



Administración de proyectos

La clave para la coordinación
efectiva de actividades y recursos



Adán López Miranda
Dolores Lankenau Caballero

ACCESO A METODOLOGÍA EN LÍNEA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

Para acceder a una metodología en línea para la administración de proyectos que consta de las mismas etapas de administración de un proyecto que las descritas en el libro, visite:

<http://www.pearsonenespañol.com/lopez-lankenau>

Y siga las instrucciones para redimir el siguiente código y utilizarlo por 6 meses:
(Utilice una moneda para descubrir el código de registro.
No use objetos filosos porque podría dañar el código).



Una vez que se registre tiene sólo 2 días para descargar el material disponible.
Después de este tiempo no podrá acceder a estos archivos.

IMPORTANTE:

¡Este código sólo puede usarse una vez
y no será reemplazado en caso de daño!
Asegúrese de que el código no aparezca descubierto.

Si requiere ayuda, escriba a:

soporte@pearson.com

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La clave para la coordinación efectiva
de actividades y recursos

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

La clave para la coordinación efectiva de actividades y recursos

Adán López Miranda
Dolores Lanckenau Caballero

*Escuela de Ingeniería y Ciencias
Tecnológico de Monterrey
Campus Monterrey*

Datos de catalogación bibliográfica

LÓPEZ MIRANDA, ADÁN Y LANKENAU CABALLERO,
DOLORES GUADALUPE

*Administración de proyectos, la clave para
la coordinación efectiva de actividades y recursos*

Primera edición

Pearson Educación de México, S.A. de C.V., 2017

ISBN: 978-607-32-4174-8

Área: Administración

Formato: 20 x 25.5 cm

Páginas: 208

Administración de proyectos

El proyecto educativo *Administración de proyectos, la clave para la coordinación efectiva de actividades y recursos* es una obra colectiva creada por un equipo de profesionales, quienes cuidaron el nivel y pertinencia de los contenidos, lineamientos y estructuras establecidos por Pearson Educación.

Director general: Sergio Fonseca ■ **Director de innovación y servicios educativos:** Alan David Palau ■ **Gerente de contenidos y servicios editoriales:** Jorge Luis Íñiguez ■ **Gerente de arte y diseño:** Asbel Ramírez ■ **Coordinador de contenidos de Educación Superior:** Guillermo Domínguez Chávez ■ **Coordinadora de arte y diseño:** Mónica Galván ■ **Editor especialista en desarrollo de contenidos:** Rosa Díaz Sandoval ■ **Editor de desarrollo:** Bernardino Gutiérrez Hernández ■ **Autores:** Adán López Miranda, Dolores Guadalupe Lankenau Caballero ■ **Corrector de estilo:** Lourdes Amador ■ **Gestor de arte y diseño:** José Hernández Garduño ■ **Lector de pruebas:** Felipe Martínez ■ **Diseñador de interiores:** Servicios Editoriales 6Ns ■ **Diseñador de portada:** Edgar Maldonado ■ **Composición y diagramación:** Servicios Editoriales 6NS ■ **Imágenes:** Shutterstock.

Esta edición en español es la única autorizada.

Contacto: soporte@pearson.com

Primera edición, 2017

ISBN LIBRO IMPRESO: 978-607-32-4174-8

ISBN LIBRO E-BOOK: 978-607-32-4171-7

D.R. © 2017 por Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Avenida Antonio Dovalí Jaime núm. 70

Torre B, Piso 6, Colonia Zedec, Ed. Plaza Santa Fe

Delegación Álvaro Obregón, México, Ciudad de México, C. P. 01210

www.pearsonenespañol.com

Impreso en México. *Printed in Mexico.*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - 20 19 18 17



Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso previo por escrito del editor.

Pearson Hispanoamérica

Argentina ■ Belice ■ Bolivia ■ Chile ■ Colombia ■ Costa Rica ■ Cuba ■ República Dominicana ■ Ecuador ■ El Salvador
■ Guatemala ■ Honduras ■ México ■ Nicaragua ■ Panamá ■ Paraguay ■ Perú ■ Uruguay ■ Venezuela

Agradecimientos

Agradezco y dedico a mi familia la elaboración de este libro.
Por su cariño, compañía y comprensión.
Gracias Ruth, Angélica, Adán, Andrés y Adriana.

Adán López Miranda

Gracias a mi familia que ha compartido y apoyado con gran entusiasmo mis proyectos.
Para todos, una dedicatoria especial de este libro con amor y afecto.

Dolores Lanckenau Caballero

Este libro no hubiera sido posible sin el apoyo de muchas personas que pertenecen al Tecnológico de Monterrey. Damos las gracias a directivos, colegas, profesores y a nuestros alumnos por respaldarnos, retarnos y asesorarnos a todo lo largo de nuestra vida académica y profesional.

Contenido

Agradecimientos	v
Prefacio	ix
Introducción	xi
Capítulo 1 Evaluación económica de proyectos	1
1.1 Introducción	1
1.2 Equivalencia del dinero en el tiempo	3
1.3 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)	12
1.4 Métodos de evaluación	13
1.5 Estudio económico	22
1.6 Estado de resultados proforma	30
1.7 Caso de negocios (<i>business case</i>)	32
1.8 Recomendaciones prácticas	32
1.9 De la experiencia	33
Preguntas de repaso y para reflexión	36
Problemas	38
Capítulo 2 Administración de proyectos	43
2.1 Introducción	43
2.2 Proyectos y administración de proyectos	44
2.3 Ciclo de vida del proyecto	46
2.4 Factores críticos de éxito: calidad, tiempo y costo	48
2.5 El administrador de proyectos y el equipo	50
2.6 Recomendaciones prácticas	51
2.7 De la experiencia	52
Preguntas de repaso y para reflexión	54
Capítulo 3 Inicio del proyecto	57
3.1 Introducción	57
3.2 Factores del medio ambiente y del capital intelectual del negocio	58
3.3 Desarrollar la especificación del proyecto (<i>charter</i>)	61
3.4 Identificar a los involucrados	64
3.5 Recomendaciones prácticas	65
3.6 De la experiencia	65
Preguntas de repaso y para reflexión	67
Capítulo 4 Planeación del alcance y la comunicación	73
4.1 Introducción	73
4.2 Definir el alcance del proyecto	74
4.3 Establecer la matriz de responsabilidades	83
4.4 Plan de comunicación	84
4.5 Recomendaciones prácticas	87
4.6 De la experiencia	87
Preguntas de repaso y para reflexión	90

Capítulo 5 Planeación del tiempo y los recursos	93
5.1 Introducción.	93
5.2 Tipos de dependencias	94
5.3 Redes de proyectos y ruta crítica	95
5.4 El método de la ruta crítica.	99
5.5 Diagrama de Gantt	104
5.6 Asignación y nivelación de los recursos	114
5.7 Recomendaciones prácticas	118
5.8 De la experiencia	118
Preguntas de repaso y para reflexión	121
Problemas.	124
Capítulo 6 Planeación de costos y análisis de riesgos	131
6.1 Introducción	131
6.2 Estimaciones.	132
6.3 Costos.	135
6.4 Presupuesto	141
6.5 Identificar y controlar el riesgo	144
6.6 Recomendaciones prácticas	145
6.7 De la experiencia	145
Preguntas de repaso y para reflexión	147
Problemas.	150
Capítulo 7 Coordinación y control del trabajo del proyecto	155
7.1 Introducción.	155
7.2 Asignar el trabajo y administrar al equipo del proyecto	156
7.3 Seguimiento y control del proyecto.	158
7.4 Porcentaje de avance	159
7.5 Diagramas de Gantt de control	162
7.6 Método del valor ganado	166
7.7 Control integrado de cambios	169
7.8 Recomendaciones prácticas	170
7.9 De la experiencia	171
Preguntas de repaso y para reflexión	173
Problemas.	175
Capítulo 8 Cierre del proyecto.	181
8.1 Introducción.	181
8.2 Cerrar el proyecto o la fase.	182
8.3 Cerrar los abastecimientos	183
8.4 Recomendaciones prácticas	184
8.5 De la experiencia	184
Preguntas de repaso y para reflexión	186
Créditos de fotografías.	189
Índice analítico	191

Todo proyecto debería empezar a partir de un problema que se quiere resolver, y así fue como nació la idea de este libro. Durante más de treinta años hemos realizado proyectos e impartido la materia de Administración de proyectos, pero no había un libro que cubriera los temas esenciales, que estuviera escrito originalmente en español y que fuera adecuado a una audiencia latinoamericana, con casos y reflexiones apropiados.

Revisamos muchos buenos libros pero, en algunos de ellos, sus autores no consideraron los aspectos culturales y contextuales de México y Latinoamérica. En otros libros, de autores que sí consideraron tales aspectos, su objetivo resultó ser sólo la transferencia de experiencias propias.

Nuestra motivación para escribir el libro fue ofrecer un recurso didáctico, rico en ejercicios, problemas y casos, que sirviera de apoyo para la administración de proyectos, tanto a estudiantes como a profesionistas y, en general, a todos aquellos que llevan a cabo uno o más proyectos y que buscan un libro que los guíe en el proceso de desarrollo. Decidimos que el libro abarcara desde la evaluación de los proyectos, porque de ahí nace la justificación de los mismos, hasta la entrega del producto y cierre del proyecto. Así, el contenido del libro cubre un vacío que encontramos en muchos textos previamente elaborados que se enfocaban en la evaluación de los proyectos o en la administración (planeación, control y cierre) pero no en ambos.

Con este alcance en mente, escribimos cada capítulo. Consideramos que no hay nada más práctico que una buena teoría, por lo que era necesario introducir conceptos, métodos y reflexiones que se relacionaran directamente con la experiencia del lector o con los problemas de manejo de proyectos a los que se enfrenta. El contenido teórico de cada capítulo se elaboró con base en la literatura del área y los estándares en la materia, enriqueciéndolo con nuestra propia experiencia en la elaboración y coordinación de proyectos.

Después de presentar contenido teórico en cada capítulo, agregamos la sección "Recomendaciones prácticas". Es en esta sección donde de manera sencilla y directa pretendemos que el lector comprenda más rápidamente cómo se aplican los conceptos teóricos en la práctica de la administración de proyectos. Sugerimos, por lo tanto, revisar frecuentemente las recomendaciones prácticas de cada capítulo, como apoyo en la toma de decisiones rápida y efectiva en la administración de proyectos.

Cada capítulo incluye además una sección donde describimos un caso real en el que estuvimos directamente involucrados, ya sea mediante la participación directa o la investigación. Titulamos a esta sección "De la experiencia" porque es precisamente lo que queremos compartir: una vivencia que nos dejó lecciones, aprendizaje y reflexiones. Esperamos transmitir a los lectores parte de ese bagaje de conocimientos de la vida real y que surge directamente del contexto mexicano en el que nos desempeñamos, que bien puede extenderse al latinoamericano por las grandes similitudes culturales entre ambos.

Teniendo en mente que también queríamos hacer un libro, tanto para estudiantes como para profesores, incluimos al final de los capítulos secciones de "Preguntas de repaso y para reflexión" y "Problemas". Las preguntas de repaso son un apoyo para asegurar

que se logró asimilar los conceptos y también para llevar al lector a visualizar las posibles aplicaciones de los mismos en otros ámbitos de acción o desde perspectivas diferentes. La sección de problemas es un apoyo para que los estudiantes afirmen sus conocimientos y ejerciten su capacidad de aprendizaje con la búsqueda de soluciones numéricas. Se presentan algunos problemas junto con sus soluciones, y otros para resolver. El profesor contará con las respuestas a problemas seleccionados en el sitio web del libro. Cabe hacer notar que no todos los capítulos tienen la sección de problemas debido a la naturaleza conceptual y procedimental de los mismos. En esos capítulos, las preguntas de repaso son las que complementan el aprendizaje.

Recomendamos que este libro se estudie siguiendo la secuencia en la que se presentan los capítulos (y que corresponde a las etapas que sigue un proyecto), revisando cada una de sus secciones, incluidas las de “Preguntas de repaso y para reflexión” y “Problemas”. Sin embargo, el libro también puede utilizarse como texto de consulta. Los administradores de proyectos tienen la posibilidad de repasar algún capítulo específico o sus secciones correspondientes en función de la etapa del proyecto en la que se encuentren y de los problemas que se les hayan presentado. En cualquiera de los dos casos, el libro cuenta con una amplia variedad de tablas, gráficas e imágenes que permiten entender rápidamente la esencia de cada tema.

Como complemento para el aprendizaje y la aplicación en la práctica de la administración de proyectos a modo de lograr la coordinación efectiva de actividades y recursos, el libro impreso proporciona un código con duración de 6 meses para el uso de una metodología en línea para la administración de proyectos: *Coordinate*, proyectos en equipo (www.coordinate.si). Con esta metodología en línea, el administrador de proyectos y su equipo de trabajo podrán reafirmar sus conocimientos para el manejo de proyectos mientras los van ejecutando. *Coordinate* consta de las mismas etapas de administración de un proyecto que las descritas en el libro, con la ventaja adicional de permitir que el proyecto se comparta con los diferentes actores involucrados, al tiempo que es posible almacenar documentos y elaborar informes.

Esperamos que nuestra intención primordial de ayudar a muchas personas a aprender a realizar sus proyectos se logre con el apoyo de este libro y de su material complementario. Como en todo proyecto, los beneficios son la parte más importante y, si bien es cierto que nos sentimos muy contentos y orgullosos del ejemplar que usted tiene en sus manos, nuestra satisfacción será completa si logramos que lo aplique total o parcialmente para enriquecer su aprendizaje, para mejorar su práctica profesional, y para lograr sus metas y objetivos.

*Adán López Miranda
Dolores Lankenau Caballero*

La gran mayoría de las personas tiene proyectos profesionales, familiares o individuales. Las empresas, las organizaciones, los institutos y las escuelas también los desarrollan constantemente. La razón principal es que desean emprender algo nuevo, diferente o mejorar lo que ya tienen. Sin embargo, el cambio no se logra a través de actividades rutinarias, sino mediante proyectos. Por lo tanto, es importante contar con conocimientos y habilidades para evaluar dichos proyectos, planearlos y ejecutarlos con éxito.

Llevar a cabo un proyecto personal –como comprar un automóvil, por ejemplo– requiere aplicar algunos pasos básicos. En cambio, para que una empresa renueve su maquinaria, deberá contar con amplio conocimiento y aplicarlo metódicamente. Es decir, la aplicación de métodos y técnicas de administración de proyectos debe ser proporcional a los objetivos, al esfuerzo, a los recursos involucrados y al beneficio que se obtendrá.

Este libro presenta los conceptos, estrategias, técnicas y factores críticos de éxito para coordinar proyectos de manera eficaz. Está dirigido sobre todo a estudiantes y profesionistas interesados en desarrollar metodológicamente las etapas de inicio, planeación, ejecución y cierre. Tiene aplicación en proyectos de tecnologías de información y comunicación, instalaciones industriales, investigación, innovación y mejora continua. Los conocimientos expuestos en este texto se ajustan al estándar internacional *PMBOK® Guide* del Project Management Institute (PMI®) de Estados Unidos, para ayudar a prepararse a quienes deseen presentar los exámenes de certificación profesional de ese instituto, como el CAPM® (*Certified Associate in Project Management*) o el PMP® (*Project Management Professional*).¹

La estructura general del libro tiene como base el proceso mismo con el que se llevan a cabo los proyectos. El primer capítulo describe los factores que deben tomarse en cuenta para seleccionar los proyectos, considerando que tanto en la vida personal como en las organizaciones, no es posible desarrollar todos los proyectos debido a las limitaciones de recursos. En ese capítulo se analiza el valor del dinero a través del tiempo, y se presentan fórmulas útiles para obtener datos que permitan comparar y evaluar alternativas de inversión. Se definen los indicadores más utilizados, como el de valor presente neto (VPN), el periodo de recuperación y la tasa interna de retorno (TIR).

El segundo capítulo resalta ciertos conceptos esenciales y responde preguntas importantes como: ¿Qué es un proyecto? ¿Cómo se administra? ¿Cuáles son los factores fundamentales para medir el éxito? Las respuestas se dan alrededor del ciclo de vida y sus etapas básicas. El capítulo concluye con una revisión de las características y competencias que deben reunir los actores más importantes del proyecto: el administrador (*project manager*) y su equipo de trabajo (*project team*).

El tercer capítulo introduce al lector en la etapa de inicio de un proyecto. Se presentan los aspectos básicos a cubrir para asegurar que el proyecto esté claramente definido y que haya un adecuado planteamiento de los beneficios buscados. Puesto que es fundamental

¹ PMBOK, PMI, PMP, CAPM son marcas registradas del Project Management Institute Inc.

identificar a los involucrados en un proyecto, se describen las técnicas para hacerlo y se explica cómo conocer sus diferentes intereses y grado de influencia en el proyecto.

En el cuarto capítulo se describen las técnicas de planeación del alcance y la comunicación necesarias para asegurar una buena aplicación de los recursos durante la ejecución. Se explica la técnica de la estructura de la división del trabajo (EDT) cuya utilidad principal es el desglose jerárquico y ordenado de todas las actividades que deben realizarse para lograr el objetivo del proyecto. El capítulo concluye con la descripción de los elementos principales que conforman un plan de comunicación para todos los involucrados en el proyecto.

El quinto capítulo utiliza como base el alcance del proyecto y se explican las herramientas para programar las actividades, como el diagrama de Gantt, las redes de proyectos, la ruta crítica y el método PERT. Se describe la manera de llevar a cabo la asignación y el balance de recursos para lograr un cronograma que será una línea base del proyecto.

En el sexto capítulo se presentan las técnicas y herramientas para estimar los costos de las actividades del proyecto, los diferentes tipos de costos que deben incluirse y la preparación de su presupuesto. También se explican las bases y técnicas de análisis de riesgos para identificarlos, analizarlos y preparar una respuesta que asegure la entrega de productos en calidad y tiempo.

El séptimo capítulo explica cómo se debe ejecutar el proyecto en concordancia con los planes desarrollados. Se presentan las herramientas de seguimiento y control de cambios para actualizar constantemente la información del proyecto, entre las que destacan los porcentajes de avance, los diagramas de Gantt de control y el método de valor ganado o *earned value*. Se describen los asuntos principales que el administrador y su equipo deben atender en las reuniones periódicas de control, así como la adecuada documentación del proyecto.

El octavo y último capítulo representa el cierre de un proyecto. Se revisan los aspectos más importantes a considerar para garantizar una transferencia adecuada de los productos que deberán entregarse. Dicha transferencia incluye aspectos administrativos, contractuales y, sobre todo, de gestión del conocimiento. Este último factor asegura que las lecciones aprendidas se utilicen en beneficio de futuros proyectos.

Cada capítulo del libro incluye una breve introducción, la explicación detallada de conceptos y técnicas, recomendaciones prácticas surgidas de la experiencia de los autores, un caso real para analizar y una sección de preguntas acerca del tema. Los capítulos 1, 5, 6 y 7 incluyen además una serie de problemas para evaluar los conocimientos adquiridos.

La intención principal de este libro es contribuir a que más personas sepan conducir cambios ordenados en su vida personal, en las empresas donde trabajan, en los organismos donde colaboran o en los grupos de acción social donde aportan sus servicios. Sin duda, la forma más eficiente y efectiva de llevar a cabo estos cambios es a través de la administración de proyectos.

Evaluación económica de proyectos

Capítulo

1



1.1 Introducción

En la vida diaria, constantemente se presentan oportunidades para invertir nuestro tiempo o nuestro dinero, pero son tantas las opciones posibles que tenemos que seleccionar las que nos brindan mayores beneficios de acuerdo con nuestros intereses y prioridades.

De igual manera, las empresas tienen muchas oportunidades o proyectos de inversión; por ejemplo:

- Instalar nuevos equipos en sus oficinas.
- Desarrollar un prototipo para un nuevo producto.
- Ofrecer un nuevo servicio a sus clientes.
- Construir una nueva área de producción.
- Iniciar un programa de capacitación para sus empleados.

La selección de los proyectos de inversión se realizará con base en la necesidad que cada proyecto satisface y la rentabilidad de la solución propuesta. Para apoyar esta decisión económica se requiere de información que permita asignar los recursos escasos a la alternativa más eficiente y viable de acuerdo con las necesidades.

La **evaluación de proyectos** consiste en un análisis estructurado que utiliza técnicas y herramientas para producir información útil para quien tomará las decisiones sobre inversiones. Se basa en estimaciones de los beneficios futuros que se esperan y de los costos que se asocian con el proyecto de inversión.

En el periodo en el que se espera obtener los beneficios de la inversión, es posible que se presenten situaciones como:

- Cambios en los precios.
- Evolución en la tecnología requerida.
- Fluctuaciones de la demanda.
- Comportamiento de la competencia.
- Cambios en las políticas económicas o en otras variables del entorno.

De acuerdo con las situaciones y para tomar decisiones, habrá que iniciar el estudio de los beneficios del proyecto, y preparar y documentar las condiciones en las que se realizará, lo que incluye responder a preguntas como las siguientes:

- ¿Cómo se obtendrán los insumos? ¿Se comprarán? ¿Se elaborarán?
- ¿Se requieren instalaciones? ¿Se comprarán? ¿Se rentarán?
- ¿Qué sistemas computacionales se requerirán? ¿Se harán internamente? ¿Se comprarán? ¿Se rentarán?
- ¿Se venderá a crédito? ¿O sólo de contado?
- ¿Cuál es el momento óptimo de la inversión? ¿Cuándo es conveniente abandonarla?
- ¿Cuál es el valor de salvamento de la inversión?

En este capítulo se estudiarán los conceptos básicos de la evaluación de proyectos enfocados a la creación, recopilación y análisis de un conjunto de datos económicos para evaluar de forma cualitativa y cuantitativa cada una de las ventajas y desventajas de las iniciativas propuestas.

Los conceptos estudiados permitirán que quien tome la decisión cuente con información que le permita aceptar o rechazar un proyecto o seleccionar la mejor de varias alternativas.

Es importante reconocer que la calidad del estudio económico depende de los datos para realizarlo, ya que son estimaciones que se fundamentan en el conocimiento del negocio y de la industria en la que se desarrolla.

1.2 Equivalencia del dinero en el tiempo

Las personas utilizamos el dinero para comprar bienes y servicios que nos permiten la subsistencia; sin embargo, lo que podemos comprar en estos momentos es más que lo que podremos comprar en el futuro con la misma cantidad de dinero.

El valor del dinero cambia a través del tiempo por la inflación en la economía de un país, la cual ocasiona la pérdida del valor adquisitivo en el futuro. La inflación se presenta en todos los países en diferentes porcentajes, pero nunca es igual a cero.

1.2.1 Valor del dinero en el presente y en el futuro

El valor del dinero en el presente tiene un poder adquisitivo que se desea conservar en el futuro, considerando una tasa de interés que permita que las cantidades en el presente y en el futuro sean equivalentes. Por ejemplo, si se depositan \$200 en un banco y se reinvierte el efectivo durante 4 años, ¿cuánto se tendrá al final del periodo si el banco paga una tasa de interés anual del 10%?

Para obtener el resultado, es necesario definir algunas variables:

P es la cantidad depositada (\$200).

i es la tasa de interés que se cobra por periodo (10% anual).

F es la cantidad acumulada en el futuro.

n corresponde al periodo en el que se mantendrá la inversión.

Con estos datos, es posible calcular el valor del dinero al final de cada año:

$$F_1 = 200 + 200(0.1) = 220$$

$$F_2 = 220 + 220(0.1) = 242$$

$$F_3 = 242 + 242(0.1) = 266.2$$

$$F_4 = 266.2 + 266.2(0.1) = 292.82$$

Con estas condiciones, se sabe que la inversión producirá \$92.82 como producto de los intereses. Así, se obtendrá una cantidad total de \$292.82 al final de los cuatro años sin hacer retiros sobre el capital o los intereses. Los intereses capitalizados se obtienen cuando no se retiran los intereses ganados y se acumulan a la inversión, generando nuevos intereses.

Como conclusión, se deduce que el valor futuro de una inversión se representa mediante la siguiente fórmula:

$$F = P(1+i)^n$$

Al despejar la fórmula, se obtiene el valor presente a partir de una cantidad considerada en el futuro, es decir, la cantidad que debe depositarse en el presente para obtener el valor futuro esperado:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

donde:

F es la cantidad acumulada en el periodo n.

P es la cantidad que debe depositarse en el presente para obtener la cantidad futura.
i corresponde a la tasa de interés cobrado o ganado por periodo.

n representa el periodo que debe transcurrir para ganar o cobrar un interés o el periodo de capitalización del interés.

Las fórmulas consideran el interés capitalizado, es decir, el interés se convierte en capital porque no se retira y, por lo tanto, genera intereses.

De acuerdo con lo anterior, se concluye que para la aplicación de la fórmula de equivalencia del valor del dinero a través del tiempo:

- El valor equivalente en el futuro se obtiene multiplicando la cantidad por $(1 + i)^n$.
- El valor equivalente en el presente se obtiene dividiendo la cantidad entre $(1 + i)^n$.

La equivalencia implica que el dinero tiene el mismo poder adquisitivo en diferentes periodos.

Un inversionista desea obtener de su inversión al menos la cantidad necesaria para comprar los mismos bienes y servicios que puede obtener en el presente.

1.2.2 Pagos uniformes en el presente

En las relaciones comerciales, se establecen acuerdos de compra en los que el vendedor ofrece crédito al comprador cobrando un interés que le permite que su dinero sea equivalente en el tiempo y, además, obtener una ganancia derivada del financiamiento.

Por ejemplo, un negocio requiere comprar equipo de cómputo para sus empleados y establece con el vendedor las siguientes condiciones:

- El costo total del equipo es de \$120,000.
- Solicitó y se le otorgó un plazo de 6 meses para realizar el pago.
- El primer pago lo hará al final del primer mes luego de la compra.
- La tasa de interés mensual que pagará al vendedor es del 4%.

