$$\text{Actividad C } \sigma^2 = \left(\frac{35-13}{6} \right)^2 = 13.444$$

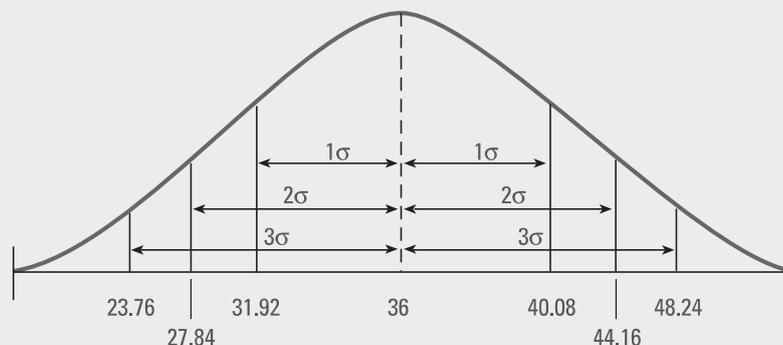
$$\text{Total} = 16.666$$

La varianza para la distribución total, que es una distribución de probabilidad normal, es la suma de las tres varianzas individuales, o 16.666. La desviación estándar, σ , de la distribución total es

$$\text{Desviación estándar} = \sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{16.666} = 4.08 \text{ días}$$

La figura 5.30, al igual que el inciso *d*) de la figura 5.29, muestra la curva de probabilidad total, con la suma de las desviaciones estándar.

FIGURA 5.30 Distribución de probabilidad normal para el ejemplo del proyecto



La figura 5.30 es una curva normal, así que 68% de su área total está contenida dentro de $\pm 1\sigma$ (desviación estándar) de 4, o entre 31.92 y 40.08 días; 95% del área está entre 27.84 y 44.16 días, y 99% de su área está entre 23.76 y 48.24 días. Esta distribución de probabilidad puede interpretarse como sigue:

- Hay 99% de posibilidades (probabilidad de 0.99) de completar el proyecto en un periodo de 23.76 a 48.24 días.
- Hay 95% de posibilidades (probabilidad de 0.95) de completar el proyecto en un periodo de 27.84 a 44.16 días.
- Hay 47.5% de posibilidades (probabilidad de 0.475) de completar el proyecto en un periodo de 27.84 a 36 días.
- Hay 47.5% de posibilidades (probabilidad de 0.475) de completar el proyecto en un periodo de 36 a 44.16 días.
- Hay 68% de posibilidades (probabilidad de 0.68) de completar el proyecto en un periodo de 31.92 a 40.08 días.
- Hay 34% de posibilidades (probabilidad de 0.34) de completar el proyecto en un periodo de 31.92 a 36 días.
- Hay 34% de posibilidades (probabilidad de 0.34) de completar el proyecto en un periodo de 36 a 40.08 días.
- Hay 13.5% de posibilidades (probabilidad de 0.135) de completar el proyecto en un periodo de 27.84 a 31.92 días.
- Hay 13.5% de posibilidades (probabilidad de 0.135) de completar el proyecto en un periodo de 40.08 a 44.16 días.
- Hay 0.5% de posibilidades (probabilidad de 0.005) de completar el proyecto antes de 23.76 días.
- Hay 0.5% de posibilidades (probabilidad de 0.005) de completar el proyecto después de 48.24 días.

Por tanto, se puede afirmar que la razón del área bajo ciertas partes de la curva normal con respecto al área total bajo la curva se relaciona con la probabilidad.

CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD

La primera fecha de terminación esperada de un proyecto se determina por medio de la ruta crítica que se muestra en el diagrama de red. Es igual a la fecha de inicio estimada del proyecto más la suma de las duraciones esperadas de las actividades de la ruta crítica que van desde el inicio del proyecto hasta la terminación del mismo. Como se mencionó antes, la probabilidad de completar un proyecto antes de su primera fecha de terminación esperada es 0.5, debido a que la mitad del área bajo la curva de distribución normal está a la izquierda de su fecha esperada; la probabilidad de terminar un proyecto después de su primera fecha de terminación esperada es también 0.5, debido a que el área bajo la curva normal está a la derecha de esta fecha esperada. Si se conoce la fecha de terminación requerida para un proyecto, es posible calcular la probabilidad de terminar el proyecto antes de esta fecha.

