

Estimación de los tiempos y costos del proyecto

*La estimación del proyecto es en realidad una herramienta para controlar sus costos. Si resulta defectuosa, usted comienza “levantándose con el pie izquierdo”... lo exhortamos a no subestimar el estimado.**

Dada la urgencia de comenzar a trabajar en el proyecto, en ocasiones los gerentes minimizan o no llevan a cabo un estimativo de los tiempos y costos del proyecto. Esta actitud constituye un gran error y es costosa. Hay razones importantes para hacer este esfuerzo y las estimaciones para su proyecto. En la ilustración 5.1 se hace un resumen de algunas razones clave.

Estimar es el proceso de pronosticar o aproximar los tiempos y costos de terminar los productos a entregar en un proyecto. A menudo se clasifica a los procesos de estimación de dos maneras: ascendentes y descendentes. Por lo general, los primeros están a cargo de la alta dirección. A menudo, ésta los llevará a cabo a partir de analogías, consensos de grupo o relaciones matemáticas. Con frecuencia, los del primer tipo se le encargan a la gente que realiza el trabajo. Ésta se fundamenta en los estimados de los elementos que se encuentran en la estructura de descomposición del trabajo.

Todos los interesados en los proyectos prefieren realizar estimados precisos de costo y tiempo, pero también comprenden la incertidumbre inherente a todos los proyectos. Cuando los estimados son inexactos se obtienen falsas expectativas y el cliente queda insatisfecho. La precisión mejora cuando el esfuerzo es mayor, pero valen la pena el tiempo y el costo porque ¡la estimación cuesta dinero! La estimación se convierte en una compensación donde se equilibran los beneficios de una mayor precisión con relación a los costos de asegurar una mayor precisión.

Los estimados de costo, tiempo y presupuesto constituyen la línea de vida del control; sirven como estándar de comparación del actual y planean para toda la vida del proyecto. Los reportes del avance del proyecto dependen de la existencia de estimados confiables como el principal elemento para medir desviaciones y para tomar acciones correctivas. De manera ideal, el administrador de proyecto, y en la mayoría de los casos el cliente, prefieren contar con una base de datos de un presupuesto detallado y con estimados de costos para todos los paquetes de tareas del proyecto. Lo lamentable es que tal recopilación detallada de datos no siempre es posible ni práctica, y se utilizan otros métodos para desarrollar estimados del proyecto.

Factores que influyen en la calidad de los estimados

Una declaración típica en el campo es el deseo de “tener 95 por ciento de probabilidades de cumplir con los estimados de tiempo y costo”. *Las experiencias precedentes* constituyen un buen punto de partida para desarrollar estimados de tiempo y costo. Pero los estimados anteriores siempre deben perfeccionarse con otras consideraciones a fin de llegar al nivel de 95 por ciento de probabilidad. Los factores que se relacionan con el carácter único del proyecto tendrán una fuerte influencia en la precisión de los estimados. También hay que considerar al proyecto, la gente y los factores externos a fin de mejorar la calidad de los estimados respecto de los tiempos y costos del proyecto.

* O. P. Kharbanda y J. K. Pinto, *What Made Gertie Gallop: Learning From Project Failures*, Nueva York, Von Nostrand Reinhold, 1996, p. 73.

ILUSTRACIÓN 5.1

Por qué la estimación de tiempos y costos es importante

- Se necesitan estimados para apoyar las buenas decisiones.
- Se necesitan estimados para programar el trabajo.
- Se necesitan estimados para determinar cuánto tiempo debe tomar el proyecto y a qué costo.
- Se necesitan estimados para determinar si vale la pena realizar el proyecto.
- Se necesitan estimados para establecer las necesidades de flujo de efectivo.
- Se necesitan estimados para determinar cómo está avanzando el proyecto.
- Se necesitan estimados para desarrollar presupuestos para proyectos de etapas cronológicas y para establecer la línea de base del proyecto.

Horizontes de planeación

La calidad del estimado depende del *horizonte de planeación*; los estimados de los acontecimientos actuales son hasta 100 por ciento precisos, pero no tanto para hechos más lejanos. La precisión de los estimados de tiempos y costos mejorará a medida que usted avance de la fase conceptual al punto en que se definen los paquetes de tareas individuales.

Duración del proyecto

El tiempo para poner en acción a la nueva *tecnología* tiende a ampliarse de manera creciente y no lineal. A veces, cuando se redactan mal las especificaciones del enfoque para la nueva tecnología, se cae en errores de estimación de tiempos y costos. Los proyectos de larga duración aumentan la incertidumbre en los estimados.

Gente

El factor *gente* también puede incorporar algunos errores en la estimación de tiempos y costos. Por ejemplo, la precisión de los estimados depende de las habilidades de las personas que los llevan a cabo. Si se empatan con éxito personas y tareas, esto tendrá un efecto positivo en la productividad y en el periodo de aprendizaje. En forma análoga, el hecho de que algunos miembros del equipo del proyecto hayan trabajado juntos en proyectos semejantes influirá en el tiempo necesario para que se consoliden en un equipo eficiente. En ocasiones, factores como la rotación del personal pueden influir en los estimados. Debe advertirse que añadir gente nueva a un proyecto aumenta el tiempo que ha de dedicarse a la comunicación. Por lo común, la gente cuenta sólo con cinco o seis horas productivas en cada día de trabajo, las otras se consumen en trabajo indirecto, como reuniones, papeleo o contestación de correos electrónicos.

Estructura del proyecto y organización

La *estructura de proyecto* que se elija para administrar el proyecto influirá en los estimados de tiempos y costos. Una de las ventajas más importantes de un equipo dedicado en un proyecto, que ya se comentó, es la velocidad que se obtiene del enfoque concentrado y de las decisiones localizadas del proyecto. Esta velocidad se da al costo adicional de asegurar al personal por tiempo completo. A la inversa, los proyectos que operan en un ambiente matricial pueden reducir costos con mayor eficiencia al compartir personal entre proyectos, pero quizá se requiera más tiempo para terminarlos dado que la atención se divide y las demandas de coordinación son mayores.

Acolchonamiento de los estimados

En algunos casos, la gente tiende a *acolchonar los estimados*. Por ejemplo, si se le pide a usted que conduzca hasta el aeropuerto, es posible que se le conceda un tiempo promedio de 30 minutos, suponiendo una probabilidad de 50/50 de llegar ahí en 30 minutos. Si se le pide que llegue lo más rápido posible, quizá usted podría reducir el tiempo a 20 minutos. Por último, si se le preguntara cuánto tiempo necesitaría para llegar si tuviera que estar ahí para reunirse con el presidente, usted aumentaría su estimado a 50 minutos para asegurarse de no llegar tarde.

En las situaciones de trabajo donde se nos pide que calculemos tiempos y costos, la mayoría nos inclinamos a acolcharlos un poco para aumentar la probabilidad de cumplir y reducir el riesgo de terminar tarde. Si todos, en los distintos niveles del proyecto, le añaden un poco a sus estimados para evitar riesgos, aumenta mucho la duración del proyecto y los costos que implica. Este fenómeno causa que algunos propietarios o gerentes reduzcan entre 10 y 15 por ciento los tiempos y/o

costos del proyecto. Por supuesto, la siguiente vez que se haga lo mismo, las personas se darán un margen de 20 por ciento o más. Es obvio que estas prácticas van en contra de la obtención de estimados realistas, lo cual se necesita para ser competitivos.

Cultura de la organización

La *cultura de la organización* puede influir mucho en los estimados del proyecto. En algunas organizaciones se tolera el acolchonamiento de los estimados, incluso se le alienta en privado. Otras organizaciones le dan un valor a la precisión y desalientan con fuerza cualquier juego en la estimación. La importancia que se da a los estimados cambia en cada organización. La creencia que prevalece en algunas organizaciones es que para realizar un estimado detallado se necesita demasiado tiempo y no vale la pena el esfuerzo, o bien, es imposible predecir lo que sucederá en el futuro. Otras sostienen que los estimados precisos constituyen el fundamento de una administración eficaz de proyectos. La cultura de la organización influye en todas las dimensiones de administración de proyectos; la estimación no es inmune a esta influencia.

Otros factores

Por último, los *factores no relacionados con el proyecto* pueden influir en los estimados de tiempos y costos. Por ejemplo, el tiempo de inactividad del equipo puede modificar los estimados de tiempo. Las fiestas nacionales, las vacaciones y los límites legales pueden influir en los estimados de los proyectos. La prioridad de los proyectos puede influir en la asignación de recursos y en los tiempos y costos.

La estimación de proyectos es un proceso complejo. La calidad de los estimados de tiempos y costos puede mejorar cuando se consideran estas variables en la elaboración de estimados. La conjunción de estimados de tiempo y costo le permite al gerente desarrollar un presupuesto con etapas cronológicas, el cual es imperativo para el control del proyecto. Antes de analizar los métodos macro y micro de estimación de tiempos y costos, un repaso de los lineamientos a seguir en la estimación nos recordará algunas “reglas del juego” importantes que pueden mejorar la estimación.

Lineamientos a seguir en la estimación de tiempos, costos y recursos

Los gerentes reconocen que los estimados de tiempos, costos y recursos deben ser precisos para que la planeación, programación y control del proyecto sean eficaces. Existen muchas pruebas que sugieren que los estimados deficientes ayudan mucho al fracaso de los proyectos. Por lo tanto, deben realizarse todos los esfuerzos necesarios para ver que los estimados iniciales sean lo más precisos posible, puesto que la alternativa de no contar con estimado alguno deja mucho a la suerte y no agrada a los gerentes de proyecto serios. A pesar de que nunca se haya realizado un proyecto, el gerente puede seguir siete lineamientos para desarrollar estimaciones eficientes para paquetes de tareas.

1. Responsabilidad. A nivel del paquete de tareas, las personas que estén más familiarizadas con ellas deben realizar estimados. ¡Aproveche su experiencia! A excepción de las tareas supertécnicas, los responsables de que el trabajo se termine a tiempo y dentro de presupuesto suelen ser los supervisores o técnicos de primera línea que tienen la experiencia y conocen el tipo de trabajo involucrado. Estas personas no tendrán en mente una duración impuesta o preconcebida. Darán un estimado con base en su experiencia y juicio. Un segundo beneficio de utilizar a los responsables es la esperanza de que “se convenzan” de ver que el estimado se haga realidad en cuanto completen el paquete de tareas. Si no se consulta a los involucrados, será difícil responsabilizarlos de no terminar de acuerdo con el tiempo calculado. Por último, si se utiliza la experiencia de los miembros del equipo responsables será posible construir desde el principio buenos canales de comunicación.

2. Utilización de diversas personas para realizar una estimación. Se sabe muy bien que un estimado de costo o tiempo tiene más probabilidades de ser razonable y realista cuando se acude a varias personas con experiencia destacada y/o conocimiento de la tarea. Es cierto que las personas traen consigo distintos prejuicios que parten de su experiencia. Pero el análisis de las diferencias individuales en su estimado conduce al consenso y tiende a eliminar los errores

extremos en el estimado. Este enfoque es similar al método de estimación Delphi, que también se puede utilizar.

3. **Condiciones normales.** Cuando se definen el tiempo de la tarea, el costo y los estimados de recursos, se parte de determinadas suposiciones. *Los estimados deben fundamentarse en situaciones habituales, métodos eficientes y un nivel normal de recursos.* A veces es difícil determinar cuáles son las condiciones normales, pero es necesario tener un consenso en la organización respecto a qué significa que existan en este proyecto. Si el día normal de trabajo es de ocho horas, el estimado de tiempos debe fundamentarse en esa jornada. De igual manera, si el día normal de trabajo incluye dos turnos, el estimado de tiempo debe basarse en esto. Cualquier estimado del tiempo debe reflejar métodos eficientes para los recursos normalmente disponibles. El estimado de tiempos debe representar el nivel regular de recursos, trátase de personas o equipo. Por ejemplo, si se cuenta con tres programadores para codificar y con dos calificadores del terreno para la construcción de una carretera, los estimados de tiempo y costos deben basarse en estos niveles normales de recursos, a menos que se anticipe que el proyecto modificará lo que en ese momento se considera “normal”. Además, no deben considerarse en esta etapa los conflictos que pudieran surgir en la demanda de recursos para actividades paralelas o concurrentes. La necesidad de añadir recursos se analizará en un capítulo posterior, cuando se examine la programación de recursos.