Si el cliente saldará su deuda en seis pagos iguales, ¿cuánto deberá pagar cada mes?

La respuesta podría analizarse de manera diferente por el vendedor y por el comprador, enfatizando cada uno de ellos sus propios intereses. La figura 1.1 muestra una forma en que el vendedor podría calcular la deuda:

A	B	C	D
Saldo		\$120,000	Corresponde a la deuda inicial
Interés mensual	\$4,800		Interés del 4% sobre la deuda inicial
Interés total		\$28,000	Interés por los 6 meses de la deuda
Total de la deuda		\$148,000	Deuda total con intereses por los 6 meses
Pago mensual		\$24,800	El pago mensual incluye la deuda más el interés

Figura 1.1 Cálculo de la deuda por parte del vendedor.

Sin embargo, el comprador podría afirmar que el pago mensual se calcula como se muestra en la figura 1.2:

A	B	C	D
Saldo		\$120,000	Corresponde a la deuda inicial
Pago mensual	\$20,000		El pago de la deuda sería en 6 pagos de \$20,000
Interés total	\$800		Interés por cada mes de la deuda
Total de la deuda		\$124,800	Deuda total con intereses por los 6 meses
Pago mensual		\$20,800	El pago mensual incluye la deuda más el interés

Figura 1.2 Cálculo de la deuda por parte del vendedor.

Como se observa al comparar las respuestas, los criterios para el pago y el cálculo de los intereses son diferentes desde cada perspectiva; sin embargo, ninguno de los dos criterios es correcto.

En la evaluación de proyectos se aplica el **criterio de pago justo**, según el cual sólo se deben pagar los intereses sobre saldos insolutos, es decir, sobre la deuda no pagada o deuda pendiente.

Para comprobar que ambos criterios son erróneos, a continuación se realizará el cálculo de los intereses sobre saldos insolutos, tomando como ejemplo el criterio del vendedor:

Según el criterio del vendedor, el pago mensual es de \$24,800:

Deuda:	\$120,000		Periodos (n): 6	Interés: = 0.04			
Periodo	0	1	2	3	4	5	6
Interés		\$4,800	\$4,000	\$3,168	\$2,303	\$1,403	\$467
Saldo		\$120,000	\$100,000	\$79,200	\$57,568	\$35,071	\$11,674
Total		\$124,800	\$104,000	\$82,368	\$59,871	\$36,474	\$12,140
Pago		\$24,800	\$24,800	\$24,800	\$24,800	\$24,800	\$24,800
Nuevo saldo	\$120,000	\$100,000	\$79,200	\$57,568	\$35,071	\$11,674	-\$12,660

Figura 1.3 Pago mensual según el criterio del vendedor.

El cálculo es incorrecto, ya que el criterio del pago justo establece que el saldo final debe ser cero y, en este caso, el vendedor cobró \$12,660 más al comprador.

Si se analiza el cálculo del pago de acuerdo con el criterio del comprador, también se apreciará que no es el pago justo:

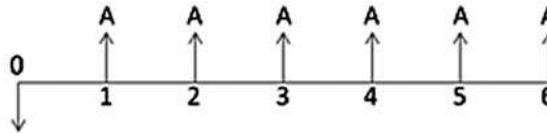
Deuda:	\$120,000		Periodos (n): 6	Interés: = 0.04			
Periodo	0	1	2	3	4	5	6
Interés		\$4,800	\$4,160	\$3,494	\$2,802	\$2,082	\$1,334
Saldo		\$120,000	\$104,000	\$87,360	\$70,054	\$52,057	\$33,339
Total		\$124,800	\$108,160	\$90,854	\$72,857	\$54,139	\$34,672
Pago		\$20,800	\$20,800	\$20,800	\$20,800	\$20,800	\$20,800
Nuevo saldo	\$120,000	\$104,000	\$87,360	\$70,054	\$52,057	\$33,339	\$13,872

Figura 1.4 Pago mensual según el criterio del comprador.

De acuerdo con este cálculo, el comprador dejaría de pagar al vendedor la cantidad de \$13,872.

La solución para este problema requiere definir la cantidad de pagos iguales que salden la deuda de acuerdo con el criterio del pago justo, que considera el valor del dinero a través del tiempo.

Para apreciar el horizonte de la inversión conviene utilizar un diagrama de flujo de efectivo, el cual es una herramienta de apoyo en la visualización de la forma en que fluye el dinero a través del tiempo. El diagrama muestra:



- El horizonte o periodo de análisis mediante una línea horizontal.
- El inicio de los periodos se coloca en el extremo izquierdo de la línea.
- El final de los periodos se coloca en el extremo derecho de la línea.
- El flujo del dinero se representa mediante flechas hacia arriba y hacia abajo.

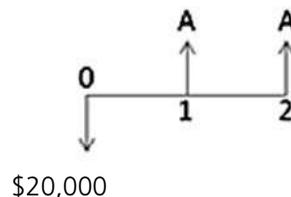
Para el vendedor:

- Una flecha hacia arriba representa: ganancia, ahorro, beneficio o ingreso, entre otros.
- Una flecha hacia abajo, significa: inversión, gasto, desembolso, pérdida o costo, entre otros.



En esta representación, existe un comprador y un vendedor que participan en la transacción, por lo que cada uno tendrá una representación diferente por el significado de las flechas. Por ejemplo, si se representa el flujo de efectivo de un vendedor, la flecha hacia abajo representa que ha hecho una venta y que su inventario ha disminuido en una cierta cantidad.

El diagrama de flujo de efectivo para el vendedor representa una venta por \$20,000 en el periodo 0, y por esa venta el vendedor recibirá una cantidad A igual en dos periodos:

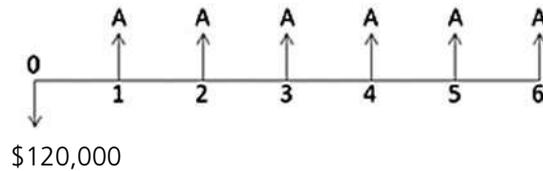


La letra A representa la inicial de *annuity*, que en español significa anualidad. Esta letra se emplea por convención, ya que los periodos de análisis contable son anuales. Sin embargo, la inicial también se utiliza para representar cualquier otro periodo de pago; por ejemplo, bimestral, semestral, mensual o semanal, entre otros.

Los conceptos que complementan el diagrama de flujo de efectivo son:

- El **horizonte del tiempo** en que se va a realizar el análisis se representa con la letra "n".
- El **periodo "0"** se utiliza con la finalidad de enfatizar el inicio del tiempo para completar el periodo 1 en el análisis del proyecto.

Un pago uniforme representa un pago igual en cada uno de los periodos establecidos; por lo tanto, esto se representa en el siguiente diagrama de flujo, con una inversión inicial en el tiempo 0 y seis pagos iguales denotados con la letra A:



La inicial A representa seis pagos iguales, o pagos uniformes, por 6 periodos para realizar la inversión inicial equivalente de \$120,000 en el presente.

Considere el ejemplo anterior en el que una empresa requiere comprar equipo de cómputo para sus empleados y se han establecido con el vendedor las siguientes condiciones:

- El costo total del equipo es de \$120,000.
- Solicitó y se le otorgó un plazo de 6 meses para realizar el pago.
- El primer pago se hará al final del primer mes luego de la compra.
- La tasa de interés mensual que pagará al vendedor es del 4% mensual. La tasa que se paga es por tener el dinero para comprar el equipo y es fijada por el vendedor.

¿Cuál es el pago uniforme mensual que debe hacer el comprador de acuerdo con el criterio del pago justo?

La deuda comparada en el presente con la inversión se representa en la siguiente fórmula:

$$120,000 = \frac{A}{(1.04)^1} + \frac{A}{(1.04)^2} + \frac{A}{(1.04)^3} + \frac{A}{(1.04)^4} + \frac{A}{(1.04)^5} + \frac{A}{(1.04)^6}$$

Resultado:

$$120,000 = \frac{A}{(1.04)} + \frac{A}{(1.04)^2} + \frac{A}{(1.04)^3} + \frac{A}{(1.04)^4} + \frac{A}{(1.04)^5} + \frac{A}{(1.04)^6}$$

$$120,000 = A * \left[\frac{1}{1.04} + \frac{1}{0.816} + \frac{1}{1.12486} + \frac{1}{1.16986} + \frac{1}{1.21665} + \frac{1}{1.26532} \right]$$

$$120,000 = A * [0.96154 + 0.92456 + 0.889 + 0.8548 + 0.82193 + 0.79031]$$

$$120,000 = A * 5.24214$$

$$\frac{120,000}{5.417191444} = A$$

$22891.428 = A$

donde:

$$\begin{aligned} P &= 120,000 \\ i &= 0.04 \\ n &= 6 \end{aligned}$$

Como se observa, se deben hacer seis pagos de \$22,891.43 para saldar la deuda de \$120,000 acordada en el presente a la tasa de interés fijada por el vendedor.

Este ejemplo muestra el cálculo en periodos cortos; sin embargo, el cálculo resulta complicado para periodos mayores, por lo que es conveniente utilizar una fórmula simplificada:

Monto del pago uniforme

donde:

$$P = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

P = Valor presente o de contado
A = Valor de cada pago en el horizonte del tiempo
i = Tasa de interés por cada periodo
n = Periodo de tiempo del estudio

Pagos uniformes comparados en el futuro:

donde:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

P = Valor presente o de contado
A = Valor de cada pago en el horizonte del tiempo
i = Tasa de interés por cada periodo
n = Periodo de tiempo del estudio

Así, en nuestro ejemplo:

$$A = 120,000 \left[\frac{0.03(1.04)^6}{(1.04)^6 - 1} \right] = 22891.428$$

donde:

$$\begin{aligned} P &= 120,000 \\ A &= \text{Valor de cada pago en el horizonte del tiempo} \\ i &= 0.04 \\ N &= 6 \end{aligned}$$

Es importante aclarar que para la aplicación de las fórmulas deben cumplirse las siguientes condiciones:

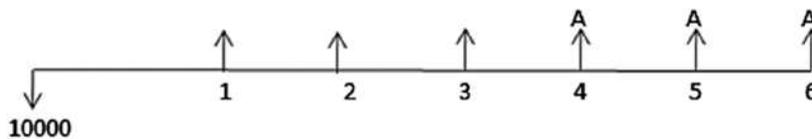
- El valor presente o inversión siempre se coloca en el periodo 0.
- La primera A siempre se coloca al final del periodo 1.
- La última A siempre se coloca al final del periodo n.
- Los pagos uniformes no se interrumpen.

Si alguna de las condiciones no se cumple, deberán hacerse los cálculos pertinentes para hacerlas cumplir; por ejemplo:

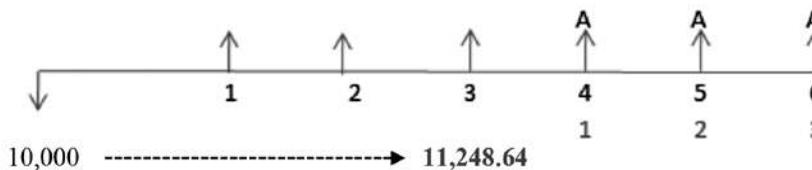
Una tienda comercial, que cobra el 4% de interés, anunció la siguiente oferta: "Compre ahora y pague dentro de tres meses el total o empiece a pagar dentro de tres meses en tres mensualidades iguales". Esta oferta, en realidad, quiere decir lo siguiente:

- Dentro de tres meses puede pagar de contado.
- Dentro de tres meses puede comenzar a hacer tres pagos iguales, con un interés del 4%.

Si la deuda adquirida es de \$10,000 y se elige la opción de tres pagos iguales dentro de tres meses o a partir del tercer mes, el diagrama de flujo de efectivo se representaría de la siguiente manera:



La condición que no se cumple en este caso es que la primera A no se encuentra en el periodo 1, por lo que deberá colocarse la cantidad a futuro en el periodo 3, de tal manera que el periodo 4 corresponda al primer periodo del estudio:



En este caso, deberán realizarse los siguientes cálculos:

1. Colocar la cantidad del préstamo a futuro:

$$F = 1000(1 + 0.04)^3 \\ = 11248.64$$

2. Obtener el pago uniforme:

donde:

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$P = 11248.64$
 $A =$ Valor de cada pago en el horizonte del tiempo
 $i = 0.04$
 $N = 3$

De acuerdo con el ejemplo:

$$A = 11248.64 \left[\frac{0.04(1.04)^3}{(1.04)^3 - 1} \right] = 4,053.43$$

Los tres pagos deberán ser de 4,053.43 para cubrir la deuda total.

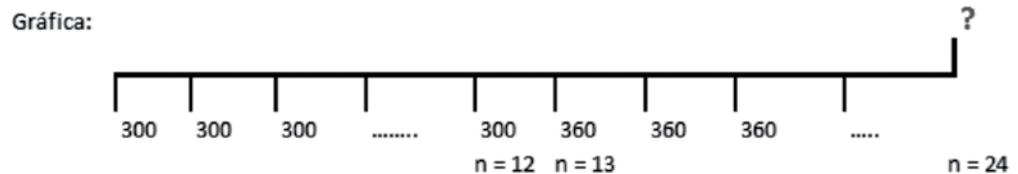
Los pagos uniformes en el presente consideran el pago del capital y el interés aplicado a los saldos insolutos.

1.2.3 Comparación de las inversiones en el futuro

La comparación de la deuda y el pago también puede hacerse en el futuro y considerar diferentes alternativas de inversión, como el ahorro; por ejemplo:

Una persona considera depositar una cantidad de \$300 al mes en un banco que le ofrece el 3% mensual y, después de un año, incrementará su ahorro a \$360 por un año más. Si no retira ninguna cantidad, ¿cuánto dinero tendrá al finalizar el segundo año?

El siguiente diagrama de flujo de efectivo representa esta posibilidad de ahorro:



Este problema se resuelve mediante las fórmulas para calcular la cantidad de la inversión en el futuro, que como se mostró en el cálculo de pagos uniformes, se deriva de la fórmula del cálculo del valor futuro de una inversión, relacionándolo con el periodo de tiempo:

$$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

O su inversa:

$$A = F \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Como se observa, en este ejemplo existen dos series uniformes de inversión:

- Una serie en la que se representa la cantidad ahorrada en los primeros 12 meses: \$300.
- Una serie en la que se representa la cantidad ahorrada en los 12 meses del segundo año: \$360.

La solución de este problema se obtiene sumando los resultados de ambas series en el futuro. El cálculo se facilita si se utiliza una hoja de cálculo como Excel:

Serie uniforme de pagos en el futuro:		
$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$ Futuro y series uniformes	$A = 300$	$A = 360$
	$n = 12$	$n = 12$
	$i = 0.03$	$i = 0.03$
	$(1+i)^n = 1.4258$	$(1+i)^n = 1.425761$
	$F_1 = 4257.6$	$F_2 = 5109.131$
	$F_1(1.015)_{12} = 6070.3$ (Es por los siguientes 12 meses)	
	Al final de dos años: 11179.46	

En esta solución debe aclararse que al obtener el valor futuro de la primera serie (\$300), esta cantidad se mantendrá depositada por los 12 meses restantes, por lo que se le agregó el valor futuro por 12 meses más, de acuerdo con el interés que otorga el banco.

Otra manera de solucionar el problema consiste en considerar que se mantendrá depositada la cantidad de \$300 por 24 meses, y que en los últimos 12 meses se incluye una serie uniforme de \$60.00:

Serie uniforme de pagos en el futuro:		
(Tomando \$300 por 24 meses con un incremento de \$60 para los siguientes 12)		
$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$ Futuro y series uniformes	$A = 300$	$A = 60$
	$n = 24$	$n = 12$
	$i = 0.03$	$i = 0.03$
	$(1+i)^n = 2.032794$	$(1+i)^n = 1.425761$
	$F_1 = 10327.94$	$F_2 = 851.5218$
	Al final de dos años: 11179.46	

El resultado es el mismo en ambos análisis.

En la solución de problemas, cuando alguna regla necesaria no se cumple o se combinan inversiones, es útil diferenciar las series del mismo problema que pueden resolverse por separado y combinar los resultados en una respuesta final.

1.2.4 El rendimiento de un proyecto

En la toma de decisiones económicas, se realiza una evaluación para determinar si un proyecto o una inversión es financieramente viable o deseable. De manera específica, se contestan dos tipos de preguntas:

- ¿El proyecto es viable? Es decir, ¿cumple con los requisitos mínimos del inversionista?
- Considerando una lista de proyectos, ¿en cuál se debe invertir? ¿Cómo se compara un proyecto con el resto de los que integran la lista?

Para tomar una mejor decisión, debe considerarse el tiempo en que se recupera la inversión, las ganancias que genera y la tasa de rendimiento que tome en cuenta las expectativas del inversionista.

1.3 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

La **tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)** es la tasa mínima que requiere un inversionista, una persona o una empresa para hacer una inversión; es decir, el porcentaje de ganancia que desea obtener sobre el dinero que invierte.

Esa tasa también se conoce como tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA) y sus características son las siguientes:

- Para su establecimiento debe considerarse la tasa de inflación más un premio al riesgo que reconoce el verdadero crecimiento del dinero: a mayor riesgo, se busca mayor ganancia.
- La determinación de la tasa requiere del juicio de expertos considerando el costo de oportunidad, es decir, lo que tiene que dejarse de hacer para seguir un curso de acción.
- En su cálculo normalmente participan directivos y expertos en finanzas de toda la empresa, ya que se requiere un análisis de:
 - Las expectativas de los accionistas para inversiones a futuro.
 - La posición y liquidez de la empresa, es decir, si la empresa requiere tener cantidades de efectivo disponibles y cuándo.

En ocasiones, una inversión se realiza entre varios inversionistas, por lo que es necesario calcular una **TMAR mixta** que incluya la tasa mínima aceptable de rendimiento de cada uno de ellos, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

- Para invertir en una empresa, se necesitan 1,250,000 pesos. Los socios sólo cuentan con \$700,000 y el resto lo solicitarán en préstamo a dos instituciones financieras.
- La institución financiera A aportará \$300,000, por los que cobrará un interés del 25% anual.
- La institución financiera B aportará \$250,000, por los que cobrará un interés del 27.5% anual.

Si la TMAR de los accionistas es de 30%, ¿cuál es la TMAR mixta para la empresa? En la tabla 1.1 se presentan los cálculos necesarios expresados en miles de pesos:

Entidad	Aportación	Porcentaje de aportación	Rendimiento solicitado	Promedio ponderado
Accionistas	700	56.00%	0.30	16.80%
Financiera A	300	24.00%	0.25	6.00%
Financiera B	250	20.00%	0.28	5.50%
Total	1250	100.00%	TMAR mixta	28.30%

Tabla 1.1 Cálculos para la TMAR mixta.

La TMAR mixta obtenida (28.30%) representa la tasa que satisface las necesidades de todos los inversionistas, incluyendo los porcentajes de interés que se pagarán, y es la que debe aplicarse en los cálculos para el análisis financiero.

La TMAR representa la tasa que se usará para evaluar el valor del dinero en el presente y, con ello, la conveniencia de la inversión.

1.4 Métodos de evaluación

Los métodos más utilizados para evaluar la conveniencia de la inversión en proyectos son:

- Periodo de recuperación.
- Valor presente neto (VPN) para la comparación de alternativas en el presente.
- Tasa interna de retorno (TIR) para evaluar la ganancia anual que ofrece un proyecto de inversión y compararla con la tasa mínima aceptable de rendimiento establecida por el inversionista.
- Costo anual uniforme equivalente (CAUE) para evaluar alternativas en las que sólo se tienen costos.

Estos métodos producen la información necesaria para hacer comparaciones entre proyectos y tomar decisiones; sin embargo, la decisión es responsabilidad del inversionista, considerando que:

La toma de decisiones es una combinación de ciencia y arte.

Un proyecto es conveniente cuando los beneficios que produce son mayores que los costos de realizarlo. Por eso, todos los proyectos prospecto se analizan y priorizan dependiendo de diferentes criterios de evaluación y con diferentes métodos.

Para cualquiera de los métodos, hay que recordar que la selección de la TMAR es un factor importante y que su determinación puede cambiar las prioridades de los proyectos, debido a que las tasas bajas hacen que los proyectos de larga duración con beneficios en un futuro distante parezcan más atractivos comparados con proyectos cortos con beneficios inmediatos.

Los proyectos prospecto son proyectos que aún no son seleccionados para realizar la inversión.

1.4.1 Periodo de recuperación

El método del periodo de recuperación interesa a los inversionistas para saber en cuánto **tiempo** recuperarán la inversión realizada en un proyecto, siendo de más valor el que recupere su inversión en el menor tiempo posible.

En el siguiente ejemplo se comparan dos proyectos mediante su inversión inicial y las ganancias netas de cada año:

Año	Ganancias del proyecto 1 (Inversión inicial: 1,300,000)	Ganancia acumulada	Ganancias del proyecto 2 (Inversión inicial: 900,000)	Ganancia acumulada
1	500,000	500,000	100,000	100,000
2	200,000	700,000	200,000	300,000
3	300,000	1,000,000	200,000	500,000
4	400,000	1,400,000	200,000	700,000
5	-50,000	1,350,000	350,000	1,050,000
6	100,000	1,450,000	400,000	1,450,000
Costo/ Beneficio	$(1,450,000/1,300,000 \times 100)$	111.54%	$(1,450,000/900,000 \times 100)$	161.10%

Como se observa, si sólo se toma en cuenta el periodo de recuperación, el proyecto 1 sería más conveniente debido a que la inversión se recupera en el cuarto año, mientras que en el proyecto 2 se recupera en el año 5.

Sin embargo, uno de los inconvenientes de utilizar solamente este indicador es que no toma en cuenta todas las ganancias de todos los periodos, y como se ve en este caso, el proyecto 2 tiene una relación costo/ beneficio más favorable (161%) en comparación con el proyecto 1 (111%).

Este método resulta muy fácil de aplicar y es útil para analizar la liquidez del inversionista; sin embargo, es recomendable utilizarlo como primer filtro y en combinación con otros métodos.

1.4.2 Valor presente neto (VPN)

Cuando se hace una inversión, de ella se obtienen ganancias cada año del periodo de estudio, pero para analizar si el proyecto es conveniente deben compararse todos los prospectos en el presente para tomar una decisión adecuada. Los flujos netos de efectivo calculados en el presente se conocen como **flujos descontados**.

El método del valor presente neto establece que se debe calcular el valor presente de los flujos netos (ingresos – costos) que se estima que se obtendrán en el futuro, utilizando una tasa de descuento (TMAR).

Para la aplicación del método, se realizan los siguientes pasos:

- Determinar todos los flujos netos de efectivo que se obtendrán del proyecto, restando los costos de los ingresos.
- Determinar la tasa mínima aceptable de rendimiento que se desea obtener.
- Calcular el valor presente neto de la inversión.

Para obtener el valor presente neto de la inversión, se aplica la siguiente fórmula:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

donde:

FNE_n = Flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta después de impuestos en el año n

P = Inversión inicial en el año cero

i = Tasa de referencia (TMAR)

Por ejemplo, una empresa considera comprar un componente industrial con valor de \$30,000 para una computadora especializada que, se espera, durará 3 años; se estima que en cada año de ese periodo se obtendrá un flujo de efectivo por \$13,000.

Si la empresa busca una tasa de retorno del 8%, ¿es conveniente comprar el componente?

El valor presente de la inversión se obtiene de los siguientes cálculos:

$$VPN = \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

donde:

FNE_n = 13,000

VP = Valor de la suma de los flujos netos de efectivo en el año cero

i = 8%

$$VPN = \frac{13,000}{(1+0.08)^1} + \frac{13,000}{(1+0.08)^2} + \frac{13,000}{(1+0.08)^3}$$

El valor presente neto se calcula restando la inversión inicial del valor presente de los flujos descontados:

$$VPN = -30,000 + 33,502.26 = \mathbf{3,502.26}$$

Los criterios que se aplican para aceptar la inversión son los siguientes:

Si el VPN es mayor que cero, la inversión debe aceptarse, ya que el retorno es mayor que lo que implica la tasa mínima aceptable de rendimiento. En este caso, es mayor que un retorno del 8%.

Debe tenerse presente que el fundamento de los cálculos son cantidades estimadas.

Como conclusión, para tomar una decisión basada en el VPN:

- Si el $VPN \geq 0$ Es conveniente aceptar la inversión, ya que se gana más rendimiento del solicitado.
- Si el $VPN < 0$ Se debe de rechazar la inversión porque no se estaría ganando el rendimiento mínimo solicitado.

El cálculo del valor presente neto también permite analizar y comparar alternativas de inversión, tal como se muestra en el siguiente ejemplo.

En una empresa se realizó un estudio del equipo de cómputo y de los servicios que se requirieren para atender a sus clientes. Para su análisis se evaluó a múltiples proveedores que ofrecen paquetes con soluciones completas, incluyendo el diseño y la administración de su sitio web.

Hasta ahora, tienen dos proveedores con las mejores ofertas, por lo que han hecho estimaciones de los ingresos anuales y los costos que se obtendrían al ofrecer un mejor servicio al cliente:

Opción	Inversión	Ingreso anual	Costo anual
Proveedor 1	75,000	60,000	24,000
Proveedor 2	87,000	70,000	26,000

Con los datos estimados, se comparará el valor presente neto de cada proveedor considerando que debe pagarse el 23% de impuestos gubernamentales sobre los ingresos obtenidos (impuestos sobre la renta, de acuerdo a la Ley de Impuestos sobre la Renta, LISR).