Para encontrar la probabilidad de terminar en realidad el proyecto antes de su fecha de terminación requerida, se utiliza la fórmula siguiente:

$$Z = \frac{UT + PT}{\sigma_t}$$

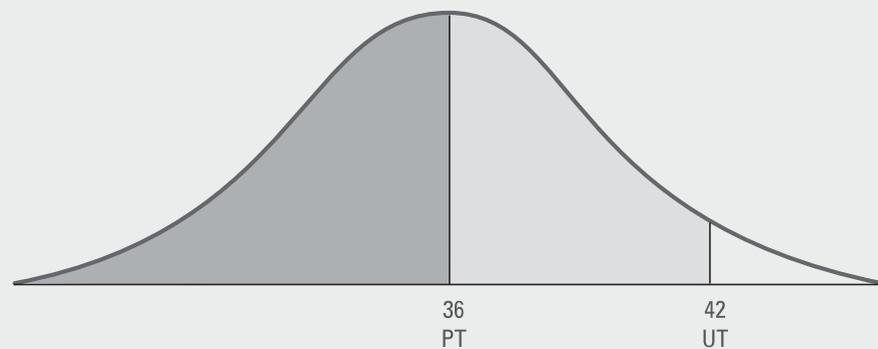
Los elementos de esta fórmula son los siguientes:

- UT es la última fecha de terminación requerida (última terminación) del proyecto.
- PT es la primera fecha de terminación esperada del proyecto (media de la distribución normal).
- σ_t es la desviación estándar de la distribución total de las actividades de la ruta más larga (la que consume más tiempo) que conduce a la terminación del proyecto.

En la ecuación anterior, Z mide el número de desviaciones estándar entre PT y UT en la curva de probabilidad normal. Este valor de Z debe convertirse en un número que dé la proporción del área bajo la curva normal que se ubica entre PT y UT. Como el área total bajo una curva normal es igual a 1.0, la probabilidad de finalizar el proyecto antes de su fecha de terminación requerida es igual a la proporción del área bajo la curva que está a la izquierda de la UT.

La primera fecha de terminación (PT) esperada para la red simple de tres actividades de la figura 5.28, se calculó de 36 días. Recuerde que el tiempo de terminación requerido (UT) para el proyecto es de 42 días, o 6 días después de la PT. La figura 5.31 muestra la curva normal para el proyecto, con la PT = 36 días y la UT = 42 días.

FIGURA 5.31 Distribución de probabilidad normal para el ejemplo del proyecto



La proporción del área bajo la curva a la izquierda de la UT es igual a la probabilidad de terminar el proyecto antes de 42 días. La PT divide al área bajo la curva en dos partes iguales, cada una conteniendo la mitad del área, así que sabemos que la proporción del área a la izquierda de PT es 0.5. Ahora debemos encontrar la proporción del área entre PT y UT y sumarla a este 0.5 para obtener la proporción del área total a la izquierda de la UT. Utilizando la ecuación anterior para encontrar la proporción del área entre PT y UT, calculamos Z:

$$Z = \frac{UT - PT}{\sigma_t} = \frac{42 - 36}{4.08} = \frac{6}{4.08} = 1.47$$

El valor de Z de 1.47 indica que hay 1.47 desviaciones estándar (1 desviación estándar = 4.08 días) entre PT y UT. Sin embargo, el valor de Z no da en forma directa la proporción del área bajo la curva entre PT y UT. Para encontrar esta área se debe convertir el valor de Z a un número que proporcione directamente el área, utilizando una tabla de conversión estándar como la tabla 5.1.

