

Desarrollo de un plan para el proyecto

Le doy empleo a seis hombres honestos y serviciales (ellos me enseñaron todo lo que sé); sus nombres son Qué y Por qué y Cuándo y Cómo y Dónde y Quién.

—Rudyard Kipling

Desarrollo de la red para el proyecto

La red del proyecto es la herramienta que se utiliza para planear, programar y supervisar el avance de éste. Se desarrolla a partir de la información que se recopila para la EDT y es un diagrama de flujo gráfico para el plan de trabajo. La red representa las actividades del proyecto que han de completarse y, en la mayoría de los casos, los tiempos para que las actividades terminen y comiencen junto con los caminos más largos en la red: *la ruta crítica*. La red es el marco de referencia del sistema de información del proyecto que los administradores de proyecto utilizarán para tomar decisiones relativas a tiempo, costo y desempeño del proyecto.

Para desarrollar las redes del proyecto se requiere de tiempo de desarrollo, el cual ha de provenir de una persona o de un grupo y, por lo tanto, ¡cuesta dinero! ¿En verdad las redes valen la pena el esfuerzo? En definitiva, la respuesta es sí, excepto en los casos donde se considera que el proyecto es trivial o de poca duración. Otros pueden entender con facilidad la red porque ésta presenta un despliegue gráfico del flujo y de la secuencia del trabajo a través del proyecto. Una vez que la red se desarrolla es muy fácil de modificar cuando se presentan acontecimientos inesperados a medida que el proyecto avanza. Por ejemplo, si se retrasan los materiales para una actividad, su efecto puede valorarse pronto y todo el proyecto puede revisarse en pocos minutos con la computadora. Estas revisiones pueden comunicarse a todos los participantes de manera expedita (por ejemplo, vía correo electrónico o el sitio web del proyecto).

La red del proyecto proporciona información diversa y otras perspectivas valiosas. Asimismo, ofrece el fundamento para programar la mano de obra y el equipo. Mejora la comunicación que reúne a todos los gerentes y grupos en el cumplimiento de los objetivos de tiempo, costo y desempeño del proyecto. Brinda un estimado de la duración del proyecto en vez de que se escoja una fecha de terminación al azar, o porque es la fecha que alguien prefiere. La red provee los tiempos de inicio y terminación de las actividades, y los de retraso. Otorga el fundamento para presupuestar el flujo de efectivo del proyecto. Identifica las actividades “críticas” y, por lo tanto, no se puede retrasar si es necesario terminar el proyecto para cumplir con una fecha límite.

Existen otras razones por las que las redes valen su peso en oro. Sobre todo, minimizan las sorpresas al sacar a la luz el plan desde temprano y al permitir retroalimentación correctiva. Una afirmación común entre los practicantes es que la red del proyecto representa tres cuartos del proceso de planeación. Quizás esto es una exageración, pero señala la importancia percibida de la red para los administradores de proyecto en el campo.

Del paquete de tareas a la red

Las redes de proyecto se desarrollan a partir de la EDT. Constituyen un diagrama de flujo visual de la secuencia, las interrelaciones y las dependencias de todas las actividades que hay que cumplir para

terminar el proyecto. *Una actividad es un elemento en el proyecto que consume tiempo, por ejemplo, trabajo o espera.* Los paquetes de tareas de la EDT se utilizan para construir las actividades que están en la red del proyecto. Una actividad puede comprender uno o más paquetes de tareas. Las actividades se ubican en una secuencia que le dan al proyecto una conclusión ordenada. Las redes se construyen utilizando nodos (cajas) y flechas (líneas). El nodo representa una actividad y la flecha indica dependencia y flujo del proyecto.

La integración de los paquetes de tareas y la red representan un punto donde el proceso de administración a menudo fracasa en la práctica. Las explicaciones fundamentales para este fracaso son: 1) se utilizan distintos grupos (personas) para definir los paquetes de tareas y las actividades, y 2) la EDT se ha construido mal y no se ha orientado a resultados/productos a entregar. La integración de la EDT y la red del proyecto son cruciales para una administración eficiente del proyecto. El administrador de proyecto debe tener la precaución de garantizar continuidad al contar con algunas de las personas que definieron la EDT y los paquetes de tareas para que se encarguen de desarrollar las actividades de la red.

Las redes proporcionan el programa del proyecto al identificar dependencias, secuencias y puntualidad de las actividades, cosas para las que no se ha diseñado la EDT. Los principales productos de entrada para el desarrollo de un plan de red de proyecto son los paquetes de tareas. Recuerde que cada uno se define en forma independiente de otros paquetes de tareas, tiene un comienzo y un final definidos, necesita recursos específicos, incluye especificaciones técnicas y tiene estimados de costos para el paquete. Sin embargo, la dependencia, la secuencia y la puntualidad de cada factor no se incluyen en el paquete de tareas. Una actividad de red puede comprender uno o más paquetes de tareas.

En la figura 6.1 se muestra un segmento de la EDT que procede del capítulo 4 y de la manera en que se utiliza la información para desarrollar una red de proyecto. El nivel más bajo de cumplimiento de la figura 6.1 es el de “tablero de circuitos”. Las cuentas de costos (diseño, producción, pruebas, software) denotan el trabajo del proyecto, la unidad de la organización que es responsable y los presupuestos con etapas cronológicas para los paquetes de tareas. Cada cuenta de costos representa uno o más paquetes de tareas. Por ejemplo, la cuenta de costos de diseño tiene dos (D-1-1 y D-1-2): especificaciones y documentación. Las cuentas de software y producción también tienen dos paquetes de tareas. Para desarrollar una red es necesario establecer la secuencia de las tareas a partir de todos los paquetes de tareas que tienen un trabajo medible.

En la figura 6.1 se representa la forma en que los paquetes de tareas se utilizan para desarrollar una red del proyecto. Usted puede rastrear el uso de los paquetes de tareas en el esquema de codificación. Por ejemplo, en la actividad A se utilizan los paquetes de tareas D-1-1 y D-1-2 (especificaciones y documentación), mientras que en la actividad C se utiliza el paquete de tareas S-22-1. Esta metodología de seleccionar paquetes de tareas para describir actividades se utiliza para desarrollar la red del proyecto, lo cual establece secuencias y tiempos para las actividades. Se debe tener cuidado de incluir todos los paquetes de tareas. *El gerente deriva los estimados de tiempo de las actividades de los tiempos para las tareas que se incluyen en el paquete de tareas.* Por ejemplo, la actividad B (proto 1) necesita cinco semanas; la K (prueba), tres. Al calcular los tiempos tempranos y tardíos de la actividad, el gerente puede programar recursos y presupuestos de etapas cronológicas (con fechas).

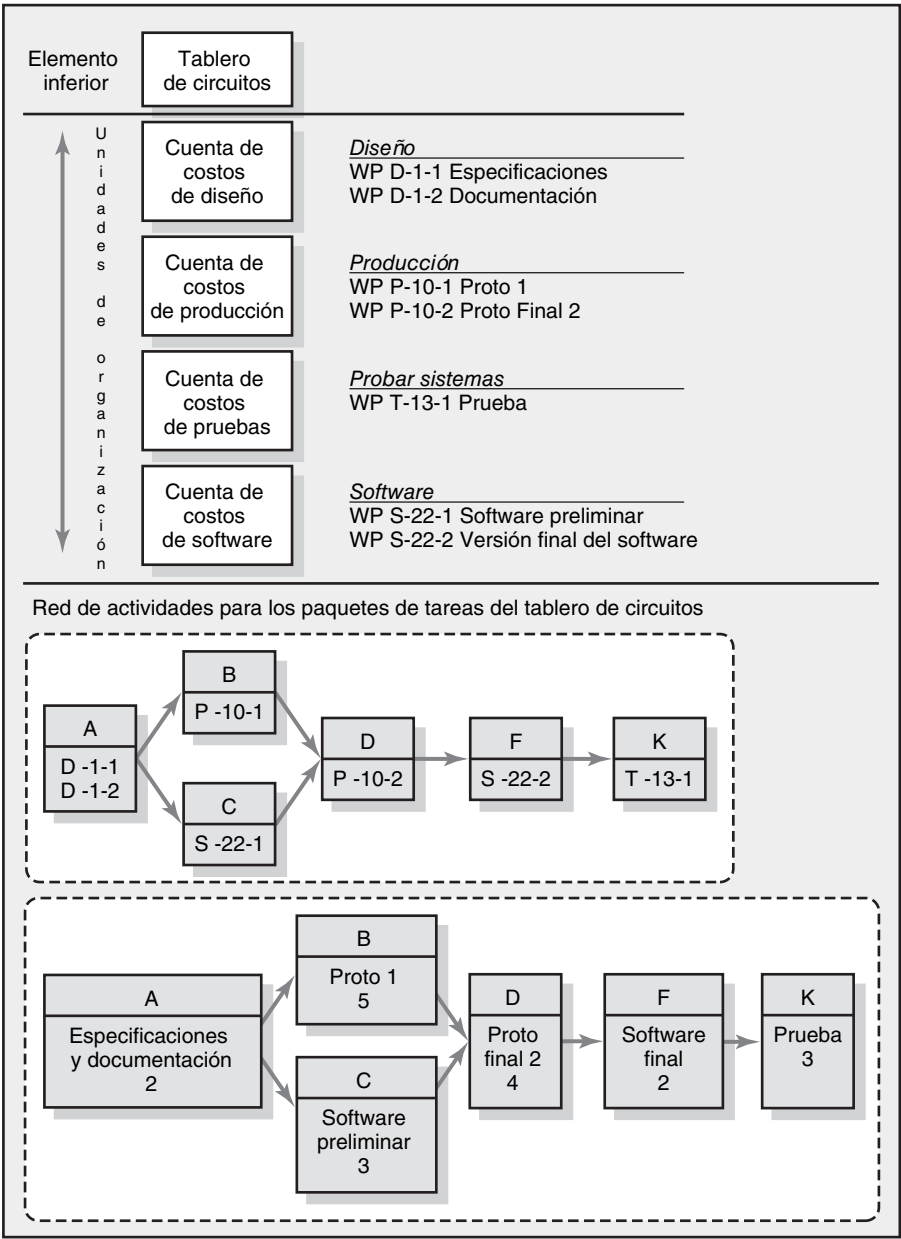
Construcción de una red de proyecto

Terminología

Todo campo tiene una jerga que les permite a los colegas comunicarse entre sí con facilidad sobre las técnicas que utilizan. Los administradores de proyecto no son la excepción. A continuación se incluyen algunos términos que se utilizan para construir redes de proyecto:

Actividad. Para los administradores de proyecto, una *actividad* es un elemento que requiere tiempo. Quizá sí o no necesite recursos. Por lo común, una actividad consume tiempo mientras la gente trabaja o espera. Ejemplos de lo anterior son los tiempos de espera para la firma de contratos, la llegada de materiales, la aprobación gubernamental de medicamentos, la liberación de un presupuesto, etc. Por lo general, las actividades representan una o más tareas a partir de un

FIGURA 6.1
EDT/Paquetes de
tareas para la red



paquete de tareas. En la descripción de las actividades debe utilizarse un formato verbo/nombre: por ejemplo, desarrollar especificaciones de producto.

Actividad de fusión. Ésta es una actividad que tiene más de una actividad que le precede de inmediato (más de una flecha de dependencia que fluye hacia ella).

Actividades paralelas. Éstas son actividades que pueden realizarse al mismo tiempo, si el gerente así lo desea. Sin embargo, éste puede elegir que las actividades paralelas *no* se efectúen al mismo tiempo.

Ruta. Secuencia de actividades interconectadas y dependientes.

Ruta crítica. Cuando se utiliza este término, se hace referencia a la(s) ruta(s) de mayor duración a lo largo de la red; si se retrasa una actividad en la ruta, el proyecto se demora el mismo tiempo.

Evento. Este término se utiliza para representar un momento en que comienza o termina una actividad. No consume tiempo.

Actividad explosiva. Ésta tiene más de una actividad que le sigue de inmediato (más de una flecha de dependencia que fluye de ella).

Dos enfoques

Existen dos enfoques que se utilizan para desarrollar redes de proyectos: el de *actividad en el nodo* (AEN) y el de la *actividad en la flecha* (AEF). Ambos utilizan dos fundamentos básicos: la flecha y el nodo. Sus nombres se derivan del hecho de que el primero utiliza un nodo para representar una actividad, y el segundo, una flecha. A partir de la aplicación de estos enfoques a finales de la década de 1950, sus usuarios los han mejorado mucho; no obstante, los modelos básicos han resistido la prueba del tiempo y todavía prevalecen con pequeñas variaciones de forma.

En la práctica, el método de la actividad en el nodo (AEN) domina en la mayoría de los proyectos. Por lo tanto, este texto se referirá sobre todo a él. Sin embargo, para aquellos cuyas organizaciones utilizan el enfoque de actividad en el nodo (AEN), el capítulo incluye un segmento donde se le describe (apéndice 6.1). Hay buenas razones para que los estudiantes de administración de proyectos se vuelvan hábiles en ambos métodos. Distintos departamentos y empresas tienen sus enfoques “favoritos” y a menudo le son leales a un software que ya se ha comprado y se utiliza. Los nuevos empleados, o las personas externas, rara vez están en posición de decidir el método que utilizan. Si emplean subcontratistas, no es razonable pedirles que cambien todo su sistema de administración de proyectos para adaptarse al enfoque que usted está usando. El punto es que el administrador de proyectos debe sentirse cómodo moviéndose entre proyectos que utilizan uno u otro método.

Reglas básicas a seguir en el desarrollo de redes de proyecto

Las siguientes ocho reglas se aplican en forma amplia cuando se está desarrollando una red de proyecto.

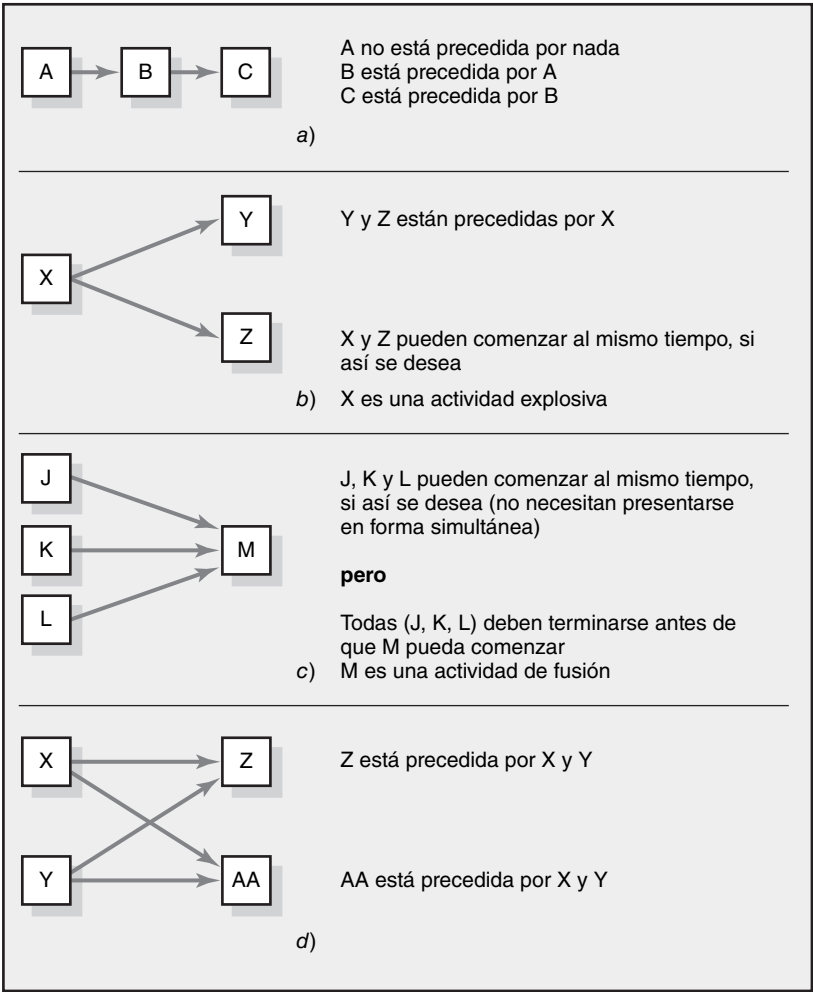
1. Por lo general, las redes fluyen de izquierda a derecha.
2. Una actividad no puede comenzar sino hasta que se hayan concluido todas las actividades precedentes conectadas.
3. Las flechas en las redes señalan precedencia y flujo. Asimismo, pueden atravesarse unas a otras.
4. Cada actividad debe contar con un número único de identificación.
5. El número de identificación de la actividad debe ser mayor que el de la actividad que le precede.
6. No se permiten circuitos cerrados (en otras palabras, no debe hacerse reciclado alguno a través de un conjunto de actividades).
7. No se permiten afirmaciones condicionantes (es decir, este tipo de aserciones no debe aparecer. Si tiene éxito, haga algo, si no, no haga nada).
8. La experiencia sugiere que cuando hay muchos comienzos puede utilizarse un nodo común de inicio para indicar con claridad de dónde partirá el proyecto en la red. Asimismo, es posible utilizar un solo final del proyecto para indicar un final con claridad.

Lea el recuadro Caso de práctica: El enfoque amarillo pegajoso (p. 140) para observar cómo se utilizan estas reglas para crear redes de proyectos.

Fundamentos de la actividad en el nodo (AEN)

La gran disponibilidad de computadoras personales y programas gráficos ha servido como impulso para utilizar el método de actividad en el nodo (AEN, al que en ocasiones se denomina *método de diagrama de precedencia*). En la figura 6.2 se muestran algunos usos típicos de las piezas para armar la red AEN. Una **actividad** se representa con un *nodo* (caja). Éste puede tomar muchas formas, pero en los últimos años se le ha representado más que nada como un rectángulo (caja). Las dependencias entre las actividades se representan con *flechas* entre los rectángulos (cajas) en la red de AEN.

FIGURA 6.2
Fundamentos de la red
actividad en el nodo



Las flechas indican la manera en que las actividades se relacionan y la secuencia en que las cosas deben lograrse. La longitud y la pendiente de la flecha son arbitrarias y se fijan por conveniencia para dibujar la red. Las letras en las cajas sirven para identificar las actividades al tiempo que usted aprende los fundamentos de la construcción y el análisis de las redes. En la práctica, las actividades tienen números de identificación y descripciones.

Hay tres relaciones básicas que deben establecerse para las actividades que se incluyen en una red de proyecto. Las relaciones pueden determinarse tras responder a las siguientes tres preguntas para cada una de las actividades:

1. ¿Qué actividades deben terminarse de inmediato *antes* de esta actividad? A éstas se les denomina actividades *antecesoras*.
2. ¿Qué actividades deben *seguir* de inmediato a esta actividad? A éstas se les denomina actividades *sucesoras*.
3. ¿Qué actividades pueden presentarse *mientras* esta actividad se lleva a cabo? A esto se le conoce como relación *concurrente o paralela*.

En ocasiones, el administrador sólo puede utilizar la primera y la tercera preguntas para establecer relaciones. Esta información le permite al analista de la red construir un diagrama de flujo gráfico de la secuencia y de la interdependencia lógica de las actividades del proyecto.

La figura 6.2a es análoga a una lista de cosas que hay que hacer cuando usted termina la tarea que se ubica en primer lugar en la lista y luego avanza a la segunda y así en lo sucesivo. Esta figura le indica al administrador de proyecto que la actividad A debe completarse antes de que la B pueda comenzar y que la actividad B debe terminarse antes de iniciar la C.

En la figura 6.2*b* se indica que las actividades Y y Z no pueden comenzar sino hasta que la actividad X concluya. En esta figura también se muestra que las actividades Y y Z pueden darse al mismo tiempo, o en forma paralela, si el administrador de proyecto así lo desea; sin embargo, ésta no es una condición necesaria. Por ejemplo, el vaciado de una calle de concreto (actividad Y) se puede dar al tiempo que se hace la jardinería (actividad Z), pero la limpieza del terreno (actividad X) debe terminarse antes de que puedan comenzar las actividades Y y Z. Estas dos se consideran actividades paralelas. Como tales, permiten esfuerzos concurrentes que pueden acortar el tiempo para efectuar una serie de actividades. A veces, a la X se le denomina actividad *explosiva*, puesto que más de una flecha sale del nodo. La cantidad de flechas indica cuántas actividades siguen de inmediato a la actividad X.

La figura 6.2*c* nos muestra las actividades J, K y L, las cuales pueden darse al mismo tiempo si así se desea, y la actividad M, que no puede comenzar sino hasta que se terminen J, K y L. Estas últimas son actividades paralelas. A la M se le llama actividad de *fusión* porque hay que terminar más de una actividad antes de que M pueda comenzar. A la actividad M también se le puede denominar hecho importante.

En la figura 6.2*d*, las actividades X y Y son paralelas, es decir, se pueden dar al mismo tiempo; las actividades Z y AA también son paralelas. Pero estas dos últimas no pueden comenzar sino hasta que aquéllas dos concluyan.

Dados estos fundamentos de la AEN, podemos practicar el desarrollo de una red sencilla. Recuerde, las flechas pueden cruzarse unas sobre otras (como en la figura 6.2*d*), pueden doblarse o tener cualquier longitud o pendiente. La limpieza no es un criterio para una red válida y útil, sólo la inclusión precisa de todas las actividades del proyecto, de su dependencia y de los estimados de tiempo. La información para una red simplificada del proyecto se da en la tabla 6.1. Este proyecto representa un nuevo centro de negocios que habrá que desarrollar, y el trabajo y los servicios que el departamento de diseño de ingeniería del condado debe proporcionar a medida que se coordine con otros grupos, como los propietarios del centro de negocios y los contratistas.

En la figura 6.3 se muestran los primeros pasos a tomar en la construcción de la red del proyecto AEN a partir de la información de la tabla 6.1. Se observa que la actividad A (aprobación de la aplicación) no tiene precedente alguno; por lo tanto, es el primer nodo a dibujar. A continuación advertimos que las actividades B, C y D (planes de construcción, análisis del tránsito y verificación de la disponibilidad del servicio) están precedidas por la actividad A. Dibujamos tres flechas y las conectamos con las actividades B, C y D. Este segmento le muestra al administrador de proyecto que la actividad A debe concluir antes de que B, C y D puedan comenzar. B, C y D pueden proseguir de manera concurrente luego que termina A, si así se desea. En la figura 6.4 se muestra la red completa donde se representan todas las actividades y sus precedentes.