Utilizando como datos del negocio:

$$\text{TMAR} = 7$$

$$N = 5$$

$$\text{Tasa de impuestos} = 23\%$$

Proveedor 1	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
Costos	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
Utilidad antes de impuestos	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
Impuestos	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080
Flujos netos de efectivo:	34,920	34,920	34,920	34,920	34,920
VPN	68,179				

Proveedor 2	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Costos	26,000	26,000	26,000	26,000	26,000
Utilidad antes de impuestos	44,000	44,000	44,000	44,000	44,000
Impuestos	1,320	1,320	1,320	1,320	1,320
Flujos netos de efectivo:	42,680	42,680	42,680	42,680	42,680
VPN	87,996				

Para obtener el resultado, se aplicó la fórmula del VPN descontando los flujos de efectivo de cada uno de los años, y se observa que el proveedor 2 ofrece el mayor VPN, por lo que se considera la mejor alternativa.

La selección de la mejor alternativa se fundamenta en la **conducta económica racional** del inversionista, lo cual significa que a éste siempre le interesa maximizar su riqueza o ganancia en el futuro, puesto que así asegurará un mayor consumo y, a la vez, una mayor satisfacción.

Además:

- El inversionista siempre estará dispuesto a no consumir en el presente, si su poder adquisitivo será mayor en el futuro al postergar su consumo.
- Al inversionista le es posible expresar su riqueza futura de forma cuantitativa y en términos equivalentes en el presente.
- Los pronósticos del futuro, utilizados para tomar la decisión, tales como ganancia y tasa mínima aceptable de rendimiento, no cambiarán.
- El inversionista debe invertir en los proyectos en los que se obtenga un rendimiento superior al mínimo vigente en el mercado, que se establecen como certificados de la Tesorería (CETES) con vencimiento de un año, bonos de diferentes vencimientos e inversiones con riesgo cero.

Para realizar el estudio del valor presente neto, se preparan los datos financieros tanto de las inversiones como de los ingresos y costos del proyecto.

1.4.3 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno representa la ganancia o el rendimiento anual que obtiene un inversionista en términos de porcentaje.

La tasa se representa con la letra i en la interpretación tradicional de las tasas de interés y se obtiene utilizando como base la TMAR fijada por el inversionista, de tal manera que cuando ésta aumenta, el VPN se reduce hasta llegar a cero; en ese punto, se encuentra la TIR.

De acuerdo con lo anterior, la TIR se define como la *tasa de descuento que hace el VPN igual a cero*, por lo que la fórmula se representa como:

$$\text{VPN} = 0 = -P + \frac{\text{FNE}_1}{(1+i)^1} + \frac{\text{FNE}_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{FNE}_n}{(1+i)^n}$$

Otra manera de obtener el valor de la TIR es mediante la tasa de descuento que hace que la suma de los flujos de efectivo descontados sea igual a la inversión inicial:

$$P = \frac{\text{FNE}_1}{(1+i)^1} + \frac{\text{FNE}_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{FNE}_n}{(1+i)^n}$$

De la misma forma, se puede obtener el valor de la TIR en el futuro. Por ejemplo, si la inversión se realiza en un periodo de 5 años, la fórmula para obtener la TIR es la siguiente:

$$P(1+i)^5 = \text{FNE}_1(1+i)^4 + \text{FNE}_2(1+i)^3 + \text{FNE}_3(1+i)^2 + \text{FNE}_4(1+i)^1 + \text{FNE}_5$$

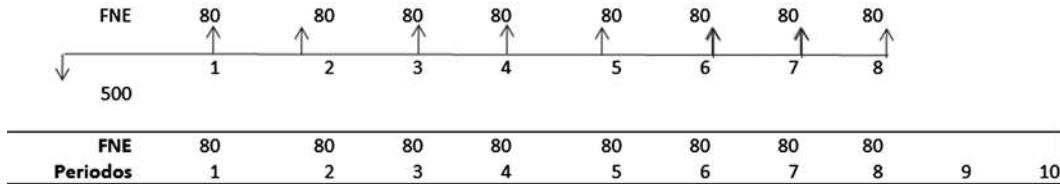
Criterio para aceptar la inversión:

- Si $\text{TIR} \geq \text{TMAR}$ Si el rendimiento que genera el proyecto es mayor que o igual a la tasa de ganancia que solicita el inversionista, se debe hacer la inversión.
- Si $\text{TIR} < \text{TMAR}$ Si el rendimiento que genera el proyecto es menor que la tasa de ganancia que solicita el inversionista, se rechaza la inversión.

Cabe aclarar que la decisión se basa en la determinación correcta de la TMAR.

Una de las desventajas de este método es la fórmula de la TIR, ya que requiere despejar la tasa de interés mediante métodos complicados, por lo que la recomendación es utilizar programas como Excel o calculadoras especiales. Veamos el siguiente ejemplo:

Si se invierten \$500 con la expectativa de recibir \$80 al final de cada uno de los siguientes ocho años, ¿cuál es la tasa interna de rendimiento (TIR) de la inversión? (Las cantidades están expresadas en miles).



Primera aproximación	
TIR	\$VPN
12%	-102.5888
10%	-73.2059
8%	-40.2689
6%	-3.2165
5%	17.0570
4%	38.6196
3%	61.5754
2%	86.0385

Segunda aproximación	
TIR	\$VPN
5.00%	17.0570
5.10%	14.9733
5.20%	12.9024
5.30%	10.8441
5.40%	8.7984
5.50%	6.7653
5.60%	4.7445
5.70%	2.7360
5.80%	0.7398
5.90%	-1.2444
6.00%	-3.2165

Tercera aproximación	
TIR	\$VPN
5.8000%	0.7398
5.8050%	0.6403
5.8100%	0.5408
5.8150%	0.4414
5.8200%	0.3420
5.8250%	0.2426
5.8300%	0.1433
5.8350%	0.0439
5.8400%	-0.0553

Cuarta aproximación	
TIR	\$VPN
5.8370%	0.0042
5.8371%	0.0022
5.8372%	0.0003
5.8373%	-0.0017

Como se observa, la tasa interna de retorno es de 5.8372%, que es el punto donde el valor presente neto es muy cercano a cero.

El cálculo de la TIR puede realizarse directamente en Excel, indicando la cantidad invertida inicialmente y las expectativas de ingresos en cada uno de los años del periodo.

A continuación se muestra el cálculo de la TIR utilizando la función IRR (que corresponde a *internal rate of return*) de Excel:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	I
1													
2			Cálculo de la TIR										
3			Inversión		-500								
4			FNE 1		80								
5			FNE 2		80								
6			FNE 3		80								
7			FNE 4		80								
8			FNE 5		80								
9			FNE 6		80								
10			FNE 7		80								
11			FNE 8		80								
12			TIR		{=C3:C11}								
13													
14													
15													
16													

Function Arguments

IRR

Values: C3:C11 = {-500;80;80;80;80;80;80;80;80}

Guess: = number

= 0.058372132

Returns the internal rate of return for a series of cash flows.

Values is an array or a reference to cells that contain numbers for which you want to calculate the internal rate of return.

Formula result = 0.058372132

[Help on this function](#)

OK Cancel

En los valores de la función se coloca el rango de valores que incluye la inversión inicial, con signo negativo, y los ingresos esperados en cada uno de los años del periodo.

El siguiente parámetro *–Guess–* puede ser opcional y se refiere a un valor que se espera muy cercano a la TIR. A partir de ese valor se inician las iteraciones del cálculo. En caso de no proporcionarlo, el cálculo será a partir del 10% hasta encontrar la TIR más exacta:

Cálculo de la TIR	
Inversión	-500
FNE 1	80
FNE 2	80
FNE 3	80
FNE 4	80
FNE 5	80
FNE 6	80
FNE 7	80
FNE 8	80
TIR	5.84%

De acuerdo con el resultado, en el caso de que la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) sea menor que la TIR obtenida, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

Cabe aclarar que la decisión al comparar la TIR con la TMAR es de acuerdo con la determinación correcta de la TMAR.

1.4.4 Costo anual uniforme equivalente (CAUE)

El método del costo anual uniforme equivalente es un método para seleccionar la mejor alternativa económica cuando no existen ingresos en el análisis; por ejemplo, cuando se trata de:

- Seleccionar entre dos o más equipos para un proceso industrial o comercial que sirven para elaborar un producto o servicio.
- Seleccionar entre uno o más procesos de mejora para la empresa.
- Reemplazar un sistema de información por otro más actualizado.

En todos estos casos, lo importante es evaluar los costos de la inversión, ya que todas las alternativas seleccionadas producirían los mismos beneficios o ingresos para la empresa.

La aplicación del método CAUE se fundamenta en las necesidades del inversionista, que son siempre obtener mayores ganancias o incurrir en los menores costos, de manera que si los beneficios que ofrecen las alternativas son los mismos, las preguntas que deben contestarse para evaluar la inversión son, por ejemplo:

- ¿Cuál de las alternativas disponibles tiene un costo menor?
- ¿Se obtendrán mayores ganancias al hacer un reemplazo de equipo?

En los métodos de VPN y CAUE es importante considerar el **valor de salvamento (VS)**, que es el valor de mercado de un activo en cualquier momento de su vida útil, es decir, el valor al que puede venderse en el año n . Este concepto también se conoce como **valor de recuperación (VR)** o **valor de rescate (VR)**.

El valor de salvamento a futuro siempre tiene un grado de imprecisión porque es una estimación y siempre se considera como un ingreso, pero la cantidad varía dependiendo de si el activo ya se tiene o si se va a comprar.

Otro concepto importante es el de **vida útil del activo**, que se define como el periodo en que un activo sirve o está disponible para la actividad para la que fue diseñado.

Con estos conceptos, se analizarán como ejemplo dos alternativas mutuamente excluyentes para un nuevo proceso de producción en una empresa. En ambas alternativas se utilizan dos máquinas diferentes para el mismo proceso:

Alternativa 1: Proceso automatizado con una inversión inicial de \$3,000; los costos de mano de obra ascienden a \$6,200 al final del primer año, y se espera que se incrementen en 10% cada año con respecto al año anterior.

Los costos de mantenimiento son de \$3,200 al año, y el equipo se puede vender (VS) en \$600 al final del periodo de análisis, que es de 5 años.

Alternativa 2: Proceso especializado con un costo inicial de \$12,600; los costos de mano de obra son de \$1,800 al final del primer año, y se espera que se incrementen en 10% cada año con respecto al año anterior.

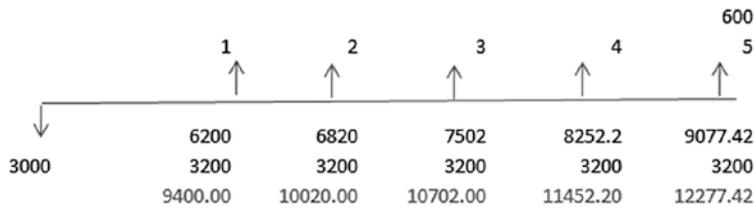
Sus costos de mantenimiento son de \$5,600 al año, y el equipo se puede vender en \$2,200 al final de su vida útil de 5 años.

Si la empresa espera obtener una TMAR del 10% anual, ¿cuál será la mejor alternativa?

Considere que para evaluar cada alternativa deberá calcularse:

- El total de los costos
- El valor presente neto
- El costo anual uniforme equivalente

Alternativa 1



P = 3000
i = 0.1
Vs = 600

FNE	9400.00	10020.00	10702.00	11452.20	12277.42
Periodos	1	2	3	4	5

VPN A 42939.78305

CAUE (A/P,10%,5)

i = 0.1

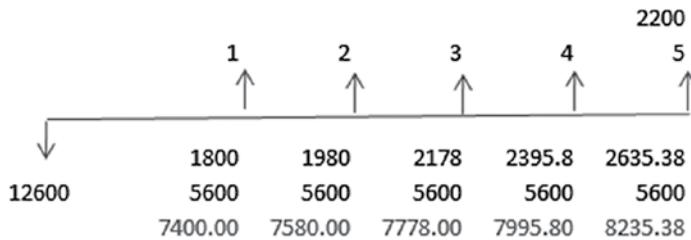
(1+i) = 1.1

n = 5

CAUE 11327.41

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Alternativa 2



P = 12600
i = 0.1
Vs = 2200

FNE	7400.00	7580.00	7778.00	7995.80	8235.38
Periodos	1	2	3	4	5

VPN A 40644.197

CAUE (A/P,10%,5)

i = 0.1

(1+i) = 1.1

n = 5

CAUE 10721.84

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Como se observa, la alternativa 2 es la mejor selección, ya que presenta **costos menores**. La ventaja de la aplicación del método del costo anual unitario equivalente es que quien toma la decisión obtiene también el presupuesto anual que se requiere sobre la inversión.

Cuando existe el valor de salvamento, debe incluirse en cualquiera de los métodos de análisis.

1.5 Estudio económico

Para los proyectos de inversión debe realizarse un **estudio económico** que presente en **términos de dinero** las expectativas de sus ingresos, costos y otros elementos que puedan utilizarse con diferentes métodos de evaluación para tomar decisiones y elegir entre diferentes alternativas. Los resultados obtenidos se presentan en un estudio de factibilidad y en un caso de negocio que justifique la inversión.

El estudio económico consiste en la representación monetaria de las especificaciones esperadas del proyecto y requiere del análisis de diferentes elementos, los cuales se analizarán en los siguientes apartados.

1.5.1 Inversión al inicio del proyecto

La inversión al inicio del proyecto consiste en solventar el **costo del equipo y los materiales** que se requieren para el proyecto de inversión; por ejemplo, si el proyecto es para el reemplazo de equipo de cómputo, el costo de la compra del equipo representa la inversión inicial en un activo fijo para la empresa.

Es importante distinguir entre la inversión inicial y los costos y gastos de operación, sobre todo para aquellas empresas u organizaciones que deben pagar impuestos, ya que existen los siguientes beneficios fiscales:

- La inversión inicial puede ser depreciada o amortizada y, por lo tanto, no genera impuestos.
- Los costos y gastos de operación se restan de los ingresos antes del cálculo de los impuestos.

En ambos casos, la empresa u organización recupera por completo su inversión.

Existen organizaciones que están exentas del pago de impuestos, tales como:

- Sindicatos
- Asociaciones civiles con fines educativos
- Instituciones de beneficencia pública
- Entidades gubernamentales

La inversión se obtiene de la cantidad que se pagará por el equipo y los materiales que se requieren para desarrollar el producto, servicio o resultado del proyecto.

1.5.2 Ingresos y/o beneficios del proyecto

Para el estudio económico deben calcularse los ingresos que se generarán como resultado del proyecto en cada uno de los periodos, de acuerdo con estimaciones, datos históricos y el apoyo de expertos, como directivos y especialistas en finanzas, marketing y ventas. La correcta determinación de tales ingresos esperados permitirá un estudio más preciso y, por lo tanto, una mejor toma de decisiones.

Ciertos proyectos, además de los ingresos o en vez de ellos, ofrecen beneficios cuya estimación económica es un proceso complejo. Los beneficios que pueden obtenerse a partir de los proyectos son, entre otros:

- Obtención de una **ventaja competitiva**.
- Fortalecimiento de las **estrategias** del negocio.
- **Flujos rápidos** de información.
- **Reducción de costos** por el procesamiento de la información, la disminución de errores o la toma de decisiones incorrecta.

Los inversionistas requieren tener la certeza de que recibirán beneficios, y desean verlos cuantificados para calcular la rentabilidad económica y para tomar decisiones de inversión.

Por ejemplo, para obtener los beneficios de los flujos rápidos de información, es conveniente considerar el número adicional de clientes que podrán atenderse debido a la rapidez y exactitud de un nuevo sistema de información. De la misma manera, se analizan los costos de reprocesar órdenes de compra, devoluciones o atención especial a los clientes. Estos datos pueden obtenerse de los archivos de la organización.

La estimación de los ingresos y beneficios se realiza mediante el apoyo de especialistas en diversas áreas de negocio y utilizando datos históricos.

1.5.3 Costos y gastos de operación

Los costos son **desembolsos que una empresa u organización lleva a cabo en el tiempo para su operación**. Por ejemplo, en el caso de proyectos con tecnologías de información, podría tratarse de los costos de operación de una red o para la creación de un sistema de información, entre otros.

Los costos que se restan de los ingresos obtenidos en el periodo y que, por lo tanto, se consideran deducibles de impuestos son:

- Costos de producción, directos e indirectos.
- Gastos de comercialización de los productos, directos o indirectos.
- Gastos de administración, directos e indirectos.

Recursos humanos

Los **costos del personal** para la operación y el mantenimiento constituyen la mano de obra necesaria en el proyecto.

Los costos que deben considerarse en el proyecto corresponden a los salarios de todas las personas que se requieren y los honorarios del personal por contratos eventuales o por proyecto, ya que esos gastos deben incluirse en el costo total.

Para todos ellos debe considerarse su sueldo mensual y anual, a cuya suma se le agrega el porcentaje de prestaciones sociales, como aguinaldo, vacaciones, fondo de ahorro y otras prestaciones que otorga la empresa u organización.

Costos de mantenimiento

Los equipos de trabajo requieren mantenimiento, tanto preventivo como correctivo cuando se presentan fallas o daños. El mantenimiento puede realizarse con diferentes alternativas:

- Por personal de la empresa, para lo cual se requerirá de equipo y materiales.
- Mediante un contrato con el proveedor cuando se realice la compra del equipo.
- Mediante un contrato especial cuando el equipo se renta a un proveedor.

Estos costos deben considerarse en el total de costos de acuerdo con los contratos adquiridos o mediante estimaciones, prevenciones o seguros.

Gastos de oficina para la comercialización y administración

Los gastos de oficina incluyen **papelería, servicios** (como internet), **insumos, servicio telefónico** y **software** entre otros.

De acuerdo con la ley vigente del impuesto sobre la renta, ningún costo de operación ni las inversiones deben considerar el IVA (impuesto sobre el valor agregado) como parte del costo, ya que la cantidad íntegra se transfiere al gobierno sin que la empresa haga una erogación.

El total de estos elementos representará el costo de cada periodo que deberá restarse de los ingresos para obtener la utilidad antes de impuestos (UAI), lo cual servirá de base para el cálculo del flujo neto de efectivo de cada periodo.

Los montos utilizados para el cálculo de los impuestos son dependientes de las leyes hacendarias de cada país, por lo que los elementos descritos pueden variar.

1.5.4 Depreciación y amortización

Los conceptos de **depreciación** y **amortización** tienen el mismo significado, el cual se deriva de la **pérdida del valor de un activo** debido a su uso, al paso del tiempo o a la obsolescencia tecnológica, tal como sucede con la maquinaria de producción y los equipos de cómputo, entre otros.

La depreciación es un concepto que se aplica a los activos fijos, con excepción de los terrenos, y consiste en su baja de valor por motivos de uso, por el paso del tiempo o por obsolescencia.

La depreciación fiscal que hace el gobierno mexicano a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público permite a cualquier empresa constituida legalmente recuperar sus inversiones en activos fijos y diferidos mediante un mecanismo fiscal.

La amortización es un concepto que se asocia con aspectos financieros, pero tiene un tratamiento igual que la depreciación, con la diferencia de que sólo se aplica a activos diferidos o intangibles, como apoyos técnicos, consultoría, gastos preoperativos, gastos de instalación y compra de marcas o patentes, entre otros.

Para cada activo se registra la depreciación o amortización bajo un concepto llamado **valor en libros**.

En la Ley del Impuesto sobre la Renta (LISR) se describen los conceptos deducibles de impuestos y se establece expresamente que los cargos por depreciación y amortización son deducibles de impuestos.

La depreciación y la amortización se integran en el estudio económico debido a que la cantidad con la que se deprecia o amortiza una maquinaria o un equipo puede restarse de los ingresos para reducir el monto total de ingresos antes de calcular los impuestos. Esto constituye un beneficio para el inversionista, ya que la cantidad de impuestos por pagar será menor.

En el caso de la tecnología de información, el equipo de cómputo pierde valor por el uso, el paso del tiempo o la obsolescencia tecnológica y, por lo tanto, se deprecia; en cambio, el soporte técnico no pierde valor por estas causas y, por consiguiente, se amortiza con el fin de recuperar la inversión por ese concepto.

Desde el punto de vista contable, tanto la depreciación como la amortización se consideran una pérdida del valor adquisitivo, por lo que el activo se deprecia o amortiza de acuerdo con las cantidades establecidas en la Ley del Impuesto sobre la Renta (LISR).

Depreciación en línea recta

Consiste en recuperar el valor del activo en una cantidad igual en cada uno de los años de su vida útil, llamada vida fiscal.

En la planeación financiera, es posible asignar un valor de salvamento al final de la vida fiscal del activo o periodo de análisis.

Para calcular la depreciación del activo en cada año de vida útil se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Cargo anual}(D) = \frac{\text{Valor original}(P) - \text{Valor de salvamento}(VS)}{\text{Vida útil}(n)}$$

Ejemplo: Se adquirió un activo en \$150,000 con una vida útil de cinco años. Se desea calcular el cargo por depreciación anual y el valor en libros cada año en diferentes situaciones:

a. Si se considera un valor de salvamento = 0

$$P = \$150,000$$

$$VS = \$0$$

$$N = 5$$

Año	Valor en libros	Cargo anual	Valor recuperado
0	\$150,000	0	0
1	\$120,000	\$30,000	\$30,000
2	\$90,000	\$30,000	\$60,000
3	\$60,000	\$30,000	\$90,000
4	\$30,000	\$30,000	\$120,000
5	\$0	\$30,000	\$150,000
Total		\$150,000	

b. Si se considera un valor de salvamento = \$30,000

$$P = \$150,000$$

$$VS = \$30,000$$

$$N = 5$$

Año	Valor en libros	Cargo anual	Valor recuperado
0	\$150,000	0	0
1	\$126,000	\$24,000	\$24,000
2	\$102,000	\$24,000	\$48,000
3	\$78,000	\$24,000	\$72,000
4	\$54,000	\$24,000	\$96,000
5	\$30,000	\$24,000	\$120,000
Total		\$120,000	

Debe aclararse que los cargos de depreciación y amortización son gastos virtuales, que se aplican en el estado de resultados para efectos del pago de impuestos; sin embargo, como no son erogaciones de la empresa, la inversión se recupera por medio de cantidades anuales.

La depreciación y la amortización se aplican en los flujos netos de efectivo para su recuperación a través de los impuestos que debe pagar la empresa.

1.5.5 Interés nominal e interés efectivo

Existen situaciones en las que, para realizar un proyecto, es necesario solicitar un préstamo por el que deben pagarse intereses. El interés es lo que se paga por disponer del capital en el tiempo.

En la actualidad, existen muchos instrumentos de crédito que utilizan las personas y las empresas buscando la productividad de los bienes de capital y que tienen diferentes efectos en función de las tasas de interés y los plazos de vigencia.

En los siguientes ejemplos se presentan los resultados del cálculo del interés en la compra de un bien mediante diferentes plazos de pago y tasas:

Préstamo: \$100,000
Interés nominal: 8.50%

Periodo de pago (años)	Pagos mensuales	Interés total (\$)
15	984.74	\$77,253.12
20	867.82	\$108,277.58
25	805.23	\$141,568.13
30	768.91	\$176,808.85

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

A es el pago mensual

Préstamo: \$100,000
Plazo: 30 años

Interés nominal	Pagos mensuales	Interés total (\$)
7.50%	699.21	\$151,717.22
8.50%	768.91	\$176,808.85
9.50%	840.85	\$202,707.51
10.00%	877.57	\$215,925.77

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

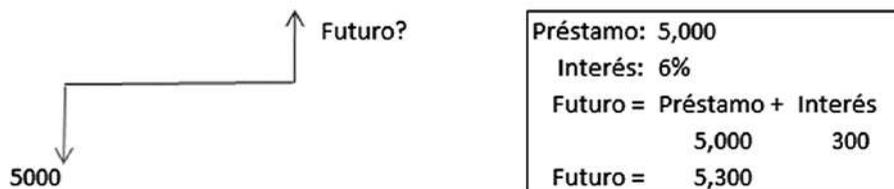
A es el pago mensual

En este ejemplo se observa que se logran ahorros importantes cuando la deuda es a un plazo de pago más corto a una cierta tasa de interés; también se aprecia la conveniencia de una tasa menor de interés.

Cuando se adquiere una deuda o cuando se espera recibir beneficios económicos de una inversión, se utilizan tasas de interés que en el ambiente de negocios se aplican anualmente; es decir, la tasa de interés aplicada en dichas transacciones es anual.

La tasa acordada para un periodo de un año se conoce como **tasa de interés nominal**. Sin embargo, algunas transacciones se realizan en periodos menores a un año, por lo que la **tasa de interés efectiva** es el porcentaje que representa la ganancia anual en periodos menores de un año.

Por ejemplo, si un banco otorga un préstamo de \$5,000 a una tasa del 6% anual, y el pago de la deuda y de los intereses se realiza al final del año, la institución obtendrá la siguiente cantidad en el futuro:



En el ejemplo, se observa que la tasa de interés nominal es igual a la tasa de interés efectiva, es decir, 6%. Esto se debe a que el cálculo se realiza en un periodo anual.

Como se vio al efectuar el cálculo del valor presente neto, esta tasa es un factor clave en la evaluación de proyectos y, por lo general, se expresa como un porcentaje anual.

La tasa de interés y la tasa de descuento son conceptos similares, ya que ambas se establecen como porcentajes por periodo e indican la relación del dinero actual con el dinero futuro. Sin embargo, se diferencian en lo siguiente:

- La tasa de descuento representa un cambio real del valor para la persona o empresa, determinado por las probabilidades del uso productivo de su dinero y los efectos de la inflación.
- La tasa de interés define un arreglo entre el prestatario y el prestamista.