4. **Unidades de tiempo.** Al principio de la fase de desarrollo de la red del proyecto deben seleccionarse unidades específicas de tiempo. *Todos los estimados de tiempo de tareas necesitan unidades de tiempo congruentes.* Los estimados de tiempo deben considerar si el tiempo normal está representado con días de calendario, días hábiles, días de la semana, días persona, turno sencillo, horas, minutos, etc. En la práctica, el uso de días hábiles es la elección más común para expresar la duración de las tareas. Sin embargo, en proyectos como un trasplante de corazón, es probable que los minutos sean la unidad de tiempo más adecuada. Un proyecto de ese tipo que utilizó los minutos como unidad de tiempo fue el traslado de pacientes de un hospital viejo a uno nuevo y elegante situado al otro lado de una ciudad. Como esto implicaba varios movimientos que arriesgaban vidas, se utilizaron minutos como unidad para garantizar la seguridad de los pacientes, a fin de que se dispusiera de sistemas adecuados de apoyo a la vida por si fueran necesarios. El punto es que para el análisis de las redes se requiere una unidad estándar de tiempo. Cuando los programas de cómputo permiten más de una opción, debe advertirse cualquier desviación de la unidad estándar de tiempo. Si ésta es una semana laboral de cinco días y la actividad estimada está en días de calendario, debe convertirse a la primera.

5. **Independencia.** Las personas encargadas de hacer los estimados deben tratar cada tarea en forma independiente de las que puedan integrarse a la EDT. Por lo general, el uso de gerentes de primera línea hace que las tareas se consideren de manera independiente; y esto es bueno. Los gerentes de primer nivel tienden a añadir muchas tareas a un solo estimado de tiempo y luego deducen los estimados para las tareas individuales que se añaden para formar el total. Si las tareas están en cadena y las realiza el mismo grupo o departamento, es mejor que no se pidan todos los estimados de tiempo en la secuencia. Esto puede evitar la tendencia de que un planeador —o un supervisor— observe todo el terreno e intente ajustar los tiempos individuales de las tareas en secuencia, a fin de cumplir un programa impuesto de manera arbitraria o alguna “adivinanza” del tiempo total para toda la ruta o un segmento del proyecto. Esta tendencia no refleja las incertidumbres de las actividades individuales y por lo general propicia estimados optimistas de los tiempos de las tareas. En resumen, es necesario considerar en forma independiente el estimado de tiempo para cada tarea o actividad.

6. **Contingencias.** *Los estimados de los paquetes de tareas no deben considerar las contingencias.* Los estimados deben asumir condiciones normales o promedio, a pesar de que todos los paquetes de trabajo no se materializarán como se había planeado. Por esta razón, la alta dirección necesita crear un fondo adicional para contingencias, el cual se puede utilizar para cubrir sucesos no previstos.

7. **Si se añade una evaluación de riesgos al estimado se evitan sorpresas a los interesados en el proyecto.** Es obvio que algunas tareas implican mayores riesgos en costos y tiempos. Por ejemplo, una tecnología nueva suele implicar más riesgos de costos y tiempos que un proceso probado. La simple identificación del grado de riesgo les permite a los interesados en el proyecto considerar métodos alternos y modificar las decisiones relativas al proceso. Una descomposición sencilla para lo más optimista y probable y otra para lo pesimista y los tiempos de las tareas puede proporcio-

nar información valiosa sobre tiempos y costos. Véase el capítulo 7 para un análisis más profundo de los riesgos de un proyecto.

Siempre que sean aplicables, estos lineamientos ayudarán mucho a evitar las caídas que tan a menudo se encuentran en la práctica.

Estimación ascendente vs. estimación descendente

Los esfuerzos para obtener estimados cuestan dinero, por lo que el tiempo y el detalle que se dedican a esta tarea constituyen una decisión importante. Sin embargo, cuando se considera la elaboración de estimados, como administrador de proyectos, usted puede escuchar declaraciones como las siguientes:

El orden aproximado de la magnitud es bastante bueno. Dedicarle tiempo a realizar cálculos detallados es desperdiciar dinero.

¡El tiempo lo es todo: nuestra supervivencia depende de llegar ahí primero! La precisión en tiempos y costos no es importante.

El proyecto es interno. No necesitamos preocuparnos por los costos.

El proyecto es tan pequeño, que no tenemos que preocuparnos por los estimados. Tan sólo lo hacemos.

Nos agotamos una vez. Quiero que todas las personas responsables hagan un estimado preciso de todas las tareas.

Sin embargo, hay razones sólidas para utilizar estimados descendentes o ascendentes. En la tabla 5.1 se muestran algunas situaciones que sugieren cuándo un enfoque se prefiere por encima de otro.

Por lo común, los estimados descendentes provienen de alguien que utiliza la experiencia y/o la información para determinar la duración del proyecto y su costo total. A veces son los gerentes de primer nivel quienes hacen estos estimados, aunque no conocen los procesos que se utilizan para terminar el proyecto. Por ejemplo, en uno de sus discursos el alcalde de una ciudad importante señaló que se construiría un nuevo edificio legislativo a un costo de 23 millones de dólares y que estaría listo para ser ocupado en dos años y medio. Aunque quizá el alcalde le solicitó un estimado a alguien, éste pudo haberse realizado en un almuerzo con un contratista local que de prisa calculó (adivinó) uno y lo escribió en una servilleta. Éste es un ejemplo extremo, pero tal escenario se repite mucho en la práctica. Véase el recuadro Caso de práctica: Humo en el condado, para otro ejemplo de esto. Pero uno podría preguntarse: *¿Estos estimados representan métodos eficientes y de bajo costo?* ¿Acaso los estimados descendentes de tiempo y costo necesarios para un proyecto se convierten en una profecía que se cumple en términos del establecimiento de parámetros de tiempo y costo?

De ser práctico y posible, usted deseará llevar el proceso de estimación hasta el nivel del paquete de tareas a fin de obtener estimados ascendentes para establecer métodos eficientes y de bajo costo. Este proceso se puede dar después de que se ha hecho una definición detallada del proyecto. El sentido común sugiere que los estimados de los proyectos deben obtenerse de las personas que más saben acerca del estimado que se necesita. Si se acude a varias personas con experiencia importante en la realización de la tarea, podrá mejorarse el estimado de tiempos y costos. El enfoque ascendente a nivel del paquete de tareas puede servir como una revisión de los elementos de costos en

TABLA 5.1
Condiciones para preferir
los estimados de
costo y tiempo
descendentes
o ascendentes

Condición	Estimados descendentes	Estimados ascendentes
Toma estratégica de decisiones	X	
El costo y el tiempo son importantes		X
Alta incertidumbre	X	
Proyecto interno y pequeño	X	
Contrato de precio fijo		X
El cliente desea los detalles		X
Enfoque inestable	X	

Caso de práctica

Humo en el condado cuando se revela la historia del tranvía*



El desarrollo Willamette, frente al río de Portland, Oregon, ha detonado con siete torres de condominios y un nuevo centro de ciencias de la salud en construcción. El complejo hospitalario se ha asociado a la Oregon Health Sciences University (OHSU) y está en la parte alta de un cerro cercano donde se encuentra un tranvía de cableado aéreo.

Este último enlaza el distrito frente al río con OHSU para apoyar la expansión universitaria a fin de aumentar la investigación en biotecnología y convertirse en el icono de Portland, equivalente al Space Needle de Seattle. Toda la atención se volcó al sur cuando las noticias procedentes de una audiencia sugirieron que el verdadero presupuesto para la construcción del tranvía, que al principio se había estimado en 15 millones de dólares, sería de entre 55 y 60 millones de dólares, casi el

triple del estimado original. El estimado incluso podría ser mayor. Los comisionados intentaron determinar por qué el personal de la alcaldía de la ciudad confiaba en los estimados equivocados. Mike Lindberg, presidente de Aerial Transportation Inc., reconoció: "La cifra de 15 millones de dólares no era buena. Nada más era una aproximación". El comisionado Erik Sten afirmó: "Esas cifras se presentaron como algo mucho más definitivo de lo que parece haberse hecho... Resulta que no se costó el diseño actual. Esto es muy irregular".

* *The Dragonian*, 13 de enero de 2006, por Frank Ryan, páginas A1 y A14, y 2 de abril de 2006, página A1.

la EDT al llevar los paquetes de tareas y las cuentas de costos relacionados en sentido inverso hasta llegar a los principales productos a entregar. En forma análoga, es posible verificar los requerimientos de recursos. Más adelante se podrán consolidar los estimados de tiempos, recursos y costos de los paquetes de tareas para integrar redes con etapas cronológicas, programas de recursos y presupuestos que se utilizan para mayor control.

El enfoque ascendente también le da al cliente la oportunidad de comparar el enfoque del método eficiente de bajo costo con cualquier restricción impuesta. Por ejemplo, si se determina que el lapso para la terminación del proyecto es de uno y medio a dos años, el cliente puede considerar el cambio del método de bajo costo con la compresión del proyecto a dos años y en raras ocasiones cancelará el proyecto. Es posible comparar compensaciones semejantes para distintos niveles de recursos o incrementos en el desempeño técnico. La suposición se aplica a cualquier movimiento del método eficiente y económico que aumente los costos, por ejemplo, el tiempo extra. El enfoque preferido en la definición del proyecto es hacer estimados aproximados descendentes, desarrollar la EST/EDO, hacer estimados ascendentes, desarrollar programas y presupuestos, y conciliar las diferencias entre los estimados ascendentes y descendentes. Se espera que estos pasos se realicen *antes* de la negociación final con el cliente, interno o externo. En conclusión, el enfoque ideal es que el administrador de proyecto deje suficiente tiempo para que se lleven a cabo los estimados descendentes y ascendentes a fin de poder ofrecerle al cliente un plan completo basado en estimados

confiables. De esta manera se minimizan las expectativas falsas para todos los interesados en el proyecto y se reduce el tiempo dedicado a la negociación.

Métodos para calcular los tiempos y costos del proyecto

Enfoques descendentes para estimar los tiempos y costos del proyecto

A nivel estratégico se utilizan métodos de estimación descendentes para evaluar la propuesta del proyecto. En ocasiones, gran parte de la información que se requiere para elaborar estimados precisos de tiempo y costo no está disponible en la fase inicial del proyecto; por ejemplo, cuando el diseño no se termina. En estos casos se utilizan estimados descendentes hasta definir con claridad las tareas en la EDT.

Métodos de consenso

En éstos se utiliza la experiencia compartida de gerentes de nivel alto y/o medio para calcular la duración y los costos totales del proyecto. Por lo común, esto implica una junta donde los expertos analizan, comentan y por último llegan a una decisión respecto a su mejor estimado. Las empresas que buscan mayor rigor utilizan el método Delphi para llevar a cabo estos estimados macro. Véase el recuadro Caso de práctica: el método Delphi.

Es importante reconocer que estos primeros estimados descendentes son tan sólo aproximaciones y se dan en la etapa “conceptual” del proyecto. Los estimados descendentes son útiles en el desarrollo inicial de un plan completo. Sin embargo, en ocasiones los cálculos son poco precisos porque se ha recopilado muy poca información detallada. En este nivel no se han identificado aspectos individuales del trabajo. En algunos casos puede suceder que los estimados descendentes no son realistas porque la alta dirección “quiere que el proyecto se realice”. No obstante, los estimados descendentes iniciales son útiles para determinar si el proyecto amerita más planeación formal, lo cual puede comprender estimados más detallados. Tenga cuidado de que los estimados macro que llevan a cabo los gerentes de alto nivel no se les dicten a los gerentes de bajo nivel, quienes pueden sentirse obligados a aceptarlos incluso si consideran que los recursos son inadecuados.