En este momento nuestra red de proyecto nos presenta un mapa gráfico de las actividades del proyecto con secuencias y dependencias. Esta información es demasiado valiosa para los que manejan el proyecto. No obstante, el cálculo de la duración de cada actividad aumentará aún más el valor de la red. Para un plan y un programa realistas del proyecto se requieren estimados confiables de tiempo para las actividades del proyecto. La suma de tiempo a la red nos permite calcular cuánto tiempo requerirá el proyecto. Cuándo pueden o deben comenzar las actividades, cuándo deben

TABLA 6.1
Información de la red

KOLL BUSINESS CENTER Departamento de diseño de los ingenieros del condado		
Actividad	Descripción	Actividad precedente
A	Aprobación de la solicitud	Ninguna
B	Planes de construcción	A
C	Estudio del tráfico	A
D	Verificación de la disponibilidad	A
E	del servicio	
F	Reporte del personal	B, C
G	Aprobación de comisiones	B, C, D
H	Espera para la construcción	F
	Ocupación	E, G

FIGURA 6.3
Koll Business
Center. Red parcial

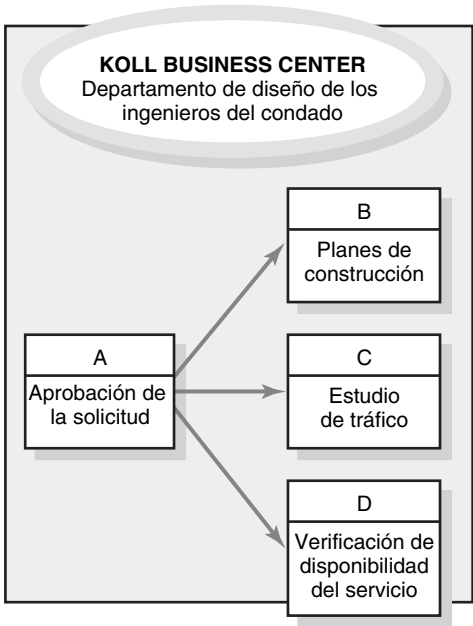
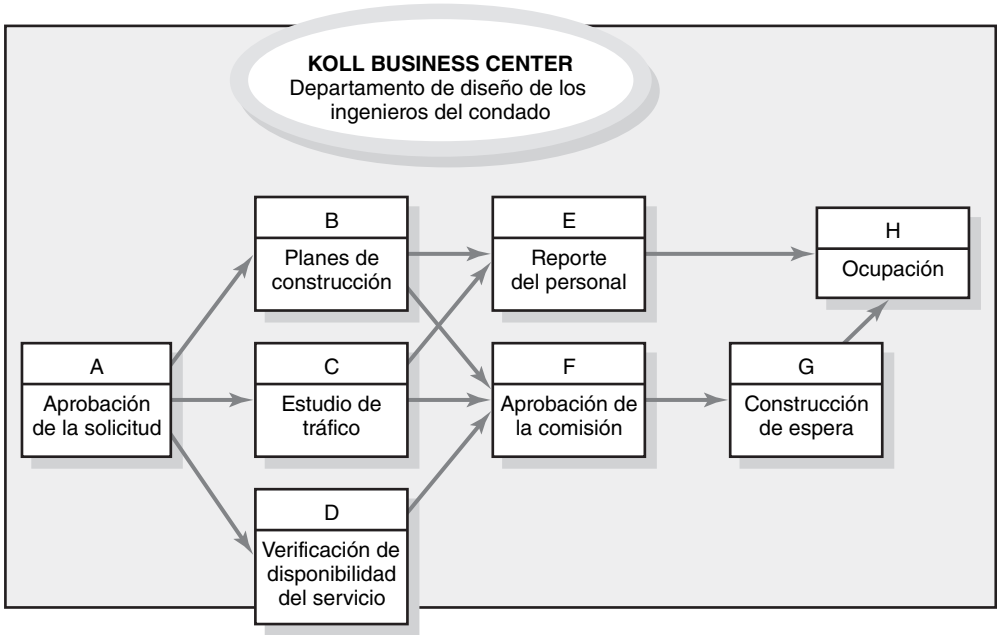


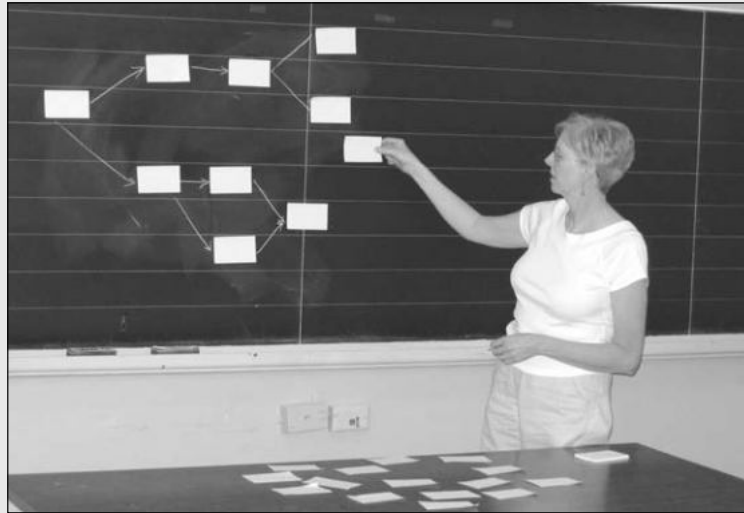
FIGURA 6.4
Koll Business
Center. Red completa



estar disponibles los recursos, qué actividades pueden retrasarse y cuándo se calcula terminar el proyecto son cosas que dependen de los tiempos asignados. Para derivar un estimado del tiempo de actividad se requiere una evaluación temprana de las necesidades de recursos en términos de material, equipo y personas. En esencia, la red de proyecto con estimados de los tiempos de actividad relaciona la planeación, la programación y el control de los proyectos.

Proceso de cálculo de la red

Cuando se dibuja la red del proyecto se ubican las actividades en la secuencia correcta para calcular los tiempos de inicio y terminación de las actividades. Los estimados de los tiempos de las actividades se toman de los tiempos de las tareas, en su paquete, y se añaden a la red (vuelva a la figura 6.2).



En la práctica, las redes pequeñas de los proyectos (de 25 a 100 actividades) se desarrollan con frecuencia utilizando *stickers* amarillos de Post-it®. Los requerimientos de la reunión y el proceso para el equipo del proyecto se describen ahí.

A continuación se enumeran los requerimientos para tal proyecto.

1. Los miembros del equipo del proyecto y un facilitador.
2. Un Post-It amarillo (de 3 × 4 pulgadas o mayor) para cada actividad con la descripción de cada actividad impresa en él.
3. Pizarrón blanco y un marcador especial (es posible utilizar un basidor con papel de 80 centímetros de largo en lugar del pizarrón).

Todos los *stickers* amarillos se colocan de tal manera que los integrantes del equipo puedan verlos con facilidad. El equipo comienza por identificar los *stickers* de actividad para los cuales no hay predecesores. Luego, cada uno de estos *stickers* se pega en el pizarrón blanco. Se dibuja un nodo de inicio y se conecta una flecha de dependencia a cada actividad.

Dadas las primeras actividades de inicio de la red, se analiza cada una para determinar cuáles son las sucesoras inmediatas. Estas actividades se pegan en el pizarrón blanco y se dibujan las flechas de dependencia. Este proceso continúa hasta que todos los papeles amarillos se pegan en el pizarrón con flechas de dependencia. (Nota: el proceso puede revertirse, comenzando con las actividades que no tienen sucesoras y conectándolas con un nodo final del proyecto. Se escogen actividades predecesoras para cada actividad y se les anexa al pizarrón blanco donde se han marcado las flechas de dependencia.)

Cuando el proceso concluye, se registran las dependencias en el software del proyecto, el cual desarrolla una red diseñada por computadora junto con la(s) ruta(s) crítica(s) y los tiempos tempranos, tardíos y de holgura. Esta metodología sensibiliza a los miembros del equipo desde el principio a conocer las interdependencias entre las actividades del proyecto. Pero lo más importante de todo es que la metodología fortalece a los miembros del equipo, pues les da información relativa a las decisiones importantes que luego tendrán que llevar a cabo.

Tras algunas operaciones el administrador de proyecto podrá terminar un proceso al que se denomina *pase hacia adelante y pase hacia atrás*. La terminación de estos dos responderá las siguientes preguntas:

Pase hacia adelante: primeros tiempos

1. ¿Qué tan pronto puede comenzar una actividad? (inicio temprano [IT]) (ES por sus siglas en inglés).
2. ¿Qué tan pronto puede terminar una actividad? (terminación temprana [TT]) (EF por sus siglas en inglés).
3. ¿Qué tan pronto puede concluir el proyecto? (tiempo esperado [TE])?

Pase hacia atrás: últimos tiempos

1. ¿Qué tan tarde puede comenzar la actividad? (comienzo tardío [CT]) (LS por sus siglas en inglés).
2. ¿Qué tan tarde puede terminar la actividad? (final tardío [FT]) (LF por sus siglas en inglés).
3. ¿Qué actividades representan la ruta crítica (RC)? (CP por sus siglas en inglés) Éste es el camino más largo en la red que, cuando se demore, retrasará el proyecto.
4. ¿Cuánto puede retrasarse la actividad? (tiempo de holgura [TH]) (SL por sus siglas en inglés).

TABLA 6.2
Información de la red

KOLL BUSINESS CENTER			
Departamento de diseño de los ingenieros del condado			
Actividad	Descripción	Actividad precedente	Tiempo de la actividad
A	Aprobación de la solicitud	Ninguna	5
B	Planes de construcción	A	15
C	Estudio del tránsito	A	10
D	Verificación de la disponibilidad del servicio	A	5
E	Reporte del personal	B, C	15
F	Aprobación de la comisión	B, C, D	10
G	Espera para construcción	F	170
H	Ocupación	E, G	35

Los términos que están entre paréntesis representan los acrónimos que los gerentes de proyecto utilizan en la mayoría de los textos y en los programas de computación. A continuación se presenta el proceso de los pases hacia adelante y hacia atrás.

Pase hacia delante: el comienzo

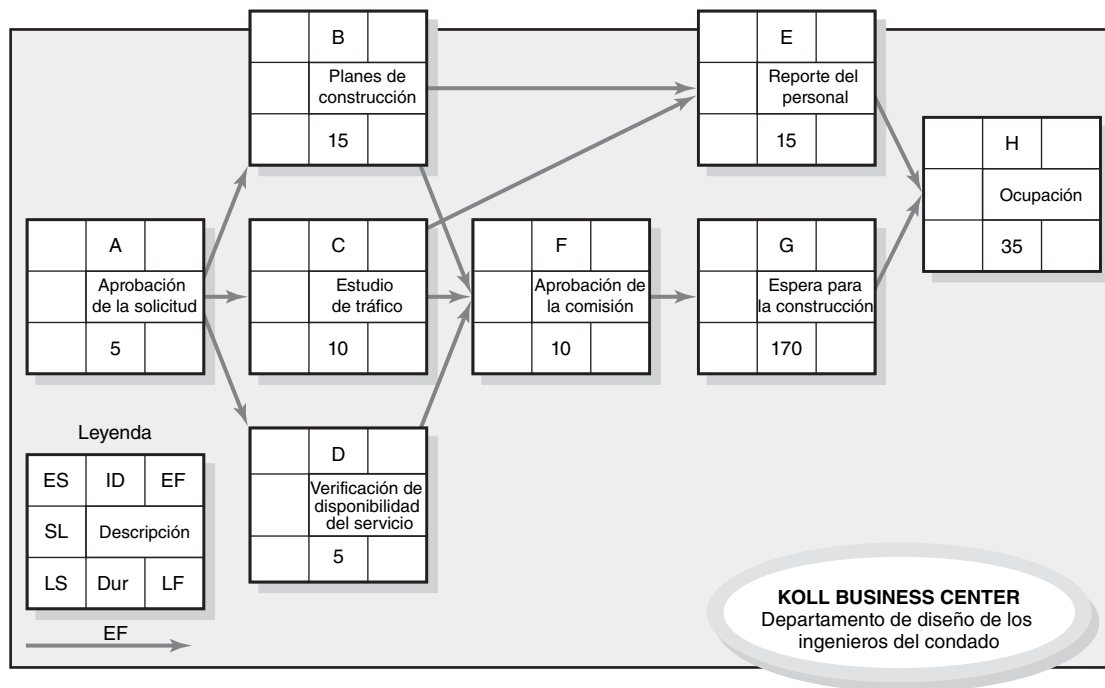
El pase hacia adelante se inicia con la(s) primera(s) actividad(es) y rastrea cada ruta (cadena de actividades secuenciales) a lo largo de la red hasta la(s) última(s) actividad(es) del proyecto. A medida que usted dibuje las etapas sucesivas de la ruta, *añade* los tiempos de actividad. La ruta más larga denota el tiempo de terminación del proyecto para el plan y recibe el nombre de ruta crítica (RC). En la tabla 6.2 se enumeran los tiempos de actividad en días de trabajo para el ejemplo del Koll Business Center que se utilizó para dibujar una red.

En la figura 6.5 se muestra la red con el estimado de tiempo de actividad que se encontró en el nodo (véase “Dur” para la duración en la leyenda). Por ejemplo, la actividad A tiene una duración de cinco días de trabajo, y la G, de 170. El pase hacia adelante comienza con el tiempo de inicio del proyecto, que por lo general es el tiempo cero. (Nota: los tiempos de calendario para el proyecto pueden calcularse más adelante en la etapa de planeación.) En nuestro ejemplo del Koll Business Center, el tiempo de inicio temprano para la primera actividad (A) es igual a cero. Este tiempo se encuentra en la esquina superior izquierda del nodo de la actividad A de la figura 6.6. Una terminación temprana para la actividad A es 5 ($IT + Dur = TT$ o $0 + 5 = 5$). A continuación observe que la actividad A precede a B, C y D. Por lo tanto, lo más pronto que estas actividades pueden comenzar es cuando la actividad A concluye; es decir, en cinco días hábiles. Ahora puede usted observar en la figura 6.6 que las actividades B, C y D pueden comenzar cuando termina la actividad A y, por lo tanto, tienen un inicio temprano (IT) de 5. Con la fórmula $IT + Dur = TT$, los tiempos del inicio temprano (IT) para las actividades B, C y D son 20, 15 y 10. ¿Cuál es el IT para la actividad E, dado que es una actividad de fusión? ¿Es 15 o 20? La respuesta es 20 porque todas las actividades que la preceden de inmediato (B y C) deben concluir antes de que la actividad E pueda comenzar. Como se necesitará el mayor tiempo posible para terminar la actividad B, ésta controla el IT de la actividad E. El mismo proceso se utiliza para determinar el IT de la actividad F. A éste le preceden B, C y D. El tiempo de terminación temprana de control (TT) es la actividad B, la cual tiene la terminación temprana más larga (20 contra 15 y 10) de las predecesoras inmediatas (B, C y D) de F. Dicho de otra manera, el pase hacia adelante supone que todas las actividades comiencen cuando termine la última de sus predecesoras.

El pase hacia delante le exige que recuerde tan sólo tres cosas cuando calcule los tiempos de actividad temprana:

1. Usted *añade* tiempos de actividad a lo largo de cada una de las rutas de la red ($IT + Dur = TT$).
2. Usted lleva la terminación temprana a la siguiente actividad, donde se convierte en su inicio temprano (IT), *a menos que...*

FIGURA 6.5 Red de actividad en el nodo



3. ...la siguiente actividad sea una actividad *de fusión*, es decir, que varias actividades le precedan para poder dar inicio. En este caso usted selecciona el número de terminación temprana (TT) más grande de todas sus actividades predecesoras inmediatas.

En nuestro ejemplo de la figura 6.6, la TT para la actividad F (30) se lleva a la actividad G, donde se convierte su IT (30). Vemos que la actividad H es de fusión y, por lo tanto, encontramos la TT más grande de sus predecesoras inmediatas (E y G). En este caso, la selección es entre los tiempos de TT de 35 y 200; la elección para el IT de la actividad H es 200. La TT de H (235) se convierte en lo más deseable que el proyecto pueda terminar (TE) en condiciones normales.

Se ha respondido a las tres preguntas que se derivan del pase hacia adelante; es decir, se han calculado los tiempos para el inicio temprano (IT), la terminación temprana (TT) y la duración del proyecto (TE). El pase hacia atrás es el siguiente proceso a aprender.

Pase hacia atrás: últimos tiempos

El pase hacia atrás se inicia con la(s) última(s) actividad(es) del proyecto en la red. Se traza hacia atrás cada una de las rutas *restando* los tiempos de la actividad para encontrar el comienzo tardío (CT) y los tiempos de terminación (FT) de cada actividad. Antes de que se pueda calcular el pase hacia atrás, debe escogerse el final tardío para la actividad del último proyecto. En las primeras etapas de planeación, este tiempo se fija por lo general para que sea igual al inicio temprano (ET) de la última actividad del proyecto (o, en el caso de múltiples actividades de terminación, la actividad con el IT más largo). En algunos casos existe una fecha límite impuesta para la duración del proyecto y será la que se utilice. Supóngase, para fines de planeación, que podemos aceptar que la duración del proyecto TT (TE) es igual a 235 días hábiles. El FT de la actividad H se vuelve de 235 días hábiles (TT – FT) (véase la figura 6.7).

El pase hacia atrás es similar al pase hacia adelante; recuerde tres cosas:

1. Usted *resta* los tiempos de actividad en cada ruta comenzando con la actividad final del proyecto ($FT - Dur = CT$).
2. Usted aplica el CT a la actividad precedente sucesiva para establecer su FT, *a menos que*
3. La siguiente actividad sea una actividad *explosiva*; en este caso usted selecciona el CT *más pequeño* de todas sus actividades sucesoras inmediatas para establecer su FT.

FIGURA 6.6 Pase hacia delante en la red de actividad en el nodo

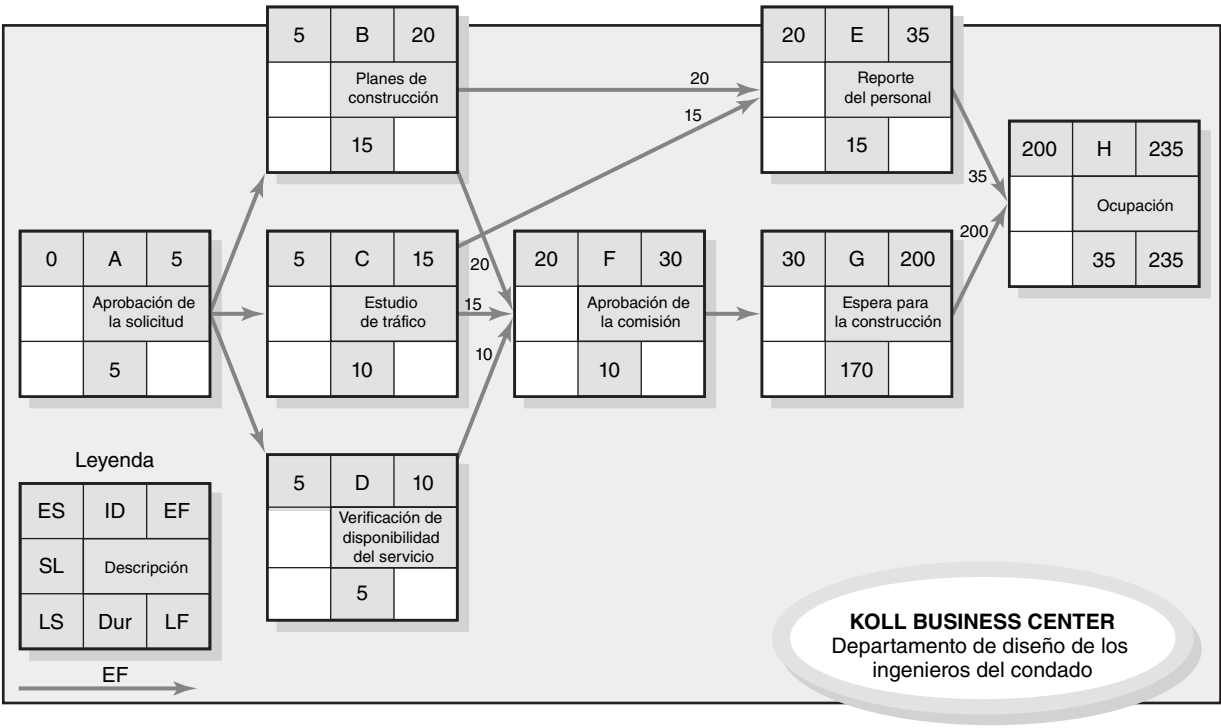
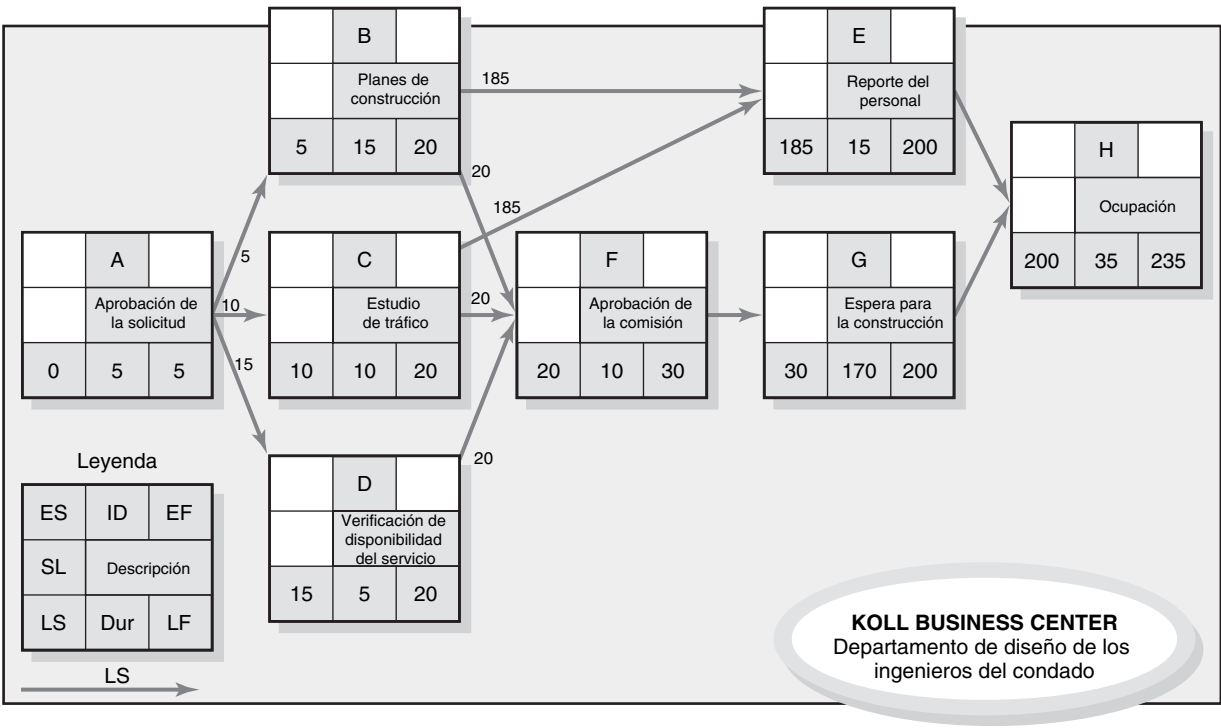


FIGURA 6.7 Pase hacia atrás en la red de actividad en el nodo



Aplicamos estas reglas al ejemplo de Koll Business Center. Si se comienza con la actividad H (ocupación) y un FT de 235 días hábiles, el CT para H es de 200 días hábiles ($FT - Dur = CT$ o $235 - 35 = 200$). El CT de H se convierte en el FT para las actividades E y G.