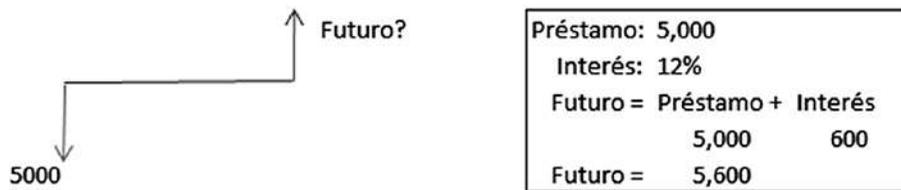
Estas diferencias establecen que la tasa de descuento es mayor que la tasa de interés, pero en la práctica, los términos se usan indistintamente.

Interés en periodos menores a un año

Como se mencionó, las tasas de interés en periodos menores de un año se llaman tasas efectivas debido a que difieren de la tasa nominal expresada en términos anuales.

Esta diferencia se debe a que los intereses se capitalizan durante el periodo, es decir, pasan a formar parte del capital de una inversión o disminuyen la deuda de un préstamo. Ante esto, el interés pagado o cobrado para el siguiente periodo tenderá a ser diferente debido a la modificación del capital.

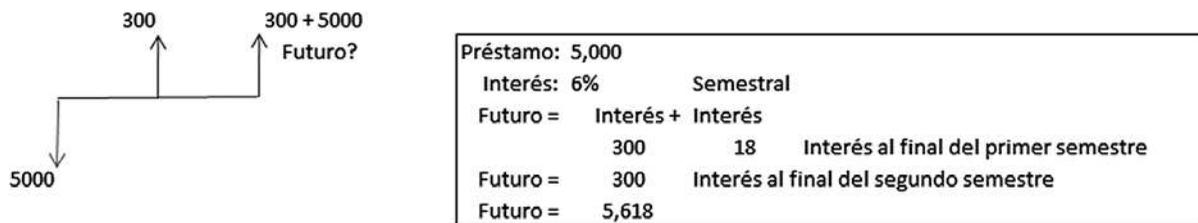
Por ejemplo, si se solicita un préstamo a un banco por \$5,000 a una tasa del 12% anual (tasa nominal) y el préstamo y los intereses se pagan al final del año, ¿a cuánto ascendería la deuda?



Si en el mismo ejemplo, se acuerda que el interés se pague en dos partes, la primera en los primeros seis meses y la segunda al final, ¿sería la misma cantidad?

No es la misma cantidad, tal como se muestra en el siguiente cálculo:

Si se hacen pagos semestrales



En la solución se observa lo siguiente:

- El interés total a pagar se dividió en dos parcialidades, por lo que es del 6%.
- La primera parte del interés se paga al terminar el primer semestre y corresponde a \$300.
- El banco, en condiciones normales, vuelve a prestar esa cantidad, por lo que se considera que los \$300 producirán intereses durante el segundo semestre.
- En el futuro, el banco recibirá el préstamo más los intereses de los dos semestres, más el interés de los intereses pagados en el primer semestre.

Cuando el interés es por periodos menores de un año, finalmente la cantidad total que se obtendrá en el futuro será mayor; por lo tanto, la **tasa de interés efectiva anual** será mayor y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$i_{\text{efectiva anual}} = \left(1 + \frac{i}{n}\right)^n - 1$$

donde:

i = interés nominal anual

n = periodos de capitalización del interés, menores de un año

En el ejemplo presentado, la tasa de interés efectiva anual será:

$$i_{\text{efectiva anual}} = \left(1 + \frac{i}{n}\right)^n - 1$$

i : 6%

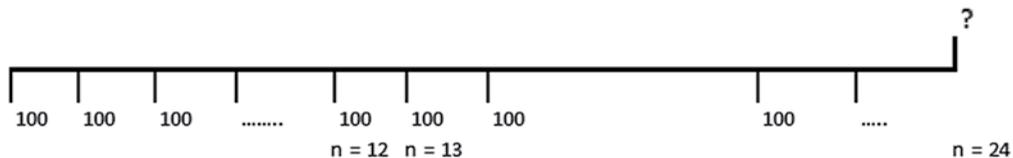
n : 2 (Semestral)

i efectiva: 6.09%

La **tasa de interés efectiva** se utiliza para resolver diferentes situaciones de negocios, por ejemplo:

Una pequeña empresa decidió ahorrar una cantidad para actualizar su tecnología de información al cabo de dos años. Como sus ingresos son reducidos, deposita \$100 cada fin de mes en un banco que paga una tasa del 16% anual capitalizado trimestralmente. Al cabo de un año, es decir, después de realizar 12 depósitos, el banco notifica a la empresa que capitalizará sus intereses de manera mensual. Si la empresa continúa realizando depósitos cada fin de mes, ¿cuánto dinero tendrá acumulado al final de los dos años?

Gráfica:



Serie uniforme de pagos en el futuro:

$F = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$	$A =$ 300 Depósito de los tres meses	$A =$ 100 Depósito mensual
	$n =$ 4 Cuatro trimestres al año	$n =$ 12
	$i =$ 0.04 0.16 entre cuatro trimestres	$i =$ 0.013333 0.16 entre 12 meses
	$(1+i)^n$ 1.1699	$(1+i)^n$ 1.172271
	$F_1 =$ 1273.9	$F_2 =$ 1292.031
	$F_1(1.16)^{12}$ 1493.4 (Es por los siguientes 12 meses)	
	Al final de dos años:	2785.433

La tasa de interés la define quién realiza el préstamo, es decir, quién otorga el crédito. Se trata de un factor de decisión para quien solicita el préstamo porque encontrará diversas ofertas en el mercado.

1.6 Estado de resultados proforma

El análisis del estado de **resultados proforma** consiste en el estudio de ganancias y pérdidas, para calcular la utilidad neta y los flujos netos de efectivo del proyecto.

Los flujos netos de efectivo se obtienen restando de los ingresos de las fuentes internas y externas todos los costos incurridos y los impuestos que deben pagarse de acuerdo con la ley tributaria.

Un estado de resultados proforma o proyectado registra los resultados económicos que podrían presentarse si se toma como base una serie de pronósticos sobre la actividad de la empresa.

En el estado de resultados se determina el tiempo en que se analizará la inversión, y cada periodo de análisis –generalmente un año– registra la diferencia que hay entre los ingresos y los costos, incluyendo el pago de impuestos y el reparto de utilidades, de acuerdo con la Ley del Impuesto sobre la Renta (LISR).

También se consideran los conceptos de depreciación y amortización, además del pago y los intereses correspondientes a cualquier préstamo solicitado.

A continuación se muestra un ejemplo de un estado de resultados proforma con la descripción de sus elementos:

Estado de resultados proforma Para cada uno de los periodos de estudio		
Elemento	Consiste en:	Ejemplo:
+ Ingresos	Ingresos proyectados por ventas o por beneficios cuantificados obtenidos con el proyecto. Los ingresos también pueden provenir de diferentes fuentes, como dividendos, venta de activos o ganancias por la inflación.	\$234,000
– Costos	Costos y gastos administrativos del proyecto.	\$112,000
– Depreciación (o amortización)	Son egresos que no provienen de las operaciones de la empresa, sino de alternativas fiscales. La depreciación depende del método utilizado.	\$14,167 Corresponde a la depreciación de un año por un activo de \$85,000, sin valor de salvamento, en un periodo de 6 años.
– Costos financieros	Interés derivado de las deudas de la empresa, que se conoce como costo financiero. Los costos financieros dependen del tipo de financiamiento otorgado.	\$1,367
= Utilidades antes de impuestos (UAI)	Utilidad sobre la que se calculará el impuesto.	\$109,200
– Impuesto sobre la renta	Impuesto a pagar de acuerdo con la tasa establecida por la ley. Los porcentajes relacionados con el pago de impuestos son variables, inclusive de un año a otro.	\$25,116 Impuestos del 23%

- Reparto de utilidades a los trabajadores	Cantidad acordada para distribuirse entre los trabajadores.	No se aplica en el ejemplo.
= Utilidad después de impuestos (UDI)	Utilidad restante después de pagar los impuestos.	\$84,084
+ Depreciación	La depreciación y la amortización se suman a la utilidad después de impuestos, ya que no se pagó; sólo se utilizó para que el cálculo de los impuestos no considerara esta cantidad.	\$14,167
- Pago al principal	Es la cantidad que debe pagarse en el periodo por el préstamo solicitado.	\$5,436
= Flujo neto de efectivo (FNE)	Flujo neto de efectivo en el periodo.	\$92,815

Nota: El signo a la izquierda representa el flujo: un ingreso es positivo para la empresa ya que recibe dinero, mientras que el signo negativo indica que el concepto es una salida real de efectivo.

El cálculo del estado de resultados proforma determina los **flujos netos de efectivo (FNE)** que se utilizan en la evaluación económica, y cuanto mayores sean, mejor será la rentabilidad económica del proyecto.

Ejemplo: En una empresa, se realizará la instalación de una red de comunicaciones que permitirá compartir información entre todas sus sucursales. El equipo y las aplicaciones tienen un costo inicial de \$310,000 y no se considera ningún valor de rescate al final del periodo del análisis.

Considere lo siguiente:

- La vida útil del equipo es de cinco años y no tiene valor de rescate.
- Se estima que este equipo producirá beneficios por \$120,000 el primer año, los cuales se incrementarán anualmente en \$15,000.
- Los costos son de \$60,000 en forma constante durante los cinco años.
- Se pagan impuestos a una tasa de 40%.

El estado de resultados proforma se presenta de la siguiente manera:

Estado de resultados proforma (en miles)					
Año	1	2	3	4	5
+ Ingresos	120,000	135,000	150,000	165,000	180,000
- Costos	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
- Depreciación	62,000	62,000	62,000	62,000	62,000
= Utilidad antes de impuestos	-2,000	13,000	28,000	43,000	58,000
- Impuestos	0	5,200	11,200	17,200	23,200
= Utilidad después de impuestos	0	7,800	16,800	25,800	34,800
+ Depreciación	62,000	62,000	62,000	62,000	62,000
= Flujo neto de efectivo	62,000	69,800	78,800	87,800	96,800

Tabla 1.2 Estado de resultados proforma.

En la tabla 1.2 debe notarse lo siguiente:

- Los costos de operación permanecerán constantes en los cinco años.
- La depreciación se resta de los ingresos como un incentivo para el pago de impuestos, es decir, se considera que el negocio realizó una inversión en tecnología de información, y la ley hacendaria permite hacer la depreciación para disminuir el pago de impuestos.
- El cálculo de los impuestos se realiza sobre la utilidad después de restar la depreciación del equipo y sólo cuando las cantidades son positivas, es decir, cuando hay ingresos para el negocio.
- El monto de la depreciación se agrega a la utilidad después de impuestos ya que esa cantidad no fue erogada por la empresa, sino sólo se utilizó para el cálculo de los impuestos.

El estado de resultados proforma puede realizarse al final de un periodo o en varios periodos y se utiliza para evaluar diferentes alternativas de acción; por ejemplo, situaciones de financiamiento o inversión.

1.7 Caso de negocios (*business case*)

El caso de negocios es un documento que describe el problema que tratará de solucionarse mediante un proyecto. El documento es utilizado por la administración o los inversionistas para determinar si es rentable la inversión en el proyecto y, a partir de ello, tomar una decisión adecuada al contestar preguntas sobre:

- Las razones para llevar a cabo el proyecto, enfatizando la necesidad o el problema que deberá resolverse.
- La relación y alineación del proyecto con las estrategias del negocio.
- El alcance que tendrá el proyecto.
- Los resultados del proyecto en términos de beneficios económicos.
- Los modelos de evaluación utilizados para justificar la inversión.

Como se observa, además de describir las necesidades del negocio, este documento también incluye un análisis de costo-beneficio desarrollado por medio de las técnicas y herramientas para la evaluación de proyectos, y servirá para poner en marcha los procesos iniciales del proyecto una vez que éste sea seleccionado y patrocinado. El caso de negocios presenta el estado de resultados proforma. Un ejemplo de caso de negocios se presenta en el apartado 1.9.

1.8 Recomendaciones prácticas

En este capítulo se revisó la importancia de evaluar los proyectos de una forma estructurada, utilizando métodos y herramientas que produzcan valores estimados más cercanos a la realidad.

Debemos recordar que tanto las personas como los negocios carecen de la capacidad económica y de los recursos suficientes para desarrollar todos los proyectos que se les presentan, además de que tienen prioridades que se convertirán en factores de evaluación obligatorios para la toma de decisiones, como cuando se requiere comprar maquinaria para incrementar la producción.

Al evaluar un proyecto, es recomendable que participen personas con experiencia en diversas áreas de la organización; por ejemplo, personas del área de ventas, de contabilidad, de finanzas, consultores, proveedores y otros interesados que puedan apoyar en la obtención de los datos que se utilizarán en el estudio.

Todo lo aprendido en este capítulo puede aplicarse en la vida personal para analizar diferentes alternativas que se presentan, como la compra de una casa o el inicio de un negocio familiar.

Tome en consideración todo lo aprendido para que sus decisiones estén fundamentadas en una evaluación profesional y con estimaciones confiables.

1.9 De la experiencia

Coordinate[®], proyectos en equipo, es una plataforma tecnológica orientada a comercializar un sistema en línea o “en la nube” para administrar proyectos en equipo de manera ordenada, fácil y efectiva. Con la finalidad de obtener fondos para desarrollar dicha plataforma, se solicitaron fondos del Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM). A continuación se presenta un resumen del caso de negocio que se elaboró para justificar la solicitud.

Mercado al que va dirigido

Microempresas y pequeñas empresas, institutos de investigación, escuelas, organizaciones sociales, organismos públicos y descentralizados, incubadoras de empresas y, en general, todas aquellas unidades organizacionales que tienen la necesidad de llevar a cabo proyectos en equipo y que requieren de una metodología fácil, de un software para planeación y control, así como de herramientas tecnológicas en línea para facilitar la colaboración entre los miembros del equipo. El mercado objetivo se extiende a México, Latinoamérica, España y, en general, a grupos de trabajo de habla hispana, ya que la plataforma se desarrolla en español. Para dar una idea del tamaño del mercado, se identificó que tan sólo en Nuevo León y la Ciudad de México hay 88,902 empresas pequeñas y medianas (SIEM, 2013).

Descripción técnica del producto

Coordinate[®], proyectos en equipo, es una plataforma “en la nube” para administrar proyectos en equipo de manera ordenada, fácil, y efectiva. Esta plataforma incorpora una metodología de 6 pasos que el usuario va siguiendo a manera de *workflow*. Contiene un repositorio de documentos para almacenamiento de la memoria del proyecto. Incluye funciones colaborativas como el de compartir (*share*) la información con posibilidades de edición y “sólo lectura”, programación y control de actividades y resultados. Se pueden administrar múltiples proyectos y se genera un panel de proyectos sencillo, que permite visualizar el estado del proyecto con el sistema de semáforo: rojo, amarillo, verde.

Viabilidad financiera

El modelo de ingreso es en forma de licencias o membresías a un precio estimado de \$40 por usuario al mes. Este precio relativamente bajo respecto del que ofrece la competencia se consideró viable porque Coordinate®, proyectos en equipo, no desarrollará funciones que los usuarios no necesiten.

Además, se encontró que el precio más bajo de los productos competidores era de 4.5 dólares al mes, que en el momento en que se realizó la evaluación equivalían a 70 pesos.

En un horizonte de planeación de cinco años, se estiman ventas por concepto de 80 usuarios netos adicionales al mes durante el primer año. Cada uno de los años posteriores, se proyecta incrementar en un 20% el número de usuarios netos adicionales por mes.

Año	Usuarios nuevos por mes netos	Usuarios al año acumulados	Ventas
1	80	960	\$243,360
2	96	2112	\$741,312
3	115	3494	\$1,338,854
4	138	5153	\$2,055,905
5	166	7144	\$2,916,366

Tabla 1.3 Incremento de usuarios al año y el ingreso correspondiente por ventas.

La tabla 1.3 indica que en el quinto año se tendrían 7144 usuarios. El número es conservador si se tiene en cuenta que en Nuevo León y la Ciudad de México hay alrededor de 89,000 PYMES.

Proyecciones financieras a cinco años

Gastos mensuales

Sueldos empleo directo	\$30,000
Honorarios empleos indirectos	\$6,000
Renta del local	\$5,000
Reparaciones a la plataforma	\$500
Gastos de viaje	\$100
Gastos varios	\$4,355
Total	\$45,955.00

Inversión

Desarrollo de la plataforma (externo)	\$540,000
Supervisión de la integración	\$25,000
Consultoría en marketing	\$63,000
Total	\$628,000

De acuerdo con los datos financieros, se realizó un análisis de valor presente neto y tasa interna de retorno. El flujo para el análisis fue mensual a 5 años. A continuación se presenta una muestra de la proyección financiera a 5 años.

Mes	Inversión mensual	Gastos ¹	Ingreso por ventas ²	Utilidad después de impuestos
1	-\$94,167			-\$94,167
2	-\$94,167			-\$94,167
3	-\$94,167			-\$94,167
4	-\$94,167			-\$94,167
5	-\$115,167			-\$115,167
6	-\$115,167			-\$115,167
7	-\$21,000	\$45,955	\$3,120	-63,835
8		\$45,955	\$6,240	-39,715
9		\$45,955	\$9,360	-36,595
10		\$45,955	\$12,480	-33,475
11		\$45,955	\$15,600	-30,355
Año 1		\$45,955	\$18,720	-27,235
Año 2		\$49,814	\$59,904	9,037
Año 3		\$53,301	\$109,325	42,896
Año 4		\$57,032	\$168,630	80,250
Año 5		\$61,024	\$239,796	124,585
Acumulados	(\$628,000)	\$2,838,721.21	\$5,721,161.47	\$1,383,097.09

¹ Se estima un 7% de incremento anual en los gastos por inflación.

² Incremento neto de 80 usuarios netos por mes en el primer año y 20% de incremento neto cada año.

NOTA: Las cifras de "Gastos" e "Ingresos por ventas" son representativas de cierto mes. Por confidencialidad no se proporcionan los montos anuales.

Indicadores obtenidos:

- Rentabilidad sobre la inversión (TIR): 27%.
- Periodo de recuperación: mes 22.
- Valor presente neto a 5 años con tasa de descuento del 15%: \$420,613.

El caso de negocio presentado explica la viabilidad financiera del desarrollo de *Coordinate*®, proyectos en equipo. Se requirió para solicitar un fondo con la finalidad de desarrollar la plataforma al INADEM que finalmente se autorizó, en parte por el apoyo de herramientas de manejo de dinero a través del tiempo y de técnicas de evaluación de proyectos.

Preguntas de repaso y para reflexión

1. El dinero cambia su valor a través del tiempo debido a que:
 - a. Cambian las tasas de interés del banco.
 - b. Existe una tasa de inflación debida a la economía del país.
 - c. No se deposita en una inversión financiera.
 - d. Las empresas tienen flujos de efectivo negativos.

La respuesta correcta es b. El valor del dinero cambia a través del tiempo por la inflación registrada en la economía del país. Los bienes que pueden adquirirse en un momento determinado no podrán adquirirse en el futuro debido a que el dinero tendrá un menor valor adquisitivo. Las tasas de interés ofrecidas por los bancos recuperan el valor de la inversión, pero no son la causa de la pérdida de valor adquisitivo.

2. El criterio del pago justo establece que los intereses de una deuda:
 - a. Deben pagarse a valor presente.
 - b. Deben incluir los costos de oportunidad del vendedor.
 - c. Se paguen de acuerdo con la inflación.
 - d. Se paguen sobre saldos insolutos.

La respuesta correcta es d. El pago sobre una deuda requiere el pago de intereses que deben calcularse de acuerdo con los saldos insolutos, es decir, sobre la cantidad que aún no se ha pagado. No se calculan sobre toda la deuda, lo que favorecería al vendedor; ni tampoco sobre la cantidad correspondiente a un pago, lo cual favorecería al comprador.

3. Un estado de resultados proforma muestra:
 - a. Los flujos de efectivo en el presente.
 - b. Las operaciones actuales del negocio.
 - c. Los flujos de efectivo en el futuro.
 - d. Los criterios de selección de proyectos del negocio.

La respuesta correcta es c. Un estado de resultados proforma presenta los flujos de efectivo proyectados en el futuro, es decir, cuando aún no han sucedido, a diferencia de un estado de resultados contable que presenta la información del periodo que ha terminado.

4. La tasa mínima aceptable de rendimiento representa:
 - a. La tasa que se obtiene cuando el VPN se hace cero.
 - b. La tasa que un inversionista espera obtener para aceptar la inversión.
 - c. La tasa que ofrece el banco por las inversiones a un año.
 - d. La tasa máxima de rendimiento que se obtiene de una inversión.

5. La desventaja del método de recuperación de la inversión es que:
 - a. Compara los proyectos en diferentes momentos del tiempo.
 - b. Considera el riesgo de la inversión en forma parcial.
 - c. Para el análisis no considera todos los flujos netos de efectivo.
 - d. No se aplica a cualquier proyecto.

6. El valor de salvamento o valor de rescate de un activo significa que éste:
 - a. Se deprecia bajo el método de línea recta.
 - b. Se deprecia por la suma de años de manera acelerada.
 - c. Se puede pagar al final del periodo para recuperar el activo.
 - d. Se vende en ese monto al final del periodo de depreciación.

7. El dueño de una pequeña empresa ha decidido hacer una inversión para un proyecto de mejora y debe seleccionar entre dos alternativas. Considera que hará la evaluación financiera del proyecto utilizando el método del valor presente neto, ya que su característica principal es que:
 - a. Considera criterios financieros y criterios estratégicos.
 - b. Permite asignar valores a los criterios importantes del negocio.
 - c. Compara el valor de los proyectos en el mismo momento del tiempo.
 - d. Compara el valor futuro de todos los flujos de efectivo.

8. En un proyecto de inversión participan dos inversionistas y, después de un análisis económico, se obtuvieron los siguientes resultados:
 - Inversionista A. TMAR: 13.45; VPN: 570,000.
 - Inversionista B. TMAR: 13:00; VPN: -2,450.

Explique el valor de los resultados del inversionista B en función de la recuperación de su inversión, las utilidades y su tasa mínima aceptable de rendimiento.

9. ¿Cómo se estiman los ingresos en un proyecto que no está orientado a incrementar las ventas?

10. Un empresario realizará una inversión en un proyecto que utiliza tecnología, de manera que deberá analizar la depreciación del equipo en un periodo establecido. ¿Por qué le conviene la depreciación acelerada? ¿Qué debe hacer para considerarla en su análisis?

Problemas

1. Usted realizará una compra de un equipo, cuyo pago total será de 35,700 en 12 meses. Sabiendo que el cálculo se realizó considerando el 4.3% de interés mensual, ¿cuál es el costo del equipo en el presente?

R: Para este problema se requiere la fórmula de valor presente:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

$$P = \frac{35,700}{(1+0.043)^{12}}$$

El resultado es: \$ 21,540.54.

2. Un estudiante depositó sus ahorros de 135,000 en una inversión que le dará el 32% anual. ¿Cuánto tendrá después de 3 años si tanto el capital como el interés se reinvierten cada año?

R: Para este resultado se utiliza la fórmula de valor futuro:

$$F = P(1+i)^n$$

$$F = 135000(1+0.32)^3$$

El resultado es: \$310,495.7.

3. Una empresa compró un equipo a crédito con un valor en el presente de \$60,000 y lo pagará en cuatro pagos que inician al final del primer mes. ¿Cuál será el monto de cada pago si se considera un interés del 8% mensual.

donde:

P = Valor presente o de contado

A = Valor de cada pago en el horizonte del tiempo

i = Tasa de interés por cada periodo

n = Periodo de tiempo del estudio

$$A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$A = 60000 \left[\frac{0.08(1+0.08)^4}{(1+0.08)^4 - 1} \right]$$

A = \$18,115.25.

Se comprueba el resultado en la siguiente tabla:

# Pago	Deuda	Interés	Pago	Saldo
1	60,000.00	4,800.00	18,115.25	46,684.75
2	46,684.75	3,734.78	18,115.25	32,304.28
3	32,304.28	2,584.34	18,115.25	16,773.38
4	16,773.38	1,341.87	18,115.25	0.00

4. Una persona va a depositar \$2,000 por 3 meses en una inversión que le dará el 2.5% de interés mensual. Antes de depositarlo, un amigo le pide que se los preste y promete regresarle \$2,150 en cuatro meses. ¿Qué le conviene más? Explique su respuesta con base en el interés que le ofrece cada uno.
5. En estos momentos, una tienda anuncia una gran promoción: "Compre ahora y empiece a pagar dentro de tres meses". Usted recuerda que quiere comprar una tableta digital que cuesta \$13,500. La tienda cobra 4% de interés y le da solamente tres mensualidades a partir de la fecha de inicio de los pagos.

De acuerdo con lo anterior:

- Represente gráficamente el diagrama de flujo de efectivo.
 - Calcule el pago mensual.
 - Compruebe el valor del pago mediante la tabla de flujo de efectivo. Recuerde que el saldo final debe de ser 0.
6. Analice los datos de tres proyectos que son mutuamente excluyentes:

Proyecto	Inversión	Beneficio anual	Costo anual	Valor de salvamento
A	1,600	630	120	200
B	1,800	480	160	180
C	978	500	100	100

Conteste las siguientes preguntas considerando un periodo de 3 años y un interés del 8% anual.

Utilice los resultados más aproximados por el redondeo de fracciones.

- a. El flujo neto de efectivo del proyecto C es: _____
 - b. El VPN del proyecto A es: _____
 - c. El VPN del proyecto B es: _____
 - d. Conviene invertir en el proyecto: _____
 - e. La TIR que ofrece el proyecto B es (superior/inferior) _____ que la TMAR solicitada.
7. Una pequeña empresa comprará una licencia para integrar la función de pagos en su sitio de comercio electrónico. El precio de la licencia y el servicio es de \$110,000 por 5 años.