Aunque los autores prefieren evitar el enfoque descendente siempre que sea posible, han sido testigos de una precisión sorprendente en el cálculo de la duración y los costos del proyecto en algunos casos aislados. Algunos ejemplos son la construcción de una planta manufacturera, de un almacén de distribución, el desarrollo de control de aire para rascacielos y la construcción de carreteras. Sin embargo, también hemos sido testigos de cálculos horrendos, por lo general en áreas en donde la tecnología es nueva y no ha sido probada. Los métodos descendentes pueden ser útiles si la experiencia y el juicio han sido precisos en el pasado.

Métodos de proporción

En los métodos descendentes (en ocasiones llamados paramétricos) por lo general se utilizan proporciones para calcular los tiempos o costos del proyecto. A menudo se utilizan enfoques descendentes en la fase conceptual o de “necesidad” de un proyecto para obtener un estimado inicial sobre su costo y duración. Por ejemplo, a menudo los contratistas utilizan un número de pies cuadrados para calcular el tiempo y el costo de construir una casa; es decir, una casa de 2 700 pies cuadrados puede costar 160 dólares por pie cuadrado ($2\,700 \text{ pies cuadrados} \times 160 \text{ dólares} = 432\,000 \text{ dólares}$). Asimismo, si se conocen la superficie y los dólares por pie cuadrado, la experiencia sugiere que se requerirán alrededor de 100 días para terminarla. Otros dos ejemplos comunes de estimados descendentes de costo son el costo de una planta nueva que se calcula por tamaño de capacidad, o un producto de software que se calcula por sus características y su complejidad.

Métodos de distribución

Estos procedimientos son una extensión del método de proporción. La distribución se utiliza cuando los proyectos siguen de cerca proyectos anteriores en términos de características y costos. Si se cuenta con buenos datos históricos, los estimados pueden hacerse pronto, con poco esfuerzo y precisión razonable. Este método es muy común en los proyectos que son un estándar relativo, pero que tienen pequeñas variaciones o adaptaciones.

Caso de práctica

El método Delphi



El *método Delphi*, que en su origen fue desarrollado por la RAND Corporation —en 1969— para realizar pronósticos tecnológicos, es un proceso de decisiones en grupo relativas a la probabilidad de que se presenten determinados acontecimientos. Este método utiliza un panel de expertos que están familiarizados con el proyecto en cuestión. Se supone que los individuos bien informados, que utilizan su perspectiva y experiencia, están mejor equipados para calcular los tiempos/costos del proyecto que los enfoques teóricos o estadísticos. Sus respuestas a los cuestionarios relativos a los estimados son anónimas y se acompañan de un resumen de opiniones.

Luego se alienta a los expertos a que reconsideren y, si lo encuentran conveniente, a que cambien su estimado anterior a la luz de las respuestas de otros expertos. Después de una o dos vueltas se considera

que el grupo se dirigirá hacia la “mejor” respuesta mediante este proceso de consenso. Se determina en forma estadística el punto medio de las respuestas por la calificación de la mediana. En cada ronda sucesiva de cuestionarios, el alcance de respuestas de los panelistas se reducirá y la mediana se moverá hacia lo que se considera el estimado “correcto”.

Una ventaja clara del método Delphi es que nunca es necesario reunir agrupar a los expertos. El proceso tampoco necesita que todos los panelistas estén de acuerdo, puesto que la mediana representa la opinión de la mayoría. Como las respuestas son anónimas, se evitan las trampas del ego, de las personalidades dominantes y el “efecto de reflejo o de carro completo”. Por otro lado, no siempre se pronostica de manera correcta cuáles serán los desarrollos futuros ni por el consenso iterativo ni por los expertos, sino por un pensamiento creativo y diferenciado.

Cualquiera que haya recibido un préstamo del banco para construir una casa ha estado expuesto a este proceso. Dado un costo estimado total para la casa, los bancos y la FHA (siglas en inglés de Federal Housing Authority, Autoridad Federal para la Vivienda) autorizan pagarle al contratista al terminar segmentos específicos de la casa. Por ejemplo, los cimientos pueden representar 3 por ciento del préstamo total, los marcos 25 por ciento, la electricidad, la plomería y la calefacción 15 por ciento, etc. Los pagos se hacen a medida que se concluye cada uno de estos aspectos. Un proceso análogo se utiliza en algunas empresas, el cual consiste en distribuir los costos entre los productos a entregar en la EDT, dados los porcentajes de costos promedio de proyectos anteriores. En la figura 5.1 se presenta un ejemplo semejante a uno que se encontró en la práctica. Si se asume que el costo total del proyecto se ha calculado, con un enfoque descendente, en 500 000 dólares, los costos se distribuyen como porcentaje del costo total. Por ejemplo, los costos que se distribuyen en el “documento” a entregar son 5 por ciento del total; es decir, 25 000 dólares. A los productos a entregar “Doc-I” y “Doc-II” se les destina 2 y 3 por ciento del total, esto es, 10 000 y 15 000 dólares, en cada caso.

Métodos de punto de función para proyectos de software y de sistemas

Con frecuencia, en la industria del software se hacen estimaciones para los proyectos de desarrollo de software con variables macro valoradas a las que se denomina “puntos de función” o parámetros fundamentales, como la cantidad de productos de entrada, de productos de salida, de preguntas, de archivos de datos y de interfases. Estas variables valoradas se ajustan para un factor de complejidad

FIGURA 5.1
Método de distribución para asignar los costos del proyecto mediante la estructura de descomposición del trabajo

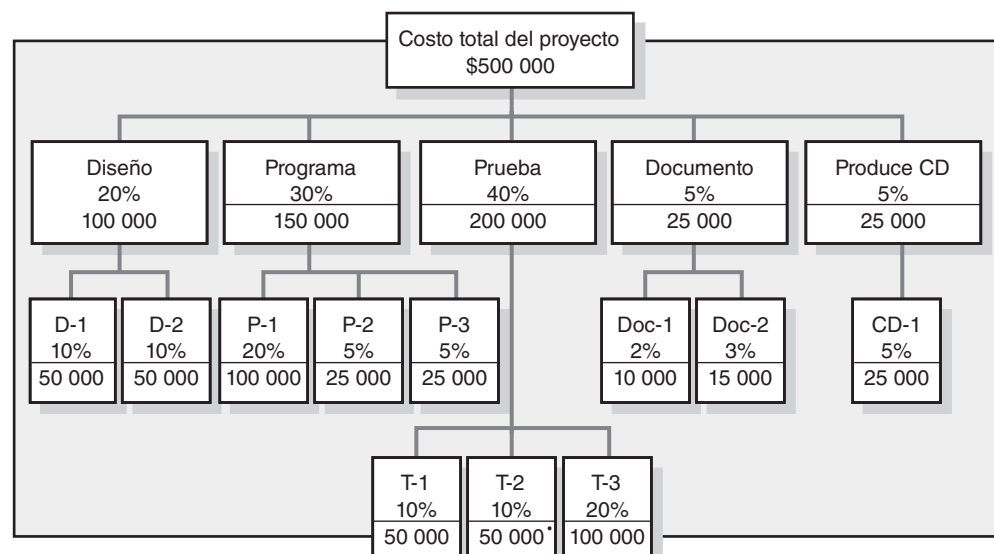


TABLA 5.2

Proceso básico
simplificado de conteo
de puntos de función
para un proyecto
prospecto o para
producto a entregar

Elemento	Valoración de la complejidad			Total
	Bajo	Promedio	Alto	
Número de entradas	_____ × 2 +	_____ × 3 +	_____ × 4	= _____
Número de salidas	_____ × 3 +	_____ × 6 +	_____ × 9	= _____
Número de preguntas	_____ × 2 +	_____ × 4 +	_____ × 6	= _____
Número de archivos	_____ × 5 +	_____ × 8 +	_____ × 12	= _____
Número de interfaces	_____ × 5 +	_____ × 10 +	_____ × 15	= _____

y se suman. El conteo total ajustado proporciona el fundamento para calcular el esfuerzo de mano de obra y los costos para un proyecto (por lo general se utiliza una fórmula de regresión que se deriva de los datos obtenidos de proyectos anteriores). Este método supone datos históricos adecuados por tipo de proyecto de software para la industria; por ejemplo, sistemas MIS. En la industria del software estadounidense, un mes de una persona representa en promedio cinco puntos de función. Una persona que trabaja durante un mes puede generar en promedio (en todo tipo de proyectos de software) de casi cinco puntos de función. Por supuesto, cada organización necesita desarrollar su propio promedio para un tipo específico de trabajo. Tales datos históricos proporcionan una base para calcular la duración del proyecto. Empresas como IBM, Bank of America, Sears Roebuck, HP, AT&T, Ford Motors, GE, Du Pont y muchas más utilizan variaciones de este enfoque descendente. Véanse las tablas 5.2 y 5.3 para tener un ejemplo simplificado de la metodología de conteo de los puntos de función.

A partir de los datos históricos la organización desarrolló el esquema de valoración de la complejidad que se encontró en la tabla 5.2. Los puntos de función se obtienen de multiplicar el número de los tipos de elementos por su complejidad valorada.

En la tabla 5.3 se muestran los datos recopilados para una tarea específica o para una tarea por realizar: admisión de pacientes y facturación: el número de entradas, salidas, preguntas, archivos e interfaces junto con las calificaciones de complejidad anticipada. Por último, se aplica el conteo de elementos, por lo que el conteo total de puntos de función es de 660. Dado este conteo y el hecho de que una persona mes ha sido históricamente igual a cinco puntos de función, el trabajo necesitará 132 meses persona ($660/5 = 132$). Si se supone que usted cuenta con 10 programadores que pueden trabajar en esta tarea, la duración sería casi de 13 meses. El costo se deriva con facilidad al multiplicar la tasa de mano de obra por los tiempos en meses; esto es, 132 meses persona. Por ejemplo, si la tasa mensual del programador es de 4 000 dólares, el costo estimado sería de 528 000 ($132 \times 4\,000$). Aunque la métrica de los puntos de función es útil, su precisión depende de datos

TABLA 5.3

Ejemplo: Método de
función de conteo
de puntos

Proyecto de software 13: Admisión de pacientes y facturación					
15	Entradas	Calificó la complejidad como baja		(2)	
5	Salidas	Calificó la complejidad como promedio		(6)	
10	Preguntas	Calificó la complejidad como promedio		(4)	
30	Archivos	Calificó la complejidad como alta		(12)	
20	Interfaces	Calificó la complejidad como promedio		(10)	
Aplicación del factor de complejidad					
Elemento	Conteo	Bajo	Promedio	Alto	Total
Entradas	15	× 2			= 30
Salidas	5		× 6		= 30
Preguntas	10		× 4		= 40
Archivos	30			× 12	= 360
Interfaces	20		× 10		= 200
				Total	600

históricos adecuados, de la actualidad de la información y de la relevancia del proyecto/producto a entregar respecto de promedios anteriores.

Curvas de aprendizaje

En algunos proyectos se requiere que la misma tarea, grupo de tareas o producto se repitan varias veces. Los gerentes saben de manera intuitiva que el tiempo necesario para desempeñar una tarea mejora con la repetición. Este fenómeno es en particular cierto con tareas intensivas en mano de obra. En estas circunstancias es posible utilizar el patrón del fenómeno de mejora para pronosticar la reducción en el tiempo necesario a fin de desempeñar la tarea. A partir de la evidencia empírica en todas las industrias, se ha cuantificado el patrón de esta mejora en la *curva de aprendizaje* (que también se conoce como curva de mejora, curva de experiencia y curva de progreso industrial), la cual se describe en la siguiente relación:

Cada vez que la cantidad de salida se duplica, las horas de mano de obra por unidad se reducen a una velocidad constante.

En la práctica, la proporción de mejora puede variar desde 60 por ciento, lo cual representa una mejora muy grande, hasta 100 por ciento, lo que no representa mejora alguna. En general, a medida que se reduce la dificultad de la tarea, la mejora esperada también lo hace y la proporción de mejora que se utiliza crece. Un factor importante a considerar es la proporción de mano de obra en la tarea en relación con el trabajo coordinado por una máquina. Por supuesto, un porcentaje menor de la mejora sólo se presentará en operaciones con alto contenido de mano de obra. En el apéndice 5.1 del final del capítulo se incluye un ejemplo detallado de cómo puede utilizarse el fenómeno de mejora para calcular el tiempo y el costo de las tareas repetitivas.