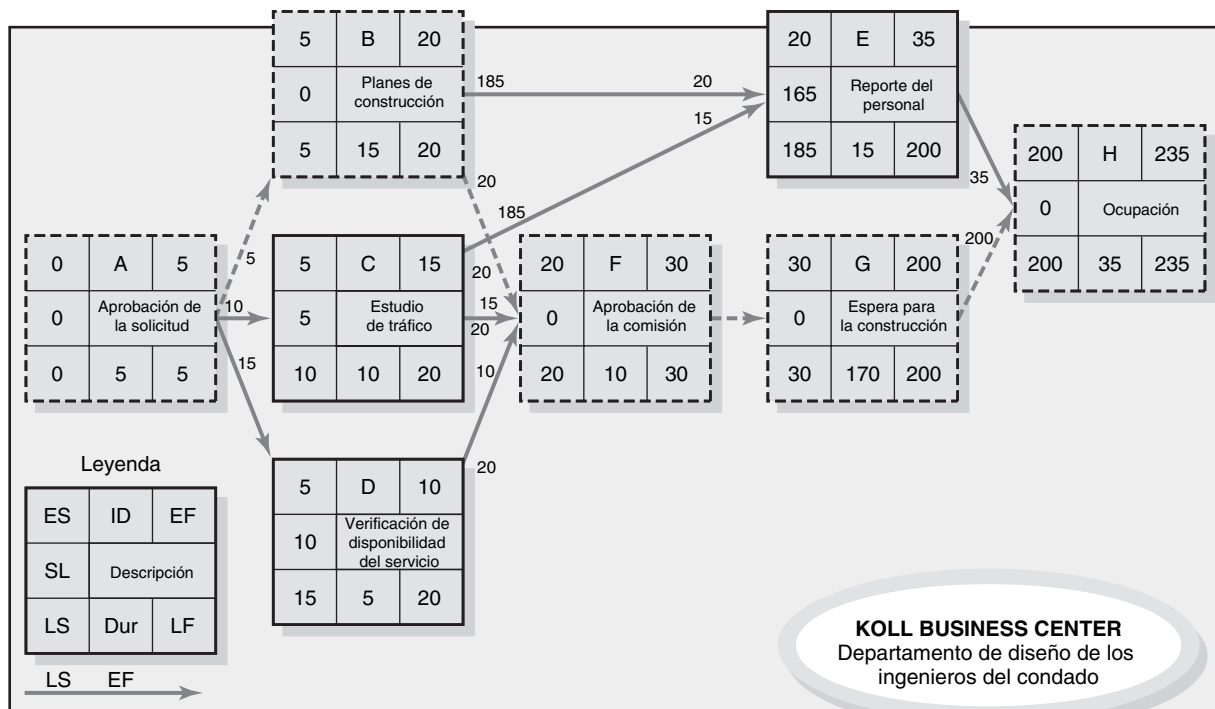
El CT para E y G se convierte en 185 ($200 - 15$) y en 30 días hábiles ($200 - 170 = 30$), respectivamente. A continuación, el CT para la actividad G se convierte en el FT para la actividad F y su CT se convierte en 20. En este momento vemos que B y C son actividades *explosivas* que se relacionan con E y F. El final tardío para B está controlado por el CT de las actividades E y F. El CT de E es de 185 días y de 20 días para F. Siga las flechas hacia atrás a partir de las actividades E y F hasta B. Advierta que los tiempos de CT para E y F se han colocado a la derecha del nodo de manera que usted pueda seleccionar el tiempo *más pequeño*; es decir, 20 días. Lo más tarde que B puede terminar es en 20 días, o la actividad F se retrasará y, por lo tanto, todo el proyecto. El CT de la actividad C es idéntico a B porque también está controlado por el CT de las actividades E y F. La actividad D tan sólo recoge su CT de la actividad F. Al calcular el CT ($FT - Dur = CT$) de B, C y D, podemos determinar el FT para A, la cual es una actividad *explosiva*. Usted advierte que el final de A está controlado por la actividad B, la cual tiene el FT más pequeño de B, C y D. Como el CT para la actividad B es el periodo 5, el FT para la A es de 5 y su tiempo es cero. El pase hacia atrás ha terminado y se conocen los tiempos más tardíos de las actividades.

Determinación del tiempo de holgura (o flotación)

Una vez que se han calculado los pases hacia delante y hacia atrás es posible determinar qué actividades pueden retrasarse al usar el “tiempo de holgura” o “flotación”. Para una actividad, éste es sencillamente la diferencia entre el CT y el IT ($CT - IT = TI$), o entre el FT y la TT ($FT - TT = TI$). Por ejemplo, la holgura para C es de cinco días, para D es de 10 días, para G es de cero (véase la figura 5.8). El *tiempo de holgura total* nos dice la cantidad de tiempo que una actividad puede retrasarse sin demorar el proyecto. Si se utiliza el tiempo de holgura de una actividad en una ruta, se retrasará el IT para todas las actividades que siguen en la cadena y se reducirá su tiempo de holgura. El uso de todo el tiempo de holgura debe coordinarse con los participantes que siguen en la cadena.

Una vez que se ha calculado el tiempo de letargo de cada actividad, la ruta crítica es fácil de identificar. Cuando el $FT = TT$ para la actividad final del proyecto, puede identificarse a la ruta crítica como a las actividades para las que $FT = TT$ también, o que tienen un tiempo de holgura igual a cero ($FT - TT = 0$ o $CT - IT = 0$). La ruta crítica es la(s) ruta(s) de la red que tiene(n) en

FIGURA 6.8 Red de actividad en el nodo con tiempo de holgura



común el menor tiempo de holgura. Este extraño arreglo de palabras es necesario porque surgen problemas cuando la actividad de terminación del proyecto tiene un FT distinto del TT de la última actividad del proyecto. Por ejemplo, si el FT del proyecto es de 235 días, pero la TT impuesta o fecha objetivo se ha fijado en 220 días, todas las actividades en la ruta crítica tendrían un tiempo de holgura de menos 15 días. Por supuesto, esto resultaría en un inicio temprano (de 15 días para la primera actividad del proyecto), lo cual es un buen truco si el proyecto ha de comenzar ahora. Un tiempo de holgura negativa se da en la práctica cuando se retrasa la ruta crítica.

En la figura 6.8 la ruta crítica se indica con flechas en líneas punteadas y nodos (actividades A, B, F, G y H). El retraso en cualquiera de estas actividades demorará todo el proyecto la misma cantidad de días. Las actividades críticas suelen representar alrededor de 10 por ciento de las actividades del proyecto. Por lo tanto, los administradores de proyecto prestan mucha atención a las actividades de la ruta crítica para asegurarse de que no se retrasen. Véase el recuadro Caso de Práctica: La ruta crítica.

Utilizamos el término sensibilidad para reflejar la probabilidad de que la ruta crítica original se modifique una vez que comience el proyecto. La sensibilidad es una función de la cantidad de rutas críticas o casi críticas. Un programa de red que sólo contenga una ruta crítica y muchas actividades no críticas, con mucho tiempo de holgura, podría considerarse insensible. A la inversa, una red sensible es aquella donde una o más de las rutas críticas y/o actividades no críticas tienen muy poco tiempo de holgura. Bajo tales circunstancias, la ruta crítica original tiene más probabilidades de cambiar cuando comience el trabajo del proyecto.

¿Qué tan sensible es el programa del Koll Business Center? No mucho puesto que sólo hay una ruta crítica y cada una de las actividades no críticas tiene mucho tiempo de letargo cuando se le compara con la duración estimada.

Los administradores de proyecto valoran la sensibilidad de sus programas de red para determinar cuánta atención deben dedicarle a administrar la ruta crítica.

Libre holgura (flotación)

La libre holgura es única. Es la cantidad de tiempo que es posible retrasar una actividad sin demorar las actividades sucesoras conectadas con ella. Nunca puede ser negativa. Sólo las actividades que se presentan al final de una cadena de actividades (en general cuando usted tiene una actividad de fusión) pueden tener libre holgura. Por ejemplo, si una sola cadena (ruta) de actividades nada más tiene 14 días de amplitud, la última actividad tendrá espacio libre pero las otras no. En ocasiones, la cadena no es muy larga; puede ser de una sola actividad. Por ejemplo, en la red del Knoll Business Center (figura 6.8), la actividad E es una cadena de uno y tiene un espacio libre de 165 días hábiles ($200 - 35 = 165$). Las actividades C y D también tienen un espacio libre de cinco y 10 días, respectivamente.

La belleza de la libre holgura es que los cambios en los tiempos de inicio y terminación para la actividad de libre espacio requieren menos coordinación con los otros participantes en el proyecto y le dan al administrador de proyectos mayor flexibilidad que la inactividad total. Como la actividad es la última en la cadena, retrasar la actividad hasta el tiempo máximo de holgura, no tendrá efecto alguno en las actividades que le siguen. Por ejemplo, suponga una cadena de 10 actividades. El retraso de cualquiera de las otras nueve en la cadena exige que se les notifique a los gerentes de las actividades restantes en la cadena para las que habrá retrasos, a fin de que puedan ajustar sus programas porque no cuentan con tiempo de holgura.

Uso de la información de pases hacia adelante y hacia atrás

Para el administrador de proyecto, ¿qué significa un tiempo de holgura de 10 días hábiles para la actividad D (verificación del servicio)? En este caso específico significa que D puede retrasarse 10 días. En un sentido más amplio, el administrador de proyecto pronto aprende que el tiempo de extensión es importante porque le permite tener flexibilidad en la programación de los recursos escasos (personal y equipo), los cuales se utilizan en más de una actividad paralela o en otro proyecto.

Conocer los cuatro tiempos de actividad de IT, TT, CT y FT es muy valioso en las fases de planeación, programación y control del proyecto. El IT y el CT le informan al administrador de proyecto sobre el intervalo de tiempo en que la actividad debe terminarse. Por ejemplo, la actividad E



Durante mucho tiempo se ha considerado que el método de la ruta crítica es el “Santo Grial” de la administración de proyectos. A continuación se incluyen algunos comentarios de administradores de proyecto veteranos sobre la importancia de la ruta crítica en la administración de proyectos:

- Siempre que me es posible intento ubicar a mis mejores elementos en las actividades críticas o en aquellas que tienen más posibilidades de serlo.
- Al hacer una evaluación de los riesgos, pongo atención especial en la identificación de los riesgos que pueden tener un efecto en la ruta crítica, en forma directa o indirecta, al realizar una actividad no crítica tan tarde que se vuelve crítica. Cuando tengo dinero para reducir riesgos, casi siempre lo gasto en tareas críticas.
- No tengo tiempo de supervisar todas las actividades de un proyecto grande, pero me esfuerzo por estar en contacto con las personas que trabajan en actividades críticas. Cuando tengo tiempo, son a quienes visito primero para determinar cómo van las cosas. Es asombroso cuánto más puedo saber al hablar con quienes están haciendo el trabajo y al mirar sus expresiones faciales: mucho más de lo que obtengo de un reporte de avance en el que no hay más que cifras.
- Cuando recibo llamadas de otros gerentes que me piden que les “preste” personas o equipo, soy mucho más generoso cuando esto implica recursos a partir del trabajo en actividades no críticas. Por ejemplo, si otro administrador de proyecto necesita un ingeniero eléctrico al que se asigna a una tarea con cinco días de holgura, estoy dispuesto a compartir un ingeniero con otro administrador de proyecto por dos o tres días.
- La razón más obvia por la que la ruta crítica es importante es que éstas son las actividades que influyen en el tiempo de terminación. Si de repente obtengo una llamada de mis superiores para informarme que necesitan que mi proyecto termine dos semanas antes de lo planeado, la ruta crítica es donde programo el tiempo extra y donde añado recursos adicionales para lograr que el proyecto se termine más rápidamente. Asimismo, si el programa del proyecto comienza a deslizarse, me centro en las actividades críticas para volver a lo programado.

(reporte de personal) debe terminarse entre el intervalo de 20 y 200 días hábiles; la actividad puede iniciar tan temprano como el día 20 y terminar tan tarde como el 200. A la inversa, la actividad F (aprobación de comisiones) debe comenzar el día 20 o el proyecto se retrasará.

Cuando se conoce la ruta crítica es posible manejar en forma estricta los recursos de las actividades en la ruta crítica de tal manera que no se cometan errores que resulten en demoras. Además, si por alguna razón debe acelerarse el proyecto para cumplir con una fecha anterior, es posible seleccionar esas actividades, o combinación de ellas, que cuesten lo menos posible para acortar el proyecto. Asimismo, si se retrasa la ruta crítica para compensar por cualquier tiempo de holgura negativa, es posible identificar las actividades en la ruta crítica que tienen el menor costo cuando se acortan. Si hay otras rutas con poco tiempo de espacio, quizá sea necesario acortar también las actividades en esas rutas.

Nivel de detalle para las actividades

A fin de establecer las etapas cronológicas del trabajo y los presupuestos del proyecto es necesaria una definición cuidadosa de las actividades que componen la red del proyecto. En general, una actividad representa una o más tareas tomadas de un paquete de tareas. La cantidad de tareas que se incluyan en cada actividad establece el nivel de detalle.

En algunos casos es posible terminar con demasiada información por administrar y esto puede elevar los costos indirectos. Los administradores de los proyectos pequeños han sido capaces de minimizar el nivel de detalle al descartar algunos pasos preliminares para esbozar las redes. Las empresas más grandes también reconocen el costo de la sobrecarga de información y están trabajando para reducir el nivel de detalle en las redes y en la mayoría de las otras dimensiones del proyecto.

Consideraciones prácticas

Errores lógicos en la red

Las técnicas en las redes del proyecto tienen algunas reglas lógicas que deben seguirse. Una es que las afirmaciones condicionantes, como “si la prueba tiene éxito, constrúyase el prototipo, si fracasa, repítase el diseño”, no están permitidas. La red no es un árbol de decisiones, es un plan de proyecto que suponemos que se materializará. Si se permitieran afirmaciones condicionantes, los pasos hacia delante y hacia atrás no tendrían sentido. Aunque en la realidad un plan rara vez se materializa del

todo como lo esperamos, es una suposición inicial razonable. Usted observará que una vez que se desarrolla un plan para la red se da un paso sencillo para hacer correcciones y acomodar cambios.

Otra regla que vence a la red del proyecto y al proceso de cálculo es el *establecimiento de circuitos*. Es un intento del planeador de regresar a una actividad anterior. Recuerde que los números de identificación de actividades siempre deben ser superiores para las actividades que siguen una actividad en cuestión; esta regla ayuda a evitar las relaciones ilógicas de precedencia entre las actividades. Una actividad debe darse sólo una vez; si se repite, debe tener un nombre y un número de identificación nuevos y debe colocarse en la secuencia derecha en la red. En la figura 6.9 se muestra un circuito ilógico. Si se permitiera que existiese, la ruta se repetiría a sí misma en forma perpetua. Muchos programas de computación detectan este tipo de error lógico.

Numeración de actividades

Cada actividad necesita un código único de identificación, en general, un número. En la práctica existen esquemas muy elegantes. La mayoría numera las actividades en orden ascendente, es decir, cada actividad sucesiva tiene un número mayor de tal manera que el flujo de las actividades se dé hacia la terminación del proyecto. Se acostumbra dejar huecos entre cifras (1, 5, 10, 15...). Los huecos son deseables para que usted pueda añadir actividades nuevas o faltantes más adelante. Como casi es imposible dibujar una red de proyecto perfecta, en general, la numeración de las redes no se hace sino hasta que se ha terminado la red.

En la práctica usted encontrará programas de computación que aceptarán designaciones numéricas, alfabéticas o por una combinación de actividades. A menudo, las designaciones de combinación se utilizan para identificar costos, trabajo, habilidades, departamentos y ubicaciones. Como regla general, los sistemas de numeración de actividades deben ser ascendentes y lo más sencillos posible. Se pretenden así para que los participantes en el proyecto avancen en su trabajo a través de la red y puedan localizar actividades específicas.

Uso de computadoras para desarrollar redes

Todas las herramientas y técnicas que se analizan en este capítulo pueden utilizarse con el software actual. En las figuras 6.10 y 6.11 se muestran dos ejemplos de ello. En la 6.10 se presenta una salida de computadora genérica para la AEN del proyecto de Air Control. La ruta crítica se identifica con los nodos no sombreados (actividades 1, 4, 6, 7 y 8). La descripción de actividades se muestra en la línea superior del nodo de actividad. La identificación y la duración de la actividad están al lado derecho del nodo. El inicio y la terminación tempranos se ubican a la izquierda del nodo. El proyecto comienza el 1 de enero y se ha planeado que termine el 14 de febrero.

En la figura 6.11 se presenta una gráfica de barras de Gantt para el inicio temprano. Las gráficas de barras son populares porque presentan una imagen clara y fácil de entender en un horizonte con escalas de tiempo. Se les utiliza durante la planeación, la programación de recursos y la elaboración de reportes sobre el avance. El formato es una representación en dos dimensiones del programa del proyecto, con actividades en las columnas y el tiempo a lo largo del eje horizontal. En esta salida de computadora las barras grises representan las duraciones de las actividades. Las líneas que se extienden a partir de las barras representan el tiempo de holgura. Por ejemplo, el “desarrollo del software” tiene una duración de 18 unidades de tiempo (el área sombrada de la barra) y 20 días de holgura (que están representados por la línea extendida). La barra también indica que la actividad tiene un inicio temprano el 3 de enero y que terminará el 20 de ese mes, pero que podría extenderse hasta el 9 de febrero porque tiene 20 días de extensión. Cuando se utilizan las fechas en el eje de tiempo, las gráficas de Gantt proporcionan un panorama general claro del programa del proyecto y pueden encontrarse a menudo publicadas en los tableros de las oficinas de proyectos. Por desgracia,

FIGURA 6.9
Circuito ilógico

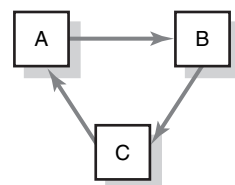


FIGURA 6.10 Proyecto de control del aire; diagrama de la red

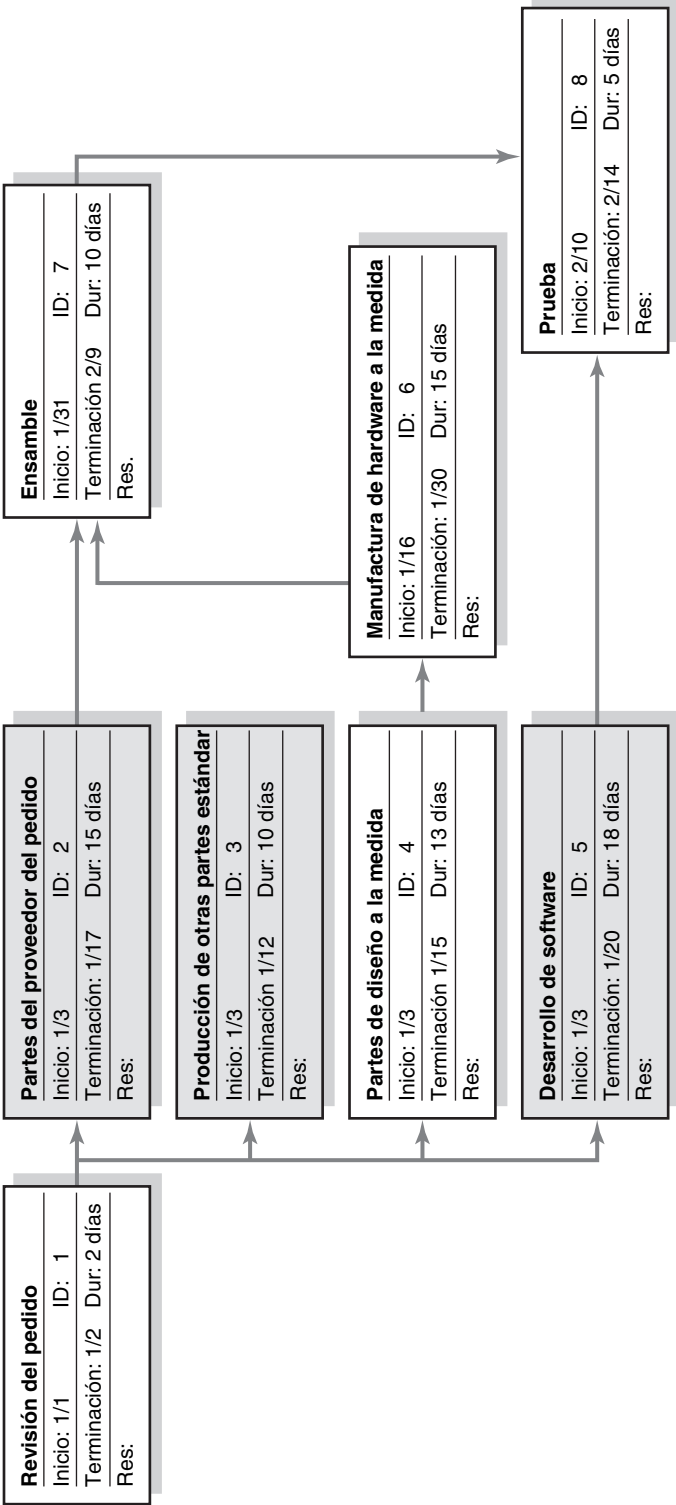
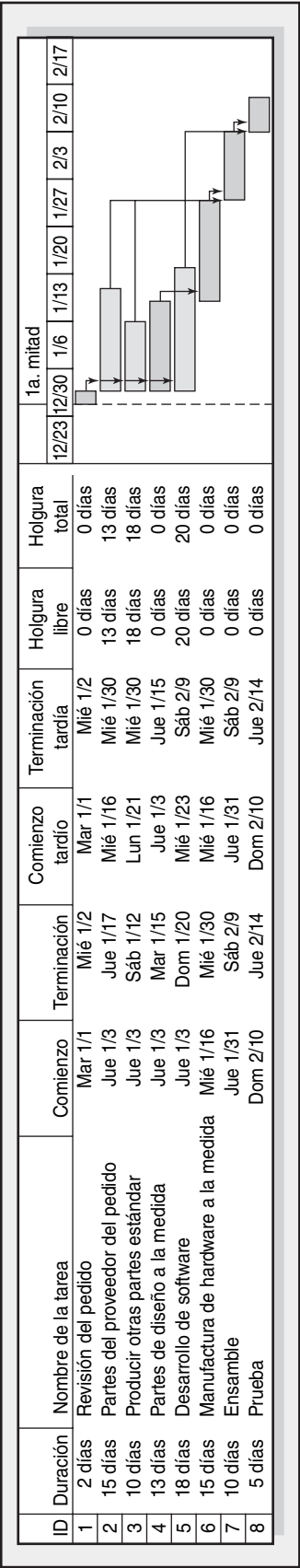


FIGURA 6.11 Proyecto de control del aire; gráfica de Gantt



cuando los proyectos tienen muchas relaciones de dependencia, las líneas de dependencia pronto se vuelven abrumadoras y derrotan la sencillez de la gráfica de Gantt.

El software de administración de proyectos puede ser una gran ayuda en manos de quienes comprenden y están familiarizados con las herramientas y las técnicas que se analizan en este texto. Sin embargo, no hay nada más peligroso que alguien utilice el software con poco o ningún conocimiento de la manera en que éste produce información. Los errores en el ingreso de información son muy comunes y requieren de alguien que tenga habilidad con los conceptos, herramientas y sistema de información para reconocer que los errores existen y que se están evitando las acciones falsas.