Para hacer el pago le ofrecen tres opciones:

 - a. Pago de contado de \$110,000.
 - b. Pago de 60 mensualidades iguales de \$3,164.47, haciendo el primer pago al final del primer mes.
 - c. Pago de 48 mensualidades iguales de \$1,955, haciendo el primer pago al finalizar el primer mes, y cuatro anualidades iguales de \$21,877.83 al final de los meses 12, 24, 36 y 48.

Si la empresa vendedora cobra un interés de 24% capitalizado anualmente, ¿cuál es la mejor forma de pago para el comprador?

- 8.** Las oficinas de ventas de una empresa han recibido un presupuesto de \$300,000 para remodelar sus instalaciones. Por desgracia, no pueden iniciar la obra por encontrarse en un proyecto de expansión y decidieron depositar el dinero en el fondo de la empresa que paga un interés de 7% anual.

Están planeando iniciar la obra al final del segundo año, retirando \$100,000 para las mejoras iniciales y posteriormente, al final del tercer año, retirar \$150,000. ¿Cuánto dinero tendrán disponible al terminar el cuarto año?

- 9.** Una asociación civil inició hace 5 años un programa de apoyo social que, además, debe generar ingresos para el mantenimiento del mismo programa. En ese momento invirtió \$16,000 en equipo para empacar productos alimenticios que elabora una empresa externa. En este proyecto social, los ingresos que se generan son de \$22,500 anuales, con costos de producción de \$18,600 por los sueldos de los empleados que son personas de bajos recursos.

Actualmente, la asociación analiza la posibilidad de reemplazar el equipo por otro más moderno, que cuesta \$29,000, con una vida útil de 10 años y un valor de salvamento de \$4,500, con las siguientes consideraciones:

- Este equipo aumentaría los ingresos anuales a \$29,000 y podrían pagarse sueldos por \$21,000, también por año.
- El equipo usado puede venderse a otra organización similar en \$2,500 ya que podrá operar por 10 años más.
- Consultaron algunas fuentes y su tasa de referencia es del 8% anual.

Con estos datos, realice un análisis económico para 5 años y, con los resultados, escriba una recomendación para el presidente de la asociación civil.

- 10.** En una empresa, se realizará la compra de un equipo de cómputo con un costo inicial de \$110,000, que le permitirá brindar una mejor atención a sus clientes. Sus características son:
- La vida útil del equipo es de tres años y tiene un valor de rescate de \$9,000.
 - Se estima que este equipo generará ingresos de \$110,000 el primer año y tendrá incrementos anuales de \$10,000.
 - Los costos son de \$60,000 y se incrementarán en \$12,000 cada año en forma constante durante los tres años.
 - Se pagan impuestos a una tasa de 40% y la TMAR es del 10% anual.
 - Se solicitará un préstamo del 25% de la inversión a una tasa del 8% de interés anual.
 - Los pagos serán de la siguiente manera:
 - Pagos anuales sólo de interés al final de cada año.
 - Los pagos inician un año después de solicitar el préstamo.
 - Al final del tercer año, se hará el pago del principal e interés.

De acuerdo con este caso, realice los cálculos necesarios para un estado de resultados proforma y para el VPN. Con los resultados conteste las siguientes preguntas, considerando los resultados más aproximados por el redondeo de fracciones.

- a. Se pagan \$_____ de intereses por el préstamo para el primer año.
- b. La depreciación anual del equipo del proyecto es de \$_____.
- c. La utilidad antes del impuesto del primer año es de \$_____.
- d. El flujo neto de efectivo del año 2 es de \$_____.
- e. La deuda al banco al final del tercer año es de \$_____.
- f. Con base en los cálculos, ¿conviene invertir en el proyecto? ¿Sí? ¿No? ¿Por qué?

Administración de proyectos

Capítulo 2



2.1 Introducción

En el capítulo 1 se plantearon las técnicas esenciales para evaluar la conveniencia de emprender proyectos considerando su inversión, gastos y beneficios. La evaluación culmina con un caso de negocios o estudio de factibilidad técnica y económica donde se concluye si es conveniente autorizar o rechazar el proyecto. A partir de la autorización, se requiere conocer y aplicar los conceptos fundamentales para la coordinación efectiva de actividades y recursos.

En este capítulo se definirá, en primer lugar, el concepto de *proyecto* y se explicará su diferencia con actividades de otra naturaleza, como los procesos y las operaciones. Distinguir estos conceptos permitirá utilizar las técnicas y herramientas adecuadas según el caso. También se revisará el ciclo de vida del proyecto –cuya importancia reside en el planteamiento estratégico–, sus principales etapas y entregables, así como los patrones de comportamiento a lo largo del mismo.

La relación entre calidad del producto, tiempo y costo del proyecto representan el desafío principal del equipo y su líder. Por ejemplo, la exigencia en cuanto a tiempo podría alterar la obtención de los requerimientos de calidad o el alcance establecido; pero si estos últimos constituyen la prioridad en el proyecto, entonces el impacto podría reflejarse en el costo.

El capítulo concluye con una explicación de los roles y las responsabilidades que deben asumir tanto el administrador del proyecto como su equipo para mantener la cohesión y lograr el equilibrio en la relación entre calidad, tiempo y costo.

La importancia de los fundamentos expuestos en este capítulo radica en que las personas que realizan proyectos deben tener claro qué es un proyecto, así como cuáles son las estrategias y variables de ejecución, antes de empezar a utilizar herramientas específicas. Aquí cobra sentido la analogía de que el hecho de dar a un soldador herramientas de carpintería no lo convierte en carpintero, ya que primero necesita entender el oficio, sus ventajas y limitaciones.

2.2 Proyectos y administración de proyectos

El término **proyecto** se refiere a la asignación de recursos para la realización de actividades durante un tiempo limitado con el fin de alcanzar un objetivo específico, como respuesta a un problema o a una necesidad. El proyecto debe transformar una situación actual insatisfactoria en una situación futura esperada (vea la figura 2.1). Todos los proyectos finalizan cuando se obtiene el producto o los productos específicos que van a utilizarse o aprovecharse para satisfacer la necesidad que dio origen al problema. Por ejemplo, si una comunidad tiene necesidad de una clínica de salud, el proyecto consistirá en desarrollar las actividades necesarias para construirla y ponerla en funcionamiento. El proyecto termina cuando la clínica está lista para operar y, a partir de ahí, entra en operación para dar servicio a la comunidad.



Figura 2.1 Un proyecto es el medio para transitar de una situación insatisfactoria a una situación esperada.

Los proyectos tienen dos características que los distinguen de otro tipo de operaciones. La primera es su carácter temporal, es decir, tienen un tiempo finito y predeterminado que se puede estimar de una manera muy general desde el inicio. La segunda es la naturaleza única, novedosa o diferenciada del objetivo y del resultado a alcanzar. La magnitud del cambio o de la innovación varía de un proyecto a otro; por ejemplo, el histórico proyecto de construcción de la bomba atómica tenía un objetivo y un resultado totalmente nuevos. El objetivo y el resultado de un proyecto para construir una casa no son totalmente nuevos, pero se distinguen de la construcción de otras casas en que el terreno es diferente, las condiciones climáticas serán otras y, en muchas ocasiones, el cliente o los trabajadores también cambian.

Un proyecto no debe confundirse con un **proceso** o con un trabajo rutinario y repetitivo. En un proceso también se asignan recursos y se plantean actividades; sin embargo, no existe un fin predeterminado. Un proceso, como el de compras, por ejemplo, se lleva a cabo indefinidamente mientras la empresa esté operando. Un proceso se mejora a través de un proyecto y una vez terminado éste, el nuevo proceso se ejecuta de manera constante hasta que se requiera una nueva mejora.

Un proyecto tampoco es lo mismo que un **programa**, aunque ambos conceptos se confunden muchas veces en la práctica. El propósito de ambos es lograr objetivos específicos y se necesita planeación y recursos para lograrlos, pero hay que tener en cuenta que la principal diferencia reside en el alcance y el tiempo de cada uno. Un programa es un conjunto de varios proyectos coordinados y relacionados hacia una meta en común. Por ejemplo, puede haber un programa de mejora de salud pública en una zona rural y para lograrlo se requieren varios proyectos, como levantar un censo, instalar una clínica y brindar educación en materia de salud.

Un concepto que también es importante aclarar es el de **portafolio**, el cual se diferencia de programa y de proyecto. Un portafolio es un conjunto de proyectos y programas que se desarrollan para cumplir con los objetivos de una organización o empresa. A diferencia de un programa, en un portafolio hay de manera permanente proyectos que inician y terminan, es decir, hay flujo de proyectos (lo que se conoce con el término en inglés de *pipeline*). El portafolio de proyectos no tiene una vida finita claramente definida, como el proyecto o el programa. La figura 2.2 muestra de forma esquemática la relación y las diferencias entre proyecto, programa y portafolio.

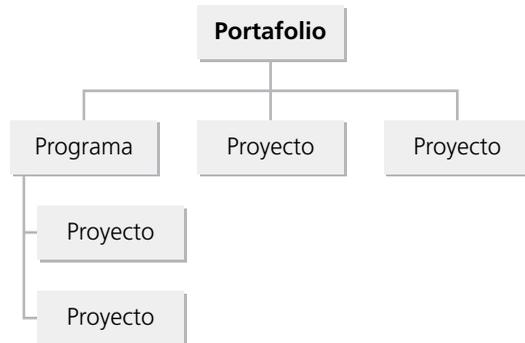


Figura 2.2 Representación de portafolio, programa y proyectos.

La administración de proyectos consiste en planeación, organización, ejecución, control y cierre de las actividades y los recursos involucrados en el proyecto. De forma sistemática se puede representar como un conjunto de cinco procesos principales que se ilustran en la figura 2.3 y se describen con detalle en la tabla 2.1.

Un proyecto no debe confundirse con un *proceso* ni con un trabajo rutinario y repetitivo.

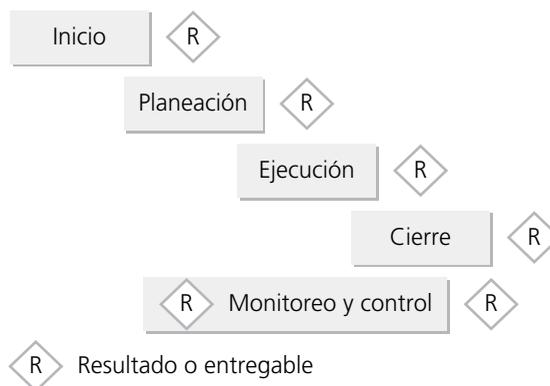


Figura 2.3 Procesos principales en la administración de proyectos.

Proceso	Descripción	Resultado típico
Inicio	Consiste básicamente en la identificación, definición y autorización de un proyecto o, al menos, de su primera fase. Por lo regular, se presentan ideas u oportunidades que darán solución a un problema o a una necesidad.	Documento que describe el proyecto y autorización (o rechazo) del mismo
Planeación	Se definen las actividades, se estructuran, se les asignan tiempos y una secuencia. Se identifican los recursos y se asignan. Se estiman los costos del proyecto y se preparan planes complementarios, como el de calidad, comunicación y riesgos.	Plan del proyecto
Ejecución	Es el desarrollo o la ejecución de las actividades definidas en los planes establecidos en el proceso de planeación.	Productos del proyecto (entregables)
Monitoreo y control	Consiste en medir y comparar el avance real contra el avance planeado, tomando acciones preventivas o correctivas para lograr los objetivos del proyecto. Incluye realizar reuniones de seguimiento, identificar y documentar los cambios, y dar seguimiento a los riesgos.	Informes de avance y requisiciones de cambios
Cierre	Se trata de la formalización con el cliente de que el proyecto ya se terminó. Incluye las lecciones aprendidas, el cierre de contratos y los balances de costos.	Informe de cierre y de lecciones aprendidas

Tabla 2.1 Procesos de la administración de proyectos y sus resultados típicos.

2.3 Ciclo de vida del proyecto

Todos los proyectos pasan por etapas, desde su inicio hasta su conclusión. Cada etapa tiene características administrativas especiales y resultados o eventos que indican que la etapa ha terminado. Al conjunto de todas las etapas se le denomina **ciclo de vida del proyecto**. La figura 2.4 muestra un ciclo de vida típico de cuatro etapas, con sus resultados; las curvas indican patrones de desempeño que deben analizarse para una mejor administración.

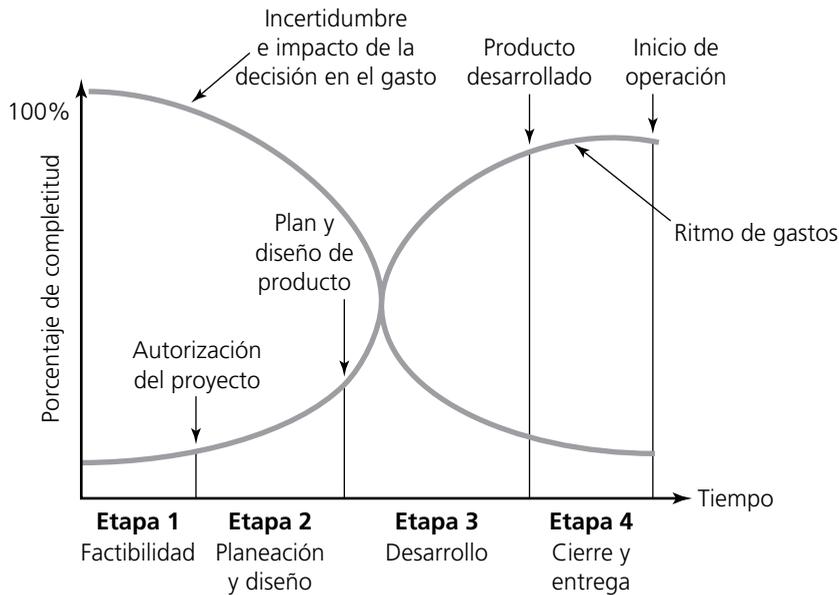


Figura 2.4 Ejemplo de ciclo de vida de un proyecto.

La etapa de inicio es aquella en la que se estudia la oportunidad de realizar el proyecto. Los diferentes actores que van a participar deben explicar claramente cuál es la necesidad o el problema que se va a resolver con el proyecto. Al final de esta etapa se genera un informe o documento que describe el proyecto, el cual se autoriza o se rechaza. Por ejemplo, cuando en una fábrica se quiere reemplazar un equipo, el personal de producción solicita al personal de ingeniería que realice el proyecto correspondiente. Ambos grupos deben reunirse para especificar la razón del cambio, cuándo se va a hacer, el presupuesto y cualquier otra información relevante y necesaria para identificar, entre otros, el objetivo, el alcance de proyecto y el presupuesto.

En la etapa de planeación se definen las actividades y los recursos, y se detalla el costo. De forma paralela se preparan los diseños básicos del producto o servicio a desarrollar. Los documentos característicos que representan el fin de la etapa son el plan del proyecto y el diseño del producto. En el ejemplo de sustitución de equipo, el resultado de la etapa deberían ser los planos generales del equipo nuevo.

La etapa de desarrollo es donde se realizan las actividades con los recursos programados y se lleva a cabo un control de ellas. Es en esta etapa donde se contrata o se integra la mayor cantidad de recursos en comparación con las anteriores. Al finalizar, se tiene el producto terminado o el servicio listo para la transferencia. Considerando el ejemplo que hemos utilizado, en esta etapa se detalla el diseño, se construye el nuevo equipo y se instala para reemplazar al anterior.

La etapa de entrega y cierre es aquella donde se prepara la documentación administrativa y contractual del proyecto. También se documentan las lecciones aprendidas para aprovechar la experiencia adquirida. Continuando con el ejemplo, en esta etapa el equipo de ingeniería emite el acta de entrega y se obtiene la autorización del área de producción.

El ciclo de vida de proyectos de la figura 2.4 muestra también varios patrones que determinan la manera en que se administran correctamente los proyectos. El primero de ellos es el ritmo de costos o nivel de esfuerzo que se representa en ascenso en forma

de curva S. Esto significa que, en la primera o segunda etapas de un proyecto, los costos, el número de personas o el esfuerzo son relativamente menores que en las etapas de desarrollo o ejecución donde todo esto se incrementa de manera notable. En la última etapa, por lo regular, el ritmo de gasto o esfuerzo se reduce.

El siguiente patrón mostrado en el ciclo de vida (figura 2.4) es el de la incertidumbre generada por la falta de información. Como se aprecia, a medida que el proyecto avanza, la incertidumbre se reduce debido a que se está generando la información necesaria. Por ejemplo, al iniciar un proyecto, no se sabe aún qué tecnología se va a utilizar o quién será el proveedor, lo cual sólo se determina una vez que se han hecho los análisis de ingeniería o de diseño. Dicha curva (o patrón) implica que, al inicio, el administrador de proyectos debe tomar decisiones en un ambiente de incertidumbre. Por ello, se deben analizar los riesgos y anotar los supuestos cuando se toman las decisiones.

En la gráfica del ciclo de vida se aprecia que la curva que representa la incertidumbre refleja también el impacto en el costo del proyecto de las decisiones que se toman. En el proyecto de reemplazo de equipo, por ejemplo, su capacidad se decide en la etapa de planeación, pero si al momento de probarse no es de la capacidad esperada, esto tendrá un impacto considerable en el costo del proyecto. Si, por el contrario, la capacidad se determinó bien, pero en la fase de entrega se presenta una pieza defectuosa, se tendrá que tomar la decisión de cambiarla, aunque el impacto en costo o tiempo será relativamente menor al del primer caso.

Las diferencias administrativas y los patrones explicados hacen necesario que el administrador del proyecto tenga que desarrollar habilidades diferentes a lo largo del ciclo. En las etapas iniciales se requiere más flexibilidad y estructura para planear, mientras que en las etapas finales se necesita apego a los planes y capacidad para reaccionar ante imprevistos. Por ejemplo, en la etapa de inicio se podría permitir que el equipo tome tiempo adicional para presentar una segunda opción de diseño, mientras que en la etapa de entrega se necesita actuar rápidamente en caso de un accidente en las pruebas. Estos cambios de habilidades administrativas hacen que el rol del administrador de proyectos sea desafiante, pero a la vez apasionante. En proyectos muy grandes, como el de la construcción de una presa o un buque transatlántico, se cambia al administrador de proyecto en cada etapa, precisamente porque en cada una se requiere de habilidades muy diferentes.

En las *etapas iniciales* se requiere más flexibilidad y estructura para planear, mientras que en las *etapas finales* se necesita apego a los planes y capacidad para reaccionar ante imprevistos.

2.4 Factores críticos de éxito: calidad, tiempo y costo

Administrar un proyecto con éxito implica tres variables o factores: calidad, tiempo y costo, los cuales se pueden representar como las aristas de un triángulo (figura 2.5). El factor **calidad** se refiere al cumplimiento de los requisitos del cliente en cuanto al alcance y desempeño de los productos a entregar; por ejemplo, que una máquina recién instalada funcione correctamente (calidad) y que tenga los controles y componentes acordados con el cliente (alcance).

El factor **costo** se refiere a los desembolsos o gastos que se planean y ejercen en el proyecto. Hay cierto tipo de proyectos donde no hay un gasto significativo, por ejemplo,

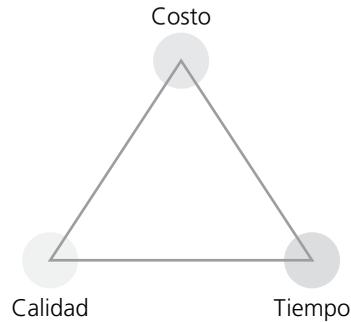


Figura 2.5 Factores de éxito en la administración de un proyecto.

el de una causa social donde participan voluntarios. En esos casos, la variable del costo se sustituye por la de **esfuerzo** y se mide en horas de recursos asignados.

El factor **tiempo** se refiere a la duración de las actividades y del proyecto, y se mide con el calendario, es decir, en días, meses o años.

Estos tres factores deben quedar claramente establecidos al realizar la planeación del proyecto, y sus indicadores deben medirse y controlarse a todo lo largo del proyecto. De forma ideal, se espera que los tres se logren de acuerdo con el plan, pero en la realidad esto es muy difícil porque hay sucesos o eventos que se encuentran fuera del alcance del administrador del proyecto y de su equipo; algunos ejemplos son las ausencias del personal, condiciones climáticas adversas o el suministro tardío de algún proveedor.

Ante cambios imprevistos, el administrador de proyectos debe tomar decisiones en las que necesariamente se va a afectar uno, dos o, en el peor de los casos, los tres indicadores. Por ello, le hemos llamado metafóricamente "**triángulo del diablo**". Cuando esto sucede, se deberá revisar la afectación teniendo en cuenta el orden de **prioridad** entre los tres. Hay proyectos en los que la calidad debe ser la prioridad; por ejemplo, los que se realizan para construir aviones o desarrollar medicamentos, donde vidas humanas están en juego. En otros proyectos, el tiempo debe ser la prioridad; por ejemplo, los de desarrollo de aplicaciones de software, en los que una demora en el lanzamiento puede ocasionar una pérdida de participación en el mercado. Existen también proyectos donde el costo es la prioridad porque, por alguna razón, fueron aprobados sin fondos de reserva y, para conseguirlos, es necesario esperar al siguiente periodo presupuestal para obtener la autorización de muchos actores. Tal es el caso de algunos proyectos gubernamentales de infraestructura pública.

La prioridad entre los tres factores debe estar clara para el administrador del proyecto y su equipo, aunque tal vez cambie a lo largo del proyecto; por ejemplo, algunos proyectos de pronto se vuelven urgentes. Esto se debe tener presente en las negociaciones, cuando surge la necesidad de cambiar alguno de esos factores por parte de los involucrados. Un caso común es cuando un cliente quiere modificar el alcance para que le sean entregados más productos de los especificados. El cambio lo debe negociar el administrador del proyecto presentando al cliente el impacto en el tiempo y en el costo o los recursos involucrados. Si el cliente está de acuerdo en pagar más o en esperar más tiempo, entonces el cambio se autoriza.

La *prioridad entre calidad, tiempo y costo* debe estar clara para el administrador del proyecto y su equipo.

2.5 El administrador de proyectos y el equipo

En un proyecto participan numerosas personas, cada una de las cuales ejecuta un rol diferente. Así, hay clientes, usuarios, coordinadores y miembros del equipo. A todos los involucrados se les conoce con el término que se utiliza en inglés: **stakeholders**. De entre ellos, el administrador de proyectos y su equipo de trabajo son los encargados de lograr un producto que cumpla con los requerimientos solicitados por el cliente.

Para lograr su objetivo, el administrador de proyectos debe tener los conocimientos y las competencias necesarios. Debe conocer los procesos de administración de proyectos que se señalan, entre otros, en el estándar *PMBOK® Guide* del Project Management Institute de Estados Unidos. Pero además de conocimientos, debe tener habilidades técnicas y de comportamiento, lo que en conjunto se conoce como **competencias**. El estándar ICB-IPMA® reconoce 43 competencias que debe tener un administrador de proyectos; algunas de ellas son liderazgo, negociación, orientación a proyectos y asertividad. Se invita al lector a revisar los dos estándares antes mencionados para tener una comprensión más amplia de los conocimientos y las competencias que debe poseer el administrador de proyectos.

Por lo que respecta al rol que debe tener el administrador de proyectos, la figura 2.6 muestra los tres roles principales: el de administrador o *manager*, el de facilitador y el de líder.

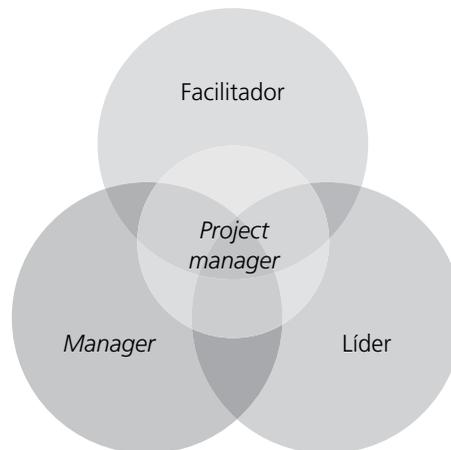


Figura 2.6 Los roles principales del administrador de proyectos.

Como **líder**, debe tener clara la dirección del proyecto y guiar a su equipo de trabajo hacia ese rumbo. Este rol también incluye la función de motivar y fortalecer el espíritu de grupo. El administrador de proyectos debe ser muy congruente entre lo que dice y lo que hace, y en ocasiones tiene que reconvenir o inclusive cesar a miembros del equipo cuando el proyecto está en riesgo. Y algo muy importante: debe saber decir “no” cuando sea necesario.

Como **facilitador**, tiene que establecer canales de comunicación muy claros con los miembros de su equipo de trabajo y entre ellos. Debe asegurar que cada quien tenga las herramientas necesarias para realizar su labor y garantizar las condiciones en las que el equipo se puede desempeñar adecuadamente, como sus lugares de trabajo, salas de

juntas, laboratorios, etcétera. Además, debe facilitar el trabajo de otros implicados, como los proveedores y subcontratistas. Debe saber cómo infundir en el equipo la prevención de riesgos y el descubrimiento y aprovechamiento de oportunidades.

Finalmente, como **manager**, el administrador de proyectos planea, controla y supervisa actividades. Además, gestiona, prepara, asigna, motiva y premia a los miembros del equipo o los reasigna si no contribuyen. También integra los informes sobre el progreso del proyecto, entiende la situación actual, y sobre todo, pronostica y plantea escenarios hacia delante repitiendo constantemente la pregunta ¿qué sucedería si...? Exige disciplina a sí mismo y a los demás para documentar correctamente la información del proyecto, la cual es la fuente de la mejora continua.