La principal desventaja de los enfoques descendentes en la estimación es, tan sólo, que no consideran el tiempo ni los costos necesarios para una tarea específica. Al agrupar muchas tareas en una sola canasta es más fácil cometer errores de omisión y que los tiempos y costos resulten impuestos.

En general, los métodos de microestimación son más precisos que los procedimientos macro. El enfoque ascendente a nivel del paquete de tareas puede servir como verificación de los elementos de costo en la EDT al trasladar los paquetes de tareas y las cuentas de costos relacionadas con los principales productos a entregar. Asimismo, es posible verificar los requerimientos de recursos. Más adelante podrán consolidarse los estimados de tiempo, recursos y costos que se obtienen de los paquetes de tareas en redes de etapas programadas, programas de recursos y presupuestos con fines de control.

Enfoques ascendentes para estimar los tiempos y costos de los proyectos

Métodos de plantilla

Si el proyecto es similar a los que le preceden, podrán utilizarse los costos de estos últimos como un punto de partida para aquél. Será posible advertir las diferencias en el nuevo proyecto y ajustar los tiempos y costos anteriores para reflejarlas en el presente. Por ejemplo, una empresa de reparación de navíos en un embarcadero fuera del agua cuenta con un conjunto de proyectos estándar de reparación (es decir, plantillas para transporte y trabajos eléctricos y mecánicos) que se utilizan como puntos de partida para calcular el costo y la duración de cualquier proyecto nuevo. Se registran las diferencias del proyecto estandarizado en cuestión (para tiempos, costos y recursos) y se realizan los cambios. Este enfoque le permite a la empresa desarrollar un programa potencial, estimar costos y desarrollar un presupuesto en un lapso muy corto de tiempo. El desarrollo de tales plantillas en una base de datos puede reducir pronto los errores en la estimación.

Procedimientos paramétricos que se aplican a tareas específicas

De la misma manera en que las técnicas paramétricas, como el costo por pie cuadrado, pueden ser la fuente de los estimados descendentes, la misma técnica se puede aplicar a tareas específicas. Por ejemplo, como parte de un proyecto de conversión de la oficina MS, se requería convertir 36 distintas estaciones de trabajo de cómputo. Con base en los anteriores proyectos de conversión, el administrador de proyecto determinó que, en promedio, una persona podía convertir tres estaciones de trabajo al día. Por lo tanto, la tarea de convertir las 36 estaciones de trabajo requeriría de tres técnicos durante cuatro días $[(36/3)/3]$. En forma análoga, para calcular la asignación al tapizado de

las paredes en la remodelación de una casa, el contratista calculó un costo de cinco dólares por yarda cuadrada de papel tapiz y de dos dólares por yarda para instalarlo, lo cual sumaba un costo total de siete dólares. Al medir la longitud y la altura de todas las paredes pudo calcular el área total en yardas cuadradas y multiplicarla por siete dólares.

Estimados detallados para los paquetes de tareas de la EDT

Quizá el método más confiable para calcular el tiempo y el costo es utilizar la EDT y pedirle a la gente responsable del paquete de tareas que se encargue de los estimados. Por su experiencia, saben cómo hacerlo o dónde encontrar la información necesaria para ello, sobre todo para las tareas que dependen de las horas y los costos de la mano de obra. Cuando hay mucha incertidumbre respecto a los paquetes de tareas, lo cual se asocia con el tiempo para terminar, es prudente exigir tres estimados de tiempo: bajo, promedio y alto. En la figura 5.2 se presenta una forma de entrenamiento de plantilla en la que se utilizan tres estimados de tiempo para los paquetes de tareas con tres estimadores diferentes. En la forma se muestra cómo esta información puede identificar las grandes diferencias entre los estimadores y cómo el uso de promedios puede producir un estimado más equilibrado del tiempo. Este enfoque de estimación con base en el tiempo le da al administrador del proyecto y al propietario la oportunidad de valorar los riesgos derivados de los tiempos (y, por lo tanto, de los costos). El enfoque ayuda a reducir las sorpresas a medida que el proyecto avanza. El enfoque de estimado de tres tiempos también da un fundamento para evaluar riesgos y determinar el fondo de contingencias. (Véase el capítulo 7 para un análisis de los fondos de contingencia.)

Un híbrido: la estimación de etapas

Este enfoque se inicia con un estimado descendente del proyecto y luego refina los estimados para las fases del proyecto a medida que se realiza. Por su naturaleza, a veces no es posible definir con rigor algunos proyectos, dada la incertidumbre del diseño o del producto final. Aunque raros, tales proyectos existen. A menudo se les encuentra en la industria aeroespacial, en la TI, en la nueva tecnología y en la construcción, cuando el diseño es incompleto. En estos proyectos se utilizan los estimados de etapas o de ciclos de vida.

FIGURA 5.2 Hoja de trabajo de estimado de costos de apoyo SB45

Número de proyecto: 17							Administrador del proyecto: Kathleen Walling									
Descripción del proyecto: Proyecto de desviación de carretera							Fecha: 5 - 07									
				Estimador 1			Estimador 2			Estimador 3			Promedio de estimadores			Proporción*
				Baja	Pro-medio	Alta	Baja	Pro-medio	Alta	Baja	Pro-medio	Alta	Pro-medio	Pro-medio	Pro-medio	Rango/ promedio
EDT	Descripción			Est.	Est.	Est.	Est.	Est.	Est.	Est.	Est.	Est.	Bajo		Alto	
ID				Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	Días	
102	Ingeniería			95	100	105	97	100	103	93	96	100	95.0	98.7	102.7	0.08
103	Administración de proyectos			14	15	17	14	16	18	13	14	15	13.7	15.0	16.7	0.20
104	Aceptaciones de propiedad L/E (Lectura / Escritura)			44	48	52	45	50	52	43	46	49	44.0	48.0	51.0	0.15
105	Mapas de base			36	38	40	36	37	39	35	36	37	35.7	37.0	38.7	0.08
106	Utilidades de coordinación			7	8	9	7	8	9	8	9	10	7.3	8.3	9.3	0.24
107	Aceptación de la EPA			13	14	15	14	15	16	13	15	17	13.3	14.7	16.0	0.18
108	Encuestas de alineamiento			32	35	38	32	35	37	32	34	35	32.0	34.7	36.7	0.14
•																
•																
•							* Nota = SDA (Promedio bajo = Promedio alto)/Promedio									
•							Esta proporción indica el grado de variabilidad en los estimados.									

Caso de práctica

Precisión de los estimados



Mientras menor sea el elemento de un paquete de palabras, más probabilidades habrá de que el estimado general sea preciso. El alcance de esta mejora cambia según el tipo de proyecto de que se trate. Se ha desarrollado la tabla que está enseguida para reflejar esta observación. Por ejemplo, en los proyectos de tecnología de la información que determinan sus estimados de tiempo y costo en la etapa conceptual puede esperarse que sus aspectos "reales" tengan hasta 200 por ciento de error en costo y duración y, quizá, hasta

30 por ciento por debajo de los estimados. A la inversa, en los estimados para edificios, carreteras y otras cosas que se realizan después de que se han definido con claridad los paquetes de tareas, se presentan errores más pequeños en los costos y tiempos reales, de 15 por ciento sobre los estimados y de 5 por ciento por debajo de éstos. Aunque estos estimados cambian según el proyecto, pueden servir como cifras importantes para los interesados en el proyecto cuando seleccionan la manera de derivar los estimados de tiempos y costos del proyecto.

Precisión de la estimación en costo y tiempo por tipo de proyecto:

	Ladrillos y mortero	Información tecnológica
Etapa conceptual	+60% a -30%	+200% a -30%
Definición de entregables	+30% a -15%	+100% a -15%
Definición de paquetes de trabajo	+15% a - 5%	+ 50% a - 5%

La estimación de las fases se utiliza cuando una cantidad poco común de incertidumbre rodea a un proyecto y resulta poco práctico calcular sus tiempos y costos totales. La estimación de fases utiliza un sistema de dos estimados en la vida del proyecto. Se desarrolla un estimado detallado para la fase inmediata y uno macro para el resto de las fases. En la figura 5.3 se muestran las fases de un proyecto y el avance de los estimados en su vida.

Por ejemplo, cuando se determina la necesidad de un proyecto se efectúa un estimado macro del costo y de su duración a fin de derivar las especificaciones del proyecto y un macro estimado para el resto. A medida que se avanza y se solidifican las especificaciones, se realiza un estimado detallado y otro macro para el resto del proyecto. Es claro que conforme el proyecto avanza en su ciclo de vida y hay más información, la confiabilidad de los estimados debe mejorar.

Quienes trabajan en proyectos donde no se conoce el producto final y la incertidumbre es mucha, prefieren realizar estimados para cada etapa; por ejemplo, en la integración de teléfonos inalámbricos y computadoras. El compromiso con el costo y el programa sólo es necesario en la fase siguiente del proyecto y se evita comprometerse con programas futuros y costos poco realistas que se basen en información deficiente. Este método progresivo macro/micro proporciona una base más fuerte para utilizar estimados de programas y costos en la administración del progreso durante la etapa siguiente.

Por desgracia, su cliente (interno o externo) querrá un estimado preciso del programa y de los costos cuando se tome la decisión de ejecutar el proyecto. Además, el cliente, que paga por el proyecto, a menudo percibe a la fase de estimación como un cheque en blanco porque los costos y los programas no están firmes durante la mayor parte del ciclo de vida del proyecto. A pesar de que las razones para la fase de estimación son sólidas y legítimas, es necesario convencer a la mayoría

FIGURA 5.3

Estimación de etapas a lo largo de la vida del proyecto

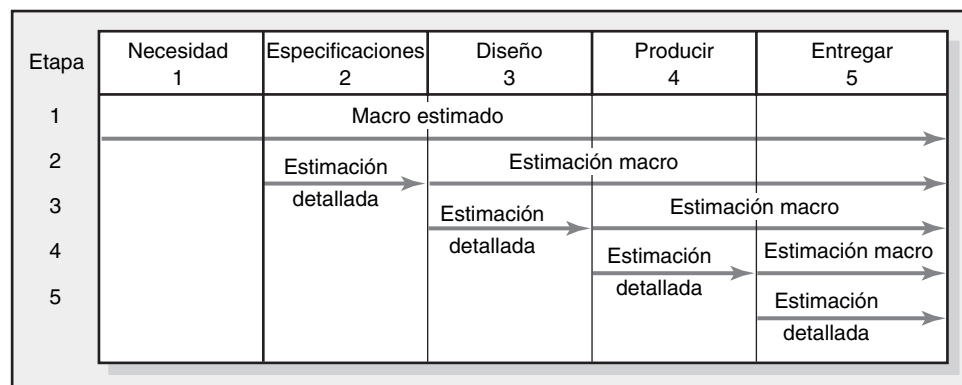


FIGURA 5.4
Estimados descendentes
y ascendentes

Estimados descendentes	Estimados ascendentes
Uso pretendido Etapa conceptual/factibilidad Estimado aproximado de costos/tiempos Requerimientos de fondos Planeación de la capacidad de recursos	Uso pretendido Elaboración de presupuestos Calendarizar Requerimientos de recursos Cronometración de fondos
Costo de preparación de 1/10 a 3/10 del porcentaje del costo total del proyecto	Costo de preparación 3/10 del porcentaje a 1.0% del costo total del proyecto
Precisión Menos 20% a más de 60%	Precisión Menos 10% a más 30%
Método Consenso Proporción Distribución Punto de función Curvas de aprendizaje	Método De plantilla Paramétrico Paquetes de EDT

de los clientes de que así es. Una ventaja importante para el cliente es la oportunidad de modificar características, revalorar o hasta cancelar el proyecto en cada nueva etapa. En conclusión, la fase de estimación resulta muy útil en los proyectos que posean incertidumbre sobre su naturaleza final (forma, tamaño, características).

Véase la figura 5.4 para un resumen de las diferencias entre los estimados ascendentes y los descendentes.

Obtener estimados precisos es un reto. Las organizaciones comprometidas lo aceptan e invierten mucho al desarrollar su capacidad para cumplirlo. Los estimados precisos reducen la incertidumbre y favorecen la disciplina para una administración eficaz de los proyectos.