Fechas de calendario

En última instancia usted querrá asignarle fechas de calendario a las actividades de su proyecto. Si no se utiliza un programa de computación, las fechas se asignan en forma manual. Extienda un calendario de días hábiles (excluya los no laborables) y numérelos. Luego relacione los días hábiles del calendario con los de su red de proyecto. La mayor parte de los programas de computadora asignarán fechas de manera automática una vez que usted haya identificado las fechas de inicio, las unidades de tiempo, los días no hábiles y otra información.

Inicios y proyectos múltiples

En algunos programas de computación se necesita un suceso común de inicio y terminación en la forma de un nodo (en general, un círculo o un rectángulo) para una red de proyecto. Incluso si éste no es un requisito, es una buena idea porque evita las rutas “confusas”. Éstas dan la impresión de que el proyecto no tiene un principio o un fin claros. Si el proyecto tiene más de una actividad que puede iniciarse cuando el primero ha de comenzar, cada ruta es confusa. Lo mismo sucede si la red del proyecto termina con más de una actividad; a estas rutas no conectadas también se les denomina “*Caminos colgantes*”. Pueden evitarse al relacionar las actividades con un nodo común de inicio o terminación del proyecto.

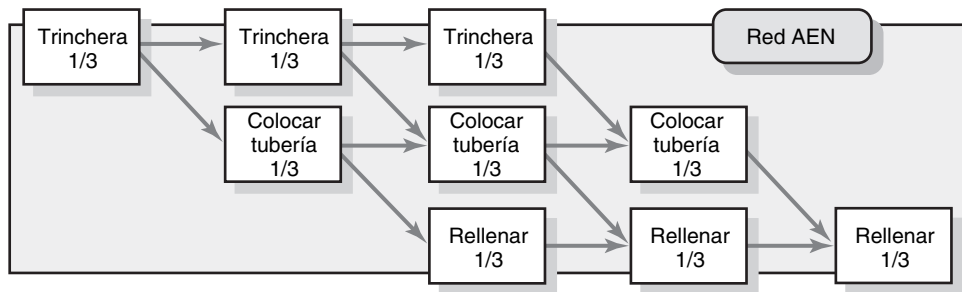
Cuando varios proyectos se relacionan unos con otros en una empresa, el uso de un nodo común de inicio o terminación ayuda a identificar el periodo total de planeación de todos los proyectos. El uso de actividades falsas o fingidas de espera a partir de un nodo común de inicio permite que existan distintas fechas de inicio para cada proyecto.

Técnicas ampliadas de la red para acercarse más a la realidad

El método que muestra relaciones entre actividades en la última sección se llama relación de inicio a terminación porque supone que todas las actividades precedentes conectadas de inmediato deben concluir antes de que pueda comenzar la siguiente actividad. En un esfuerzo por acercarse a las realidades de los proyectos se han añadido algunas extensiones útiles. El uso de *escalamientos* fue la primera extensión obvia que los practicantes consideraron muy útil.

Escalamiento

La suposición de que todas las actividades precedentes de inmediato deben terminarse al 100 por ciento es muy limitante en algunas situaciones que se dan en la práctica. La restricción ocurre con mayor frecuencia cuando una actividad se traslapa sobre el inicio de la otra y tiene una larga duración. Bajo el estándar de la relación inicio a terminación, cuando una actividad tiene larga duración y retrasará el comienzo de la actividad que le sigue de cerca, la actividad puede descomponerse en segmentos y es posible dibujar la red mediante el enfoque de *escalamiento*, de manera que la actividad que sigue comience pronto y no demore el trabajo. Esta segmentación de la actividad mayor da la apariencia de avanzar en una escalera en la red, de ahí el nombre. El ejemplo clásico que se utiliza en muchos textos y artículos es el de tubo colocado porque es fácil de visualizar. La trinchera debe excavar, el tubo instalarse y la trinchera rellenarse. Si la tubería tiene una milla de longitud, no es necesario excavar una milla de trinchera antes de comenzar la colocación de una tubería, ni tampoco instalar una milla de tubería antes de iniciar el rellenado del terreno. En la figura 6.12 se muestra la manera en que estas actividades, que se traslapan entre sí, pueden aparecer en una red de AEN con el enfoque de inicio a terminación.

FIGURA 6.12 Ejemplo de escalamiento con una relación de final a inicio

Uso de retrasos

Se ha desarrollado el uso de *retrasos* para darle mayor flexibilidad a la construcción de las redes. *Un retraso es la mínima cantidad de tiempo que una actividad dependiente debe retrasarse para comenzar o terminar.* El uso de retrasos en una red de proyecto se da por dos razones fundamentales:

1. Cuando las actividades de larga duración retrasan el inicio o la terminación de actividades sucesoras, el diseñador de la red por lo general descompone la actividad en otras más pequeñas de tal modo que se evite el retraso prolongado de la actividad sucesora. El uso de retrasos puede evitar esas tardanzas y reducir el detalle de la red.
2. Los retrasos pueden utilizarse para limitar el inicio y la terminación de una actividad.

Las extensiones de relación más utilizadas son de inicio a inicio, de final a final y una combinación de ambas. En esta sección se analizan estos patrones de relación.

Relación de final a inicio

La relación de final a inicio representa un estilo genérico y típico de red que se utiliza en la primera parte de este capítulo. Sin embargo, existen situaciones donde la siguiente actividad en una secuencia debe retrasarse, incluso cuando se termina la actividad precedente. Por ejemplo, el retiro de las formas de concreto no puede comenzar sino hasta que el cemento vaciado se haya curado durante dos unidades de tiempo. En la figura 6.13 se muestra esta relación de retraso para la red AEN. Las demoras de inicio a fin son frecuentes cuando se ordenan materiales. Por ejemplo, quizá se requiera un día para colocar pedidos, pero 19 para recibir los bienes. El uso de un enfoque final a inicio permite que la actividad dure nada más un día y el retraso, 19. Este enfoque garantiza que el costo de la actividad se relacione sólo con la colocación del pedido y no con hacer un cargo a la actividad por 20 días de trabajo. Esta relación de retraso final a inicio es útil para representar las dilaciones por transportación, trámites legales o envíos por correspondencia.

El uso de retrasos de final a inicio debe verificarse con cuidado para que se garantice su validez. Se sabe que los administradores de proyecto conservadores o los responsables de la terminación de actividades han utilizado los retrasos como una manera de introducir un factor de “atascamiento” y así reducir el riesgo de terminar tarde. Una regla sencilla a seguir es que el uso de retrasos de final a inicio debe justificarse y la debe aprobar alguien responsable de una gran sección del proyecto. En general, no es difícil determinar la legitimidad de los retrasos. El uso válido de la relación adicional puede mejorar mucho a la red al representar con mayor fidelidad las realidades del proyecto.

Relación de inicio a inicio

Una alternativa para segmentar las actividades, como se hizo antes, es utilizar una relación de inicio a inicio. Las relaciones típicas de inicio a inicio aparecen en la figura 6.14. En la figura 6.14a se muestra la relación de inicio a inicio con un retraso de cero, mientras que en la figura 6.14b se ofrece

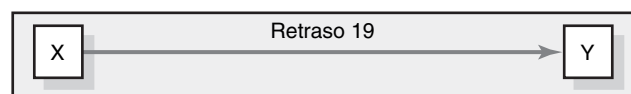
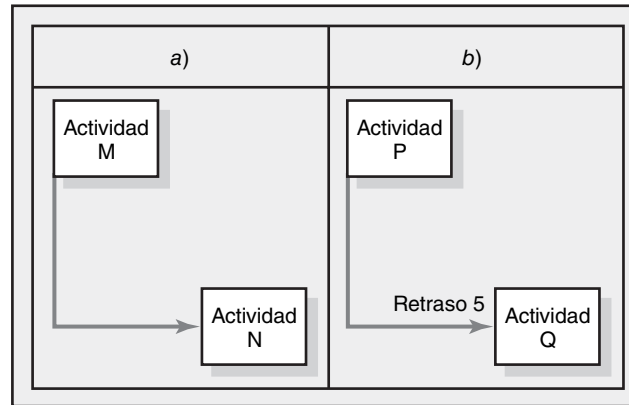
FIGURA 6.13
Relación de final a inicio

FIGURA 6.14
Relación de inicio
a inicio

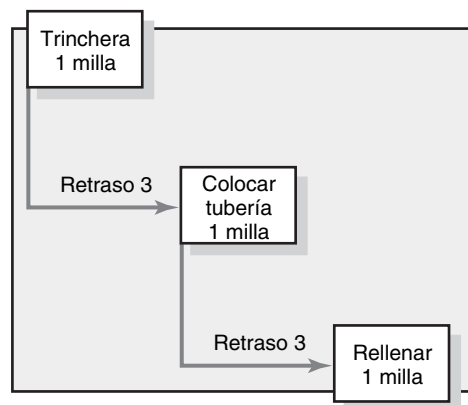


la misma relación con un retraso de cinco unidades de tiempo. Es importante advertir que se puede utilizar la relación con o sin un retraso. Si se asigna el tiempo, por lo general se le muestra en la flecha de dependencia en una red AEN.

En la figura 6.14b, la actividad Q no puede iniciarse sino hasta que transcurran cinco unidades de tiempo después de iniciar la actividad P. En general, este tipo de relación representa una situación donde usted puede desempeñar una parte de una actividad y comenzar una actividad de seguimiento antes de terminar la primera. Esta relación puede utilizarse en el proyecto de colocación de tubería. En la figura 6.15 se muestra al proyecto utilizando una red AEN. La relación de inicio a inicio reduce el detalle en la red y los retrasos en el proyecto mediante el uso de relaciones de retraso.

Es posible encontrar oportunidades de compresión al convertir las relaciones de final a inicio en otras de inicio a inicio. Si se analizan las actividades críticas de final a inicio pueden encontrarse oportunidades a corregir en forma paralela mediante el uso de relaciones de inicio a inicio. Por ejemplo, en lugar de una actividad de final a inicio: “diseñar casa, luego construir cimientos”, se podría utilizar una relación de inicio a inicio donde pudieran comenzarse los cimientos, por decir algo, cinco días (retraso) después de que se haya iniciado el diseño, suponiendo que éste es la primera parte de toda la actividad de diseño. Esta relación de inicio a inicio con un pequeño retraso permite que se lleve a cabo una actividad secuencial paralela y que se comprima la duración de la ruta crítica. Este mismo concepto se encuentra a menudo en los proyectos donde la ingeniería concurrente se utiliza para acelerar la terminación de un proyecto. La ingeniería concurrente, que se explica en detalle en el recuadro Caso de Práctica: Ingeniería concurrente, básicamente descompone a las actividades en segmentos más pequeños de tal manera que el trabajo se pueda hacer en forma paralela y el proyecto pueda acelerarse. Las relaciones de inicio a inicio pueden representar las condiciones concurrentes de ingeniería y reducir el detalle en la red. Por supuesto, el mismo resultado puede obtenerse si se descompone una actividad en paquetes pequeños que puedan llevarse a cabo en forma paralela, pero este último enfoque aumenta de manera sustancial la red y los detalles de rastreo.

FIGURA 6.15
Uso de retrasos para
reducir el detalle





En el pasado, cuando una empresa iniciaba un nuevo proyecto de desarrollo de productos, comenzaría su camino secuencial en el departamento de investigación y desarrollo. Se trabajaba en conceptos e ideas y los resultados se pasaban al departamento de ingeniería, que en ocasiones volvía a elaborar todo el producto. Este resultado se pasaba a manufactura para garantizar que se le pudiera fabricar con la maquinaria y las operaciones existentes. Comenzaban las mejoras después de que se descubrían los defectos y las oportunidades de mejora durante la producción. Para este enfoque secuencial al desarrollo de productos se necesitaba mucho tiempo y no era raro que el producto final quedara irreconocible cuando se le comparaba con las especificaciones originales.

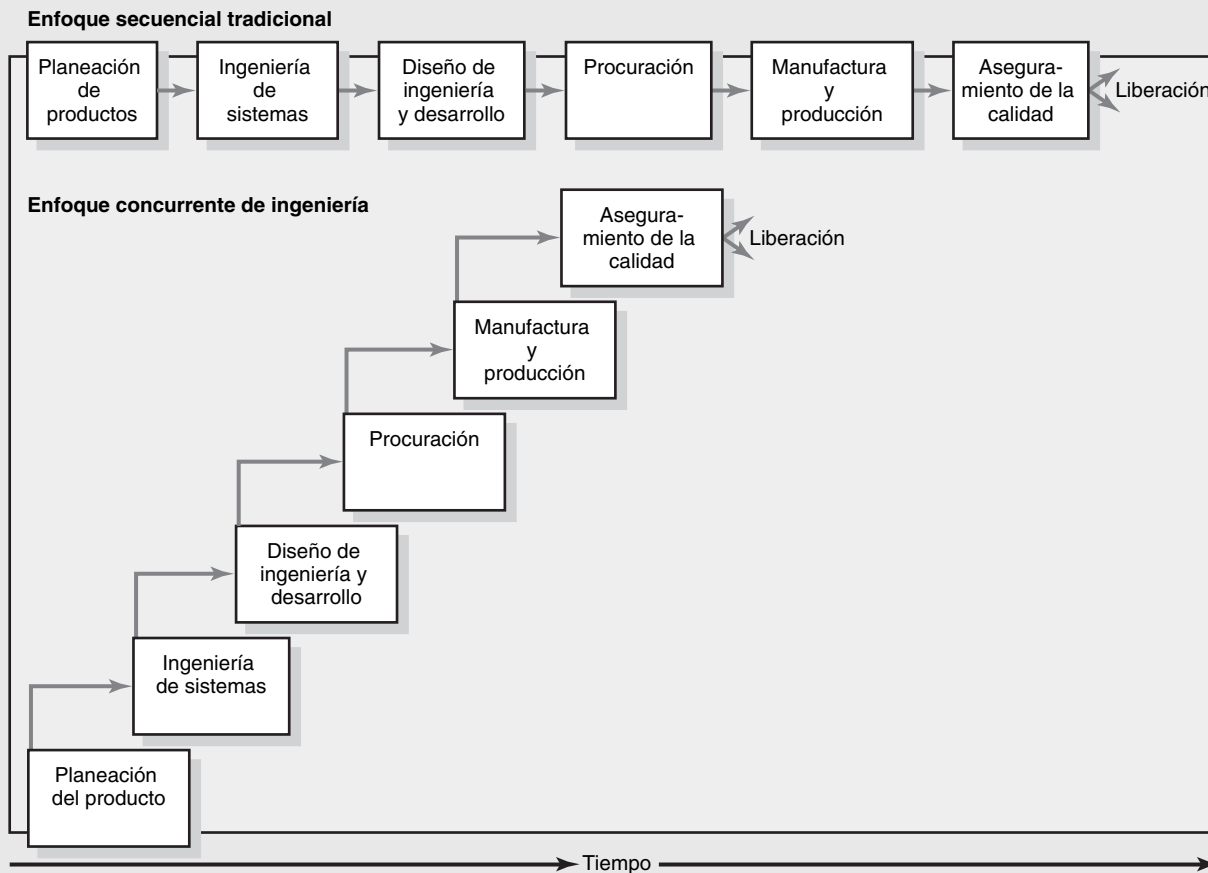
Dado el énfasis en la velocidad para llevarlo al mercado, las empresas han abandonado el enfoque secuencial para el desarrollo de productos y han adoptado otro, más holístico, denominado ingeniería concurrente. En pocas palabras, la *ingeniería concurrente* implica la

participación activa de todas las especialidades relevantes en el proceso de diseño y desarrollo. La secuencia tradicional tipo cadena de las relaciones de final a inicio se sustituye con una serie de relaciones de retraso inicio a inicio en cuanto puede iniciar el trabajo significativo de la etapa siguiente. En la figura 6.16 se resumen los enormes ahorros de tiempo que se logran con este enfoque para llegar al mercado.

Por ejemplo, la Chrysler Corporation lo utilizó para diseñar su nueva línea de automóviles SC, entre ellos el popular sedán *Neon*. Desde el principio, especialistas procedentes de los departamentos de comercialización, ingeniería, diseño, manufactura, aseguramiento de la calidad y otras áreas relevantes participaron en cada etapa del proyecto. No sólo se logró que el proyecto cumpliera todos sus objetivos, sino que se le terminó seis meses antes de lo programado.

* O. Suris, "Competitors Blinded by Chrysler's Neon", *The Wall Street Journal*, 10 de enero de 1994.

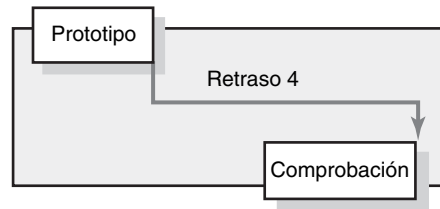
FIGURA 6.16 Proceso de desarrollo de nuevos productos



Relación de final a final

En la figura 6.17 se hace una representación de este tipo de relación. La terminación de una actividad depende del cumplimiento de otra. Por ejemplo, no es posible terminar las pruebas antes de cuatro días después de la culminación del prototipo. Advierta que ésta no es una relación de final a inicio porque la comprobación de los subcomponentes puede iniciarse antes de la acabado

FIGURA 6.17
Relación de final
a final



del prototipo, pero se requieren cuatro días de pruebas del “sistema” después de finalizado el prototipo.

Relación de inicio a final

Esta relación representa situaciones donde la terminación de una actividad depende del inicio de otra. Por ejemplo, la documentación del sistema no puede terminar sino hasta tres días después de que se han iniciado las pruebas (véase la figura 6.18). Aquí se produce toda la información relevante para terminar la documentación del sistema después de los primeros tres días de pruebas.

Combinaciones de relaciones de retrasos

Es posible asignar más de un tipo de relación de retrasos a una actividad. En general, estas relaciones son combinaciones de inicio a inicio y de final a final de dos actividades. Por ejemplo, el descifrado no puede comenzar sino hasta dos unidades de tiempo después del comienzo de la codificación. Ésta debe terminar cuatro días antes de que el descifrado concluya (véase la figura 6.19).

Un ejemplo del uso de relaciones de retrasos: los pases hacia adelante y hacia atrás

Los procedimientos de los pases hacia adelante y hacia atrás son los mismos que se explicaron en el capítulo para las relaciones de final a inicio (sin retrasos). La técnica modificadora reside en la necesidad de verificar cada relación nueva para ver si modifica el tiempo de inicio o de terminación de otra actividad.

Un ejemplo del resultado de los pases hacia adelante y hacia atrás se incluye en la figura 6.20. La colocación de un pedido de hardware depende del diseño del sistema (de inicio a inicio). A tres días del diseño del sistema (actividad A), es posible pedir el hardware requerido (actividad B). Se necesitan cuatro días después de colocado el pedido (actividad B) para que el hardware llegue a fin de que se le pueda instalar (actividad C). Luego de dos días de haberse instalado el sistema de software (actividad D) es posible iniciar su comprobación (actividad E). Esta última puede terminarse dos días después de la instalación del software (actividad D). La preparación de la documentación de un sistema (actividad F) puede comenzar una vez que se termina el diseño (actividad A), pero no puede terminarse sino hasta dos días después de la comprobación del sistema (actividad E). Esta relación final es un ejemplo del retraso de inicio a inicio.

FIGURA 6.18
Relación de inicio
a final

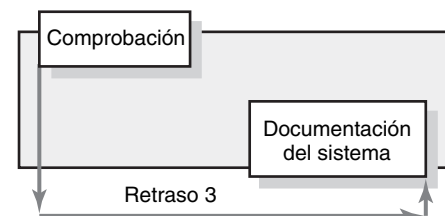


FIGURA 6.19
Relaciones de
combinación

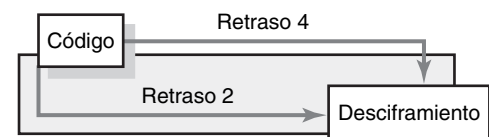
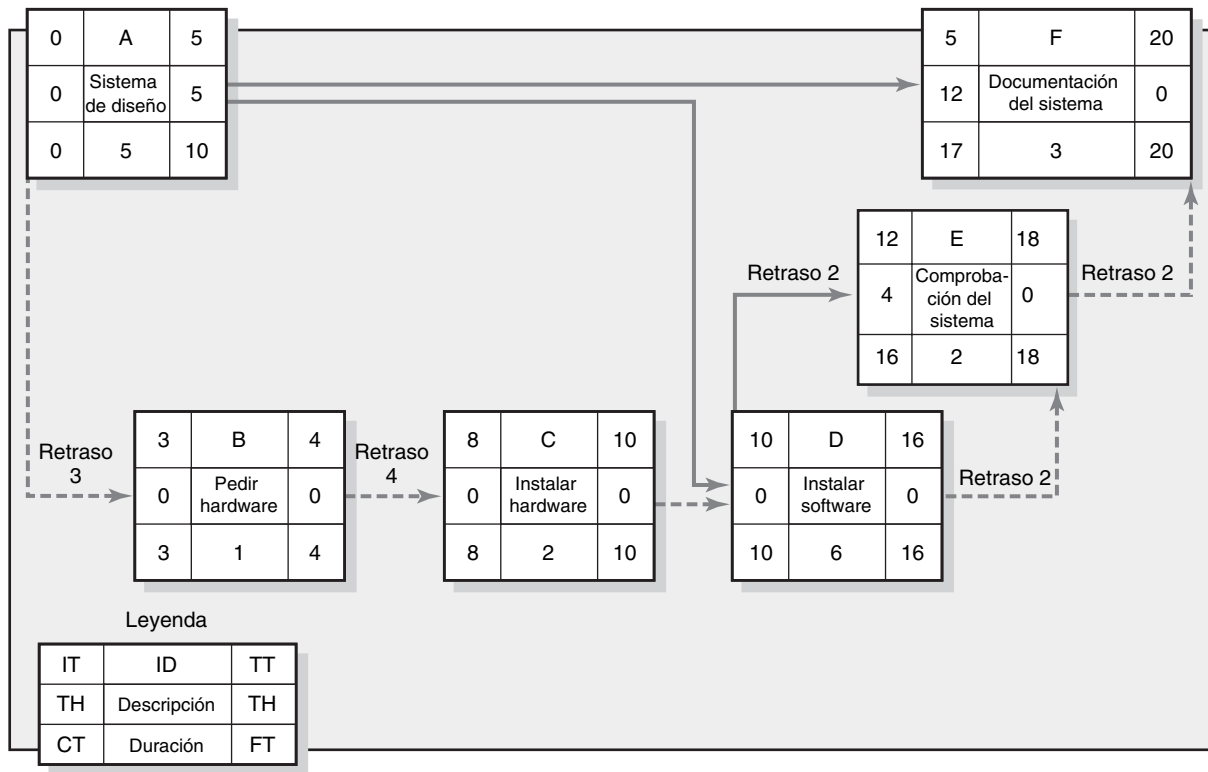


FIGURA 6.20 Red con el uso de retrasos



Advierta cómo una actividad puede tener una conclusión y/o final crítico. Las actividades E y F tienen terminaciones críticas (cero holgura), pero sus inicios de actividad tienen cuatro y 12 días de holgura. Sólo las terminaciones de las actividades E y F son críticas. A la inversa, la actividad A tiene un espacio de cero para iniciar, pero de cinco días para terminar. La ruta crítica sigue las limitaciones de inicio y final de las actividades que se dan por el uso de las relaciones adicionales disponibles y los retrasos impuestos. Usted puede identificar la ruta crítica de la figura 6.20 seguida de la línea punteada de la red.