El siguiente decálogo refleja muy bien las responsabilidades principales del administrador del proyecto:

1. Cuido que se cumplan los requisitos del cliente.
2. Atiendo a todos los involucrados en el proyecto.
3. Digo “no” cuando es necesario.
4. Integro y comunico.
5. Organizo al equipo.
6. Decido considerando el “triángulo del diablo”.
7. Reviso de manera constante y consistente el avance y los entregables.
8. Analizo riesgos, oportunidades y escenarios.
9. Exijo disciplina a mí y a los demás para documentar y extraer lecciones aprendidas.
10. Reconozco a los que cumplen y conmino a mejorar a los incumplidos.

Los **miembros del equipo** tienen un rol igualmente importante, ya que ellos son los responsables de la calidad y el alcance de los entregables. Deben procurar cuidadosamente que la calidad se logre ante las restricciones de tiempo y costo. Los miembros del equipo también deben ser motivadores de sus compañeros y asumir una actitud de apoyo aun en las actividades que no les han asignado, desde luego, sin descuidar las propias.

Los **miembros del equipo** tienen un rol igualmente importante, ya que ellos son los responsables de la calidad y el alcance de los entregables.

2.6 Recomendaciones prácticas

Cada etapa del ciclo de vida del proyecto tiene sus actividades propias, de menor a mayor definición, y sus entregables o eventos que indican su terminación. Es importante destacar que cada etapa tiene características especiales de administración. La etapa de factibilidad requiere ser flexible, así como tener visión y capacidad para estimar ingresos, gastos y beneficios. La etapa de planeación y diseño requiere tener orden y estructura, así como alto nivel de experiencia en el producto o servicio para lograr un diseño correcto. La etapa de desarrollo requiere disciplina de trabajo, capacidad para tomar decisiones y apego a la planeación, permitiendo hacer solamente los cambios necesarios y acordados con los clientes. La etapa de cierre y entrega es de mucha negociación entre el equipo

de proyecto que entrega y el cliente o usuario que recibe. Esta etapa suele ser de mucha presión, porque la mayoría de los involucrados sienten que los plazos están próximos a concluir; además, se encuentran a la expectativa de empezar a ver los beneficios.

La necesidad de tomar decisiones con alto grado de incertidumbre en las primeras etapas del proyecto, y cuyo impacto en el gasto del proyecto será mayor, requiere que el administrador de proyectos motive a todos los involucrados en el proyecto (cliente, su equipo, proveedores) a reunirse para analizar los diferentes puntos de vista y las implicaciones a lo largo del ciclo. Las reuniones efectivas en las etapas conceptuales y de diseño rinden frutos en etapas posteriores en la forma de menos errores y retrabajos.

Mantener el equilibrio entre calidad, tiempo y costo es difícil, y con frecuencia se presentan acontecimientos que lo alteran. Por ello, el administrador del proyecto debe ser como un “malabarista”, ya que tiene que manejar esos tres factores sin dejarlos caer. Esta situación desafiante se presenta a menudo, por lo que uno de los autores¹ de este libro lo denominó el “triángulo del diablo”, para referirse al desafío que implica administrarlo.

2.7 De la experiencia

En 2007 se llevó a cabo en Monterrey, Nuevo León, México, la segunda edición del Foro Universal de las Culturas, con el objetivo de reunir a ciudadanos de distintas culturas, nacionalidades, idiomas, religiones y tradiciones para convivir, fomentar el contacto intercultural y establecer diálogos sobre los problemas más apremiantes de la humanidad. El foro se organizó alrededor de cuatro ejes principales: diversidad cultural, desarrollo sostenible, condiciones para la paz y conocimiento. El proyecto tuvo un costo aproximado de 5,200 millones de pesos. La preparación se llevó a cabo en tres años, y los eventos tuvieron una duración de 80 días. El ciclo de vida del proyecto puede describirse en cuatro etapas:

Selección: Etapa en la cual se prepararon los documentos de justificación para otorgar a Monterrey la sede del evento.

Planeación y diseño: Etapa en la cual se programaron actividades, recursos y presupuestos, y se diseñaron los eventos que corresponderían a los cuatro ejes temáticos del foro.

Infraestructura y contrataciones: Etapa en la cual se realizaron las nuevas construcciones y se remodelaron otras que iban a albergar distintos eventos.

Ejecución de eventos: Etapa en la cual se llevan a cabo los eventos.

La etapa de planeación y diseño se encargó al doctor Gastón Melo Medina, quien tenía experiencia en la organización de eventos culturales como el Festival Tajín; además, había sido productor y director en diversos medios, había ganado premios en cinematografía y había adaptado obras de teatro. Evidentemente, este perfil era el más idóneo para la etapa de planeación y diseño, en la cual se necesitaba tener la visión, los contactos y la experiencia para delinear los ejes temáticos.

Una vez que la etapa de infraestructura y contrataciones inició, el doctor Melo pasó la estafeta al ingeniero Othón Ruiz Montemayor, un empresario y directivo ampliamente conocido en Monterrey, cuyo perfil de financiero y ejecutivo (en lugar de artístico) era

¹ López Miranda, Adán (1993). Manual de entrenamiento del curso *Coordinación efectiva de proyectos*.



Figura 2.7 Las obras de infraestructura son fundamentales en la administración de los proyectos como el Foro Universal.

necesario para conducir toda la complejidad de actividades de construcción, recaudación de fondos y organización de eventos.

Aunque el cambio de director estuvo marcado por noticias sensacionalistas y arrebatos políticos de partidos opositores, lo cierto es que las diferencias entre la etapa de diseño y la etapa de construcción y contrataciones hacían necesario un relevo en la dirección del proyecto, por la diferente naturaleza administrativa de ambas etapas.

Preguntas de repaso y para reflexión

1. ¿Qué característica específica hace diferente a los proyectos de las operaciones o los procesos?
 - a. Se manejan recursos.
 - b. Alto nivel de complejidad.
 - c. El objetivo es único.
 - d. Incluyen etapas.

La respuesta correcta es c, porque los proyectos tienen un objetivo único y generan un producto o servicio nuevo. Las otras tres características son comunes.

2. ¿Por qué un proyecto para construir un puente es diferente de un proyecto para desarrollar software?
 - a. Porque el proyecto de construcción tiene fechas específicas de inicio y terminación.
 - b. Por las características del producto final.
 - c. Porque el desarrollo de software involucra a especialistas.
 - d. Porque el proyecto de construcción requiere del desarrollo de muchos planos.

La respuesta correcta es b, porque el puente es un producto tangible y el software es un producto intangible ya que no se puede ver ni tocar.

3. Administrar el ciclo de vida requiere:
 - a. Disciplina
 - b. Flexibilidad
 - c. Visión
 - d. Todas las anteriores.

La respuesta correcta es d, porque a lo largo del ciclo de vida se requiere aplicar diferentes tipos de administración.

4. La siguiente lista describe varios proyectos. Complete la lista indicando cuáles deben ser sus productos específicos a entregar al terminar el proyecto.

Descripción del proyecto	Principal producto a entregar al final del mismo
Desarrollo y construcción de una refinería petrolera	
Elaboración de un nuevo plan de estudios	
Capacitar al personal de planta en seguridad e higiene	
Desarrollar una aplicación para teléfono inteligente	

5. Relacione las siguientes columnas para distinguir un proyecto, un programa y un portafolio.

a. Proyecto	() Conjunto de varios proyectos coordinados y relacionados hacia una meta común que se logra en un tiempo limitado.
b. Programa	() Conjunto de actividades y recursos que se organizan para un objetivo específico en un tiempo limitado.
c. Portafolio	() Flujo de proyectos que inician y terminan constantemente y están alineados con los objetivos de la organización o empresa.

6. Relacione las dos columnas, indicando cuáles son los resultados típicos de cada una de las etapas del proceso de administración de proyectos.

Etapa	Resultado
a. Inicio	() Informe de lecciones aprendidas
b. Planeación	() Informe de avance
c. Ejecución	() Plan del proyecto
d. Monitoreo y control	() Documento de especificación del proyecto
e. Cierre	() Instalación lista para entrega

7. A continuación se listan las etapas principales para desarrollar software. Indique en la columna correspondiente cuáles serían los resultados a entregar. Para ejemplificar, se incluyen dos casos resueltos.

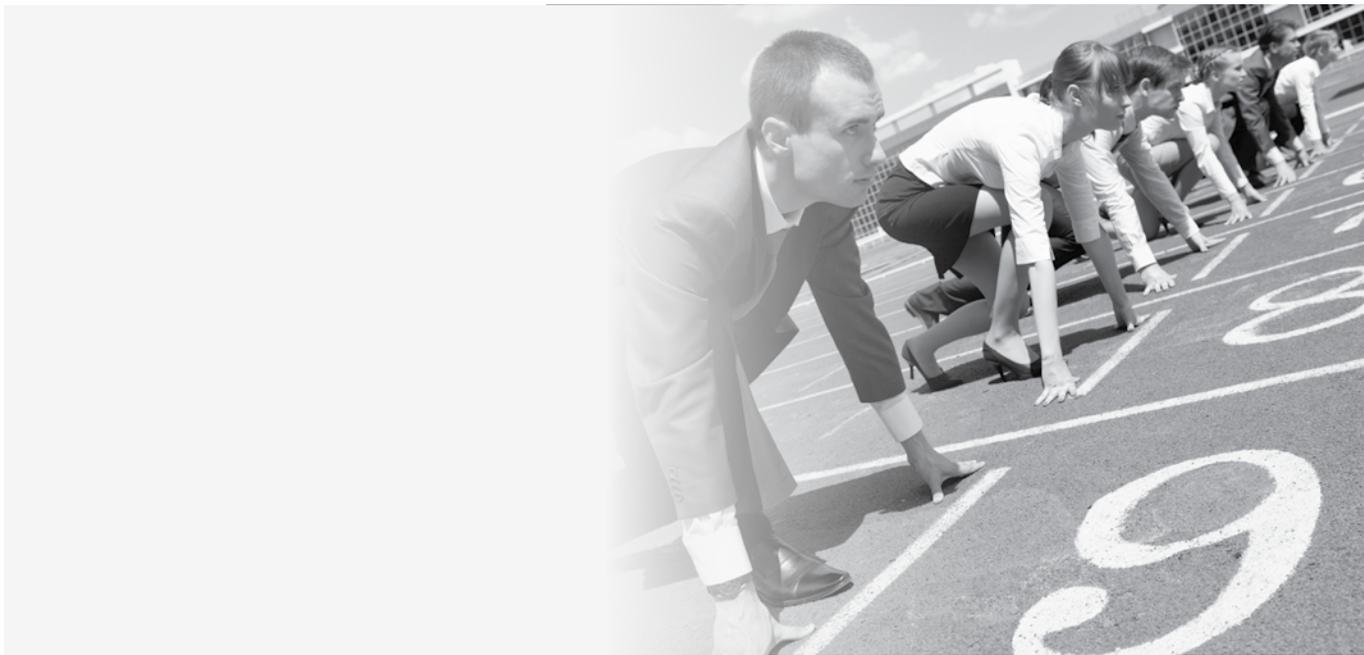
Etapa	Resultado a entregar (entregable)
Definición de requerimientos	
Análisis de requerimientos	Documento de análisis
Diseño del sistema	
Desarrollo del sistema	
Pruebas de funcionamiento	Informe de pruebas
Entrega para operación	

8. ¿Por qué en general se justifica invertir tiempo en reunir con frecuencia a todos los involucrados en las etapas iniciales del ciclo de vida del proyecto?
9. ¿Por qué es recomendable cambiar al administrador de proyectos al pasar a una nueva etapa del proyecto?
10. En un proyecto para fabricar medicamentos, ¿cuál debe ser la prioridad: la calidad, el tiempo o el costo?
11. En un proyecto para llevar a cabo los Juegos Olímpicos o los campeonatos mundiales de fútbol, ¿cuál debe ser la prioridad: la calidad, el tiempo o el costo?
12. Tener un objetivo claro del proyecto y guiar al equipo hacia su cumplimiento ¿a cuál de los tres roles del administrador de proyectos corresponde?
 - a. *Manager*
 - b. Líder
 - c. Facilitador
13. Si en un proyecto la calidad del producto no es la requerida por el cliente, la mayor responsabilidad recae sobre:
 - a. El administrador del proyecto
 - b. El equipo del proyecto

Inicio del proyecto

Capítulo

3



3.1 Introducción

Un proyecto inicia una vez que se selecciona mediante un proceso de evaluación y tiene un cliente o patrocinador que se interesa en obtener los resultados propuestos.

Los proyectos surgen para atender problemas, necesidades y oportunidades que no se resuelven con la operación diaria del negocio, tales como:

- Requerimientos del mercado.
- Nuevos reglamentos gubernamentales.
- Necesidades organizacionales.
- Requerimientos del cliente.
- Avances tecnológicos.
- Nuevos requerimientos legales.

- Impacto ecológico.
- Responsabilidad social.
- Planeación estratégica.

Independientemente del origen del proyecto, es necesario definirlo correctamente en un proceso que se realiza por múltiples medios, como:

- Una definición generada en una junta del negocio.
- Un correo electrónico con la definición de la necesidad y los entregables esperados.
- Un escrito formal con un formato claro y detallado.
- Un requerimiento para desarrollar el trabajo (*request for proposal*).

En cualquiera de estas formas, debe describirse con claridad cuál es el objetivo del proyecto y los entregables que producirá, además de sus restricciones de tiempo, como las fechas de inicio y/o de terminación. En muchos casos, la especificación del proyecto va acompañada del caso de negocios (*business case*).

Mientras no se haya establecido el objetivo del proyecto, no será posible iniciar ni planear; sin embargo, en este caso lo que se puede ofrecer al patrocinador y al cliente son:

- Horas de trabajo para definir el objetivo y las características del proyecto.
- Horas de consultoría con el equipo de proyecto.
- Un proyecto para identificar las necesidades, el objetivo y los entregables del nuevo proyecto.

Una vez que se ha entendido claramente el objetivo, se inicia la primera etapa del ciclo de vida, que consiste en **definir y autorizar** el proyecto o una fase de éste. En las siguientes secciones se describen los factores relacionados con los procesos de iniciación.

En las organizaciones existe una gran cantidad de proyectos que surgen cada día y, por ello, es necesario tener el proceso muy claro para seleccionar aquéllos a los que asignarán las inversiones creando sus portafolios de proyectos.

3.2 Factores del medio ambiente y del capital intelectual del negocio

Un proyecto se inicia dentro de un ambiente de negocios ya establecido, con una cultura definida y con estándares de la industria en la que se desarrolla. Estos factores deben tomarse en cuenta para evitar errores o desperdiciar trabajo ya realizado.

De acuerdo con el *Project Management Institute (PMI)*[®], los **elementos del medio ambiente del negocio** se consideran como entrada en una gran cantidad de procesos administrativos y deben identificarse anticipadamente para aprovechar el conocimiento, la experiencia y el trabajo previo del negocio.

Dentro del medio ambiente se encuentran factores que determinan algunas de las características de los productos, servicios o resultados que se generarán, por ejemplo, si se deben cubrir algunos estándares del producto o de calidad definidos por la industria o por el gobierno.

Otros elementos que deben considerarse son las condiciones en las que competirá el producto que se generará, si fuera el caso, y la forma de comercializarlo en el mercado, ya que estos factores están relacionados con toda la industria y la competencia, y no pueden definirse de manera independiente.

Para los procesos de estimación, tanto de tiempo como de costo, también existen fuentes externas como artículos, expertos y asociaciones que ofrecen datos e información útil y probada por muchas entidades.

La misma empresa u organización también define otros aspectos importantes del proyecto, como su estructura organizacional y los procesos que se siguen para realizar sus funciones dentro del ambiente cultural que los distingue. Por ejemplo, en algunos negocios, todas las compras se realizan por medio de un sitio web que reúne a los proveedores más convenientes para la empresa y las solicitudes se deben hacer con anterioridad para que los insumos los reciban en el momento en que los requieren.

Éstos y muchos otros factores definirán algunos de los procesos administrativos del proyecto.

Además de los factores que rodean al negocio, se tiene un conjunto de procesos definidos, documentos, guías, plantillas y otro material que se ha desarrollado y que puede utilizarse en los nuevos proyectos. Estos documentos conforman el **capital intelectual del negocio** (*organizational process assets*). El *Project Management Institute (PMI)*[®] recomienda que deben identificarse al inicio del proyecto.

El contenido de los documentos considera las políticas (o reglas) definidas para las funciones del negocio que se aplican de manera estándar y se cumplen de acuerdo con su descripción. Entre otras políticas, de acuerdo con el tipo y tamaño de la empresa, se pueden mencionar las siguientes:

- Asistencia y comportamiento.
- Contratación de empleados utilizando una plantilla de registro de datos.
- Promoción y disciplina.
- Comunicación.
- Calidad.
- Servicio al cliente.
- Medio ambiente.
- Contabilidad.
- Uso de marcas y logotipos.

Existen procedimientos que deben llevarse a cabo para realizar ciertas funciones; por ejemplo, para la creación de un contrato para un proveedor, tal vez la empresa ya tenga una plantilla de un contrato similar utilizado en un proyecto anterior, y cuente con un procedimiento de revisión por parte del área legal para asegurar la calidad y la validez del contrato.

Esto simplifica mucho el trabajo del administrador del nuevo proyecto, ya que:

- Reduce la probabilidad de errores al haberse utilizado con éxito en el pasado.
- Permite corregir detalles que se registraron como fallas.
- Asegura que el contrato cumpla con los estándares de la empresa.

De acuerdo con el negocio, existen procedimientos que ofrecen iguales beneficios como los siguientes:

- Asegurar la calidad del producto, servicio o resultado.
- Llevar a cabo revisiones y auditorías.
- Informar y asignar el trabajo a los participantes del proyecto.
- Realizar órdenes de compra.
- Pagar a los proveedores.
- Documentar el proyecto y elaborar reportes.

También es posible que ya se tengan plantillas que sólo requieren algunos ajustes, como el que se ingrese información como la siguiente:

- Registro de las solicitudes de cambio.
- Órdenes de compra.
- Pago a proveedores.
- Aprobación de presupuestos.
- Lista de verificación o carta de finiquito.

Cuando la empresa está orientada a proyectos y/o tiene una oficina para la administración de los mismos, los elementos mencionados deben estar identificados y disponibles de manera clara y rápida para ser utilizados en los nuevos proyectos.

Base corporativa de conocimientos

Es muy importante que las organizaciones mantengan datos históricos de sus proyectos que den cuenta de la experiencia y el conocimiento. Estas bases de datos se consultan durante el proyecto y se actualizan al final de éste.

En ocasiones, toda la información que se tiene en la empresa sobre procedimientos y plantillas no se utiliza eficientemente por motivos como los siguientes:

- No se documenta o no está disponible de manera centralizada.
- No se encuentra organizada o es difícil de acceder.
- No se valora o no se tiene confianza en el trabajo previo realizado por otro administrador de proyectos.
- No se contempla la revisión de los documentos al inicio de los procesos.

Estas situaciones ocasionan que muchas veces se trabaje nuevamente en algo que ya se hizo antes, se cometan los mismos errores y se desaproveche el conocimiento organizacional.

Para evitarlo, debe fomentarse la madurez de la administración de proyectos mediante acciones para recolectar y compartir el capital intelectual de la organización.

Los proyectos nacen en un ambiente de negocios propio. Por ejemplo, tal vez se establezca algo como lo siguiente: "En esta empresa, los equipos de proyecto se generan con personal interno, de manera que no se subcontrata a otras personas".

3.3 Desarrollar la especificación del proyecto (*charter*)

Cuando un proyecto inicia su ciclo de vida, la primera etapa consiste en preparar la documentación para aceptar el proyecto desde el punto de vista de su objetivo y sus entregables.

La **especificación del proyecto** (*charter* o *project charter*) es un documento que autoriza de manera formal la realización del proyecto o sus fases, documentando los requerimientos **iniciales** que satisfacen las necesidades y expectativas de los involucrados (*stakeholders*).

Es importante enfatizar que cuando se desarrolla el *charter*, se logra un inicio del proyecto bien definido y se conocen sus límites, se crea un registro formal del proyecto y se establece un compromiso de la alta administración.

Una vez que el proyecto se ha asignado, el administrador coordina a un equipo pequeño de trabajo para desarrollar el *charter*, que además establece un **compromiso** entre la organización que desarrolla el proyecto y la organización que lo requiere.

Es importante aclarar que hay que elegir al administrador de proyectos a la brevedad posible, ya que es recomendable que participe en el desarrollo del *charter* del proyecto.

Para desarrollar el *charter* se utiliza el estatuto de la definición del trabajo (*project statement of work*, SOW) o el contrato que ofrece el patrocinador para elaborar una planeación de alto nivel —es decir, en términos generales—, en la que se documentan las necesidades y los requerimientos de la organización, los objetivos del proyecto y el plan estratégico que permite determinar si el proyecto contribuye a los objetivos del negocio.

El estatuto de la definición del trabajo puede presentarse de diferentes maneras:

- En proyectos internos, es una descripción de las necesidades del negocio y los requerimientos del producto, servicio o resultados; se presenta en formatos informales o formales.
- En proyectos externos, el documento es más formal y se presenta como un RFP (*request for proposal*), un RFB (*request for bid*), un RFI (*request for information*) o un contrato.

Otros documentos que se utilizan al inicio son:

- Caso de negocios que justifica la inversión en el proyecto.
- Acuerdos que definen los conceptos iniciales del proyecto en forma de contratos, memorandos de entendimiento, acuerdos sobre niveles de servicio, cartas de intención, acuerdos verbales o escritos y correos, entre otros.
- Capital intelectual del negocio (*organizational process assets*, OPA).
 - Políticas, procedimientos, estándares y guías de la organización.
 - Plantillas.
 - Información histórica.
 - Lecciones aprendidas.
- Factores del medio ambiente del negocio (*enterprise environmental factors*, EEF).
 - Cultura organizacional.
 - Estándares de la industria, regulaciones y estándares gubernamentales.
 - Condiciones del mercado.

Para desarrollar el *charter* del proyecto, se utiliza el **juicio de experto** que proviene de cualquier individuo o grupo con conocimiento o capacitación especializados; por ejemplo, algún miembro de otra unidad dentro de la organización, consultores, involucrados, clientes, patrocinadores, asociaciones técnicas o profesionales, grupos en la industria y expertos en la materia, entre otros. También se utilizan técnicas de facilitación para el desarrollo del *charter*, como la lluvia de ideas, la solución de problemas y el desarrollo de juntas.

Después de un proceso iterativo entre el administrador del proyecto, el cliente, el patrocinador y otros involucrados identificados, se aprueba el *charter* y el **proyecto se inicia formalmente**. Para que esto suceda, el patrocinador (o iniciador) del proyecto debe tener un **nivel apropiado** de autoridad y recursos para proveer los fondos del proyecto, y es mediante su firma en la especificación del proyecto que se autoriza su desarrollo.

El *charter* incluye los siguientes elementos, entre otros:

- Título del proyecto.
- Propósito del proyecto o su justificación.
- Objetivos medibles. Definen lo que se hará en el proyecto.
- Beneficios, indicando claramente las razones por las que se realiza.
- Productos, servicios o resultados a entregar. El documento es una definición de cada uno de los productos, servicios o resultados que se obtendrán, y que servirán de base durante el desarrollo del proyecto y para medir su desempeño.
- Requerimientos de alto nivel. En este inciso se definen los requerimientos del producto, servicio o resultado que se producirá, estableciendo los límites de calidad del mismo.
- Supuestos y restricciones.
- Limitaciones y exclusiones, es decir, las funciones del producto, servicio o resultado que *no* se entregará; por ejemplo, podría establecerse que en un proyecto de desarrollo de software se defina que el producto sólo podrá ofrecer acceso a tres sucursales del negocio y no a todas las actuales. Por otro lado, una exclusión es una funcionalidad o actividad que no se incluirá en el proyecto. Por ejemplo, se podría establecer: “El proyecto no incluye la captura de nueva información en la base de datos”.
- Riesgos de alto nivel, es decir, los riesgos del proyecto que pueden identificarse con la información obtenida hasta el momento, esto es, de manera muy general. En la medida en que se avanza en las siguientes etapas del proyecto, se identifican riesgos más específicos y asociados con los paquetes de trabajo o las actividades del proyecto.
- Un calendario de alto nivel de las metas intermedias (*milestones*). Los *milestones* o hitos se definen en momentos clave del proyecto para indicar un logro importante que se considera como meta intermedia del proyecto. No son actividades, por lo que no tienen duración. Se redactan como eventos, productos o situaciones concluidas. Los *milestones* definidos en el proyecto también permiten la medición del avance a medida que se van resolviendo.
- Presupuesto estimado de alto nivel, con el conocimiento de que sólo se considera como una restricción.

- Lista de los involucrados que se hayan identificado hasta el momento.
- Requerimientos para la aprobación del proyecto, identificando los criterios de aceptación, formatos y responsables de la aprobación.
- Asignación del administrador del proyecto y su nivel de autoridad.
- Nombre y nivel de autoridad del patrocinador o de las personas que autorizan el *project charter*.

Normalmente, la aceptación de la especificación del proyecto concluye con la **firma de los stakeholders** de mayor influencia, como el patrocinador, el cliente y el administrador del proyecto.

El *charter* es una carta de entendimiento que documenta los aspectos más importantes del proyecto y es firmada por los principales involucrados. En ocasiones, la aceptación del documento final requiere dos o más revisiones hasta lograr el entendimiento.

A partir del *charter*, es recomendable utilizar aplicaciones especializadas para la administración del proyecto con el fin de organizar los procesos administrativos y los documentos durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Por ejemplo, el software Coordinate®, proyectos en equipo, está diseñado para apoyar la planeación, el seguimiento y la coordinación de proyectos, enfatizando la claridad del objetivo, los resultados por entregar y el alcance. La plataforma presenta una metodología para la administración del proyecto, tal como se muestra en la figura 3.1.