Nivel de detalle

El nivel de detalle es distinto en cada nivel de administración. En todos los casos, nunca debe ser más de lo necesario y suficiente. Por lo general, la alta dirección se interesa en todo el proyecto y en los sucesos más importantes que marcan los logros más grandes; por ejemplo: “construir una plataforma en el Mar del Norte” o “terminar el prototipo”. La alta dirección puede centrarse en un segmento del proyecto o en un hecho importante. Los intereses de los gerentes de primera línea pueden limitarse a una tarea o a un paquete de tareas. Una de las ventajas de la EDT es la capacidad de agregar información acerca de las redes de tal manera que cada nivel de administración pueda contar con el tipo de información que requiere para tomar decisiones.

Resulta fundamental lograr el nivel de detalle necesario en la EDT para cubrir las necesidades de la administración, a fin de una implantación eficaz; aunque es difícil lograr el equilibrio delicado. Véase el recuadro Caso de práctica: Nivel de detalle: regla básica. Habrá variaciones en la EDT de acuerdo con la complejidad del proyecto, la necesidad de control, el tamaño, costo y duración del proyecto y otros factores. Si la estructura refleja un exceso de detalle existe una tendencia a descomponer el esfuerzo laboral en asignaciones departamentales. Esta tendencia puede convertirse en un obstáculo para el éxito, puesto que se enfatizan los resultados de cada uno de ellos y no los resultados a lograr. Un exceso de detalle también significa que hay más papeleo improductivo. Advierta que si se aumenta el nivel de la EDT en uno, la cantidad de cuentas de costo puede aumentar en forma geométrica. Por otro lado, si el nivel de detalle no es adecuado, una unidad de organización puede encontrar que la estructura no cumple sus necesidades. Por fortuna, la EDT tiene flexibilidad incluida. Las unidades de organización participantes pueden ampliar su parte de la estructura para satisfacer sus necesidades especiales. Por ejemplo, el departamento de ingeniería querría descomponer

Caso de práctica

Nivel de detalle: regla básica



Los administradores de proyecto en funciones están a favor de mantener el nivel de detalle en el mínimo. Sin embargo, existen límites para esta sugerencia. Uno de los errores más frecuentes de los nuevos administradores de proyecto es olvidar que el estimado del tiempo de la tarea se utilizará para controlar el programa de control y el desempeño de los costos. Una regla básica que utilizan los administradores de proyecto en funciones es que la duración de una tarea no debe ser mayor de cinco días hábiles o, como máximo, de 10 días hábiles, si éstos son las unidades que se utilizan para el proyecto. Quizá dicha regla resulte en una red más detallada, pero el detalle adicional da fruto en el control del programa y de los costos a medida que el proyecto avanza.

Suponga que la tarea es “construir la banda transportadora prototipo controlada por computadora”, el estimado de tiempo es de 40 días hábiles y el presupuesto, de 300 000 dólares. Quizás sea mejor que la tarea se divida en siete u ocho operaciones más pequeñas para fines de control. Si una de éstas se retrasa por dificultades o un mal estimado del tiempo, será posible realizar acciones correctivas con rapidez y evitar retrasos en las tareas sucesivas y en el proyecto mismo. Si se utiliza

una sola tarea de 40 días hábiles, es posible que no se efectúe ninguna acción correctiva hasta el día 40, puesto que muchas personas tienden a “esperar a ver qué pasa” o no admiten que se están retrasando o que están ignorando las malas noticias; el resultado puede significar un retraso muy superior a cinco días.

La regla de cinco a diez días se aplica a las metas de costo y desempeño. Si utilizarla resulta en demasiadas tareas de la red, se cuenta con una alternativa que tiene condiciones. El tiempo de la actividad puede extenderse más allá de la regla de cinco a diez días sólo si es posible establecer puntos de verificación para monitorear el control en segmentos de la tarea, a fin de que se puedan identificar medidas claras del avance con la terminación de un porcentaje específico.

Esta información es invaluable para el proceso de control de medir el desempeño del programa y los costos; por ejemplo, los pagos por el trabajo del contrato se hacen con base en el “porcentaje terminado”. Establecer una tarea con un inicio y puntos finales e intermedios definibles aumenta las probabilidades de una detección temprana de los problemas, de que se tomen acciones correctivas y de que se termine el proyecto a tiempo.

su trabajo en paquetes más pequeños: eléctricos, civiles y mecánicos. Asimismo, el departamento de comercialización querría dividir su campaña de promoción del nuevo producto en varios medios: televisión, radio, publicaciones periódicas y diarios.

Tipos de costos

Si se supone que los paquetes de tareas se definen, será posible llevar a cabo estimados detallados de los costos. A continuación se enumeran algunos tipos comunes de costos que se encuentran en un proyecto:

1. Costos directos
 - a) Mano de obra
 - b) Materiales
 - c) Equipo
 - d) Otros
2. Costos indirectos
3. Costos indirectos de administración y generales (A y G)

El estimado del costo total del proyecto se descompone de esta manera para afinar el proceso de control y mejorar la toma de decisiones.

Costos directos

Éstos se destinan en forma clara a un paquete específico de tareas. Pueden recibir la influencia del gerente de proyecto, del equipo de proyecto y de los individuos que ejecutan el paquete de tareas. Estos costos representan flujos reales de salida de efectivo y deben cubrirse a medida que el proyecto avance; por lo tanto, en general los costos directos se separan de los indirectos. Con frecuencia, las descripciones de los proyectos de niveles inferiores sólo incorporan los costos directos.

Costos indirectos

Éstos señalan más de cerca qué recursos de la organización se están utilizando en el proyecto. Los costos indirectos pueden relacionarse con los productos a entregar o con los paquetes de tareas. Algunos ejemplos son el salario del administrador de proyecto y el espacio temporal que se renta para el equipo. Si bien los gastos indirectos no constituyen un desembolso inmediato, son *reales*, y deben cubrirse en el largo plazo si la empresa ha de permanecer viable. En general constituyen una

FIGURA 5.5

**Resumen de costos
de la propuesta para
el contrato**

Costos directos	\$80 000
Costos indirectos	\$20 000
Costos directos totales	\$100 000
Costos indirectos generales y administrativos (20%)	\$20 000
Costos totales	\$120 000
Utilidad (20%)	\$24 000
Propuesta total	\$144 000

proporción del valor en dólares de los recursos utilizados, como la mano de obra directa, los materiales y el equipo. Por ejemplo, una tasa directa de carga de mano de obra de 20 por ciento añadiría una carga de gastos indirectos de 20 por ciento al estimado del costo de mano de obra directa. Un cargo de 50 por ciento por materiales implicaría un cargo adicional de 50 por ciento para el estimado del costo de los materiales. La selección de algunos cargos indirectos permitirá calcular con mayor precisión los costos del proyecto (trabajo o paquete de tareas) y esto es mejor que aplicar una tasa general de costos indirectos a todo el proyecto.

Costos indirectos administrativos y generales (A y G)

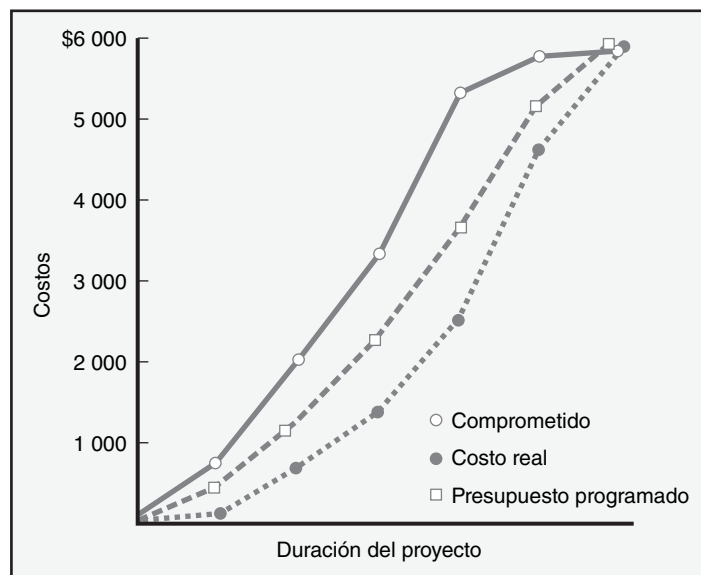
Representan los costos de la organización que no se relacionan en forma directa con un proyecto específico. Estos costos están presentes durante todo el proyecto. Algunos ejemplos son los costos de organización para todos los proyectos y productos, como publicidad, contabilidad y alta administración, los cuales se ubican por encima del nivel del proyecto. La asignación de los costos A y G cambia de una organización a otra. Sin embargo, por lo general se aplican como porcentaje del costo directo total o del total de un costo directo específico, como mano de obra, materiales o equipo.

Una vez que se cuenta con los costos directos e indirectos de los paquetes individuales de tareas, es posible acumular costos para todos los productos a entregar o para todo el proyecto. Es posible añadir un porcentaje para utilidades si usted es un contratista. En la figura 5.5 se presenta una descomposición de costos para una licitación propuesta de contrato.

La percepción de los costos y presupuestos varía de acuerdo con sus usuarios. El administrador de proyecto debe estar muy consciente de estas diferencias cuando establece el presupuesto del proyecto y cuando comunica estas diferencias a los demás. En la figura 5.6 se muestran estas diferentes percepciones. El administrador del proyecto puede comprometer los costos meses antes de que se utilicen los recursos. Esta información resulta útil para el encargado de finanzas en la organización cuando pronostica los futuros desembolsos de efectivo. El administrador del proyecto está interesado

FIGURA 5.6

**Tres aspectos de los
costos**



Caso de práctica

¿Cómo calcula usted el costo de una planta nuclear?



En su obra (que escribió junto con Jeffrey Pinto) *What Made Gertie Gallop: Learning from Project Failures*, O. P. Kharbanda señala en forma muy acertada que la estimación es un arte, pero también una habilidad. Por ejemplo, al comenzar su carrera (década de 1960), participó en la fabricación de un reactor nuclear en India, cuando las instalaciones locales no estaban dirigidas a realizar tales trabajos complejos. Como no se había logrado experiencia alguna en la construcción de equipo complejo y no se había (casi) escuchado sobre tolerancias ni precisión, era casi imposible crear un estimado avanzado razonable de los costos. Los estimadores hacían lo mejor que podían y luego añadían un margen un poco superior al normal antes de hacer una cotización de precios para el cliente.

Poco después, O. P. fue a una conferencia internacional de una semana sobre energía nuclear a la que asistieron expertos de este campo

procedentes de todo el mundo. A media semana tuvo la fortuna de conocer al ingeniero en jefe de la empresa que había vendido a India su primer reactor, que tenía un diseño idéntico a otro que su empresa había querido adquirir. Ésta era una oportunidad única en la vida para obtener, por fin, la información interna relativa a estimar costos con precisión. En realidad, el experto confesó que su empresa había “perdido hasta la camisa” en el reactor que había vendido a India. Luego, como respuesta a la inocente pregunta “¿cómo realiza usted el estimado para un reactor nuclear?”, el experto respondió con gran confianza: “Haz tus estimados con regularidad y cuidado, añade más que un margen normal y, después de un momento, ¡duplicalo!” O. P. confesó que en su ignorancia se habían saltado el último paso vital, pero esta conversación breve e informal probó ser muy valiosa. “Tuvimos una advertencia, la tomamos en serio y nos preparamos con anticipación. Esto nos ahorró varios millones de dólares.”

en el momento en que esto ocurra y cuando se espera que se cargue (gane) el costo presupuestado; ambos se utilizan para medir el programa del proyecto y las variaciones en los costos.

Refinamiento de los estimados

Como se describió en el capítulo 4, los estimados detallados de los paquetes de tareas se suman y se “agregan” por producto a entregar a fin de calcular el costo directo total del proyecto. En forma análoga, se incorporan las duraciones estimadas a la red del proyecto para establecer su programa y determinar la duración total. De acuerdo con la experiencia, para muchos proyectos los estimados totales no se materializan y los costos reales y el programa de algunos proyectos superan mucho a los estimados que se basan en los paquetes originales de tareas. Véase el recuadro Caso de práctica: ¿Cómo calcula usted el costo de una planta nuclear?, donde se presenta un ejemplo dramático de esto. Para poder compensar el problema de que los costos actuales y el programa superen los estimados, algunos administradores de proyecto ajustan los costos totales por algún multiplicador (por ejemplo, los costos estimados totales $\times 1.20$).