Si existe una relación de retraso, es necesario verificar cada actividad para ver si se limita el inicio o el final. Por ejemplo, en el pase hacia adelante, se controla la TT de la actividad E (sistema de prueba) (18) con la terminación de la actividad D (instalación de software) y el retraso de dos unidades de tiempo ($16 + \text{retraso } 2 = 18$). Por último, en el pase hacia atrás, el IT de la actividad A (sistema de diseño) se controla con la actividad B (pedido del hardware) y la relación de retraso con la actividad A ($3 - 3 = 0$).

Actividades “hamaca”

En otra de las técnicas extendidas se utiliza una *actividad hamaca*. Ésta deriva su nombre de que se extiende sobre un segmento de un proyecto. Su duración se determina *después* de que se dibuja el plan de la red. En el recuadro Caso de Práctica: Actividades hamaca se describe su uso.

Resumen

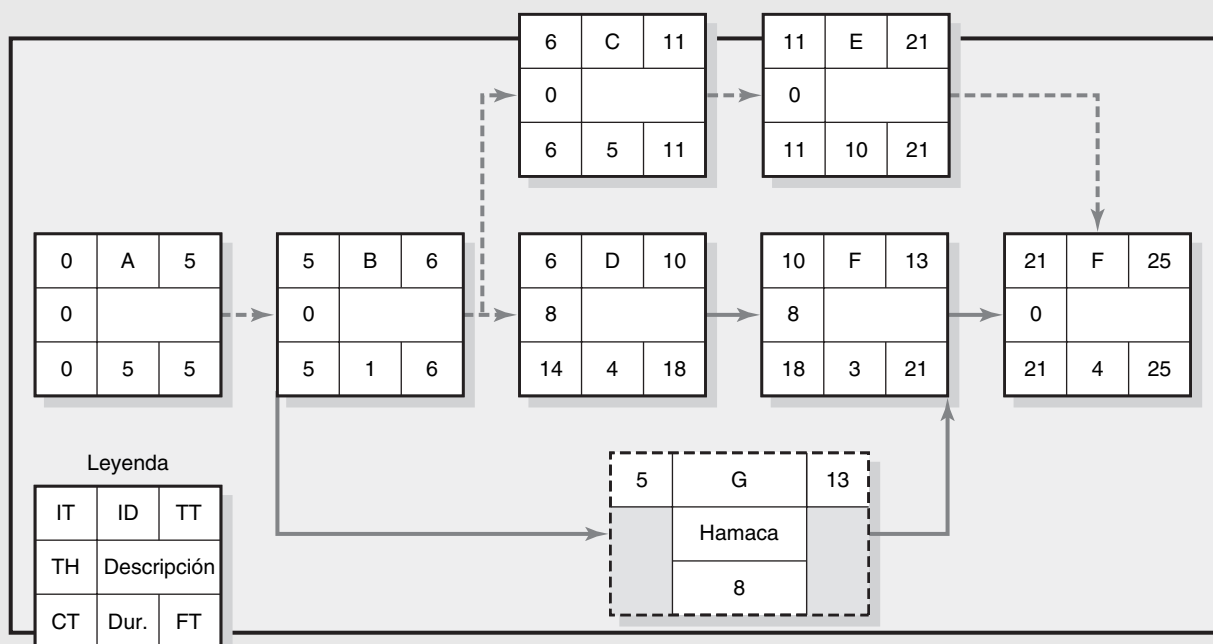
Muchos administradores de proyecto consideran que la red del proyecto constituye el ejercicio y el documento de planeación más valiosos. Las redes del proyecto establecen una secuencia y las etapas cronológicas del trabajo, recursos y presupuestos. Se utiliza el paquete de tareas para desarrollar actividades para las redes. Todos los administradores de proyecto deben sentirse responsables de trabajar en un ambiente de AEN. En él se utilizan nodos (cajas) para las actividades y flechas para las dependencias. Los pases hacia adelante y hacia atrás establecen los tiempos tempranos y tardíos para las actividades. Aunque la mayoría de los administradores de proyecto utiliza computadoras



A menudo se utilizan las actividades hamaca para identificar el uso de recursos o costos fijos en un segmento del proyecto. Algunos ejemplos típicos de las actividades hamaca son los servicios de inspección, los consultores o los servicios de administración de la construcción. Una actividad hamaca deriva su duración del intervalo de tiempo que hay entre otras actividades. Por ejemplo, se necesita una máquina copiadora a color especial para un segmento de un proyecto para publicar una muestra comercial. Es posible utilizar una actividad hamaca para indicar la necesidad de este recurso y aplicar los costos a este segmento del proyecto. Esta hamaca se relaciona, desde el principio de la primera actividad que utiliza la

copiadora a color, con el final de la última actividad que la emplea. La duración de la actividad hamaca es tan sólo la diferencia entre la TT de la última actividad y el IT de la primera. La duración se calcula después del pase hacia delante y, por lo tanto, no tiene influencia en los tiempos de las demás actividades. En la figura 6.21 se incluye un ejemplo de una actividad hamaca, dentro de una red. La duración de la actividad hamaca se deriva del inicio temprano de la actividad B y la terminación temprana de la actividad F; es decir, en la diferencia entre 13 y 15, o en ocho unidades de tiempo. La duración de la actividad hamaca se modificará si lo hace cualquier IT o TT de la cadena. Las actividades hamaca son muy útiles para asignar y controlar los costos indirectos del proyecto.

FIGURA 6.21 Ejemplo de actividad hamaca



para generar redes y tiempos de actividades, encuentran un gran entendimiento del desarrollo de la red y la capacidad de calcular los tiempos de las actividades, lo cual es invaluable en el campo. Las computadoras se descomponen; los errores en las entradas de datos arrojan información falsa; hay que tomar algunas decisiones sin el análisis “condicional” de computación. Los administradores de proyecto que conocen bien el desarrollo de las redes y los métodos de AEN, y que pueden calcular los tiempos de las actividades, se toparán con menos problemas que los gerentes de proyecto menos familiarizados con esto. Las redes de proyecto ayudan a garantizar que no surjan sorpresas.

El método AEN original ha sido objeto de diversas extensiones y modificaciones. Los retrasos le permiten al administrador de proyecto reproducir más de cerca las condiciones reales que se encuentran en la práctica. El uso de retrasos puede hacer que el inicio o la terminación de una actividad se hagan críticos. En algún software de computación se califica a toda la actividad como crítica y no sólo a su inicio o terminación. Debe tenerse cuidado de garantizar que los retrasos no se utilicen como amortiguador de los posibles errores en el cálculo del tiempo. Por último, las actividades hamaca son útiles para rastrear el costo de los recursos que se utilizan en un segmento particular de un proyecto. También ayudan a reducir el tamaño de una red de proyecto al agrupar actividades para simplificación y claridad. Todos los refinamientos analizados respecto de la metodología AEN original ayudan a una mejor planeación y control de los proyectos.

Términos clave

Actividad	Actividad explosiva	Ruta crítica
Actividad de fusión	Actividad hamaca	Sensibilidad de la red
Actividad en el nodo (AEN)	Actividad paralela	Tiempo de holgura/flotación, total y libre
Actividad en la flecha (AEF)	Gráfica de Gantt	Tiempos tempranos y tardíos
	Ingeniería concurrente	
	Relación de retrasos	

Preguntas de repaso

1. ¿De qué manera la EDT se distingue de la red de proyecto?
2. ¿Cómo se interrelacionan la EDT y las redes del proyecto?
3. ¿Por qué molestarse en la creación de una EDT? ¿Por qué no ir directamente a la red del proyecto y olvidarse de la EDT?
4. ¿Por qué el tiempo de holgura es importante para el administrador de proyecto?
5. ¿Cuál es la diferencia entre tiempo de holgura libre y total?
6. ¿Por qué se utilizan los retrasos para desarrollar las redes de proyecto?
7. ¿Qué es una actividad hamaca y cuándo se le utiliza?

Ejercicios

Creación de una red de proyecto

1. A continuación se presenta una estructura de descomposición del trabajo para una boda. Utilice el método que se describe en el recuadro Caso de Práctica: El enfoque amarillo pegajoso a fin de elaborar una red para este proyecto.

Nota: No incluya las tareas resumidas en la red (por ejemplo, 1.3, ceremonia, es una tarea resumida; 1.2, permiso de matrimonio, no). No considere quién haría la tarea en la construcción de la red. Por ejemplo, no disponga que “contratar un conjunto de música” se da después de “florista”, porque la misma persona es la responsable de ambas tareas. Tan sólo céntrese en las dependencias técnicas entre tareas.

Consejo: Comience con la última actividad (recepción de bodas) y luego regrese en forma gradual al inicio del proyecto. Elabore la secuencia lógica de las tareas preguntándose lo siguiente: ¿qué debe lograrse inmediatamente después de esto a fin de tenerlo o hacerlo? Una vez que termine, verifique lo que sucede más adelante en el tiempo preguntándose: ¿es esta tarea lo único que se necesita justo antes del inicio de la tarea siguiente?

Estructura de descomposición del trabajo

1. Proyecto de bodas
 - 1.1 Decidir la fecha
 - 1.2 Permiso de matrimonio
 - 1.3 Ceremonia
 - 1.3.1 Rentar iglesia
 - 1.3.2 Florista
 - 1.3.3 Diseñar/imprimir programas
 - 1.3.4 Contratar fotógrafo
 - 1.3.5 Ceremonia de matrimonio
 - 1.4 Invitados
 - 1.4.1 Elaborar una lista de invitados
 - 1.4.2 Ordenar invitaciones
 - 1.4.3 Rotular y enviar invitaciones
 - 1.4.4 Hacer un seguimiento de las confirmaciones
 - 1.5 Recepción
 - 1.5.1 Reservar un salón de fiestas
 - 1.5.2 Alimentos y bebidas
 - 1.5.2.1 Elegir proveedor

- 1.5.2.2 Decidir el menú
- 1.5.2.3 Hacer el pedido final
- 1.5.3 Contratar conjunto de música
- 1.5.4 Decorar el salón de fiestas
- 1.5.5 Recepción de bodas

Dibujar redes AEN

2. Dibuje una red de proyecto a partir de la siguiente información:

Actividad	Predecesor
A	Ninguna
B	A
C	A
D	A, B, C
E	D
F	D, E

3. Dada la siguiente información, bosqueje una red de proyecto:

Actividad	Predecesor
A	Ninguna
B	A
C	A
D	A
E	B
F	C, D
G	E
H	G, F

4. Utilice la información que se da en seguida para dibujar una red de proyecto:

Actividad	Predecesor
A	Ninguna
B	A
C	A
D	B
E	B
F	C
G	D, E
H	F
I	F
J	G, H
K	J, I

5. Con la información que se incluye a continuación, trace una red de proyecto:

Actividad	Predecesor
A	Ninguna
B	Ninguna
C	Ninguna
D	A, B
E	C
F	D, E
G	E
H	F, G
I	H

6. A continuación se incluye información que se le pide a usted que use para dibujar una red de proyecto:

Actividad	Predecesor
A	Ninguna
B	Ninguna
C	A
D	B
E	C, D
F	E
G	E
H	E
I	F
J	G, H
K	H, I, J

Tiempos de la red AEN

7. A partir de los datos que siguen desarrolle una red de proyecto. Complete los pases hacia adelante y hacia atrás, calcule los retrasos de actividad e identifique la ruta crítica.

Actividad	Predecesor	Tiempo (semanas)
A	Ninguna	4
B	A	5
C	A	4
D	B	3
E	C, D	6
F	D	2
G	E, F	5

- ¿Cuál es la ruta crítica?
- ¿Cuántas semanas se necesitan para terminarla?
- ¿Cuál es el tiempo de holgura para la actividad C? ¿Y para la actividad F?

8. El departamento de comercialización de un banco está desarrollando un nuevo plan de hipotecas para contratistas de vivienda. Trace una red de proyecto con la información que se da en la tabla que sigue. Complete los pases hacia adelante y hacia atrás, calcule el tiempo de holgura e identifique la ruta crítica.

Actividad	Predecesor	Tiempo (semanas)
A	Ninguna	3
B	Ninguna	4
C	A	2
D	C	5
E	B	7
F	D, E	1
G	D	4
H	F, G	5

- ¿Cuál es la ruta crítica?
¿Cuántas semanas se necesitan para terminarla?
¿Cuál es el tiempo de holgura para la actividad F? ¿Y para la actividad G?
9. La información del proyecto para el proyecto hecho a la medida de la Air Control Company se presenta a continuación. Calcule los tiempos tempranos y tardíos de las actividades, así como los tiempos de holgura. Identifique la ruta crítica.

ID	Actividad	Predecesor	Tiempo
A	Pedir revisión	Ninguna	2
B	Pedir partes estándar	A	15
C	Producir partes estándar	A	10
D	Diseñar partes a la medida	A	13
E	Desarrollo de software	A	18
F	Fabricar hardware a la medida	C, D	15
G	Ensamblar	B, F	10
H	Probar	E, G	5

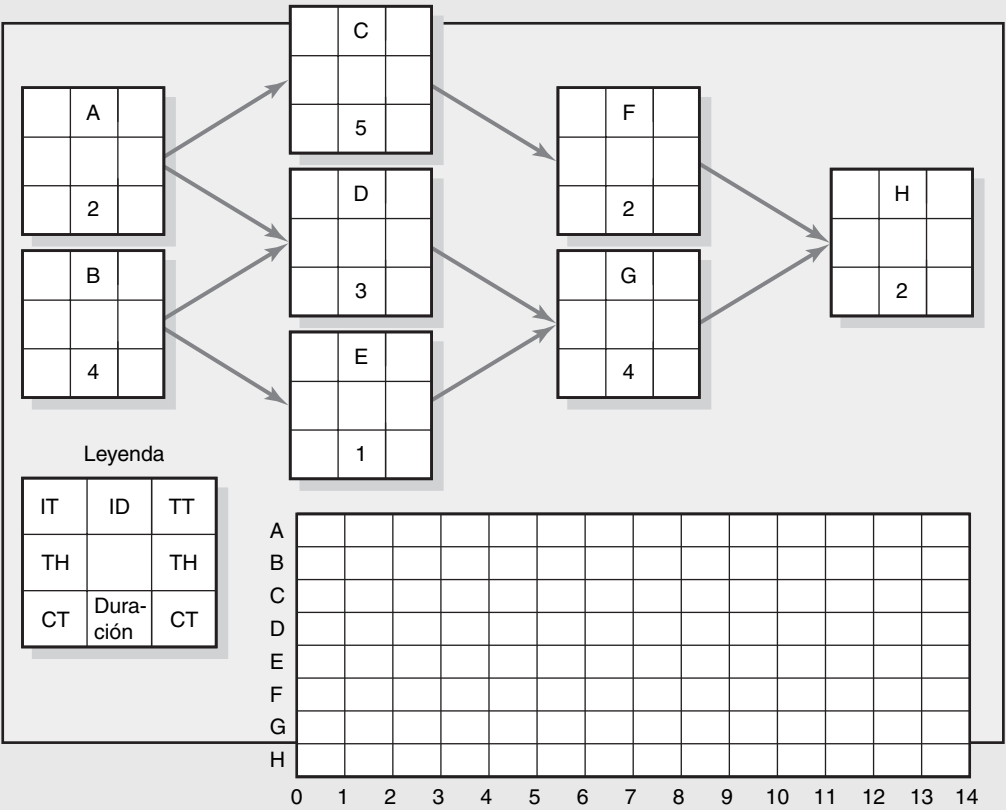
10. J. Wold, administrador de proyecto de Print Software, Inc., quiere que usted prepare una red de proyecto, calcule los tiempos de las actividades temprana, tardía y nula (inactividad), determine la duración planeada del proyecto e identifique la ruta crítica. Su asistente ha recopilado la información que sigue para el proyecto de software de los controladores de la impresora a color.

ID	Actividad	Predecesor	Tiempo
A	Especificaciones externas	Ninguna	8
B	Revisar las características de diseño	A	2
C	Documentar las nuevas características	A	3
D	Redactar software	A	60
E	Programar y comprobar	B	60
F	Editar y publicar notas	C	2
G	Revisar manual	D	2
H	Sitio alfa	E, F	20
I	Imprimir manual	G	10
J	Sitio beta	H, I	10
K	Manufactura	J	12
L	Liberar y embarcar	K	3

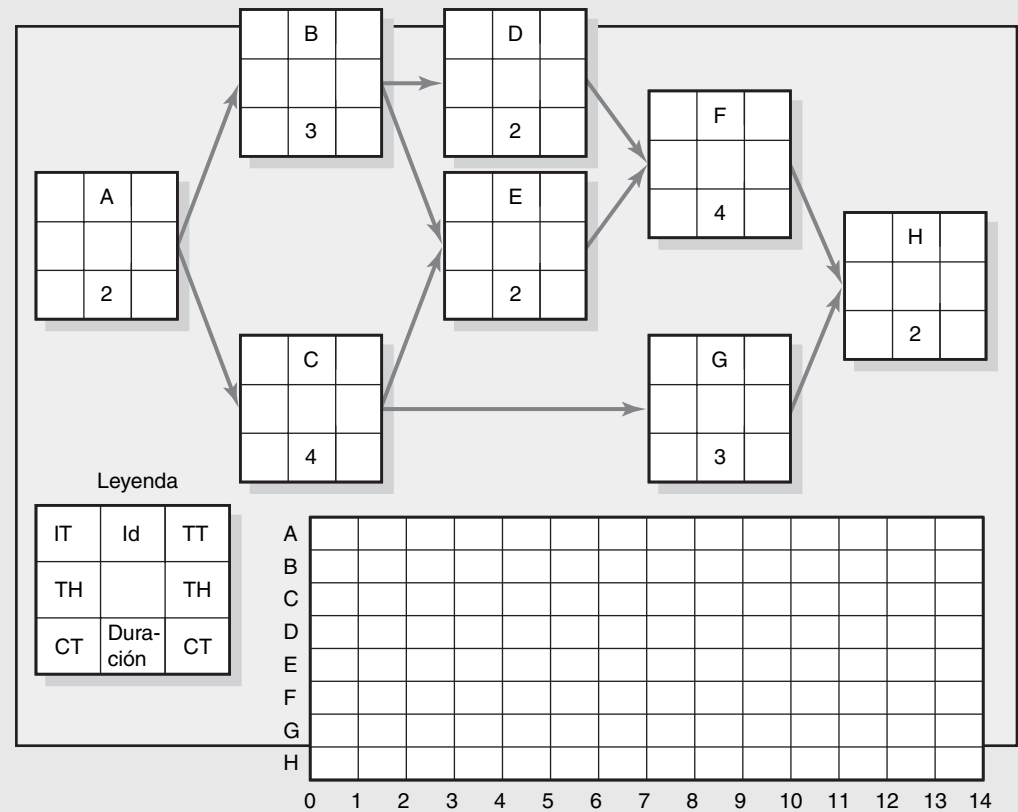
11. Una ciudad grande al este de Estados Unidos ha solicitado fondos federales para un proyecto "Maneja y conduzca". Uno de los requisitos de la solicitud es un plan de red para la fase de diseño del proyecto. Catherine Walker, ingeniera en jefe, quiere que usted desarrolle una red de proyecto para cumplir con esto. Ha recopilado estimados de los tiempos de las actividades, así como sus dependencias. En la red de proyecto que elabore indique los tiempos tempranos y tardíos de las actividades, así como las holguras. Señale la ruta crítica.

ID	Actividad	Predecesor	Tiempo
A	Encuesta	Ninguna	5
B	Reporte de suelos	A	20
C	Diseño del tránsito	A	30
D	Mapeo del lote	A	5
E	Aprobación del diseño	B, C, D	80
F	Iluminación	E	15
G	Drenaje	E	30
H	Diseño de los jardines	E	25
I	Firma	E	20
J	Propuesta de licitación	F, G, H, I	10

12. Dada la red de proyecto que sigue, elabore una gráfica de barras para el proyecto. Use la línea de tiempo para alinear sus barras. Asegúrese de indicar los tiempos de holgura para las actividades no críticas.



13. Dada la red de proyecto que sigue, elabore una gráfica de barras para el proyecto. Use la línea de tiempo para alinear sus barras. Asegúrese de indicar los tiempos de holgura para las actividades no críticas.



Ejercicios de computadora

14. El departamento de planeación de una empresa electrónica ha fijado las actividades para el desarrollo y producción de un nuevo reproductor de discos compactos. Con base en la información que sigue, desarrolle una red de proyecto con el Microsoft Project. Suponga una semana laboral de cinco días y que el proyecto comienza el 4 de enero de 2010.

ID de la actividad	Descripción	Actividad predecesora	Tiempo de actividad (semanas)
1	Reclutar personal	Ninguno	2
2	Desarrollar programa de mercado	1	3
3	Seleccionar canales de distribución	1	8
4	Tramitar patente	1	12
5	Hacer una producción piloto	1	4
6	Realizar pruebas de mercado	5	4
7	Contratar publicidad	2	4
8	Preparar todo para la producción	4, 6	16

El equipo de proyecto le ha pedido que elabore una red para éste y que determine si puede terminarlo en 45 días.

15. Con ayuda de Microsoft Project establezca una red y determine la ruta crítica para la etapa I del proyecto. La semana laboral para éste será de cinco días (de lunes a viernes).

Whistler Ski Resort Project

Dadas las próximas Olimpiadas de Invierno del 2010 en Vancouver y en Whistler, CB, Canadá, y el hecho de que el número de visitantes de esquí a Whistler se ha incrementado a una velocidad muy grande, la Whistler Ski Association (Asociación de Esquí de Whistler) ha considerado la construcción de otro complejo de esquí que incluya alojamiento. Los resultados de un estudio de factibilidad que integrantes del personal acaban de terminar indican que construir un complejo vacacional de invierno cerca de la base de la montaña Whistler podría ser una empresa muy provechosa. El área es accesible por automóvil, autobús, tren y aire. El consejo directivo ha votado por construir el complejo de diez millones de dólares que se ha recomendado en el estudio. Por desgracia, debido a una corta temporada de verano, el complejo tendrá que edificarse en etapas. La primera de ellas (año 1) contendrá un refugio para el día, un funicular, una pista transportadora, un generador de electricidad y un estacionamiento para 400 automóviles y 30 autobuses. En la segunda y tercera etapas se construirá un hotel, una pista de hielo, una alberca, tiendas comerciales, dos funiculares más y otras atracciones. El consejo ha decidido que la etapa 1 debe comenzar antes del 1 de abril y concluir antes del 1 de octubre, a tiempo para la siguiente temporada de esquí. Se le ha nombrado a usted administrador de proyecto y le corresponde coordinar los pedidos de materiales y las actividades de construcción para garantizar la terminación del proyecto en la fecha requerida.