La primera columna y la fila superior de la tabla se utilizan para determinar el valor de Z buscado con una significancia de 0.01. Para calcular el área para un valor de Z de 1.47, primero descienda por la columna del extremo izquierdo hasta 1.4, luego avance a lo largo de esta fila hasta la columna 0.07. El número que aparece ahí es 0.42922. Esto significa que para un valor de Z de 1.47, la proporción del área bajo una curva normal es 0.42922. Este número indica que la probabilidad de terminar realmente el proyecto entre PT y UT, o en 36 a 42 días, es 0.42922; por tanto, hay una

posibilidad de 42.922%. No obstante, dado que nos interesa encontrar la probabilidad de terminar realmente el proyecto en algún momento antes de 42 días, debemos sumar la probabilidad de terminar antes de 36 días. La probabilidad de terminar el proyecto en algún momento antes de 42 días es igual a la probabilidad de terminar antes de 36 días más la probabilidad de terminar en un periodo entre 36 y 42 días:

$$0.50000 + 0.42922 = 0.92922$$

La probabilidad de terminar realmente el proyecto antes de su tiempo de terminación requerido de 42 días es 0.92922; hay una posibilidad de 92.922%.

TABLA 5.1 Tabla de áreas de la curva normal entre la ordenada máxima y los valores de Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	.00000	.00399	.00798	.01197	.01595	.01994	.02392	.02790	.03188	.03586
0.1	.03983	.04380	.04776	.05172	.05567	.05962	.06356	.06749	.07142	.07535
0.2	.07926	.08317	.08706	.09095	.09483	.09871	.10257	.10642	.11026	.11409
0.3	.11791	.12172	.12552	.12930	.13307	.13683	.14058	.14431	.14803	.15173
0.4	.15542	.15910	.16276	.16640	.17003	.17364	.17724	.18082	.18439	.18793
0.5	.19146	.19497	.19847	.20194	.20540	.20884	.21226	.21566	.21904	.22240
0.6	.22575	.22907	.23237	.23565	.23891	.24215	.24537	.24857	.25175	.25490
0.7	.25804	.26115	.26424	.26730	.27035	.27337	.27637	.27935	.28230	.28524
0.8	.28814	.29103	.29389	.29673	.29955	.30234	.30511	.30785	.31057	.31327
0.9	.31594	.31859	.32121	.32381	.32639	.32894	.33147	.33398	.33646	.33891
1.0	.34134	.34375	.34614	.34850	.35083	.35314	.35543	.35769	.35993	.36214
1.1	.36433	.36650	.36864	.37076	.37286	.37493	.37698	.37900	.38100	.38298
1.2	.38493	.38686	.38877	.39065	.39251	.39435	.39617	.39796	.39973	.40147
1.3	.40320	.40490	.40658	.40824	.40988	.41149	.41309	.41466	.41621	.41774
1.4	.41924	.42073	.42220	.42364	.42507	.42647	.42786	.42922	.43056	.43189
1.5	.44319	.43448	.43574	.43699	.43822	.43943	.44062	.44179	.44295	.44408
1.6	.44520	.44630	.44738	.44845	.44950	.45053	.45154	.45254	.45352	.45449
1.7	.45543	.45637	.45728	.45818	.45907	.45994	.46080	.46164	.46246	.46327
1.8	.46407	.46485	.46562	.46638	.46712	.46784	.46856	.46926	.46995	.47062
1.9	.47128	.47193	.47257	.47320	.47381	.47441	.47500	.47558	.47615	.47670
2.0	.47725	.47778	.47831	.47882	.47932	.47982	.48030	.48077	.48124	.48169
2.1	.48214	.48257	.48300	.48341	.48382	.48422	.48461	.48500	.48537	.48574
2.2	.48610	.48645	.48679	.48713	.48745	.48778	.48809	.48840	.48870	.48899
2.3	.48928	.48956	.48983	.49010	.49036	.49061	.49086	.49111	.49134	.49158
2.4	.49180	.49202	.49224	.49245	.49266	.49286	.49305	.49324	.49343	.49361
2.5	.49377	.49396	.49413	.49430	.49446	.49461	.49477	.49492	.49506	.49520
2.6	.49534	.49547	.49560	.49573	.49585	.49598	.49609	.49621	.49632	.49643
2.7	.49653	.49664	.49674	.49683	.49693	.49702	.49711	.49720	.49728	.49736
2.8	.49744	.49752	.49760	.49767	.49774	.49781	.49788	.49795	.49801	.49807
2.9	.49813	.49819	.49825	.49831	.49836	.49841	.49846	.49851	.49856	.49861
3.0	.49865	.49869	.49874	.49878	.49882	.49886	.49889	.49893	.49897	.49900