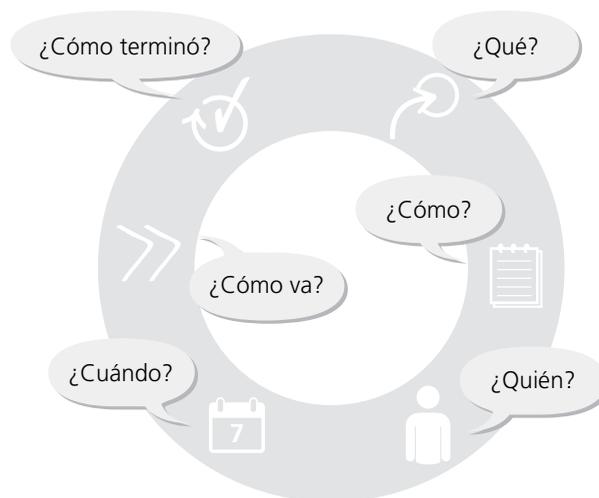


Figura 3.1 Coordinate, para proyectos en equipo.

En algunos de los ejercicios de los capítulos se utilizará la metodología antes descrita para planear y coordinar un proyecto a través de todos sus pasos.

3.4 Identificar a los involucrados

Este proceso consiste en identificar a personas, grupos u organizaciones que pueden impactar o resultar afectados por decisiones, actividades o resultados del proyecto. La identificación permite analizar y documentar la información relevante de los intereses de los implicados, su nivel de involucramiento, interdependencia, influencia e impacto potencial en el éxito del proyecto.

Los involucrados en un proyecto son, entre otros:

- Clientes/usuarios.
- Patrocinador.
- Administradores del portafolio/equipo de revisión del portafolio.
- Administradores de programa.
- Oficina de administración de proyectos.
- Administradores de proyecto.
- Equipo de proyecto.
- Administradores funcionales.
- Administradores de operaciones.
- Socios proveedores/negocios.

Es importante enfatizar que los involucrados deben identificarse en las primeras etapas del proyecto para conocer sus **intereses** y **expectativas**. Con esta información, es posible desarrollar una estrategia para maximizar sus influencias positivas en el proyecto y minimizar las influencias negativas que pudieran ejercer.

La identificación de los involucrados consiste en registrar a **todas las personas y organizaciones que serán afectadas por el proyecto**, documentando la información relevante acerca de sus intereses, involucramiento y el impacto que pueden tener en el éxito del proyecto.

Para identificarlos se utiliza el *charter*, los documentos del contrato o la propuesta del proyecto y los documentos de la organización. Con base en el **juicio experto** del administrador del proyecto y del equipo de trabajo que lo apoye en esta fase, habrá que crear un registro de todos los involucrados y la estrategia que se utilizará para administrarlos.

Por ejemplo, tal vez al identificar al patrocinador del proyecto se detecte que su interés principal es conocer cómo se aplican los fondos asignados al proyecto de forma continua. En tal caso, la estrategia que podría establecerse para mantenerlo informado es enviarle reportes sobre la aplicación de los presupuestos del proyecto en forma semanal.

En este proceso, se genera una matriz de involucrados como la siguiente:

Roles y responsabilidades		
Nombre	Rol	Responsabilidad
Luis Fernández	Administrador del proyecto	Planear y ejecutar el proyecto
Martha González	Departamento de compras	Autorizar los contratos y pagos a los proveedores
Equipo de actualización	Miembros del departamento de informática (tres personas)	Instalar el equipo de cómputo de los usuarios y actualizar el software de los servidores

Pedro Lozano	Gerente de contabilidad	Asignar los presupuestos a las cuentas y autorizar los pagos del proyecto
Proveedores autorizados del negocio	Comité de selección de alternativas de equipo y software	Proveer el equipo de cómputo y el software para el proyecto
Empleados del negocio	Propietario del equipo que se actualizará	Recibir el nuevo equipo computacional y entregar el equipo anterior

Es importante identificar a los involucrados desde el inicio del proyecto; sin embargo, durante el desarrollo de éste, algunos de ellos concluirán su participación, mientras que otros estarán iniciándola.

3.5 Recomendaciones prácticas

Un proyecto debe iniciarse tan pronto como se selecciona. Si un proyecto aún no cuenta con un patrocinador, no debe iniciarse ya que con el tiempo se perderá el interés y la prioridad para desarrollarlo.

Es importante que el administrador del proyecto sea designado en las etapas tempranas de éste para que participe en el desarrollo del *charter* y se le otorgue la autoridad para asignar los recursos al proyecto.

Por otro lado, también debe considerarse el conocimiento y la información que se utilizaron con éxito en otros proyectos y que se almacenó en las lecciones aprendidas. La disciplina de la organización para registrar, almacenar y utilizar el conocimiento, los documentos y las mejores prácticas hará más eficiente la administración de los nuevos proyectos y, por lo tanto, éstos serán más rentables.

La etapa de iniciación define en primer término un proyecto más entendible y más claro para todos los involucrados, y durante ella se logra la aceptación del compromiso de la alta administración con el proyecto.

3.6 De la experiencia

Uno de los proyectos que sustentan la experiencia que se documenta en este capítulo es el que realizó una organización orientada a proyectos (el proveedor, en este caso) con una entidad del gobierno federal de México (el cliente).

El proyecto se inició mediante un contrato establecido en el que el cliente describía en forma detallada los entregables solicitados y, como primer paso, el administrador del proyecto desarrolló el *charter*.

El administrador del cliente sostenía que tal documento no era más que un duplicado del contrato y que no era necesario realizarlo; sin embargo, ante el proceso definido por el proveedor, el cliente aceptó revisarlo y asignó a un equipo de tres personas para leer y aceptar la especificación del proyecto o *charter*.

En la primera revisión, detectaron que se debería elaborar un programa de capacitación en cinco estados del país mediante socios de negocios locales; sin embargo, no se indicaba el nombre de los socios posibles, ni los estados solicitados, ni la manera en que debía hacerse la selección. En forma colaborativa y consultando a los responsables de la toma de decisiones, se hicieron las aclaraciones pertinentes.

Esta situación motivó al equipo del cliente a seguir revisando el contenido del *charter* en varias rondas hasta que se firmó de común acuerdo.

Durante el desarrollo del plan del proyecto, aún se hicieron adecuaciones y complementos a los detalles del *charter*, como los “informes de avance” que solicitó el cliente y que incluían una descripción del progreso del trabajo y una memoria fotográfica que lo avalara.

En la etapa de ejecución del proyecto, hubo algunos cambios más en los detalles de los entregables, pero no en los entregables en sí, ya que cualquier cambio en el *charter* debe ser aprobado por un comité de control de cambios porque supone nuevas estimaciones de tiempo y costo.

Preguntas de repaso y para reflexión

1. ¿Quién o quiénes son los responsables de autorizar el desarrollo de un proyecto?
 - a. El administrador del proyecto.
 - b. El equipo del proyecto.
 - c. El patrocinador.
 - d. Los involucrados.

La respuesta correcta es c. El patrocinador es el responsable de autorizar formalmente un proyecto de acuerdo con el *charter* que prepara el administrador del proyecto. En este proceso de elaboración y revisión de la información podrán participar los involucrados pertinentes. El equipo del proyecto normalmente inicia su participación en las actividades de planeación.

2. Señale cuál es la característica distintiva del *project charter*:
 - a. Es una versión más extensa que el alcance del proyecto.
 - b. Se realiza en el proceso de planeación del proyecto.
 - c. Se utiliza para recibir la aprobación del patrocinador y así iniciar el proyecto.
 - d. Incluye el presupuesto detallado para el desarrollo del proyecto.

La respuesta correcta es c. Se realiza para que tanto el patrocinador como el administrador del proyecto y los involucrados principales comprendan lo que se va a realizar. Se elabora en la etapa de inicio, por lo que no incluye aún el alcance del proyecto ni el presupuesto detallado.

3. A continuación se presentan varios objetivos de diferentes proyectos. Seleccione la descripción que describe correctamente un proyecto:
 - a. Desarrollar un sistema de información para que los empleados de la empresa sean más eficientes en su trabajo.
 - b. Incrementar las ventas de un producto mediante el sitio web del negocio.
 - c. Capacitar a 70 empleados de la empresa en el uso de un sistema de ventas.
 - d. Atender las llamadas de los clientes sobre dudas o comentarios.

La respuesta correcta es c. El objetivo del proyecto es capacitar a 70 empleados en el uso del sistema de ventas, por lo que al término de la capacitación se considera logrado el objetivo.

Las otras opciones son incorrectas:

- Desarrollar un sistema de información para que los empleados de la empresa sean más eficientes en su trabajo. ¿El objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de información, o que los empleados sean eficientes? Para todos los proyectos se debe expresar el producto, servicio o resultado que producirán.
- Incrementar las ventas de un producto mediante el sitio web del negocio. De igual manera, si el proyecto busca incrementar las ventas, se debe expresar la métrica que se aplicará. En cambio, si lo que se pretende es desarrollar un sitio web para

incrementar las ventas, el proyecto tendrá éxito si el sitio web cubre todos los requerimientos del cliente.

- “Atender las llamadas de los clientes sobre dudas o comentarios” no es un proyecto, ya que se trata de trabajo operativo.
4. Los objetivos del proyecto:
 - a. Son definidos por el equipo del proyecto.
 - b. Sirven para determinar los criterios de aceptación del proyecto.
 - c. Quizá no estén definidos al inicio y se establezcan a medida en que avanza el desarrollo del proyecto.
 - d. Se redefinen cada vez que no se logran durante el proyecto.
 5. Un proyecto que ha iniciado muestra muchos cambios en el *charter*. ¿Quién tiene la responsabilidad principal de decidir si esos cambios son necesarios?
 - a. El administrador del proyecto.
 - b. El equipo de trabajo.
 - c. El patrocinador.
 - d. Los involucrados.
 6. La mejor manera de describir la participación del patrocinador o patrocinadores en el desarrollo de un proyecto es decir que:
 - a. Intervienen en el desarrollo del plan del proyecto.
 - b. Ofrecen los fondos para desarrollar el proyecto.
 - c. Solucionan los problemas del equipo del proyecto.
 - d. Dirigen el desarrollo del trabajo del proyecto.
 7. ¿Cuál es la duración de un hito en un proyecto?
 - a. La misma duración que la actividad que representa.
 - b. Más corta que la duración del retraso de la actividad.
 - c. Más corta que la duración de la actividad que representa.
 - d. No tiene duración.
 8. ¿Cuáles de los siguientes problemas deberá resolver el patrocinador del proyecto?
 - a. El administrador no tiene autoridad para dirigir el proyecto.
 - b. Una persona asignada al proyecto no cumple con su trabajo.
 - c. Se retrasó la entrega del equipo principal que se requiere en el proyecto.
 - d. El equipo del proyecto no ha podido asignar prioridades en el trabajo.
 9. ¿Cuál de los siguientes problemas deberá resolver el administrador del proyecto?
 - a. El jefe de un miembro del equipo le ha pedido colaborar en un proyecto adicional.
 - b. No hay presupuesto disponible para realizar el proyecto.
 - c. El jefe de un miembro del equipo le ha asignado más trabajo en su departamento.
 - d. El proyecto tiene una demora en sus actividades.

- 10.** ¿Cuáles de los siguientes problemas deberá resolver el equipo de trabajo?
- Dos miembros del equipo tienen un desacuerdo y no han podido solucionarlo en varias conversaciones.
 - Se solicitó un cambio en el entregable del proyecto.
 - El jefe de un miembro del equipo le ha ofrecido colaborar en un proyecto adicional.
 - El proyecto está retrasado en su siguiente entregable.

- 11.** Describa las relaciones entre los siguientes conceptos:

- Ciclo de vida.
- SOW (*statement of work*).
- *Charter* del proyecto.

Opciones para explicarlos:

- Relacionar los tres conceptos en forma gráfica.
 - Ilustrar las relaciones con un ejemplo.
 - Otra alternativa de explicación que le permita hacer la distinción. (No se esperan las definiciones independientes de los conceptos).
- 12.** En la Universidad Internacional, los altos directivos han determinado que, para incrementar la calidad de la enseñanza y el prestigio de la institución, deben actualizar su modelo educativo y capacitar a sus profesores en las mejores prácticas de sus respectivas disciplinas.

Por este motivo, la institución puso en marcha un proyecto para la capacitación en línea de los docentes y adquirió una aplicación educativa LMS (*Learning Management System*) que incluye 35 cursos de capacitación en diferentes temas. Se pretende que los profesores tomen 10 cursos diferentes y especializados según su área.

La capacitación se hará mediante tres módulos diferentes: programación, administración de proyectos (con dos temas diferentes) y redes. Cada módulo incluye 10 cursos y se abrirá el acceso a los profesores para que ingresen al módulo de su área.

En el periodo de capacitación, que dura dos meses, un facilitador del equipo del proyecto dará seguimiento a los profesores y, finalmente, se entregará a la administración un informe completo de los resultados del proceso de capacitación.

- 12.1** ¿Cuál sería la mejor descripción del objetivo del proyecto?

- Desarrollar el contenido de 35 cursos y clasificarlos por módulos para capacitar a los profesores de la universidad en los temas de programación, administración de proyectos y redes, a la vez que se realiza la capacitación de un grupo de docentes en cada módulo por un periodo de dos meses con el apoyo de un facilitador, finalizando con la generación de un informe de los resultados.
- Lograr que los profesores de la universidad incrementen la calidad educativa de los cursos que imparten a través de un proceso de capacitación en línea, con 35 cursos organizados en tres módulos para las áreas de programación, administración de proyectos y redes. La duración de la capacitación es de dos meses con el apoyo de un facilitador y, al finalizar, se entregará un informe de los resultados.

- c. Incrementar la calidad de la enseñanza y el prestigio de la universidad mediante la actualización de su modelo educativo y la capacitación de sus catedráticos en las áreas de programación, administración de proyectos y redes. Se utilizarán 35 cursos organizados en tres módulos para las áreas de programación, administración de proyectos y redes. La duración de la capacitación será de dos meses con el apoyo de un facilitador y, al finalizar, se entregará un informe de los resultados.
- d. Organizar los 35 cursos de una aplicación educativa adquirida en tres módulos de 10 cursos cada uno para las áreas de: programación, administración de proyectos y redes. Los cursos servirán para capacitar a los profesores de cada área durante un periodo de dos meses, con el apoyo de un facilitador y entregando al final del proyecto un informe de los resultados del proceso.

12.2 Desarrolle el *charter* del proyecto con el contenido descrito en el capítulo.

12.3 De acuerdo con la descripción, un requisito del proyecto derivado de las políticas de la organización es el siguiente:

- a. La capacitación se hará mediante tres módulos: programación, administración de proyectos (con dos temas diferentes) y redes.
- b. El temario de los módulos será de acuerdo con los 35 cursos impartidos.
- c. Se debe incluir un informe de resultados al final de la capacitación.
- d. El director académico será el responsable de autorizar los grupos para la capacitación.

12.4 De acuerdo con la descripción, un riesgo potencial del proyecto es el siguiente:

- a. Que el contenido de los cursos no esté actualizado.
- b. Que no se incremente el prestigio de la institución.
- c. Que no se puedan formar módulos con 10 cursos complementarios.
- d. Que la capacitación en línea sea más costosa que la capacitación presencial.

12.5 De acuerdo con la descripción, un ejemplo de una meta intermedia (o hito) es el siguiente:

- a. Verificar la estructuración de los módulos.
- b. Módulos organizados en el sistema.
- c. Generación del informe final.
- d. Análisis de los cursos.

12.6 De acuerdo con la descripción, un requisito o requerimiento del producto es el siguiente:

- a. Sólo se incluirán contenidos de los 35 cursos de capacitación.
- b. No se harán adecuaciones en los contenidos de los cursos.
- c. Los módulos deben tener contenidos de los temas de programación, administración de proyectos y redes.
- d. Sólo se incluirán cursos del catálogo de la aplicación comprada.

Planeación del alcance y la comunicación

Capítulo

4



4.1 Introducción

Como se describió en el capítulo anterior, una vez autorizada la especificación del proyecto o *project charter*, se da inicio formal al proyecto. Dicho documento contiene la principal información de entrada para la fase de planeación. Planear el alcance, las actividades o asignar recursos sin tener claramente especificado y acordado el proyecto implicará retrabajo más adelante o la posibilidad de alcanzar un objetivo relativamente diferente al solicitado por el cliente o que no solucione el problema que dio origen al proyecto.

A partir del objetivo y alcance del proyecto y considerando los productos a entregar, se listan y despliegan las actividades en una estructura ordenada por niveles, subniveles, paquetes de trabajo y tareas específicas. Esta estructura jerárquica se denomina como **estructura de la división del trabajo** (EDT), y en inglés se le conoce como *work breakdown structure* (WBS). La estructura, que define por completo el alcance del proyecto,

se complementa con una **matriz de responsabilidades** (MR), donde se indica por cada nivel *quién hace qué*.

En esta etapa inicial del proyecto es conveniente establecer un **plan de comunicación**, consistente en definir qué se va a informar, de qué manera, a quién y con qué frecuencia. Elaborar el directorio de los implicados en el proyecto también es parte del plan de comunicación.

La importancia de llevar a cabo una esmerada planeación del proyecto es fundamental para lograr una buena organización de actividades y recursos. El desarrollo de las herramientas descritas en los capítulos 5 a 7, dedicados a la planeación, es esencial para lograrlo, y el administrador del proyecto tiene la responsabilidad de guiar al equipo de trabajo en este esfuerzo.

Cuando todo el equipo lleva a cabo la planeación de actividades con la guía del administrador del proyecto, se crea sinergia, entendimiento común y sentido de pertenencia al grupo en función de los objetivos del proyecto. El general estadounidense de la Segunda Guerra Mundial y presidente de su país, Dwight D. Eisenhower, decía que “los planes son inútiles, lo importante es planear”, para enfatizar la riqueza e importancia de este proceso.

4.2 Definir el alcance del proyecto

La primera parte de la planeación del proyecto es la **definición del alcance** o **alcances**,¹ y se refiere a todo lo que se va a cubrir o hacer en el proyecto; por consiguiente, lo que no se va a hacer, está fuera del alcance. En la terminología en inglés, el alcance se conoce como *project scope*.

Así como hay una sabia frase que dice “cuentas claras, amistades largas”, se podría decir que en proyectos, “alcances claros, amistades largas”. Es decir, si entre el cliente y la organización que desarrolla el proyecto, hay una **clara definición y autorización de los alcances** del proyecto, habrá un desarrollo consistente con los requisitos especificados y una relación duradera entre ambos.

A lo largo del proyecto es probable que surja la **necesidad de modificar los alcances**, y esos cambios deben hacerse de una manera **planeada y de común acuerdo**.

Los alcances en proyectos se pueden describir de acuerdo con:

- Las etapas o fases que abarca el ciclo de vida del proyecto, como en el caso de un proyecto que incluya el diseño, la fabricación y puesta en marcha de un resultado.
- Zonas, regiones o lugares geográficos que van a ser parte del proyecto; por ejemplo, un proyecto de logística cuyo alcance sean las zonas sur y norte del país.
- Demografía, cuando se determina a cuántas personas se dirige el proyecto; por ejemplo, podría determinarse que un proyecto incluirá a todos los menores de 6 años.
- Por componentes del producto o servicio (cuántos se van a desarrollar); por ejemplo, un proyecto de auditoría que incluya el informe y las propuestas de mejora.
- Funcionales (qué es lo que se desea que logre el producto o servicio); por ejemplo, un proyecto para aumentar el número de inscripciones en una institución.

¹ *Alcance* o *alcances* son términos que se utilizan en la práctica y que se emplearán indistintamente en el libro.

Cuando se describe el alcance de un proyecto, es recomendable mencionar de forma explícita lo que *no* se va a incluir en el proyecto, producto o servicio. A esta descripción se le llama *exclusión* (o exclusiones) y se especifica para hacer saber al cliente lo que no se le va a entregar y así evitar falsas expectativas.

Una parte importante del alcance es la definición de los **resultados** o **productos** que se deben *entregar* durante la ejecución del proyecto. Los resultados o productos deben ser tangibles, es decir, tiene que existir la posibilidad de verlos, tocarlos, inspeccionarlos y validarlos; por ello, también se les conoce como los **entregables** del proyecto (*project deliverables*).

Los entregables deben satisfacer los requisitos proporcionados por el cliente. Hay entregables finales e intermedios; ejemplos de estos últimos son el plan del proyecto, el presupuesto o el diagnóstico. De esa manera, los entregables se planean como metas que se van logrando a lo largo del proyecto.²

A continuación se presenta un ejemplo de resultados o entregables vinculados a un objetivo:

Objetivo: Desarrollar un procedimiento de detección de necesidades de capacitación para el área de informática.

Entregables:

- Plan del proyecto.
- Informe de diagnóstico.
- Índice del procedimiento.
- Borrador del procedimiento.
- Procedimiento autorizado.

Como se observa, la lista de entregables permite asegurar que se están logrando avances claros en el proyecto.

Se debe tener mucho cuidado de listar los resultados con sustantivos, y no con verbos, para dejar en claro que son elementos tangibles que se van a entregar, revisar o aceptar. A continuación se presenta, como ejemplo, una lista de resultados redactados de forma correcta al lado de una lista incorrecta:

Objetivo: Remodelar una sala de juntas para convertirla en aula de capacitación.

Resultados correctamente definidos	Resultados incorrectamente definidos (están expresados a partir de un verbo y se confunden con actividades)
Documento de detección de necesidades	Recabar las necesidades de los usuarios
Plano del aula remodelada	Elaborar el plano
Presupuesto autorizado	Estimar el costo
Aula remodelada	Remodelar
Inauguración	Organizar un evento de inauguración

² Según el *PMBOK® Guide*, los entregables se refieren únicamente al producto, servicio o resultado. Sin embargo, el equipo de proyecto puede incluir como entregables los documentos de la planeación o del cierre del proyecto, si son requeridos por el cliente.

Es indispensable verificar que los entregables cubran el alcance del proyecto, y se recomienda listar los más representativos. Elaborar muchos entregables conduce a perder de vista lo esencial y a tener demasiados controles para verificar y validar. Un número aproximado de entre 4 y 8 entregables es recomendable para proyectos pequeños, donde participen entre 3 y 6 personas.

Para la elaboración del alcance, se debe revisar cuidadosamente el documento de propuesta de proyecto, especificación o *charter*, e involucrar a los expertos en el tema y en el producto a desarrollar, considerando las diferentes disciplinas y etapas a lo largo del ciclo de vida del producto, desde su diseño hasta su reciclado o la terminación del servicio. El documento o estatuto de alcances será la base para determinar la cantidad de trabajo a desarrollar.

Una de las herramientas más importantes para una buena planeación y control de proyectos es la **estructura de la división de trabajo (EDT)** o *work breakdown structure (WBS)* como se le conoce en inglés. Esta herramienta gráfica o en forma de lista estructurada permite visualizar todas las actividades implicadas en un proyecto, de lo general a lo particular, por lo que se le considera una herramienta efectiva para describir el alcance del proyecto.

Con la finalidad de ilustrar la EDT, se utilizará como ejemplo un proyecto para desarrollar un manual que incluya instrucciones para explicar algún tema específico. El alcance de este proyecto va desde el diseño y la redacción hasta la edición final. La figura 4.1 representa la estructura de la división de trabajo.

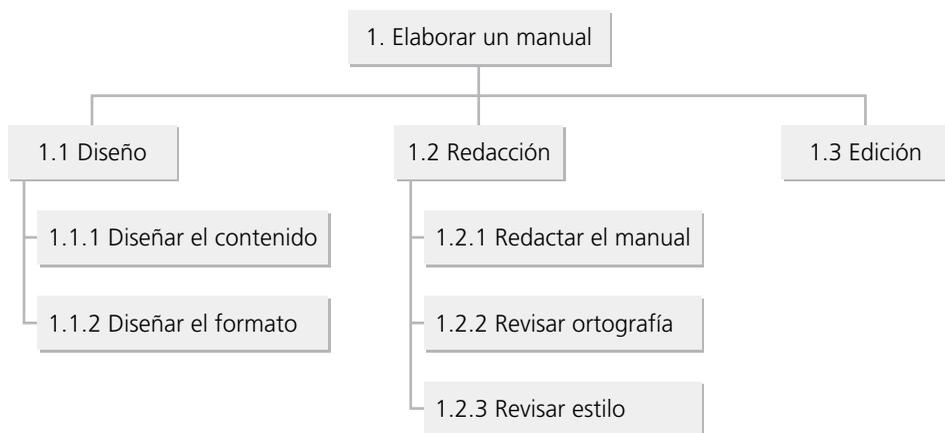


Figura 4.1 Estructura de la división de trabajo (EDT) para elaborar un manual.

En este ejemplo, la elaboración del manual comprende tres niveles. El primer nivel implica elaborar el manual; en el segundo nivel se incluyen diseño, redacción y edición. El tercer nivel está representado por el diseño del contenido y el diseño del formato (subniveles de diseño), así como por la redacción del manual, y la revisión de ortografía y de estilo (subniveles de redacción). La edición no incluye más subniveles.

En el ejemplo se muestran los elementos de la EDT con códigos estructurados, donde el número de dígitos está relacionado con el nivel; por ejemplo, el dígito 1.1 representa un segundo nivel, mientras que el 1.1.1 representa un tercer nivel. Una variante de este sistema de codificación que se utiliza con frecuencia en proyectos de desarrollo de software es

colocar el dígito 0 en el nivel más alto. De esta manera, el siguiente nivel se designa con los códigos 1, 2, 3, y el siguiente subnivel con 11, 12, 13, y así sucesivamente.