Después de considerar las posibles fuentes de materiales, se le enfrenta a usted a los siguientes estimados de tiempos. Los materiales para los funiculares y la banda transportadora necesitarán 30 y 12 días, en cada caso, para llegar una vez que se presente el pedido. La madera para el alojamiento de día, el generador de energía y los cimientos necesitan nueve días para llegar. Los materiales para las instalaciones eléctricas y de plomería para el refugio de día, 12. El generador, 12. Antes de que pueda iniciarse la construcción de las distintas instalaciones, debe hacerse un camino hasta el sitio de construcción; para ello se requieren seis días. En cuanto el camino esté listo, puede comenzar la limpieza de los sitios de construcción del refugio de día, el generador de energía, el funicular y la banda transportadora. Se calcula que para la limpieza de las ubicaciones de estas instalaciones se necesitarán seis, tres, 36 y seis días, respectivamente. La limpieza de las pendientes principales de esquí puede comenzar cuando se termine con el área destinada al funicular; para esto se necesitan 84 días.

Los cimientos para el refugio de día necesitan 12 días para estar listos. Para construir la obra básica se requerirán 18 días más. Después de que ésta haya concluido se procede a instalar, al mismo tiempo, los cableados eléctricos y la plomería. Para ello serán necesarios 24 y 30 días, respectivamente. Por fin podrá comenzar la construcción del refugio de día, para lo cual habrá que considerar 36 días.

La instalación de las torres para los funiculares (67 días) puede comenzar una vez que se limpie el sitio de construcción, se entregue la madera y se terminen los cimientos (seis días). También, cuando se haya limpiado el sitio para los funiculares puede comenzar la construcción de un camino permanente hacia las torres superiores; esto requerirá 24 días. Mientras las torres se instalan, puede hacerse lo mismo con el motor eléctrico que impulsará el elevador (24 días). Una vez que se terminen ambas cosas puede tenderse el cable de arrastre en un día. El lote de estacionamiento puede limpiarse cuando esta última tarea concluya y para ello se necesitarán 18 días.

Los cimientos del generador de electricidad pueden comenzar al mismo tiempo que los del refugio de día y para ello habrá que considerar seis días. La obra básica del edificio para el generador puede empezar al terminar los cimientos y requerirá 12 días. Luego, para la instalación del generador a diésel se necesitarán 18. Finalizar este edificio, actividad que puede comenzar ya, tardará 12 días más.

Asignación:

- 1. Identifique la ruta crítica en su red.
- 2. ¿Es posible terminar el proyecto para el 1 de octubre?

Proyecto de preinstalación del disco óptico

16. El equipo del proyecto de disco óptico ha comenzado a recopilar la información necesaria para desarrollar la red del proyecto: actividades predecesoras y tiempos de cada una en semanas. En la tabla que sigue se incluye la información obtenida en su reunión:

Actividad	Descripción	Duración	Predecesor
1	Definir alcance	6	Ninguna
2	Definir problemas de los clientes	3	1
3	Definir registros y relaciones de datos	5	1
4	Requerimientos de almacenamiento masivo	5	2, 3

(continúa)

Actividad	Descripción	Duración	Predecesor
5	Análisis de las necesidades de consultores	10	2, 3
6	Preparar la red de la instalación	3	4, 5
7	Estimar costos y presupuesto	2	4, 5
8	Diseñar sistema de “puntos” por sección	1	4, 5
9	Redactar propuesta de solicitud	5	4, 5
10	Compilar la lista de proveedores	3	4, 5
11	Preparar sistema de control administrativo	5	6, 7
12	Preparar informe de comparaciones	5	9, 10
13	Comparar “filosofías” de sistema	3	8, 12
14	Comparar toda la instalación	2	8, 12
15	Comparar el costo del soporte	3	8, 12
16	Comparar el nivel de satisfacción del cliente	10	8, 12
17	Asignar puntos de filosofías	1	13
18	Asignar costo de instalación	1	14
19	Asignar costo de soporte	1	15
20	Asignar puntos de satisfacción del cliente	1	16
21	Seleccionar el mejor sistema	1	11, 17, 18, 19, 20
22	Ordenar el sistema	1	21

El equipo del proyecto le ha solicitado que elabore una red para el proyecto y que determine si puede terminarlo en 45 semanas.

Ejercicios con el uso de retrasos

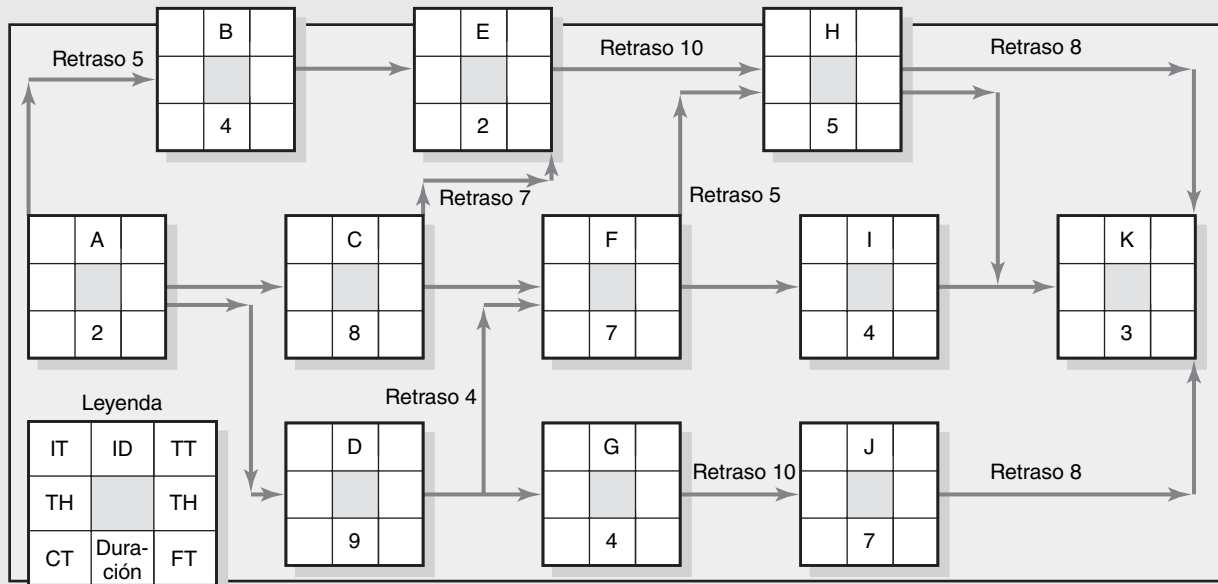
17. A partir de la información que sigue trace una red de proyecto. Calcule los tiempos tempranos y tardíos y los de holgura para cada actividad. Identifique la ruta crítica. (Sugerencia: esboce primero la relación de inicio a final.)

ID	Duración	Predecesora de final a inicio	Retraso de final a inicio	Relaciones adicionales de retraso	Retraso
A	5	Ninguna	0	Ninguna	0
B	10	A	0	Ninguna	0
C	15	A	0	Inicio-final de C a D	20
D	5	B	5	Inicio-inicio de D a E	5
				Final-final de D a E	25
E	20	B	0	Final-final de E a F	0
F	15	D	0	Ninguna	0
G	10	C	10	Final-final de G a F	10
H	20	F	0	Ninguna	

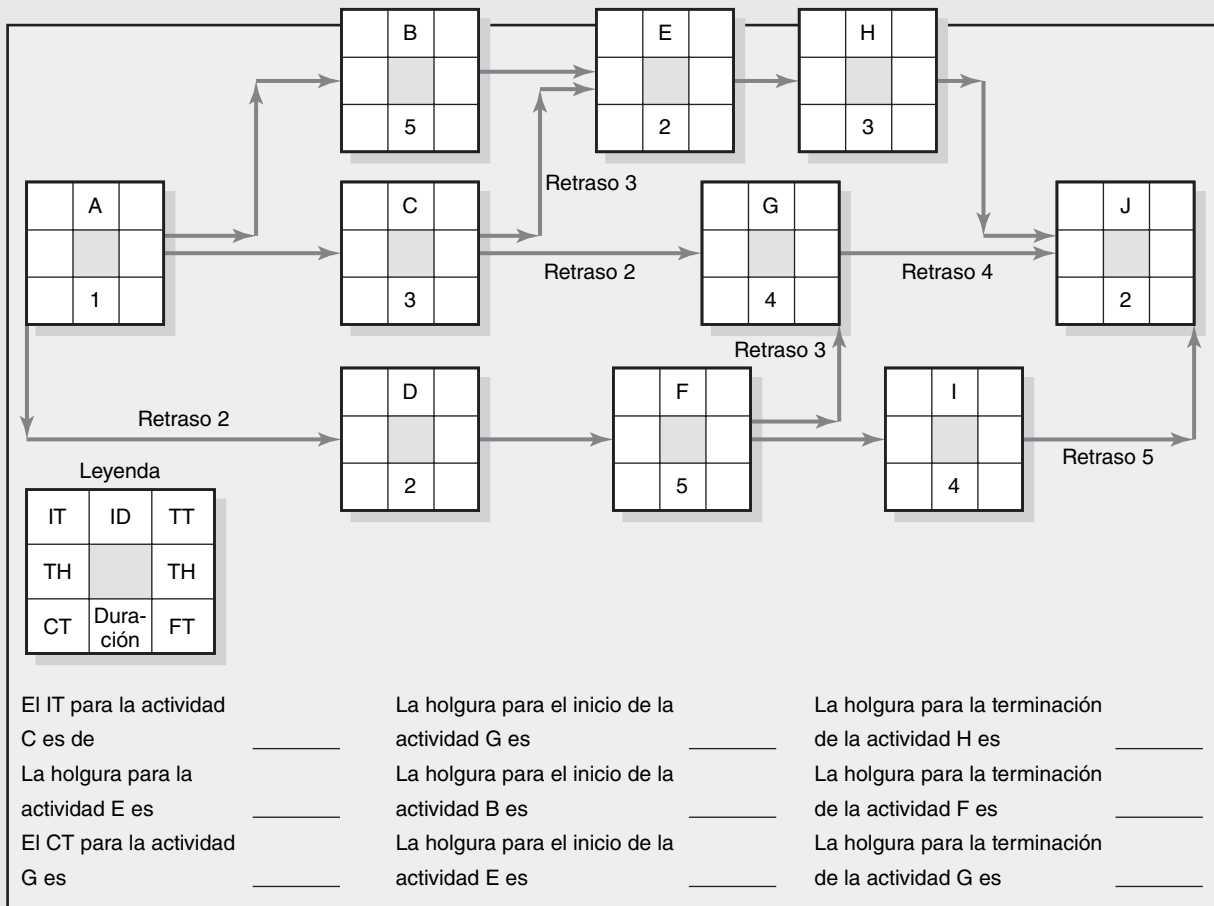
18. Con base en la información que sigue, elabore la red del proyecto. Calcule los tiempos temprano, tardío y de holgura para la red. ¿Qué actividades de la ruta crítica sólo tienen el inicio o la terminación de la actividad en la ruta crítica?

ID	Duración	Predecesora de final a inicio	Retraso de final a inicio	Relaciones adicionales de retraso	Retraso
A	2	Ninguna	0	Ninguna	0
B	4	A	0	Ninguna	0
C	6	A	0	Final a final de C a F	7
D	8	A	0	Ninguna	0
E	18	B	0	Final a final de E a G	9
		C	10		
F	2	D	0	Ninguna	
G	5	F	0	Inicio a inicio de G a H	10
H	5	Ninguna	0	Ninguna	0
I	14	E	0	Final a final de I a J	5
J	15	G, H	0	Ninguna	

19. Con los datos que se incluyen en los siguientes ejercicios de determinación de los retrasos calcule los tiempos tempranos, tardíos y las holguras en la red siguiente. ¿Qué actividades de la ruta crítica sólo tienen el inicio o la terminación de la actividad en la ruta crítica?



20. Dada la red que se incluye abajo, calcule el tiempo temprano, tardío y la holgura de cada actividad.



Proyecto CyClon

21. El equipo del proyecto CyClon ha comenzado a recopilar la información necesaria para desarrollar una red de proyecto, las actividades predecesoras y los tiempos de las actividades en días. Los resultados de su reunión se incluyen en la tabla siguiente:

Actividad	Descripción	Duración	Predecesora
1	Proyecto CyClon		
2	Diseño	10	
3	Procurar partes prototipo	10	2
4	Fabricar partes	8	2
5	Ensamblar prototipo	4	3, 4
6	Prueba de laboratorio	7	5
7	Prueba de campo	10	6
8	Ajustar diseño	6	7
9	Ordenar componentes para existencias	10	8
10	Ordenar componentes hechos a la medida	15	8
11	Ensamblar unidad de producción de prueba	10	9, 10
12	Comprobar unidad	5	11
13	Documentar resultados	3	12

Parte A. Elabore una red con base en la información anterior. ¿Cuánto tiempo se necesita para el proyecto? ¿Cuál es la ruta crítica?

Parte B. Después de revisiones posteriores, el equipo reconoce que no incluyó tres retrasos de final a inicio. Para la tarea “procurar partes prototipo” se necesitan sólo dos días de trabajo, pero ocho para que las partes se entreguen. Asimismo, para “solicitar componentes para existencias” se necesitarán dos días de trabajo y ocho para la entrega, y para “ordenar componentes hechos a la medida”, dos días de trabajo y 13 para la entrega.

Reconfigure el programa CyClon e incorpore los tres retrasos de final a inicio. ¿Qué efecto tuvieron estos retrasos en el programa original? ¿Y en la cantidad de trabajo necesario para terminar el proyecto?

Parte C. La administración todavía no está contenta con el programa y desea que el proyecto se termine lo antes posible. Por desgracia, no están dispuestos a aprobar recursos adicionales. Un miembro del equipo señaló que la red contenía sólo relaciones de final a inicio y que sería posible reducir la duración del proyecto si se crearan retrasos de inicio a inicio. Después de mucho deliberar, el equipo concluyó que las siguientes relaciones podrían convertirse en retrasos de inicio a inicio:

- “Procurar partes prototipo” podría comenzar seis días después del inicio de “diseño”.
- “Fabricar partes” podría comenzar nueve días después del inicio de “diseño”.
- “Pruebas de laboratorio” podría comenzar un día después de “ensamblar prototipo”.
- “Prueba de campo” podría comenzar cinco días después del comienzo de “prueba de laboratorio”.
- “Ajustar el diseño” podría iniciar siete días después de “prueba de campo”.
- “Ordenar existencias” y “ordenar componentes hechos a la medida” podrían comenzar cinco días después de “ajustar diseño”.
- “Comprobar unidad” podría iniciar nueve días después de que lo hiciera “ensamblar unidad de producción de prueba”.
- “Documentar resultados” podría iniciar tres días después de “probar unidad”.

Reconfigure el programa CyClon incorporándole los nueve retrasos de inicio a inicio. ¿Qué efecto tuvieron estos retrasos en el programa original (parte A)? ¿Cuánto durará el proyecto? ¿Hay alguna modificación en la ruta crítica? ¿Hay algún cambio en la sensibilidad de la red? ¿Por qué a la administración le gustaría esta solución?



Caso

Migración del centro de datos del Advantage Energy Technology*

A Brian Smith, administrador de la red de Advanced Energy Technology (AET), se le ha dado la responsabilidad de poner en práctica la migración de un gran centro de datos a una nueva ubicación de las oficinas. Se necesita una planeación cuidadosa porque AET opera en la industria petrolera, la cual es muy competitiva. Ésta es una de las cinco empresas nacionales de software que proporciona un paquete de contabilidad y administración de negocios a quienes trabajan en la industria del petróleo y a los distribuidores de gasolina. Hace algunos años, AET incursionó en el mundo del “suministro de servicios de aplicación”. Su gran centro de datos le suministra a los clientes acceso remoto a todo el conjunto (*suite*) de sistemas de software de aplicación. Una de las ventajas competitivas fundamentales de AET ha sido la confiabilidad característica en TI de la empresa. Debido a la complejidad de este proyecto, Brian tendrá que utilizar un método paralelo de implementación. Aunque esto aumentará los costos del proyecto, es esencial contar con un enfoque paralelo para no comprometer la confiabilidad.

Hoy día, el centro de datos de AET se localiza en el segundo piso de un edificio renovado, sede anterior de un banco, en el centro de la ciudad de Corvallis, Oregon. La empresa se mudará a un edificio nuevo, de un solo nivel, situado en el complejo industrial de reciente desarrollo en el Corvallis International Airport. El 1 de febrero, de manera formal Dan Whitmore, vicepresidente de operaciones, le asignó la tarea a Brian y le dio los siguientes lineamientos:

- De principio a fin, se espera que se requieran de tres a cuatro meses para terminar el proyecto.
- Es esencial que no haya caídas en el sistema para los 235 clientes de AET.

Whitmore le pide a Brian que asista al Comité Ejecutivo el 15 de febrero con una presentación del alcance del proyecto en la que incluya costos, tiempos aproximados iniciales e integrantes propuestos para el equipo del proyecto.

Brian tuvo varias pláticas preliminares con algunos de los gerentes y directores de AET procedentes de los departamentos funcionales y, luego, dispuso la celebración de una junta de todo un día para revisar el enfoque el 4 de febrero con algunos de los gerentes y representantes técnicos de los departamentos de operaciones, sistemas, instalaciones y aplicaciones. El equipo de enfoque determinó lo siguiente:

- Un tiempo de tres a cuatro meses para el proyecto es factible, lo mismo que un estimado inicial de costos de 80 000-90 000 dólares (esto incluye la actualización de la infraestructura en las nuevas instalaciones).
- La necesidad de apoyarse por completo en el sitio remoto para recuperación en desastres de AET es crucial para el requerimiento de “que no haya caídas en el sistema”, lo cual dará funcionalidad total.
- Brian fungirá como administrador de proyecto para un equipo que consista en un miembro del equipo de cada uno de los departamentos de instalaciones, operaciones/sistemas, operaciones/telecomunicaciones, sistemas y aplicaciones, y servicio al cliente.

El Comité Ejecutivo recibió con beneplácito el reporte de Brian y, tras algunas modificaciones y recomendaciones, se le encargó la responsabilidad del proyecto. Brian reclutó a su equipo y luego programó la primera reunión (1 de marzo) como tarea inicial en su proceso de planeación del proyecto.

Una vez que se haya realizado la junta inicial, Brian podrá emplear a los contratistas para que renueven el nuevo centro de datos. Durante este tiempo, Brian dilucidará cómo diseñar la red. Asimismo, calcula que la revisión de posibilidades y recurrir a un contratista tardará alrededor de una semana y que el diseño de la red requerirá dos. El nuevo centro necesita un nuevo sistema de ventilación. Entre los requerimientos del fabricante está contar con una temperatura ambiente de seis grados para mantener todos los servidores de datos funcionando a velocidad óptima. El sistema de

* Preparado por James Moran, profesor de administración de proyectos en el College of Business de la Oregon State University.

ventilación tiene un tiempo inicial de tres semanas. Brian también necesitará ordenar nuevos estantes para sostener los servidores, interruptores y otros dispositivos de la red. Para la entrega de los estantes se necesitan dos semanas.

El supervisor del centro de datos pidió a Brian que sustituyera todos los generadores de energía y cables de datos. Brian también necesitará ordenarlos. Como Brian tiene una buena relación con el proveedor, éste le garantizó que se necesitará sólo una semana como tiempo inicial para los generadores de energía y los cables de datos. Una vez que lleguen el sistema de ventilación y los estantes, Brian puede comenzar a instalarlos. Se necesitará una semana para hacer esto con los primeros y tres para los segundos. La renovación del nuevo centro de datos puede iniciar en cuanto se contrate a los contratistas. Éstos le dicen a Brian que necesitarán 20 días para la construcción. Una vez que ésta inicia y antes de que Brian instale los sistemas de ventilación y los estantes, el inspector de la ciudad debe aprobar la construcción del piso elevado.

A éste le tomará dos días aprobar la infraestructura. Después de la inspección de la ciudad y de que se reciban los nuevos generadores de energía y los cables, Brian podrá instalar ambas cosas. Él calcula que requerirá cinco días para los primeros y una semana para tender los segundos. Antes de que pueda asignar una fecha a la desconexión de la red y la conexión del sitio remoto de apoyo, debe contar con la aprobación de cada una de las unidades funcionales (“aprobación de la transferencia”). Para las juntas con cada una de las unidades funcionales se requerirá una semana. Durante este tiempo, puede iniciar una verificación de la energía para asegurarse de que cada uno de los componentes cuente con voltaje suficiente. Para ello necesitará sólo un día.

Cuando termine la verificación de la energía podrá disponer de una semana para instalar sus servidores de prueba. Éstos comprobarán todas las funciones primarias de la red y actuarán como salvaguarda antes de que se desconecte la red. Es necesario cargar las baterías, instalar la ventilación y tener listos los servidores de prueba antes de que se le pueda garantizar a la administración que la nueva infraestructura es segura, para lo cual se necesitarán dos días. Luego firmarán la verificación de los sistemas primarios, con un día de juntas intensas. También fijarán una fecha oficial para el inicio del funcionamiento de la red.

Brian está contento porque todo ha funcionado bien hasta el momento y está convencido de que el movimiento se hará sin problemas. Ahora que se ha fijado una fecha oficial, se desconectará a la red por un día. Brian debe mover todos los componentes de ésta al nuevo centro de datos. Lo hará durante el fin de semana (dos días), cuando la actividad de los usuarios se encuentra en un punto bajo.

Tarea

1. Genere una matriz de prioridades para la mudanza del sistema de AET.
2. Desarrolle una EDT para el proyecto de Brian. Incluya duración (días) y predecesores.
3. Con una herramienta de planeación de proyectos genere un diagrama de red para este proyecto.

(Nota: Base su plan en los siguientes lineamientos: días de ocho horas, semanas de siete días, sin recesos por fiestas, la fecha de inicio del proyecto es el 1 de marzo de 2010.)



Caso

Greendale Stadium

La empresa G&E está preparando una licitación para construir el nuevo estadio Greendale de béisbol, con 47 000 asientos de capacidad. La construcción debe iniciarse el 1 de julio de 2006 y terminar a tiempo para el comienzo de la temporada 2009. Se ha incluido una cláusula de protección que señala una penalidad de 100 000 dólares por cada día de retraso posterior al 20 de mayo de 2009.

Ben Keith, presidente de la empresa, expresó su optimismo cuando obtuvo el contrato y reveló que la empresa se embolsaría hasta dos millones de dólares con este proyecto. También afirmó que, de tener éxito, habría excelentes prospectos para proyectos futuros, puesto que había un renacimiento en la construcción de estadios para juegos clásicos de pelota con palcos de lujo modernos.