3.1	.49903	.49906	.49910	.49913	.49916	.49918	.49921	.49924	.49926	.49929
3.2	.49931	.49934	.49936	.49938	.49940	.49942	.49944	.49946	.49948	.49950
3.3	.49952	.49953	.49955	.49957	.49958	.49960	.49961	.49962	.49964	.49965
3.4	.49966	.49968	.49969	.49970	.49971	.49972	.49973	.49974	.49975	.49976
3.5	.49977	.49978	.49978	.49979	.49980	.49981	.49981	.49982	.49983	.49983
3.6	.49984	.49985	.49985	.49986	.49986	.49987	.49987	.49988	.49988	.49989
3.7	.49989	.49990	.49990	.49990	.49991	.49991	.49992	.49992	.49992	.49992
3.8	.49993	.49993	.49993	.49994	.49994	.49994	.49994	.49995	.49995	.49995
3.9	.49995	.49995	.49996	.49996	.49996	.49996	.49996	.49996	.49997	.49997
4.0	.49997	.49997	.49997	.49997	.49997	.49997	.49998	.49998	.49998	.49998

RESUMEN

Si cada actividad del diagrama de red para un proyecto tiene tres estimaciones de tiempo (optimista, más probable y pesimista), es posible calcular la probabilidad de concluir realmente el proyecto antes de su fecha de terminación requerida utilizando los métodos descritos en este apéndice. No obstante, sea prudente cuando interprete esta probabilidad, en particular cuando haya varias rutas casi tan largas como la ruta crítica. Si las desviaciones estándar de estas rutas alternas son considerablemente diferentes a las de la ruta crítica, la probabilidad de que el proyecto realmente se complete antes de su tiempo de terminación requerido puede ser menor cuando estas rutas se utilizan en los cálculos de la probabilidad que cuando se usa la ruta crítica. Esta discrepancia surge por lo general sólo cuando dos o más rutas iguales o casi iguales en longitud conducen a la terminación del proyecto.

PREGUNTAS

1. Verdadero o falso: para calcular la probabilidad de terminar un proyecto en su tiempo de terminación requerido, es necesario tener tres estimaciones de tiempo para cada actividad, y la fecha de terminación requerida del proyecto.
2. ¿Cuáles son la duración esperada, la varianza y la desviación estándar de una actividad cuyas tres estimaciones de tiempo son $t_o = 2$, $t_m = 14$ y $t_p = 14$?
3. ¿Cuál de las opciones siguientes *no* es una medida de la dispersión, o diseminación: varianza, media o desviación estándar?
4. La primera fecha de terminación esperada de un proyecto es el día 138, y su tiempo de terminación requerido es 130 días. ¿Cuál es la probabilidad de terminar el proyecto antes del tiempo requerido si σ_t (la desviación estándar de la distribución total de las actividades en la ruta más larga) es 6?

APÉNDICE 2

Microsoft Project

En este apéndice estudiaremos cómo el uso de Microsoft Project puede apoyar las técnicas explicadas en este capítulo, tomando como ejemplo el estudio del mercado de consumo.¹ Para recuperar la información de su proyecto, en el menú File, haga clic en Open y localice el archivo del estudio del mercado de consumo que guardó en el capítulo 4. Una vez que lo abra, podrá introducir la duración estimada de cada tarea, examinar el programa del proyecto, producir una gráfica de Gantt,

¹ En este apéndice se utilizó la versión en inglés de Microsoft Project. Los ejemplos también aparecen en inglés, por tanto, la información de las pantallas variará dependiendo de los datos que introduzca en su archivo de práctica y del idioma de la versión de Microsoft Project con que trabaje.