La práctica de ajustar los estimados originales en 20 por ciento, o hasta en 100 por ciento, se refiere a la pregunta de ¿por qué, después de invertir tanto tiempo y energía en los estimados detallados, la cifra puede resultar tan imprecisa? Existen diversas razones para esto, la mayoría de las cuales puede remontarse al proceso de estimación y a la incertidumbre inherente de pronosticar el futuro. Algunas de estas razones se describen más adelante:

- **Los costos de interacción están ocultos en los estimados.** De acuerdo con los lineamientos, se supone que el estimado de cada tarea se realiza en forma independiente. Sin embargo, rara vez las tareas se realizan en un vacío. El trabajo en una tarea depende de tareas anteriores y las transferencias entre una y otra exigen tiempo y atención. Por ejemplo, las personas que trabajan en el desarrollo de prototipos necesitan interactuar con los ingenieros de diseño una vez que se termina éste, ya sea para hacer una pregunta aclaratoria o para ajustar el diseño original. Asimismo, el tiempo necesario para coordinar las actividades no se refleja en los estimados independientes. La coordinación se refleja en reuniones y juntas, así como en el tiempo necesario para liberar las conexiones entre tareas. El tiempo, y por lo tanto los costos, que se dedican a administrar interacciones se incrementa de manera exponencial a medida que aumentan las personas y las diferentes disciplinas involucradas en el proyecto.
- **Las condiciones normales no aplican.** Se supone que los estimados se basan en condiciones normales. Éste es un buen punto de partida, pero rara vez es cierto en la vida diaria. Esto es en particular cierto cuando se aplica a la disponibilidad de los recursos. La escasez de éstos, ya sean personas, equipo o materiales, puede ampliar los estimados originales. Por ejemplo, en condiciones regulares se usan cuatro máquinas para limpiar un terreno de determinado tamaño en cinco días, pero si sólo existen tres, la duración de la tarea se ampliaría a ocho días. Asimismo, la decisión de contratar por fuera la realización de algunas tareas puede aumentar los costos y

ampliar la duración de éstas puesto que se requiere tiempo para que los empleados externos se adapten a las particularidades del proyecto y de la cultura de la organización.

- **Las cosas pueden salir mal en un proyecto.** Los defectos en el diseño surgirán una vez que se presenten condiciones climáticas extremas, accidentes y otras cosas similares. Aunque no se debe planear que sucedan estas cosas cuando se hagan los estimados de una tarea en particular, si debe considerarse la probabilidad y el efecto de tales eventos.
- **Cambios en el alcance y en los planes del proyecto.** A medida que se avance en el proyecto, el gerente comprende mejor lo que debe hacerse para terminarlo. Esto puede conducir a cambios importantes en los planes y en los costos del proyecto. Además, si el proyecto es un comercial, a menudo hay que modificarlo para responder a las nuevas demandas del cliente y/o de la competencia. Cuando los enfoques se modifican es más probable que surjan costos inesperados. Debe hacerse todo lo posible para no cambiarlos, pero esto cada vez es más difícil en nuestro mundo tan cambiante.

La realidad es que para muchos proyectos no se cuenta con toda la información para hacer estimados precisos y es imposible pronosticar el futuro. El dilema es que sin estimados sólidos sufre la credibilidad del plan para el proyecto. Las fechas límite pierden su significado, los presupuestos se vuelven de hule y la rendición de cuentas se hace muy problemática.

Los retos semejantes a los descritos arriba influirán en los estimados finales de tiempo y costo. Incluso con los mejores esfuerzos de estimación puede ser necesario corregir los estimados con base en información relevante *antes* de establecer un programa y un presupuesto de base.

Las organizaciones eficaces ajustan los estimados de tareas específicas una vez que los riesgos, recursos y aspectos específicos de la situación se han definido con más claridad. Reconocen que los estimados añadidos que se generaron de un estimado detallado basado en la EDT son sólo el punto de partida. A medida que se adentran más en el proceso de planeación de proyectos, hacen las correcciones adecuadas tanto en el tiempo como en el costo de las actividades específicas. Incluyen la asignación final de recursos en el presupuesto y en el programa del proyecto. Por ejemplo, cuando se dan cuenta de que sólo se cuenta con tres y no con cuatro máquinas para limpiar un terreno, ajustan tanto el tiempo como el costo de esa actividad. Adaptan los estimados para considerar acciones específicas para mitigar los riesgos potenciales implícitos en el proyecto. Por ejemplo, para reducir las posibilidades de cometer errores en los códigos de diseño añaden el costo de probadores independientes al programa y al presupuesto. Por último, las organizaciones ajustan los estimados a fin de que se consideren las situaciones anormales. Por ejemplo, si en las muestras se encuentra que hay un exceso de agua en el terreno, luego ajustan los tiempos y costos de hacer los cimientos.

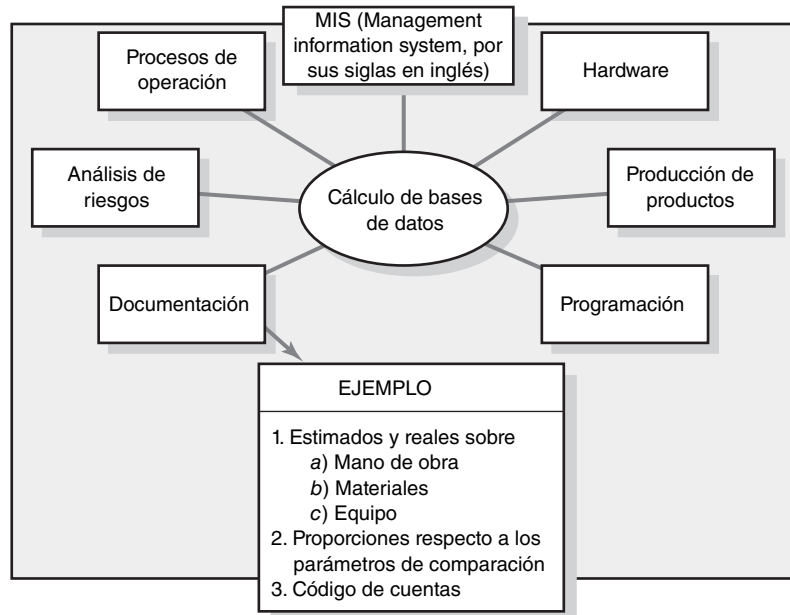
Siempre habrá algunos errores, omisiones y ajustes que exigirán cambios adicionales en los estimados. Por fortuna, todos los proyectos deben contar con un sistema de administración de los cambios para adaptarse a estas situaciones y a cualquier efecto en la línea de base del proyecto. En el capítulo 7 se hará un análisis de la administración de los cambios y de los fondos de contingencia.

Creación de una base de datos para llevar a cabo los estimados

La mejor manera de mejorar los estimados es recopilar y archivar los datos de los estimados y los hechos de proyectos anteriores. Esto permitirá contar con una base de conocimientos para mejorar la estimación de los costos y tiempos del proyecto. Crear una base de datos para realizar estimados es la “mejor práctica” entre las organizaciones más importantes en la administración de proyectos.

Algunas organizaciones cuentan con grandes departamentos encargados de esta tarea en los que laboran estimadores profesionales; por ejemplo, Boeing, Kodak e IBM, empresas que han desarrollado enormes bases de datos de tiempos y costos. Otras recopilan esta información mediante la oficina de proyectos. Este enfoque de base de datos le permite al estimador del proyecto seleccionar un aspecto del paquete específico de tareas en la base de datos e incluirlo. Entonces hace los ajustes necesarios acerca de los materiales, la mano de obra y el equipo. Por supuesto, cualquier aspecto que no se encuentre en la base de datos puede añadirse al proyecto y a la base de datos en última instancia, si así se desea. De nuevo, la calidad de los estimados de la base de datos depende de la experiencia de los estimadores, pero con el tiempo debe mejorar la calidad de los datos. Tales bases de datos estructuradas sirven como retroalimentación a los estimadores y como parámetros

FIGURA 5.7
Plantillas para calcular
bases de datos



de comparación de tiempos y costos en cada proyecto. Además, la comparación de los estimados y de los hechos de distintos proyectos puede dar una idea del grado de riesgo inherente en los estimados. Véase la figura 5.7 para encontrar la estructura de una base de datos similar a las que se encuentran en la práctica.

Resumen

Los estimados de costos y tiempos de calidad son el fundamento del control en los proyectos. La experiencia precedente es el mejor punto de partida para obtenerlos. La calidad de los estimados depende de otros factores, como las personas, la tecnología y los periodos de inactividad. La clave para obtener estimados que representen tiempos y costos promedio realistas es una cultura de la organización que permita errores en los estimados sin estar señalando culpables. Si los tiempos representan un promedio, se esperaría que 50 por ciento fuera inferior a lo estimado y 50 por ciento superior. El uso de equipos muy motivados puede ayudar a mantener tiempos y costos cerca del promedio. Por esta razón es crucial hacer que el equipo se convenza de los estimados de tiempos y costos.

El uso de estimados descendentes es bueno para la toma de decisiones inicial y estratégica, o en situaciones donde los costos que se derivan de desarrollar mejores estimados tienen pocos efectos positivos. No obstante, en la mayoría de los casos se prefiere el enfoque ascendente para los estimados y se le considera también más confiable porque valora cada uno de los paquetes de tareas y no todo el proyecto, una sección o un producto a entregar de un proyecto. La estimación de los tiempos y costos de cada paquete de tareas facilita el desarrollo del programa del proyecto y de un presupuesto de etapas de tiempo, los cuales son necesarios para controlar el proyecto a medida que se le ponga en práctica. El uso de los lineamientos de estimación ayudará a eliminar muchos errores que suelen cometer quienes no están familiarizados con los tiempos y costos de estimación en el control de los proyectos. El establecimiento de una base de datos para la estimación de tiempos y costos es adecuado para una filosofía de aprendizaje en la organización.

El nivel de detalle en tiempos y costos debe adecuarse al antiguo dicho de “no más de lo que sea necesario y suficiente”. Los gerentes deben recordar que deben distinguir entre los compromisos, los costos reales y los costos presupuestados. Se sabe muy bien que los esfuerzos directos para definir con claridad los objetivos, alcance y especificaciones para el proyecto mejoran de manera sustancial la precisión de los estimados de costos y tiempos.

Por último, la manera en que se recopilen los estimados y en que se les utilice puede afectar su utilidad en la planeación y el control. El clima en el equipo, la cultura de la organización y la estructura de ésta pueden afectar mucho la importancia que se le dé a los estimados de costos y tiempos y cómo se les utilice en la administración de proyectos.

Términos clave

Acolchonamiento de los estimados
Bases de datos de tiempos y costos
Costos directos
Costos indirectos

Curvas de aprendizaje
Estimación de etapas
Estimados ascendentes
Estimados descendentes
Fondos de contingencia
Método de plantilla

Método Delphi
Métodos de distribución
Métodos de proporción
Puntos de función

Preguntas de repaso

1. ¿Por qué los estimados precisos son cruciales para una administración eficiente del proyecto?
2. ¿De qué manera influye la cultura de una organización en la calidad de los estimados?
3. ¿Cuáles son las diferencias entre los enfoques descendente y ascendente de estimación? ¿En qué situaciones preferiría usted uno u otro?
4. ¿Cuáles son los principales tipos de costos? ¿Qué costos puede controlar el administrador de proyecto?