TABLA 6.3
Caso del Greendale
Stadium

ID	Actividad	Duración	Predecesora(s)
1	<i>Estadio de béisbol</i>		
2	Limpiar sitio del estadio	70 días	—
3	Demoler edificio	30 días	2
4	Preparar el sitio de construcción	70 días	3
5	Colocar los pilotes de soporte	120 días	2
6	Vaciar el concreto para la estructura inferior	120 días	5
7	Vaciar el edificio principal	120 días	3,6
8	Instalar el campo de juego	90 días	3,6
9	Construir la cúpula superior de acero	120 días	3,6
10	Instalar los asientos	140 días	7,9
11	Construir palcos de lujo	90 días	7,9
12	Instalar el Jumbotron	30 días	7,9
13	Infraestructura del estadio	120 días	7,9
14	Construir la estructura de acero	75 días	10
15	Instalar luces	30 días	14
16	Construir apoyos para el techo	90 días	6
17	Construir el techo	180 días	16
18	Instalar los carriles para el techo	90 días	16
19	Instalar el techo	90 días	17,18
20	Inspección	20 días	8,11,13,15,19

Tarea

Con la información de la tabla 6.3 elabore un programa de red para el proyecto del estadio y responda las preguntas siguientes:

1. ¿Será posible terminar el proyecto para la fecha límite del 20 de mayo? ¿Cuánto se requerirá?
2. ¿Cuál es la ruta crítica para el proyecto?
3. Con base en el programa, ¿recomendaría usted que G&E aceptara este contrato? Explique su respuesta. Incluya una gráfica de Gantt de una página para el programa de construcción del estadio.

APÉNDICE DEL CASO: DETALLES TÉCNICOS DEL ESTADIO DE BÉISBOL

El estadio de béisbol es una estructura externa con techo deslizable. El proyecto se inicia con la limpieza del sitio, actividad que toma 70 días. Una vez que concluye es posible comenzar a trabajar en forma simultánea en la estructura misma y en la demolición de un sitio de construcción adyacente. El derribamiento es necesario para crear una instalación donde almacenar materiales y equipo. Se necesitan 30 días para derribar los edificios y otros 70 para preparar la instalación de almacenamiento.

El trabajo en el estadio se inicia con la colocación de 160 pilotes de apoyo, lo cual requerirá 120 días. Luego viene el vaciado del recipiente inferior de concreto (120 días). Al terminar esto, cuando la preparación del sitio de construcción ha terminado sigue el vaciado del edificio principal (120 días), la instalación del campo de juego (90 días) y la construcción de la estructura superior de acero (120).

Cuando se han completado estas dos últimas tareas podrá comenzarse a trabajar en forma simultánea en la construcción de los palcos de lujo (90 días), en la instalación de los asientos (140 días), del Jumbotron (30 días) y de la infraestructura del estadio (120 días), lo cual comprende:

baños, vestidores, restaurantes, etc. Una vez que se instalen los asientos podrá edificarse la estructura de acero (75 días), a lo que seguirá la instalación de las luces (30 días).

El techo deslizante constituye el reto técnico más importante del proyecto. La construcción de los soportes (90 días) puede comenzar cuando se haya construido el recipiente inferior de concreto. En este momento podrán terminarse las dimensiones del techo e iniciarse la construcción del techo en un lugar distinto (180 días). Cuando acabe la colocación de los soportes del techo se instalará la estructura correspondiente (90 días). Y al concluir ambas cosas puede instalarse el techo y hacerse operativo (90 días). Cuando se terminen todas las actividades se necesitarán 20 días para inspeccionar el estadio.

Para los objetivos de este caso asuma lo siguiente:

1. Se observarán los siguientes días de fiesta: 1 de enero, Día memorable (Memorial Day por su significado en inglés) (último día de mayo), 4 de julio, Día del Trabajo (primer domingo de septiembre), Día de Acción de Gracias (cuarto jueves de noviembre), diciembre 25 y 26.
2. Si una fiesta cae en sábado se dará el viernes como día libre adicional, y si cae en domingo entonces se dará el lunes.
3. El personal encargado de la construcción trabaja de lunes a viernes.

Apéndice 6.1

Método de la actividad en la flecha

DESCRIPCIÓN

En el enfoque de actividad en la flecha (AEF) también se utilizan flecha y nodo como bloques de construcción de la red. Sin embargo, en este enfoque *la flecha representa una actividad individual del proyecto que requiere tiempo*. La longitud y pendiente de la flecha no tienen importancia. *El nodo representa un evento; por lo general se le presenta como un círculo pequeño*. Los eventos representan momentos en el tiempo, pero no consumen tiempo. Cada actividad en la red tiene un nodo para el inicio y para el evento. Por ejemplo, si la actividad fuera “instalar software”, el evento de inicio podría ser “comenzar la instalación del software” y su final “terminar la instalación de software”. Los nodos del evento se numeran y el nodo de inicio tiene un número más pequeño que el nodo del evento final (véase la figura A6.1). Estos dos números se utilizan para identificar los nodos, desde el de inicio de actividad hasta el de un evento (79-80). Como se verá en breve, un nodo de evento puede funcionar como un nodo de inicio o de final para una o más actividades y un nodo final de evento puede servir como un nodo de inicio para una o más actividades que siguen de inmediato.

En la figura A6.2 se incluyen varios métodos para mostrar las relaciones de actividad AEF en una red de proyecto. En la figura A6.2a se le informa al administrador de proyecto que la actividad X debe terminar antes de que la actividad Y pueda comenzar. La actividad X también puede identificarse como una actividad 10-11. Advierta que el evento 11 es el suceso final para la actividad X y acontecimiento de inicio para la actividad Y. En todas las redes AEF se utiliza este método para relacionar actividades y establecer dependencias entre ellas.

En la figura A6.2b se nos dice que las actividades R, S y T son paralelas, esto es, independientes, y que pueden presentarse al mismo tiempo si el administrador de proyecto así lo desea; no obstante, las actividades R, S y T deben completarse antes de que la actividad U pueda comenzar. Observe cómo el evento 20 es un suceso común de terminación de las actividades R, S y T y acontecimiento

FIGURA A6.1
Bloques constructivos
para la red AEF

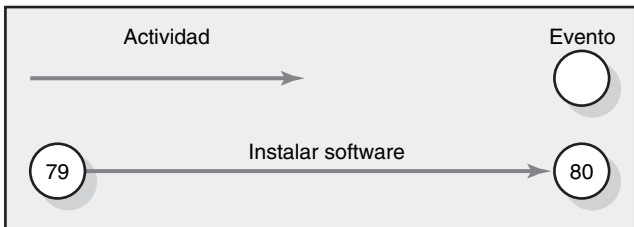
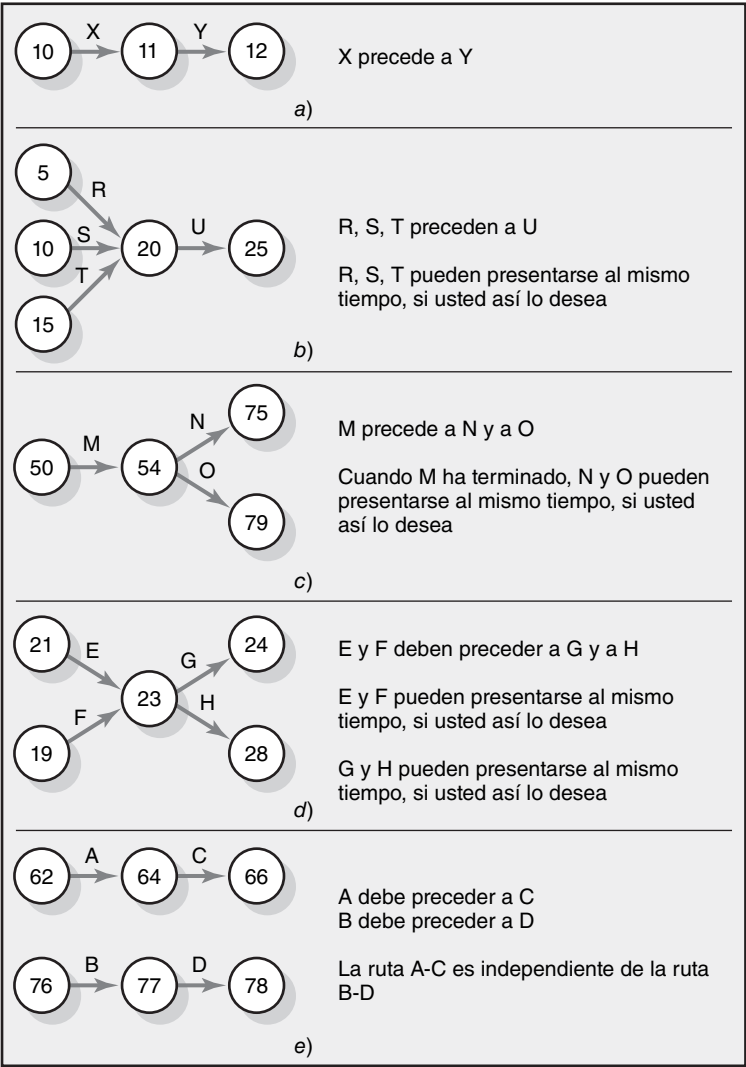


FIGURA A6.2
Fundamentos de la red de actividad en la flecha



de inicio para la actividad Y. En la figura 6.2c se muestra que la actividad M debe terminar antes de que las actividades N y O puedan comenzar. Cuando la actividad M ha terminado, se considera que las actividades N y O son independientes y pueden presentarse en forma simultánea si así se desea. Al evento 54 se le llama explosivo porque más de una flecha de actividad sale (explota) de él. En la

TABLA A6.1
Información de la red

KOLL BUSINESS CENTER			
Departamento de diseño de los ingenieros del condado			
Actividad	Descripción	Actividad predecesora	Tiempo de actividad
A	Aprobación de la solicitud	Ninguna	5
B	Planes de construcción	A	15
C	Estudio del tránsito	A	10
D	Verificación de la disponibilidad del servicio	A	5
E	Reporte del personal	B, C	15
F	Aprobación de la comisión	B, C, D	10
G	Espera para la construcción	F	170
H	Ocupación	E, G	35

FIGURA A6.3
Red AEF parcial del Koll
Business Center

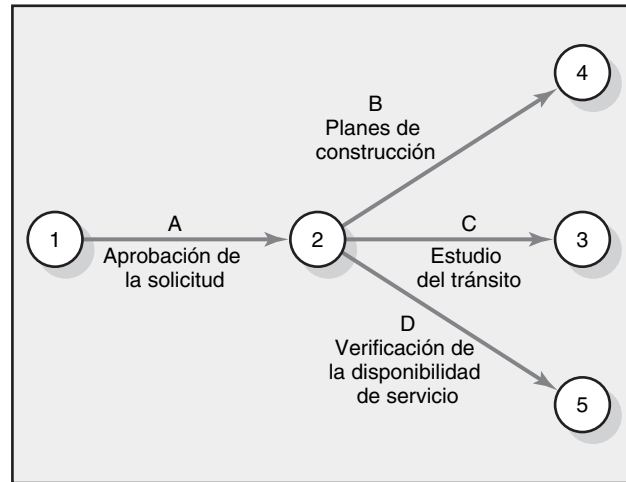


figura A6.2d se nos indica que las actividades E y F pueden ir juntas, pero que ambas deben terminar antes de que G y H puedan comenzar. El evento 23 es tanto de fusión como explosivo. En teoría, un evento está limitado por el número de actividades (flechas) que pueden conducir hacia (fusionarse) o salir de (explotar de) él. En la figura A6.2e se ilustran las rutas paralelas A-C y B-D. La actividad A debe preceder a la actividad C y B a la D. las rutas A-C y B-D son independientes una de la otra. Apliquemos estos fundamentos al proyecto sencillo del Koll Business Center.

DISEÑO DE UNA RED DE PROYECTO AEF

Ahora usted está listo para utilizar la información en la tabla A6.1 para dibujar una red AEF del Koll Business Center. A partir de la información que se da es posible dibujar las primeras cuatro actividades, como se muestra en la figura A6.3. La actividad A (1-2) (aprobación de la solicitud) debe terminarse antes de que comiencen las actividades B (2-4), C (2-3) y D (2-5).

En este momento nos encontramos con un problema común a las redes AEF. A la actividad E le preceden las actividades B y C. La inclinación natural es dibujar sus flechas de actividad para B y C a partir del evento 2 y directamente al 4, que es el evento de inicio de la actividad E. Sin embargo, el resultado sería que las actividades B y C tendrían los mismos números de identificación (2-4). En casos como éste, donde dos o más actividades son paralelas y tienen los mismos nodos de inicio y terminación, se inserta una actividad “de prueba” (*dummy*) para garantizar que cada actividad tenga su número único de identificación. Una actividad de prueba se representa con una flecha punteada y su duración es igual a cero. La actividad de prueba puede insertarse antes o después de B o C, como se indica en la figura A6.4 (véanse las partes desde A hasta D). En la figura A6.4e, la colocamos después de la actividad C con su propia identificación de X o 3-4.

La actividad F de la figura A6.4e denota otro problema de la red donde hay dependencias de actividades, pero donde no es conveniente conectar las actividades. En este caso, la actividad de prueba puede utilizarse para mantener la lógica de las dependencias de la red. A la actividad F le preceden las actividades B, C y D. La actividad de prueba Y (4-5) es necesaria porque la actividad B precede tanto a E como a F. La actividad de prueba mantiene la lógica y la secuencia pretendidas. La actividad de prueba 3-5 puede eliminarse porque es redundante, es decir, su exclusión no cambia las relaciones pretendidas: el evento final 4 precede a la actividad F. Lo común es que en la primera aproximación esbozada en su red se incluyan muchas actividades de prueba. Después de varios pases hacia adelante y hacia atrás en la red, usted encontrará formas de eliminar algunas de las actividades de prueba que están ahí sólo para conservar la lógica. Sin embargo, cuando dos o más actividades paralelas tienen los mismos nodos de inicio y final, no es posible evitar la inclusión de actividades de prueba. En la figura A6.5 se presenta la red terminada del proyecto de diseño Koll.

En este sencillo proyecto de red no es posible que las redes de actividad se crucen una sobre otra, situación que es muy rara. Recuerde que la longitud y la pendiente de las flechas son arbitrarias. Las duraciones de las actividades se incluyen y se indican debajo de las flechas, cerca de su parte media.

FIGURA A6.4
Red AEF parcial del Koll
Business Center

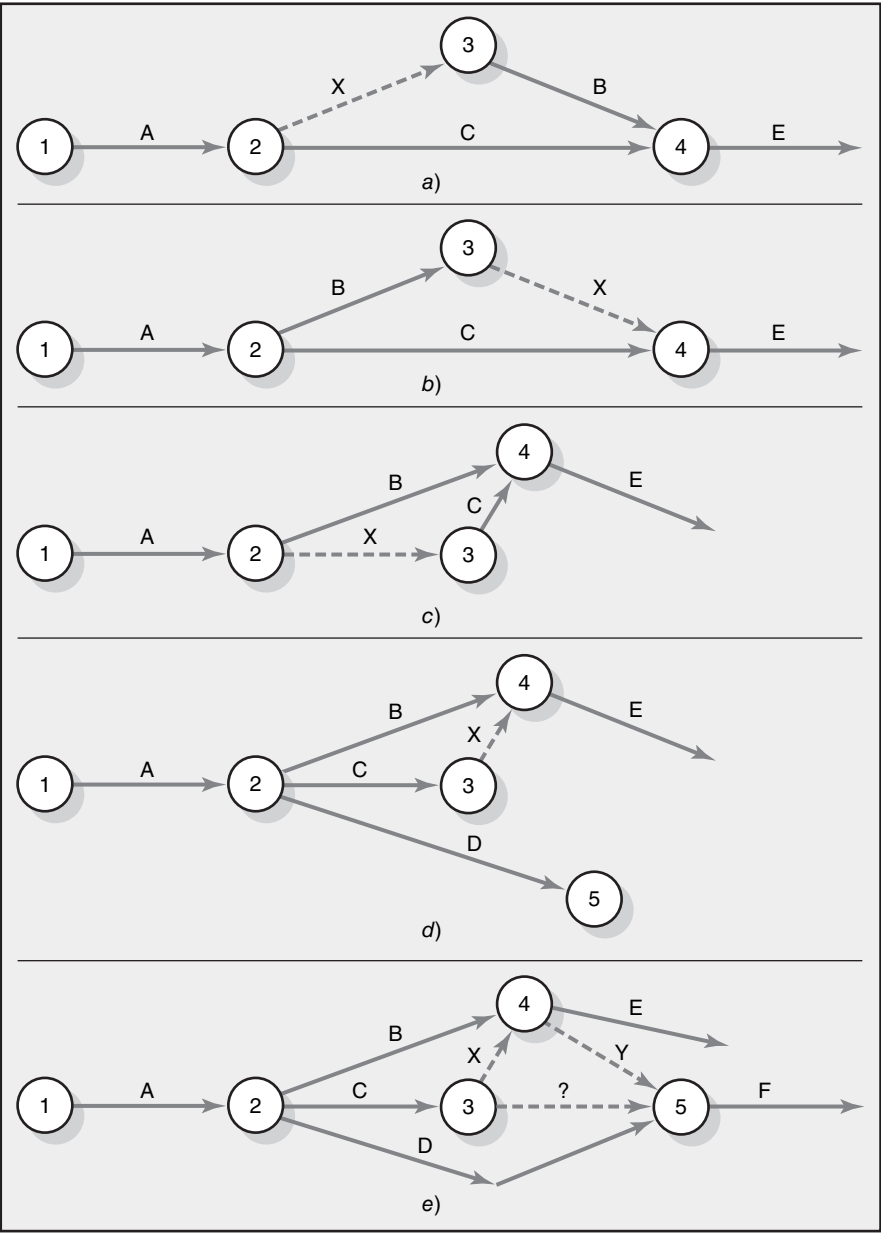
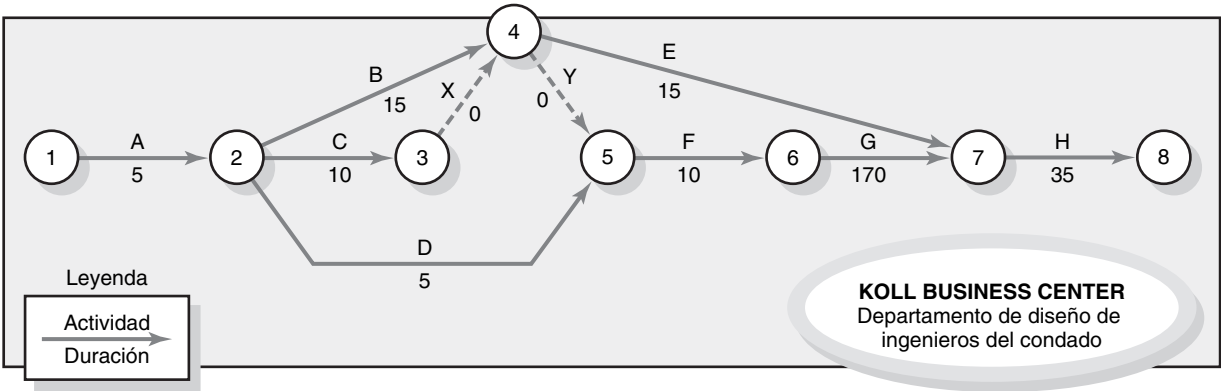


FIGURA A6.5 Red de actividad en la flecha



Usted debe trabajar los ejercicios de la red AEF antes de moverse a la sección siguiente. Su familiaridad con el enfoque de actividad/evento le ayudará a comprender los pases hacia adelante y hacia atrás en la red AEF.

Pase hacia delante: primeros tiempos

El pase hacia delante en la AEF utiliza los mismos conceptos del procedimiento AEN. La principal diferencia reside en el reconocimiento y el uso de los eventos para fijar los tiempos de inicio y terminación tempranos y tardíos de las actividades. En la figura A6.6 se muestra el proyecto de diseño de Knoll con todas las duraciones de las actividades y los tiempos de inicio y terminación tempranos. También, cerca de cada evento está una caja que nos permitirá recordar los tiempos de duración y de holgura de cada evento. En el campo a esta caja a veces se les llama “caja-T” porque dentro de ella se forma la letra “T”. Existen muchas variantes de la caja T en el campo, pero todas utilizan el mismo formato T básico.

El pase hacia delante se inicia con la(s) primera(s) actividad(es) y sigue a cada ruta a través de la red. Como en la AEN, usted *añade* (acumula) los tiempos de actividad a lo largo de la ruta. Cuando usted llega a un evento fusión, selecciona la terminación temprana más larga (TT) de todas las actividades que se fusionan con ese evento. Trabajemos con la figura A6.6. El evento 1 es el evento de inicio del proyecto; por lo tanto, lo antes que puede presentarse es en un tiempo cero. Este tiempo temprano del evento 1 se coloca en el lado izquierdo inferior de la caja de evento. El tiempo temprano del evento también es el IT de cualquier actividad que explote de un evento. Por lo tanto, el cero en la caja para el evento 1 también es el inicio temprano de la actividad A. La terminación temprana de la actividad A es de cinco días hábiles ($IT + Dur = TT$ o $0 + 5 = 5$). La TT para la actividad se coloca en la cabeza de la flecha. Lo más pronto que puede darse el evento 2 es el instante en que se termina la actividad A, esto es, 5 días; por lo tanto, este tiempo se coloca en la caja T izquierda inferior del evento 2. De nuevo, advierta que el tiempo temprano del evento también es el IT de cualquier actividad que utilice el evento como un evento de inicio. De ahí que el IT de las actividades B, C y D sea de cinco días hábiles. La TT de la actividad B es 20 ($IT + Dur = TT$), para la actividad C es de 15 y para la actividad D de 10. (Véase la cabeza de la flecha para cada actividad.) El IT para la actividad de prueba (3-4) es 15 y su TT es 15 ($15 + 0 = 15$). Aunque la actividad de prueba tiene una duración de cero, debe incluirse en los cálculos de pases hacia adelante y hacia atrás.

FIGURA A6.6 Pase hacia adelante de la red de actividad en la flecha

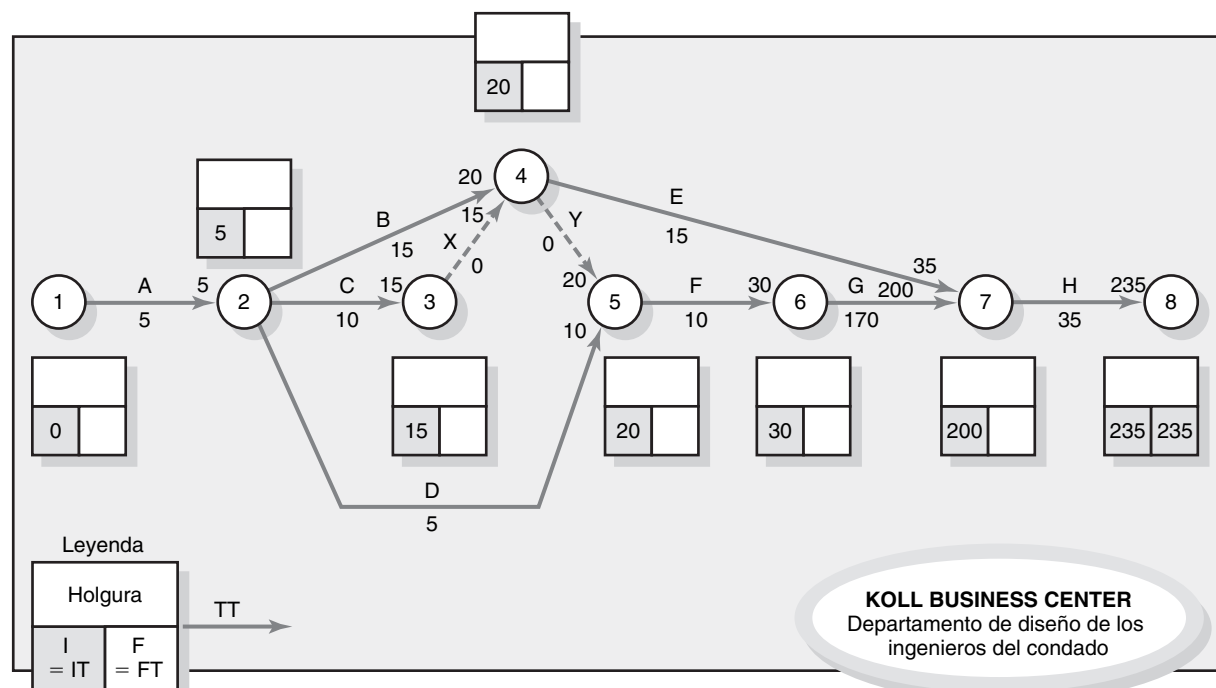
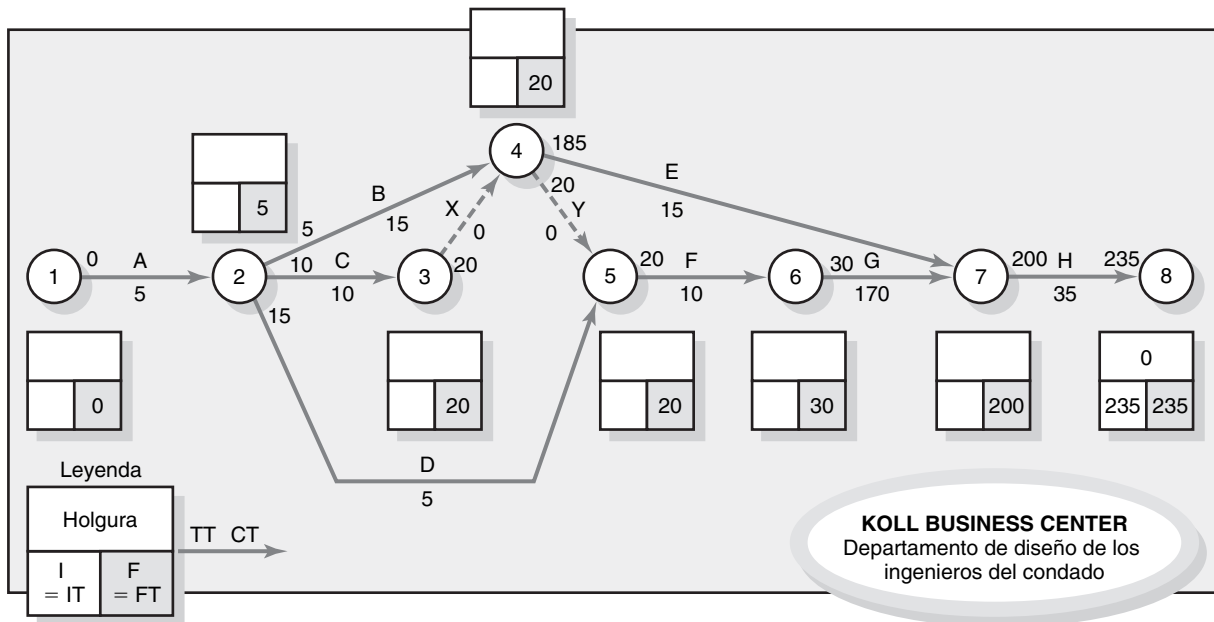


FIGURA A6.7 Pase hacia atrás de la red de actividad en la flecha



En este momento usted debe determinar los tiempos tempranos de los eventos 4 y 5. Ambos son de fusión para los cuales hay que seleccionar entre las actividades que se les incorporan. El evento 4 tiene B y X, la actividad de prueba (3-4). El IT más largo para estas dos actividades (10 y 15) es 20, el cual controla el tiempo temprano del evento para el evento 4. De manera semejante, al evento 5 lo controlan las actividades D y Y. Como la actividad Y tiene la terminación temprana más larga (20 días hábiles, contra 10 para la actividad D), establece el tiempo temprano para el evento 5 y la actividad F. Los tiempos se acumulan hasta el evento de fusión 7. Las TT para las actividades E y G son de 35 y 200 días hábiles, respectivamente. Por lo tanto, el evento 7 y la actividad H tienen tiempos tempranos de 200 días hábiles. La terminación temprana para el proyecto es de 235 días hábiles. Si se supone que aceptamos esta duración planeada de 235 días para el proyecto, la TT para el evento 8 se convierte en 235 días y usted está listo para calcular el pase hacia atrás.

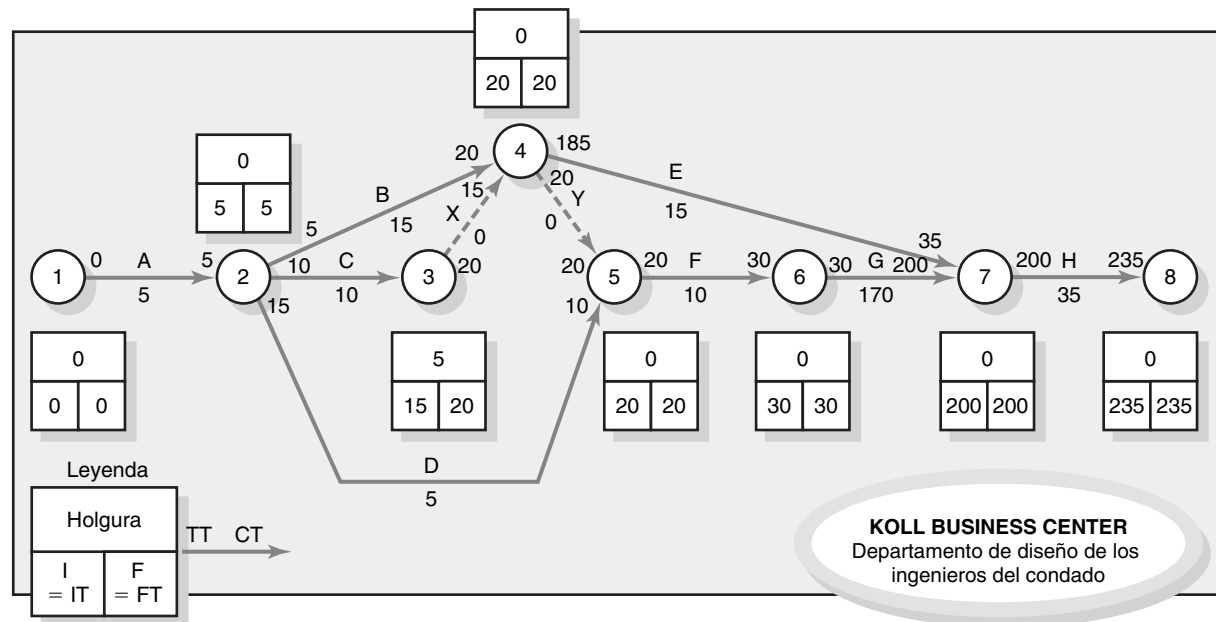
Pase hacia atrás: últimos tiempos

El procedimiento del pase hacia atrás es semejante al que se utiliza en el procedimiento de AEN. Usted comienza con el último nodo de evento del proyecto y *resta* los tiempos de actividad a lo largo de cada ruta ($TT - Dur = TT$) hasta que llega a un evento explosivo. Cuando esto sucede, usted escoge la TT *más pequeña* de todas las actividades que explotan del evento; esta cifra denota lo más tarde que el evento puede presentarse sin retrasar el proyecto. Ahora tracemos el pase hacia atrás para parte del proyecto de diseño Koll.

En la figura A6.7 se muestran los tiempos tardíos para los eventos y actividades. El comienzo tardío de la actividad H es de 200 días ($FT - Dur = CT$ o $235 - 35 = 200$). Este tiempo se encuentra en la cola de la flecha. Como el evento 7 no es un evento explosivo, el final tardío para la actividad H se convierte en el tiempo tardío para el evento 7. Este procedimiento continúa hasta que usted llega al evento 4, que es un evento explosivo. El CT para la actividad E es de 185 y para la actividad Y, de 20. El menor tiempo es de 20 días y es el tiempo tardío para el evento 4. El siguiente evento explosivo es el 2. Aquí, el FT para las actividades B, C y D son 5, 10 y 15 días, respectivamente. La actividad B controla el tiempo tardío del evento 2, que es de cinco días hábiles. El tiempo tardío del evento también es el FT para la actividad utilizando el evento como evento final. Por ejemplo, el tiempo tardío para el evento 7 es de 200 días hábiles; de esta manera, las actividades E y G pueden terminar no más allá del día 200, o el proyecto se retrasará.

Cuando se ha completado el pase hacia atrás, es posible identificar el tiempo de holgura y la ruta crítica. En la figura A6.8 se presenta la red terminada. El tiempo de holgura se ingresa sobre la T

FIGURA A6.8 Pase hacia atrás, pase hacia adelante y holgura de la red de actividad en la flecha



en la caja del evento. Es la diferencia entre el CT y el IT o entre la TT y el FT. Por ejemplo, el tiempo de holgura en la actividad E es de 165 días: $CT - IT$ ($185 - 20 = 165$) o $TT - FT$ ($200 - 35 = 165$). ¿Cuál es el tiempo de holgura para las actividades B, C y D? Las respuestas son cero días hábiles ($5 - 5 = 0$ o $20 - 20 = 0$), 5 días hábiles ($10 - 5 = 5$ o $20 - 15 = 5$) y 10 días hábiles ($15 - 5 = 10$ o $20 - 10 = 10$), respectivamente. La ruta crítica es A, B, Y, F, G, H.

Compare las redes que se encuentran en las figuras A6.8 y 6.8 del capítulo para advertir las diferencias entre los métodos AEN y AEF. Como en el procedimiento AEN, si el tiempo temprano y tardío para el proyecto final es el mismo ($FT = TT$), el tiempo de holgura en la ruta crítica será igual a cero. Si los tiempos no son iguales, el tiempo de holgura en la ruta crítica será igual a la diferencia ($FT - TT$).

Redes generadas por computadora

En la figura A6.9 se presenta una salida genérica de computadora AEF para el proyecto del pedido a la medida. La red AEF identifica las actividades con los nodos de inicio y terminación; por ejemplo, la actividad de desarrollo de software se identifica como actividad 2-6. Su duración es de 18 unidades de tiempo; $IT = 2$; $TT = 20$; $TT = 22$; y $FT = 40$ unidades de tiempo. La ruta crítica es 1-2-3-4-5-6-7. Compare la salida de computadora AOF de la figura A6.9 con la que se incluye en la figura 6.10 del capítulo. Las gráficas de barras son idénticas a las desarrolladas para las redes AEF; véase la figura 6.11 del capítulo.

METODO DE ELECCION: AEN O AEF

Su método de elección depende de la importancia de las diversas ventajas y desventajas de cada método. La tabla A6.2 le ayudará a elegir.

RESUMEN

En las redes AEF, las actividades de prueba cumplen con dos necesidades. Primero, cuando dos actividades paralelas tienen los mismos nodos de inicio y terminación, debe insertarse una actividad de prueba para darle a cada actividad un número único de identificación (véase la actividad X de la figura A6.8). Luego, las actividades de prueba pueden utilizarse para aclarar las relaciones de dependencia (véase la actividad Y de la figura A6.8). Las actividades de prueba son muy útiles

FIGURA A6.9 Diagrama de la red AEF = Proyecto de pedido a la medida de Air Control, Inc.

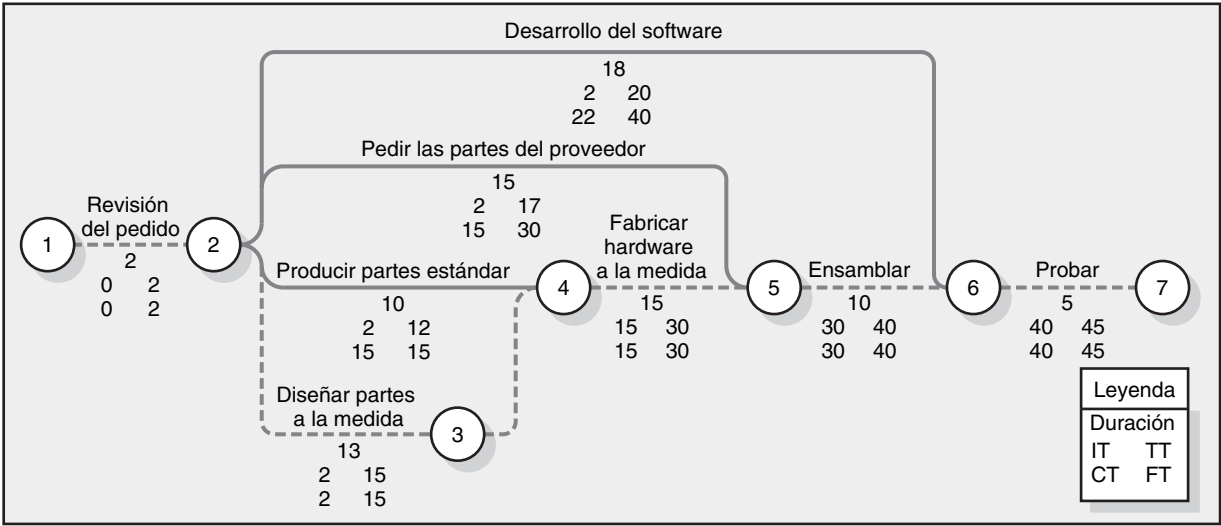


TABLA A6.2
Comparación de los métodos AEN y AEF

Método AEN
Ventajas <ol style="list-style-type: none">No se utilizan actividades de prueba.No se utilizan eventos.La AEN es fácil de dibujar si las dependencias no son intensas.Los gerentes de primer nivel entienden con claridad el énfasis en las actividadesEl enfoque COM utiliza tiempos deterministas para construir redes. Desventajas <ol style="list-style-type: none">Es difícil rastrear la ruta por número de actividad. Si no se cuenta con una red, las salidas de computadora deben enumerar las actividades predecesora y sucesora de cada actividad.Es más difícil dibujar y comprender la red cuando las dependencias son numerosas.
Método AEF
Ventajas <ol style="list-style-type: none">Se simplifica el rastreo de la ruta por esquema de numeración de actividad/evento.Es más sencillo dibujar la AEF si las dependencias son intensas.Los eventos clave o importantes son fáciles de identificar. Desventajas <ol style="list-style-type: none">El uso de actividades de prueba aumenta los requerimientos de datos.El énfasis en los eventos puede afectar en forma negativa a las actividades. Los retrasos en éstas causan que los eventos y los proyectos se retrasen.

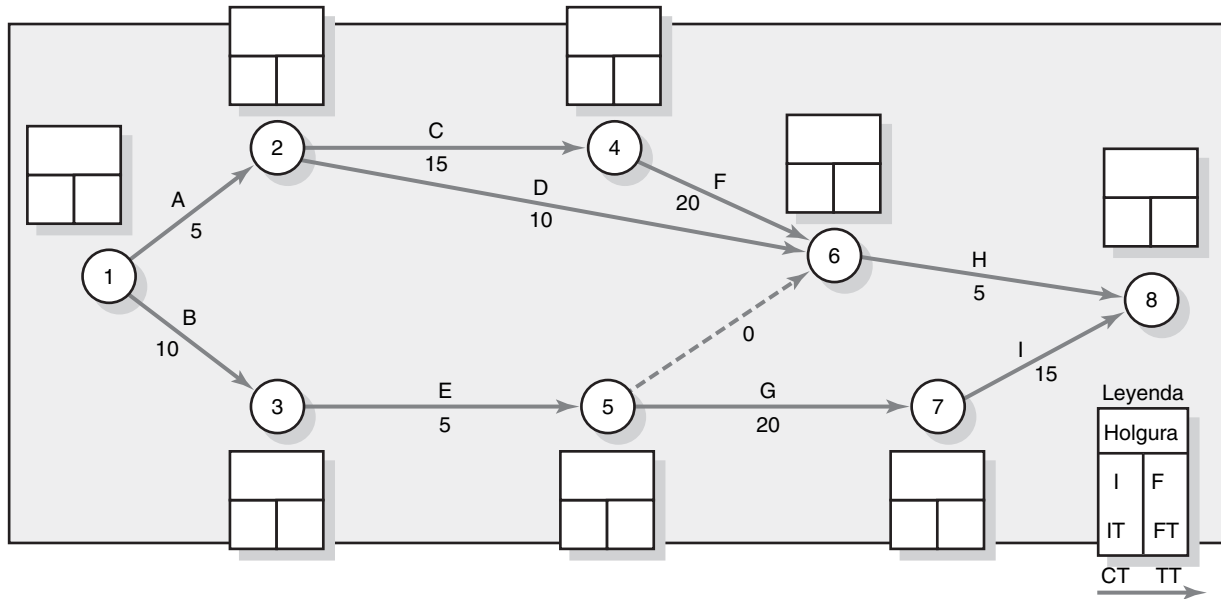
cuando las dependencias de las actividades están muy alejadas en la red. En las redes AEF, el tiempo temprano del evento es el IT de cualquier actividad que emane del suceso. A la inversa, el tiempo tardío del evento es la TT de cualquier actividad que se incorpore a éste. La principal ventaja del método AEF es evitar tener que enumerar todas las actividades predecesoras y sucesoras de cada una de las actividades de la red de tal manera que la secuencia y la dependencia de la actividad pueda rastrearse cuando la red no está disponible o cuando comprende información incompleta. La salida de computadora se reduce muchas veces.

PREGUNTAS DE REPASO

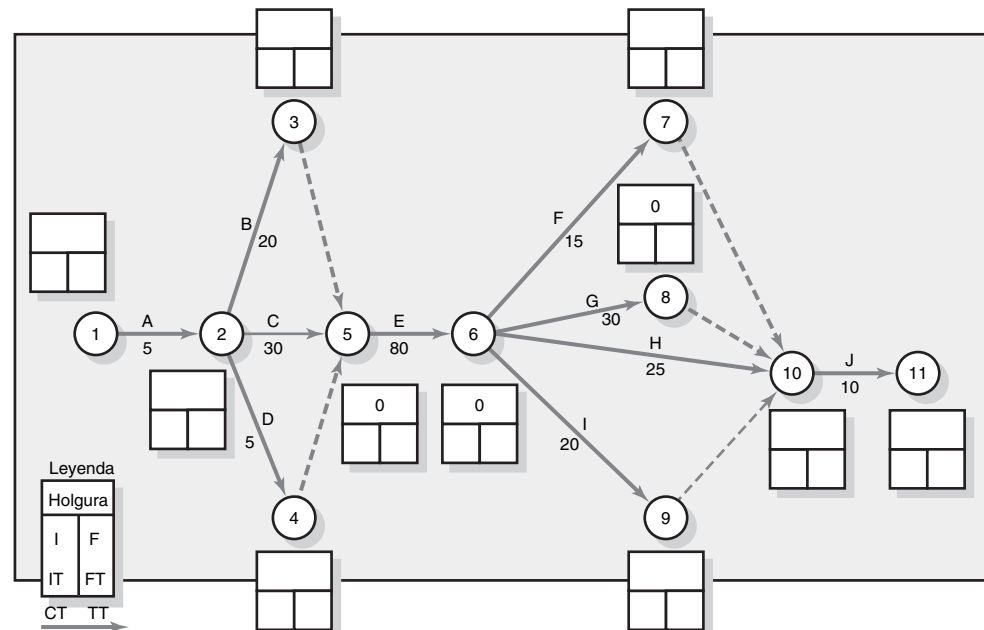
- ¿De qué manera se distinguen los bloques constructivos de la AEN y la AEF?
- ¿Cuáles son los objetivos de las actividades de prueba o de las pseudoactividades?
- ¿Cómo difieren las actividades de los eventos?

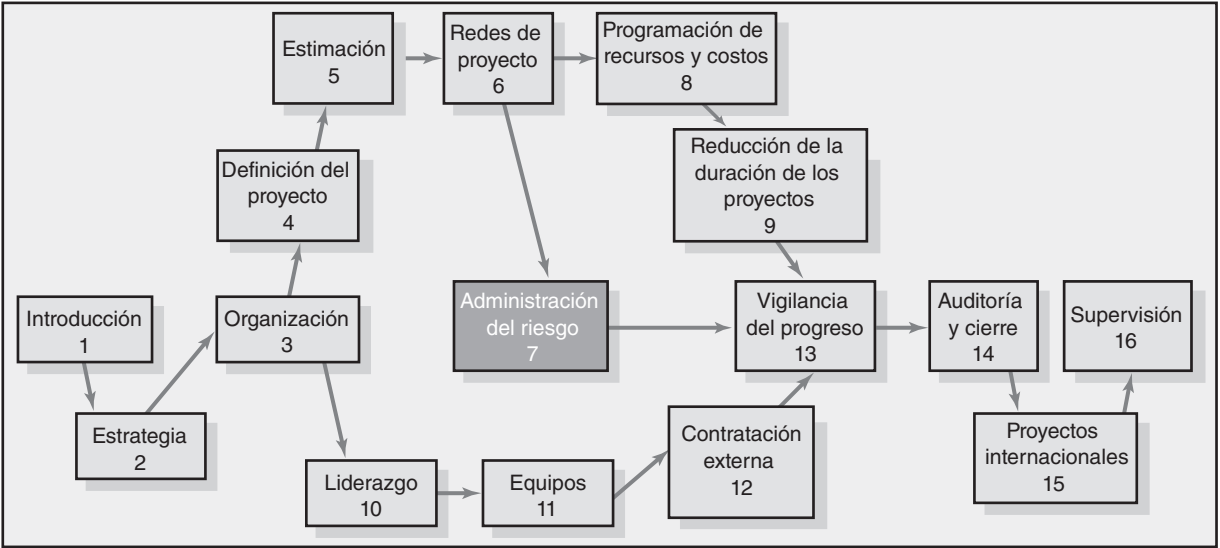
EJERCICIOS DE LOS APÉNDICES

1. Utilice la información que se encuentra en los ejercicios 3 y 4 (página 173) para dibujar redes AEF.
2. Utilice la información que se encuentra en el ejercicio del texto 11 para dibujar una red AEF. Incluya los tiempos de las actividades y los nodos de los eventos en la red tal como aparecen en la figura A6.5.
3. Dada la red de proyecto que sigue, calcule los tiempos temprano, tardío y de holgura del proyecto. Asegúrese de mostrar los tiempos de terminación temprana y tardía.



4. Dada la red de proyecto que sigue, calcule los tiempos temprano, tardío y de holgura para el proyecto. Asegúrese de mostrar los tiempos de terminación tardía y temprana.





Administración del riesgo

Proceso de administración de riesgos

Paso 1: Identificación del riesgo

Paso 2: Evaluación del riesgo

Paso 3: Desarrollo de la respuesta al riesgo

Planeación para contingencias

Fondos de contingencia y amortiguadores del tiempo

Paso 4: Control de respuesta al riesgo

Administración del control de cambios

Resumen

Apéndice 7.1: PERT y simulación PERT