Ejercicios

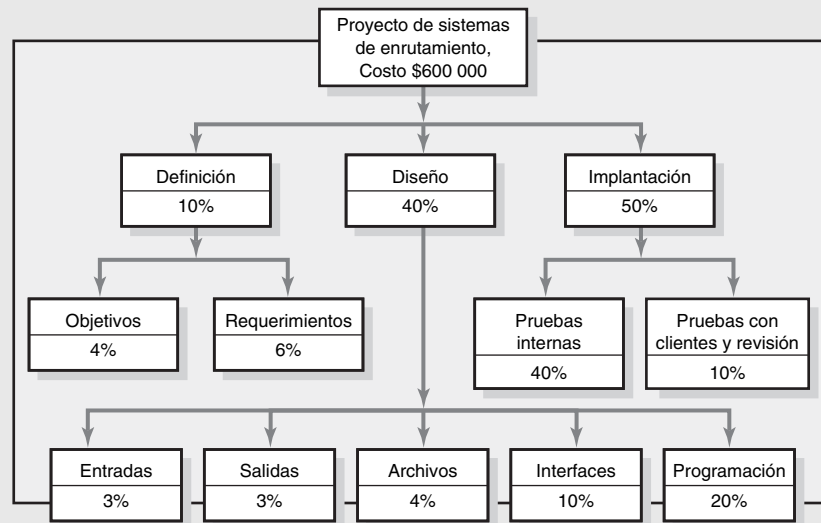
1. La señora Tolstoy y su esposo, Serge, están planeando construir su casa ideal. El terreno para ésta se ubica en la parte alta de una colina y tiene una hermosa vista de los Apalaches. En los planos de la casa se indica que ésta tendrá 2 900 pies cuadrados. El precio promedio para un terreno y una casa similar a ésta ha sido de 120 dólares por pie cuadrado. Por fortuna, Serge es un plomero retirado y considera que puede ahorrar dinero si instala la plomería él mismo. La señora Tolstoy considera que ella se puede ocupar de la decoración de interiores.

La siguiente información sobre los costos promedio está disponible en un banco local que concede préstamos a contratistas locales y les entrega pagos por avance cuando se verifica que han terminado tareas específicas.

24%	Al terminar la excavación y enmarcado
8%	Al completar el techo y la chimenea
3%	Al hacer los primeros cableados
6%	Al efectuar las primeras instalaciones de plomería
5%	Al instalar los laterales
17%	Al terminar las ventanas, el aislamiento, los pasillos, el enyesado y la cochera
9%	Al colocar el horno
4%	Al montar las piezas de plomería
10%	Al terminar la pintura exterior, instalar las lámparas y las piezas metálicas
6%	Al instalar las alfombras y molduras
4%	Con la decoración de interiores
4%	Al instalar y terminar los pisos

- a) ¿Cuál es el costo estimado para la casa de los Tolstoy si utilizan contratistas para terminar toda la casa?
 - b) Calcule el costo de la casa si los Tolstoy utilizan sus talentos para encargarse ellos mismos de algunos trabajos.
2. Abajo se incluye el diagrama de una EDT donde se han asignado los costos en términos de porcentajes. Si se calcula que el costo total del proyecto es de 600 000 dólares, ¿cuáles son los costos estimados para los productos siguientes?
 - a) ¿Diseño?
 - b) ¿Programación?
 - c) ¿Pruebas internas?

¿Qué debilidades son inherentes a este enfoque de estimación?

EJERCICIO 5.2**Figura EDT**

3. Proteja el proyecto XT contra riesgos. Utilice el esquema de “valoración de la complejidad” que se incluye en la tabla 5.2 y la tabla de evaluación de la complejidad de puntos de función, que se incluye a continuación, para calcular el conteo total de puntos de función. Suponga que los datos históricos sugieren que cinco puntos de función equivalen a una persona al mes y que seis personas pueden trabajar en el proyecto.

Tablas de pesos de complejidad

Número de entradas	10	Calificó complejidad baja
Número de salidas	20	Calificó complejidad promedio
Número de preguntas	10	Calificó complejidad promedio
Número de archivos	30	Calificó complejidad alta
Número de interfaces	50	Calificó complejidad alta

- ¿Cuál es la duración estimada del proyecto?
- Si se cuenta con 20 personas para trabajar en el proyecto, ¿cuál es su duración estimada?
- Si el proyecto ha de terminarse en seis meses, ¿cuántas personas se necesitarán?

Referencias

- Dalkey, N. C., D. L. Rourke, R. Lewis y D. Snyder. *Studies in the Quality of Life: Delphi and Decision Making*, Lexington, MA, Lexington Books, 1972.
- Gray, N. S., “Secrets to Creating the Elusive ‘Accurate Estimate’”, *PM Network*, 15 (8), agosto de 2001, p. 56.
- Jeffery, R., G. C. Low y M. Barnes, “A Comparison of Function Point Counting Techniques”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 19 (5), 1993, pp. 529-532.
- Jones, C., *Applied Software Measurement*, Nueva York, McGraw-Hill, 1991.
- Jones, C., *Estimating Software Costs*, Nueva York, McGraw-Hill, 1998.
- Kharbanda, O. P. y J. K. Pinto, *What Made Gertie Gallop: Learning from Project Failures*, Nueva York, Von Nostrand Reinhold, 1996.
- Magne, E., K. Emhjellenm y P. Osmundsen, “Cost Estimation Overruns in the North Sea”, *Project Management Journal*, 34 (1), 2003, pp. 23-29.
- McLeod, G. y D. Smith, *Managing Information Technology Projects*, Cambridge, MA, Course Technology, 1996.
- Milosevic, D. Z., *Project Management Toolbox*, Upper Saddle River, NJ, John Wiley, 2003, p. 229.
- Pressman, R. S., *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 4a. edición, Nueva York, McGraw-Hill, 1997.
- Symons, C. R., “Function Point Analysis: Difficulties and Improvements”, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 14 (1), 1988, pp. 2-11.



Caso

Sharp Printing, AG

Hace tres años, el grupo de administración estratégica de Sharp Printing (SP) estableció como meta poner a disposición una impresora láser a color para el mercado de consumidores individuales y pequeños negocios por menos de 200 dólares. Varios meses más tarde, la alta dirección se reunió fuera de sus oficinas para analizar el nuevo producto. Los resultados de esta junta fueron un conjunto de especificaciones técnicas generales y algunos aspectos importantes a incluir en el producto final, una fecha de lanzamiento del producto y un estimado de costos basado en experiencias anteriores.

Poco después se organizó una reunión para los gerentes de nivel medio en la cual se expusieron las metas para el proyecto, las principales responsabilidades, la fecha de inicio del proyecto y la importancia de cumplir con la fecha de lanzamiento dentro del estimado de costos. Integrantes de todos los departamentos involucrados asistieron a esta junta. Había muchas expectativas. Aunque todos sabían que los riesgos eran elevados, las recompensas prometidas para la empresa y el personal estaban grabadas en sus mentes. Algunos participantes cuestionaron la legitimidad de los estimados de costos y duración. Dos personas del departamento de investigación y desarrollo expresaron su preocupación sobre la tecnología necesaria para generar el producto de alta calidad por menos de 200 dólares. Pero dada la emoción del momento, todos estuvieron de acuerdo en que valía la pena realizar el proyecto y que éste podía hacerse una realidad. Debería tener la más alta prioridad en la empresa.

Se escogió a Lauren como administrador del proyecto. Ella tenía 15 años de experiencia en el diseño y manufactura de impresoras, lo cual incluía la administración exitosa de varios proyectos relacionados con las impresoras para mercados comerciales. Como era una de las personas disgustadas con los estimados de costos y tiempos del proyecto, consideró que su primera preocupación debía ser la obtención de buenos estimados de costos y tiempo, con el enfoque ascendente, para los productos a entregar. Pronto se reunió con los interesados más destacados en el proyecto a fin de crear una EDT en la que se identificaran los paquetes de tareas y la unidad organizacional responsable de realizar los paquetes de tarea. Lauren subrayó que, de ser posible, quería estimados de tiempo y costo de quienes harían el trabajo o tuvieran más conocimiento del asunto. Se prefería también que los estimados procedieran de más de una fuente. Tenían que estar listos en dos semanas.

Los estimados compilados se incorporaron a la EDT/EDO. El estimado correspondiente a los costos parecía estar equivocado. Éste era de 1 250 000 dólares más que el de la alta dirección; ¡esto significaba un excedente de casi 20 por ciento! El estimado de tiempos que se obtuvo de la red del proyecto desarrollado sólo era superior en cuatro meses al de la alta dirección. Se programó otra reunión con los interesados para verificar los estimados y hacer una tormenta de ideas en busca de soluciones alternas; los estimados de tiempo y costo parecían razonables. Algunas de las sugerencias para la sesión de tormenta de ideas se enumeran a continuación:

- Cambiar el enfoque.
- Contratar por fuera el diseño tecnológico.
- Utilizar la matriz de prioridades (que está en el capítulo 4) para que la alta dirección aclare sus prioridades.
- Asociarse con otra organización o construir un consorcio de investigadores para dividir costos y compartir los métodos de producción y tecnología más recientes.
- Cancelar el proyecto.
- Comisionar un estudio para determinar el punto de equilibrio para la impresora láser.

Se identificaron muy pocas cosas sobre la manera de lograr ahorros concretos, aunque hubo un consenso respecto a que podía comprimirse el tiempo para llevar el producto al mercado en la fecha predestinada para el lanzamiento, pero a un costo adicional.

Lauren se reunió con los gerentes de comercialización (Connor), producción (Kim) y diseño (Gage), quienes dieron algunas ideas sobre la reducción de costos, pero nada tan significativo como para tener un gran efecto. Gage señaló: “¡No quisiera ser yo quien tuviera que llevarle el mensaje a la alta dirección de que su estimado de costos está equivocado en 1 250 000 dólares! Buena suerte Lauren”.

1. En este momento, ¿qué haría usted si fuera el administrador de proyecto?
2. ¿La alta dirección estaba actuando en forma correcta cuando desarrolló un estimado?
3. ¿Qué técnicas de estimación deben utilizarse en un proyecto de misión crítica como éste?

Apéndice 5.1

Curvas de aprendizaje para la estimación

Un estimado que pronostique el tiempo necesario para desempeñar un paquete de tareas o una tarea es una necesidad básica para programar el proyecto. En algunos casos, el administrador tan sólo utiliza su juicio y su experiencia anterior para estimar el tiempo del paquete de tareas, o quizá los registros históricos de tareas semejantes.

La mayoría de los gerentes y empleados saben intuitivamente que para mejorar la cantidad de tiempo necesaria para desempeñar una tarea, o un grupo de tareas, necesitan repetirlas muchas veces. Un trabajador puede desempeñar una tarea mejor y con mayor rapidez en la segunda ocasión y cada vez que la realice (sin cambio tecnológico alguno). Este patrón de mejoras es importante para el administrador de proyecto y el encargado de programarlo.

Esta mejora que proviene de la repetición por lo general resulta en una reducción de las horas de mano de obra para el logro de las tareas y en un menor costo para el proyecto. A partir de la evidencia empírica a través de *todas* las industrias se ha cuantificado esta mejora en la *curva de aprendizaje* (también conocida como curva de mejora, curva de experiencia y curva de avance industrial) que se describe en la siguiente relación:

Cada vez que se duplica la cantidad de salida (a producir), se reducen las horas de mano de obra unitarias a una tasa constante

Por ejemplo, suponga que un fabricante tiene un nuevo contrato para 16 unidades prototipo y que se necesita un total de 800 horas de mano de obra para la primera unidad. En las experiencias pasadas se ha advertido que en tipos similares de unidades, la tasa de mejora fue de 80 por ciento. La relación de mejora en las horas de mano de obra se muestra a continuación:

Unidad	Horas de mano de obra	
1		800
2	$800 \times .80 =$	640
4	$640 \times .80 =$	512
8	$512 \times .80 =$	410
16	$410 \times .80 =$	328

Al utilizar los valores unitarios de la tabla A5.1 será posible determinar horas similares de mano de obra por unidad. Si se observa el nivel de 16 unidades y la columna de 80 por ciento, encontramos una proporción de .4096. Al multiplicar esta proporción por las horas de mano de obra para la primera unidad obtuvimos el valor por unidad:

$$.4096 \times 800 = 328 \text{ horas o } 327.68$$

Esto es, para la unidad 16 deben necesitarse cerca de 328 horas de mano de obra, si se supone una tasa de mejora de 80 por ciento.

Como es obvio, el administrador de proyecto puede requerir más que un valor unitario individual para estimar el tiempo necesario para algunos paquetes de tareas. Los valores acumulativos de la tabla A5.2 proporcionan factores para calcular la acumulación de horas totales de mano de obra de todas las unidades. En el ejemplo anterior, para las primeras 16 unidades, el total de horas de mano de obra necesarias sería

$$800 \times 8.920 = 7\,136 \text{ horas}$$

Al dividir el total acumulado de horas (7 136) entre las unidades, será posible obtener el promedio de horas de mano de obra por unidad:

7 136 horas de mano de obra/16 unidades = 446 horas de mano de obra
en promedio por unidad

Advierta ahora que las horas de mano de obra para la unidad 16 (328) difieren del promedio para el total de las 16 horas (446). El administrador de proyecto, que conoce los costos promedio de mano de obra y de procesamiento, podría estimar los costos totales del prototipo. (La derivación matemática de los factores que se encuentran en las tablas A5.1 y A5.2 puede encontrarse en Jelen, F. C. y J. H. Black, *Cost and Optimization Engineering*, 2a. edición, Nueva York, McGraw-Hill, 1983.

EJEMPLO DE CONTRATO DE SEGUIMIENTO

Suponga que el administrador de proyecto obtiene un pedido de seguimiento de 74 unidades, ¿cómo debiera calcular el costo y las horas de mano de obra? Si se va a la tabla A5.2 acumulativa se encuentra la intersección entre la proporción de 80 por ciento y las 90 unidades totales, una proporción de 30.35.

$800 \times 30.35 =$	24 280 horas de mano de obra para 90 unidades
Menos 16 unidades anteriores =	7 136
Pedido total de continuación =	17 144 horas de mano de obra
17 144/74 es igual a un promedio de 232 horas de mano de obra por unidad	

Las horas de mano de obra para la unidad 90 pueden obtenerse de la tabla A5.1: $.2349 \times 800 = 187.9$ horas de mano de obra. (Para proporciones entre los valores dados, tan sólo haga una estimación.)

TABLA A5.1
Valores en unidades de
las curvas de aprendizaje

Unidad	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	.6000	.6500	.7000	.7500	.8000	.8500	.9000	.9500
3	.4450	.5052	.5682	.6338	.7021	.7729	.8462	.9219
4	.3600	.4225	.4900	.5625	.6400	.7225	.8100	.9025
5	.3054	.3678	.4368	.5127	.5956	.6857	.7830	.8877
6	.2670	.3284	.3977	.4754	.5617	.6570	.7616	.8758
7	.2383	.2984	.3674	.4459	.5345	.6337	.7439	.8659
8	.2160	.2746	.3430	.4219	.5120	.6141	.7290	.8574
9	.1980	.2552	.3228	.4017	.4930	.5974	.7161	.8499
10	.1832	.2391	.3058	.3846	.4765	.5828	.7047	.8433
12	.1602	.2135	.2784	.3565	.4493	.5584	.6854	.8320
14	.1430	.1940	.2572	.3344	.4276	.5386	.6696	.8226
16	.1296	.1785	.2401	.3164	.4096	.5220	.6561	.8145
18	.1188	.1659	.2260	.3013	.3944	.5078	.6445	.8074
20	.1099	.1554	.2141	.2884	.3812	.4954	.6342	.8012
22	.1025	.1465	.2038	.2772	.3697	.4844	.6251	.7955
24	.0961	.1387	.1949	.2674	.3595	.4747	.6169	.7904
25	.0933	.1353	.1908	.2629	.3548	.4701	.6131	.7880
30	.0815	.1208	.1737	.2437	.3346	.4505	.5963	.7775
35	.0728	.1097	.1605	.2286	.3184	.4345	.5825	.7687
40	.0660	.1010	.1498	.2163	.3050	.4211	.5708	.7611
45	.0605	.0939	.1410	.2060	.2936	.4096	.5607	.7545
50	.0560	.0879	.1336	.1972	.2838	.3996	.5518	.7486
60	.0489	.0785	.1216	.1828	.2676	.3829	.5367	.7386
70	.0437	.0713	.1123	.1715	.2547	.3693	.5243	.7302
80	.0396	.0657	.1049	.1622	.2440	.3579	.5137	.7231
90	.0363	.0610	.0987	.1545	.2349	.3482	.5046	.7168
100	.0336	.0572	.0935	.1479	.2271	.3397	.4966	.7112

(continúa)

TABLA A5.1
(continuación)

120	.0294	.0510	.0851	.1371	.2141	.3255	.4830	.7017
140	.0262	.0464	.0786	.1287	.2038	.3139	.4718	.6937
160	.0237	.0427	.0734	.1217	.1952	.3042	.4623	.6869
180	.0218	.0397	.0691	.1159	.1879	.2959	.4541	.6809
200	.0201	.0371	.0655	.1109	.1816	.2887	.4469	.6757
250	.0171	.0323	.0584	.1011	.1691	.2740	.4320	.6646
300	.0149	.0289	.0531	.0937	.1594	.2625	.4202	.5557
350	.0133	.0262	.0491	.0879	.1517	.2532	.4105	.6482
400	.0121	.0241	.0458	.0832	.1453	.2454	.4022	.6419
450	.0111	.0224	.0431	.0792	.1399	.2387	.3951	.6363
500	.0103	.0210	.0408	.0758	.1352	.2329	.3888	.6314
600	.0090	.0188	.0372	.0703	.1275	.2232	.3782	.6229
700	.0080	.0171	.0344	.0659	.1214	.2152	.3694	.6158
800	.0073	.0157	.0321	.0624	.1163	.2086	.3620	.6098
900	.0067	.0146	.0302	.0594	.1119	.2029	.3556	.6045
1 000	.0062	.0137	.0286	.0569	.1082	.1980	.3499	.5998
1 200	.0054	.0122	.0260	.0527	.1020	.1897	.3404	.5918
1 400	.0048	.0111	.0240	.0495	.0971	.1830	.3325	.5850
1 600	.0044	.0102	.0225	.0468	.0930	.1773	.3258	.5793
1 800	.0040	.0095	.0211	.0446	.0895	.1725	.3200	.5743
2 000	.0037	.0089	.0200	.0427	.0866	.1683	.3149	.5698
2 500	.0031	.0077	.0178	.0389	.0606	.1597	.3044	.5605
3 000	.0027	.0069	.0162	.0360	.0760	.1530	.2961	.5530

TABLA A5.2
Valores acumulativos de
las curvas de aprendizaje

Unidad	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.600	1.650	1.700	1.750	1.800	1.850	1.900	1.950
3	2.045	2.155	2.268	2.384	2.502	2.623	2.746	2.872
4	2.405	2.578	2.758	2.946	3.142	3.345	3.556	3.774
5	2.710	2.946	3.195	3.459	3.738	4.031	4.339	4.662
6	2.977	3.274	3.593	3.934	4.299	4.688	5.101	5.538
7	3.216	3.572	3.960	4.380	4.834	5.322	5.845	6.404
8	3.432	3.847	4.303	4.802	5.346	5.936	6.574	7.261
9	3.630	4.102	4.626	5.204	5.839	6.533	7.290	8.111
10	3.813	4.341	4.931	5.589	6.315	7.116	7.994	8.955
12	4.144	4.780	5.501	6.315	7.227	8.244	9.374	10.62
14	4.438	5.177	6.026	6.994	8.092	9.331	10.72	12.27
16	4.704	5.541	6.514	7.635	8.920	10.38	12.04	13.91
18	4.946	5.879	6.972	8.245	9.716	11.41	13.33	15.52
20	5.171	6.195	7.407	8.828	10.48	12.40	14.64	17.13
22	5.379	6.492	7.819	9.388	11.23	13.38	15.86	18.72
24	5.574	6.773	8.213	9.928	11.95	14.33	17.10	20.31
25	5.668	6.909	8.404	10.19	12.31	14.80	17.71	21.10
30	6.097	7.540	9.305	11.45	14.02	17.09	20.73	25.00
35	6.478	8.109	10.13	12.72	15.64	19.29	23.67	28.86
40	6.821	8.631	10.90	13.72	17.19	21.43	26.54	32.68
45	7.134	9.114	11.62	14.77	18.68	23.50	29.37	36.47
50	7.422	9.565	12.31	15.78	20.12	25.51	32.14	40.22
60	7.941	10.39	13.57	17.67	22.87	29.41	37.57	47.65
70	8.401	11.13	14.74	19.43	25.47	33.17	42.87	54.99
80	8.814	11.82	15.82	21.09	27.96	36.80	48.05	62.25
90	9.191	12.45	16.83	22.67	30.35	40.32	53.14	69.45
100	9.539	13.03	17.79	24.18	32.65	43.75	58.14	76.59
120	10.16	14.16	19.57	27.02	37.05	50.39	67.93	90.71

(continúa)

TABLA A5.2
(continuación)

140	10.72	15.08	21.20	29.67	41.22	56.78	77.46	104.7
160	11.21	15.97	22.72	32.17	45.20	62.95	86.80	118.5
180	11.67	16.79	24.14	34.54	49.03	68.95	95.96	132.1
200	12.09	17.55	25.48	36.80	52.72	74.79	105.0	145.7
250	13.01	19.28	28.56	42.08	61.47	88.83	126.9	179.2
300	13.81	20.81	31.34	46.94	69.66	102.2	148.2	212.2
350	14.51	22.18	33.89	51.48	77.43	115.1	169.0	244.8
400	15.14	23.44	36.26	55.75	84.85	127.6	189.3	277.0
450	15.72	24.60	38.48	59.80	91.97	139.7	209.2	309.0
500	16.26	25.68	40.58	63.68	98.85	151.5	228.8	340.6
600	17.21	27.67	44.47	70.97	112.0	174.2	267.1	403.3
700	18.06	29.45	48.04	77.77	124.4	196.1	304.5	465.3
800	18.82	31.09	51.36	84.18	136.3	217.3	341.0	526.5
900	19.51	32.60	54.46	90.26	147.7	237.9	376.9	587.2
1 000	20.15	34.01	57.40	96.07	158.7	257.9	412.2	647.4
1 200	21.30	36.59	62.85	107.0	179.7	296.6	481.2	766.6
1 400	22.32	38.92	67.85	117.2	199.6	333.9	548.4	884.2
1 600	23.23	41.04	72.49	126.8	218.6	369.9	614.2	1 001.
1 800	24.06	43.00	76.85	135.9	236.8	404.9	678.8	1 116.
2 000	24.83	44.84	80.96	144.7	254.4	438.9	742.3	1 230.
2 500	26.53	48.97	90.39	165.0	296.1	520.8	897.0	1 513.
3 000	27.99	52.62	98.90	183.7	335.2	598.9	1 047.	1 791.

Ejercicio A5.1

**Estimados de costos de la
Norwegian Satellite Development Company
para el
proyecto de la World Satellite Telephone Exchange**

La NSDC tiene un contrato para producir ocho satélites que apoyen un sistema telefónico mundial (para Alaska Telecom, Inc.) que permite a los individuos utilizar un solo teléfono portátil en cualquier lugar de la Tierra para hacer y recibir llamadas. La NSDC desarrollará y producirá las ocho unidades. Esta empresa ha calculado que los costos de investigación y desarrollo serán de 12 000 000 de coronas noruegas. Se espera que los costos del material sean de 6 000 000 de coronas noruegas. Han calculado que para el diseño y producción del primer satélite se necesitarán 100 000 horas de mano de obra y una curva de mejora de 80 por ciento. El costo de la mano de obra calificada es de 300 coronas noruegas por hora. La utilidad deseada para todos los proyectos es de 25 por ciento de los costos totales.

- a) ¿Cuántas horas de mano de obra necesitará el octavo satélite?
- b) ¿Cuántas horas de mano de obra se necesitarán para todo el proyecto de ocho satélites?
- c) ¿Qué precio pediría usted para el proyecto? ¿Por qué?
- d) A medio camino en el proyecto la gente de diseño y producción se da cuenta de que una curva de mejora de 75 por ciento es más adecuada. ¿Qué efecto tiene esto en el proyecto? ¿Por qué?
- e) Casi al final del proyecto, Deutsch Telefon AG solicitó un estimado de costos para cuatro satélites idénticos a los que usted ya ha producido. ¿Qué precio les dará entonces? Justifíquelo.