De manera ideal, se debe representar la EDT en forma gráfica como en el ejemplo anterior, ya que presenta información visual que facilita el análisis. En ocasiones se puede representar también en forma de **lista estructurada**, como en el siguiente ejemplo referente a un proyecto para elaborar un manual, cuya codificación considera el 0 en el nivel superior:

- 0 Elaborar un manual
 - 1 Diseño
 - 1.1 Diseñar el contenido
 - 1.2 Diseñar el formato
 - 2 Redacción
 - 2.1 Redactar el manual
 - 2.2 Revisar ortografía
 - 2.3 Revisar estilo
 - 3 Edición

En la EDT de dicho manual se aprecia que el segundo nivel está estructurado por fases o etapas: diseño, redacción y edición. Hay otras maneras en que se puede estructurar el segundo nivel; por ejemplo, por resultados a entregar, como se muestra a continuación:

- 1 Elaborar un manual
 - 1.1 Manual
 - 1.1.1 Elaborar el contenido
 - 1.1.2 Redactar el manual
 - 1.1.3 Editar el manual
 - 1.2 Reporte de revisión
 - 1.2.1 Revisar ortografía
 - 1.2.2 Revisar estilo

En la estructura se observa que hay dos entregables del proyecto en el segundo nivel: el manual y el reporte de revisión. Los subniveles ya no son entregables, sino las actividades necesarias para realizar dichos entregables.

Hay otras formas de estructurar los niveles; por ejemplo, **por situación geográfica** si se trata de un proyecto multirregional o de logística (figura 4.2), y **por componentes del producto** (figura 4.3) o **subsistemas** (figura 4.4) si se trata de proyectos para desarrollar productos o sistemas. También hay proyectos en los que la EDT se ordena **por disciplinas** (figura 4.5).

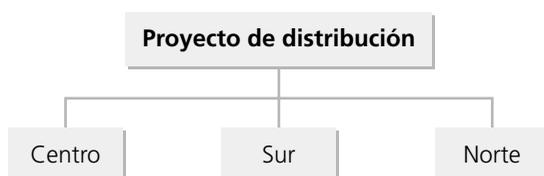


Figura 4.2 EDT de un proyecto de distribución, por situación geográfica.

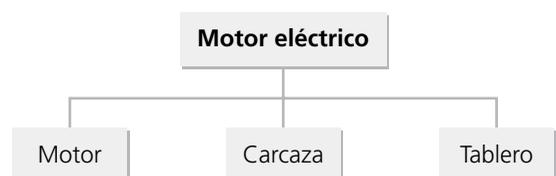


Figura 4.3 EDT de un proyecto de construcción de productos, por componentes del producto.



Figura 4.4 EDT de un proyecto de desarrollo de un sistema, por subsistemas.



Figura 4.5 EDT de un proyecto para organizar un evento deportivo, por disciplinas.

La forma de estructurar un proyecto depende del tipo de proyecto y, por lo general, se requiere experiencia para definirla. Es necesario cuidar que *no haya inconsistencia por niveles*; por ejemplo, que en un mismo nivel no aparezcan entregables y fases. Sin embargo, sí es correcto que haya subniveles de diferente naturaleza entre sí, como se muestra en la figura 4.6.

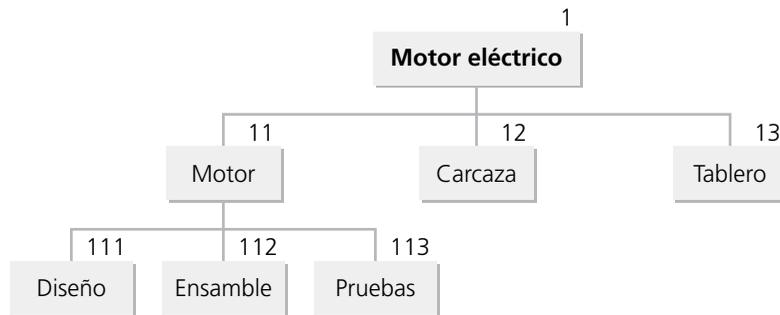


Figura 4.6 EDT en el que los niveles se combinan, por productos y por etapas (diseño, ensamble y pruebas se repiten para carcaza y tablero).

La EDT representa todo lo que se va a realizar en el proyecto, incluido aquello que el equipo debe hacer internamente para asegurar la calidad de los resultados como, por ejemplo, la contratación de personal, las compras y la capacitación. La figura 4.7 muestra la integración de actividades internas con actividades para desarrollar los productos para el cliente.

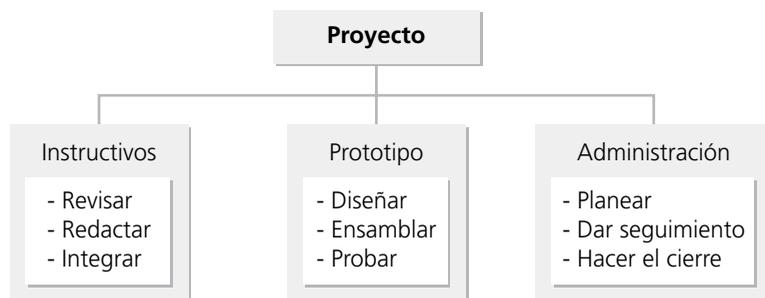


Figura 4.7 EDT que muestra los productos a entregar al cliente (instructivos y prototipos) y las actividades administrativas internas para lograrlo (administración).

Las siguientes son las **reglas básicas** que se deben observar al elaborar una EDT:

- Cada nivel debe estar consistentemente ordenado por etapas, secuencias, entregables, etcétera.
- Se recomienda que no haya más de 8 divisiones de trabajo en cada nivel; un número mayor amerita una división en subniveles.
- La EDT no representa la logística o secuencia de las actividades, sino el trabajo por realizar.
- La EDT no es un organigrama, por lo que no debe mostrar puestos ni nombres de personas.
- Se deben incorporar actividades para administrar el proyecto.
- El número mínimo de divisiones en cualquier nivel es de dos. Un error típico es desglosar en una sola parte o división, lo cual no es lógico. (La figura 4.8a ilustra ese error).

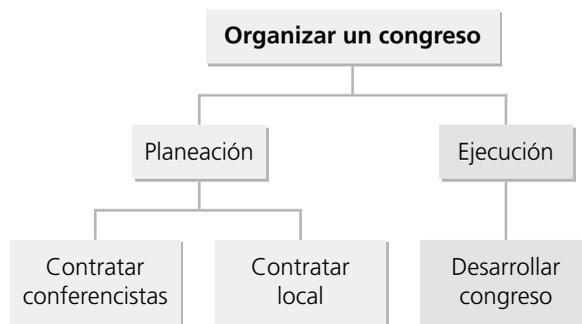


Figura 4.8a Error común: desglose incompleto.

El error de estructura en la anterior EDT consiste en proponer como subnivel de ejecución solamente “Desarrollar el congreso”. Se tienen que desglosar más subniveles a partir de la ejecución, o bien, eliminar el rubro “Desarrollar congreso”, para que el paquete de trabajo incluya solamente la ejecución, como se muestra en la figura 4.8b.



Figura 4.8b Corrección del error en la figura 4.8a.

Paquetes de trabajo

El último nivel de la EDT se conoce como **paquete de trabajo** o *workpackage* y representa el trabajo que se va a asignar a una persona o unidad organizacional para su ejecución

y control. Cada paquete de trabajo se desglosa, a la vez, en actividades que se programan en tiempo y a las que se asignan recursos. En la EDT del proyecto “Elaborar un manual”, ordenada por resultados, hay cinco paquetes de trabajo:

1.1.1 Elaborar el contenido

1.1.2 Redactar el manual

1.1.3 Editar el manual

1.2.1 Revisar ortografía

1.2.2 Revisar estilo

En proyectos grandes, los paquetes de trabajo se describen como si fueran especificaciones, incluyendo el objetivo, el entregable, las actividades y los recursos que se necesitan para llevar a cabo el paquete de trabajo. La figura 4.9 muestra, a manera de ejemplo, la especificación del paquete de trabajo “Elaborar el contenido” del proyecto para hacer el manual. Siguiendo ese formato, se deben desarrollar las especificaciones correspondientes para los otros cuatro paquetes de trabajo: redactar el manual, editar el manual, revisar ortografía y revisar estilo. Al conjunto de paquetes de trabajo se le conoce como diccionario de la EDT.

<p>Paquete de trabajo número: 1.1.1 Nombre: Elaborar el contenido Descripción: Diseñar el contenido de los temas del manual</p>
<p>Actividades a desarrollar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investigación preliminar. • Propuesta de contenido. • Revisión. • Aprobación. <p>Responsable: A. Molina Entregable: Índice del manual</p>

Figura 4.9 Formato de paquete de trabajo.

Se hace énfasis en que *los paquetes de trabajo son aquéllos de los que ya no se derivan más subniveles*. Por ejemplo, en la EDT de un proyecto para desarrollo de software, como la que se muestra en la figura 4.10, hay 10 paquetes de trabajo, los cuales se numeran entre paréntesis para mejor identificación.

<p>1 Desarrollo de software</p> <p>1.1 Integración del sistema y pruebas</p> <p> 1.1.2 Integración del sistema (1)</p> <p> 1.1.3 Pruebas del sistema (2)</p> <p>1.2 <i>Project management</i> (3)</p> <p>1.3 Software</p> <p> 1.3.1 Requerimientos de producto (4)</p> <p> 1.3.2 Diseño a detalle (5)</p> <p> 1.3.3 Codificación (6)</p> <p> 1.3.4 Prueba (7)</p> <p>1.4 Documentación del usuario</p> <p> 1.4.1 Requerimientos de documentación (8)</p> <p> 1.4.2 Borradores (9)</p> <p> 1.4.3 Validación (10)</p>

Figura 4.10 Proyecto para desarrollo de software.

En la práctica se puede elaborar la EDT de dos formas. Una es mostrándola hasta el nivel de paquetes de trabajo y describiendo por separado las actividades que se requieren en cada paquete en un formato o plantilla como la que se ilustra en la figura 4.11. Esto es adecuado para proyectos grandes o que van a estar a cargo de muchas personas o equipos de trabajo porque, de esa manera, el administrador de proyectos asigna los paquetes de trabajo a todos ellos. La figura 4.11 representa esquemáticamente esta construcción de la EDT (recuadros oscuros) y sus paquetes de trabajo (en cuadros blancos). El desglose hasta el nivel de paquetes de trabajo es como se establece en la mayoría de los estándares, incluido el *PMBOK® Guide*.

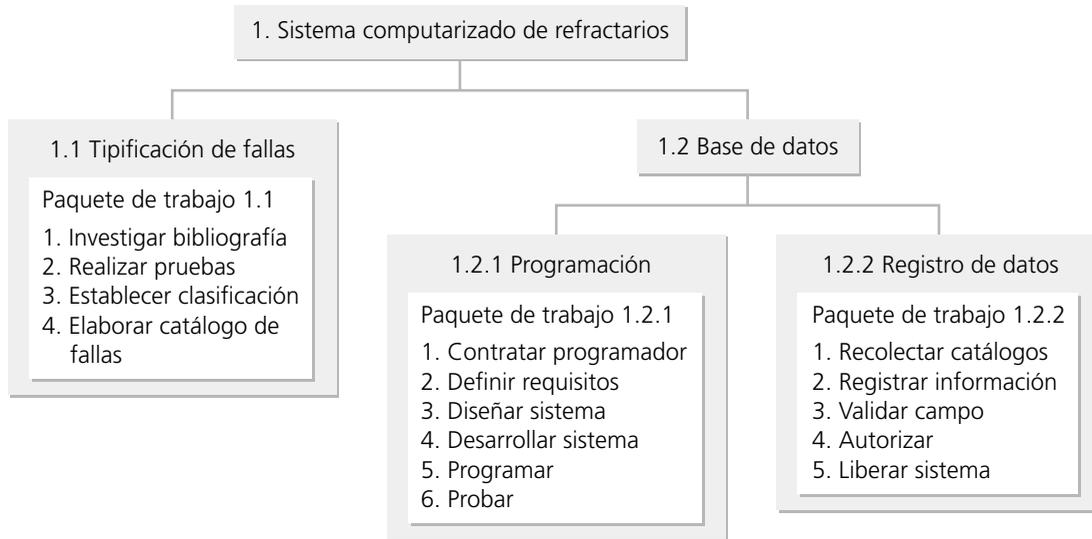


Figura 4.11 Representación esquemática de una EDT con sus respectivos paquetes de trabajo.

La otra forma de determinar la EDT es desarrollándola hasta que el último nivel corresponda a las actividades o tareas. Esta forma se aplica en proyectos pequeños o que serán realizados por un número reducido de personas, de tal manera que a cada una se le indica qué nivel de la EDT queda bajo su responsabilidad y, a partir de ahí, se hace cargo de todas las actividades que se derivan. La figura 4.12 representa esquemáticamente una EDT desglosada hasta el nivel de actividades de un proyecto para elaborar un caso de negocio.

La presentación final de una EDT en forma gráfica se hace en programas como PowerPoint, Keynotes o Visio. La presentación en forma de listas estructuradas se puede hacer en programas que tienen la función Outline o Esquema, lo cual permite estructurar por niveles mediante la instrucción Indent – Outdent o, en español, “Crear sangría – Deshacer sangría”. Ejemplos de estos programas son Word, PowerPoint y ProjectLibre. El software en línea WBSTools (www.wbstools.com) es un buen producto para elaborar EDT, ya que es fácil, práctico y gratuito.

A continuación se describen las ventajas más importantes de utilizar una EDT para planear un proyecto.

- Muestra gráficamente el alcance del proyecto.
- Facilita la descripción e integración de todas las actividades necesarias.
- Mejora la organización del proyecto porque lo divide en partes lógicamente ordenadas para su ejecución.

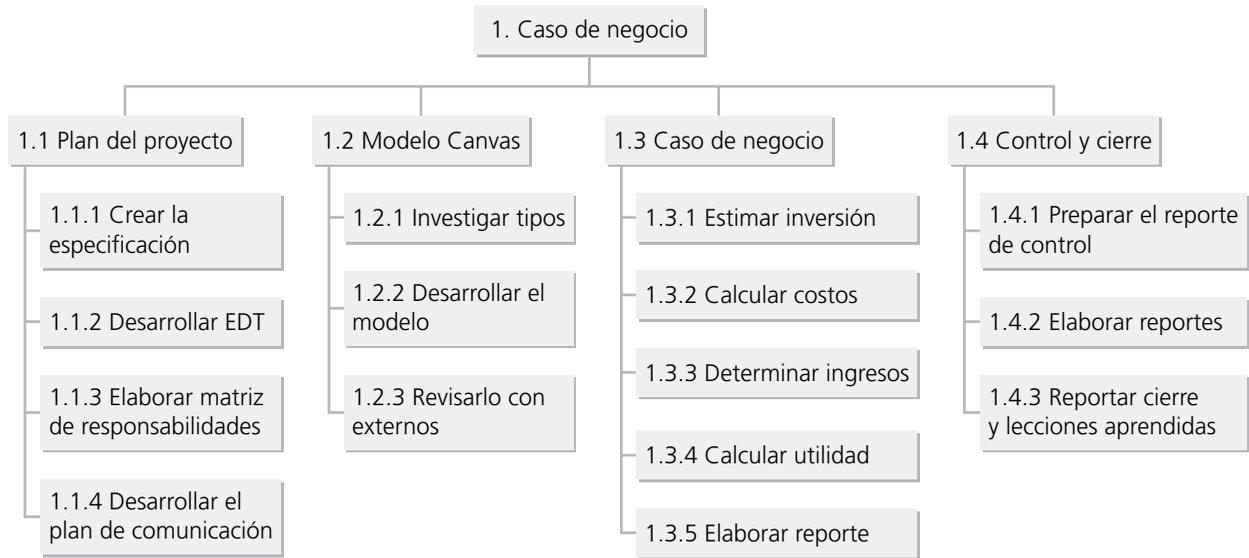


Figura 4.12 Esquema de una EDT incluyendo actividades.

- A partir de ello, es posible asignar responsabilidades, desarrollar la cronología de actividades y estimar costos.
- Permite la presentación del proyecto de manera sencilla y en varios niveles, dependiendo del público al que se quiera mostrar.

Cuando los equipos de trabajo generan la EDT, tienen una percepción muy clara de las actividades a realizar y de cómo éstas se agrupan en diferentes etapas, niveles y subniveles, de manera que se puedan delegar a las diferentes personas, departamentos o empresas que las van a ejecutar. El proceso para la creación de la EDT debe ser participativo, considerando a todos los que colaboran en el proyecto, y se elabora progresivamente conforme se va reuniendo más información.

Definir entregables en un proyecto permite mayor claridad y control sobre lo que se va a realizar.

La EDT gráfica es una herramienta para mostrar el alcance del proyecto: lo que se incluye en ella es lo que se va a ejecutar.

Los paquetes de trabajo se asignan a personas o unidades organizacionales para su ejecución y control.

La EDT desarrollada por el equipo de trabajo clarifica el alcance del proyecto y crea un sentido de pertenencia y una visión compartida del proyecto.

4.3 Establecer la matriz de responsabilidades

La EDT es una representación esquemática del trabajo que se va a realizar en el proyecto, pero no indica quién lo va a hacer. Para representar esta función (quién) se utiliza una herramienta complementaria conocida como matriz de responsabilidades (MR). Se trata de una matriz o tabla que relaciona los niveles de la EDT con los responsables de ejecutarlas y sus responsabilidades o roles. Tomando como ejemplo la EDT de la elaboración del manual, la matriz de responsabilidades más sencilla quedaría de la siguiente forma:

EDT	Ejecuta
1 Elaborar un manual	
1.1 Diseño	
1.1.1 Diseñar el contenido	Antonio Ramos
1.1.2 Diseñar el formato	Antonio Ramos
1.2 Redacción	
1.2.1 Redactar el manual	Angélica Sánchez
1.2.2 Revisar ortografía	Anselmo Suárez
1.2.3 Revisar estilo	Anselmo Suárez
1.3 Edición	Alma Urquidi

Tabla 4.1 Representación de una matriz de responsabilidades de un solo rol o función.

De esa manera, queda claro quién va a ejecutar cada paquete de trabajo o, en otras palabras, quién se encarga de qué en el proyecto. Sin embargo, en los proyectos no solamente se ejecutan actividades, sino que también se revisan, se coordinan o se autorizan. Estas otras funciones también se representan en una matriz de responsabilidades. A continuación se muestra un ejemplo de la matriz de responsabilidades del proyecto para la elaboración del manual, con más responsabilidades o roles (ejecuta, coordina, informa).

EDT	E	C	I
1 Elaborar un manual		Andrés Ortigosa	
1.1 Diseño		Ana Suástegui	
1.1.1 Diseñar el contenido	Antonio Ramos		Aquivaldo Martínez (proveedor)
1.1.2 Diseñar el formato	Antonio Ramos		
1.2 Redacción		Aaron Arano	
1.2.1 Redactar el manual	Angélica Sánchez		
1.2.2 Revisar ortografía	Anselmo Suárez		
1.2.3 Revisar estilo	Anselmo Suárez		
1.3 Edición	Alma Urquidi		Aurora Téllez (asesora)

E = ejecuta, C = coordina, I = informa, es decir, proporciona información necesaria para que se ejecute la actividad.

Tabla 4.2 Representación de una matriz de responsabilidades de tres roles o funciones.

La matriz de responsabilidades es una herramienta sencilla de construir, pero muy poderosa porque con ella se define claramente quién hace qué en el proyecto, evitando confusiones u omisiones. Es recomendable que se comunique adecuadamente a todos los involucrados en el proyecto, asegurando que cada quien entiende su rol; en ocasiones, incluso es necesario que firmen de aceptación. La figura 4.13 muestra una MR utilizada en un proyecto para certificar a una organización en la norma de calidad ISO 9000. Para mayor claridad, se describió el significado de cada rol, como se observa en la parte inferior de la matriz.

La matriz de responsabilidades define claramente quién hace qué en el proyecto.

4.4 Plan de comunicación

El desarrollo de un proyecto implica la interacción de diferentes personas que tienen diversos perfiles, puestos y lugares; en ocasiones, incluso hablan idiomas diferentes. Cada una de ellas tiene distintas necesidades o requerimientos de información. Por ejemplo, en un proyecto de desarrollo urbano interviene personal del municipio, de la constructora, vecinos de la localidad y la prensa. Los empleados del municipio, incluido el alcalde, necesitan saber en todo momento cuál es el avance del proyecto porque quieren informar sobre los beneficios de su administración. El personal de la constructora tal vez esté más interesado en conocer los detalles de la programación de actividades, los costos y el estado de avance en los suministros. Los vecinos, por su lado, quieren conocer cómo va a quedar el proyecto una vez concluido, e igualmente están interesados en el avance global del proyecto. La prensa, por su parte, busca información sobre las razones del proyecto, las necesidades que lo originaron y, en caso de desviaciones, cuáles fueron los motivos principales de ello.

La necesidad de mantener informados a todos los involucrados en el proyecto (*stakeholders*) se debe revisar y planear desde un principio y, por ello, es conveniente elaborar un **plan de comunicación**, el cual permita responder a las siguientes preguntas básicas:

- ¿Qué se va a informar?
- ¿A quiénes?
- ¿Cómo?
- ¿Cuándo?
- ¿Por qué medio?

La manera más práctica de representar el plan de comunicación es a través de cuadros o tablas, donde se responde a las preguntas anteriormente consideradas. La tabla 4.3 muestra un ejemplo sencillo que servirá de base para equipos con pocos participantes que se encuentran cerca jerárquica y geográficamente.

Otro ejemplo de plan de comunicación en forma de matriz se presenta en la tabla 4.4. Este plan se aplicó para un equipo distribuido a nivel nacional, donde había que reportar a varios directores de niveles jerárquicos diferentes.

Proyecto para certificación en ISO 9000 en el CSIM

Matriz de responsabilidades, primer nivel

Núm.	ACTIVIDADES/TAREAS	RESPONSABLE	ELABORA/EJECUTA	APOYA
1	CERTIFICACIÓN ISO 9001	Comité guía		
1.1	Administración del proyecto	ALM	ASIST	
1.2	Auditoría de diagnóstico	ALM	Externo	Quintec
1.3	Capacitación	ALM		Quintec
1.3.1	En ISO 9001	ALM	ASIST	Quintec
1.3.2	Audidores internos	ALM	ASIST	Quintec
1.3.3	Actividades específicas	ALM	ASIST	
1.4	Documentación	ALM		Quintec
1.4.1	Responsabilidad de la dirección	EG		Asesor
1.4.1.1	Representante de la dirección	EG		
1.4.1.2	Política de calidad	EG	EG	
1.4.1.3	Procedimientos administrativos	GS, ZV, GT	EG	
1.4.2	Manual de calidad	EG	ALM	Asesor
1.4.3	Proyectos y consultoría			Asesor
1.4.3.1	Proyectos de investigación y desarrollo	MAMH	ASIST	
1.4.3.2	Servicios de consultoría	JAC	ASIST	
1.4.4	Cursos y diplomados			Asesor
1.4.4.1	Cursos	ALM	ASIST	
1.4.4.2	Diplomados	AND	ASIST	
1.4.5	Laboratorios			Asesor
1.4.5.1	Metrología	RJG	ASIST	
1.4.5.2	Manufactura electrónica	AMF	ASIST	
1.4.5.3	Materiales industriales	CNL	ASIST	
1.4.5.4	Ingeniería y diseño computarizado	NLR	ASIST	
1.4.5.5	Prototipos rápidos	POC	ASIST	
1.4.5.6	Maquinados	AA	ASIST	
1.4.6	Procedimientos comunes			Asesor
1.4.6.1	Acciones preventivas y correctivas	ALM	ASIST	
1.4.6.2	Control de documentos	ALM	ASIST	
1.4.6.3	Registros de calidad	ALM	ASIST	
1.4.6.4	Auditorías internas	ALM	ASIST	
1.4.6.5	Capacitación	ALM	ASIST	
1.5	Auditorías internas	ALM	AM, GS, AL y EV	
1.6	Auditoría en blanco	ALM	Externo	Quintec
1.7	Auditoría de certificación	ALM	Externo	

Descripción de roles:

Responsable: Es la persona que tendrá la responsabilidad de que la actividad o tarea se lleve a cabo. Deberá proporcionar informes sobre el avance de la actividad.

Ejecuta/Elabora: Será la persona encargada directamente de ejecutar el trabajo, bajo la supervisión y guía del responsable.

Apoya: Será la persona que apoye en la realización de la actividad, ya sea con recursos, mediante la coordinación con otras áreas o con asesoría.

Abreviaturas:

Asist. = Asistente, nombrado por el responsable de la tarea.

Comité guía: Integrado por ...

Figura 4.13 Matriz de responsabilidades de un proyecto para lograr la certificación de calidad ISO 9000.

Dirigido a	Equipo de trabajo	Director del área	Cliente	Potenciales usuarios
Tipo de comunicación	Mensaje instantáneo	Mensaje de correo electrónico	Documento de texto	Bitácora pública
Objetivo de la comunicación	Aclarar dudas, comentar avances y entregar productos	Enviar avances de proyecto y producto	Enviar avances de proyecto y producto	Describir el avance del producto
Medio	Facebook o Messenger	Software de correo electrónico	Software de correo electrónico, anexo.	Muro de Facebook o blog en internet
Frecuencia	Cuando se requiera	Una vez a la semana	Una vez al mes	Una vez al mes
Formato	Libre	Asunto: Informe de actividades terminadas y pendientes, problemas o riesgos	Ver formato de informe de avance	Libre
Reuniones	Semanal	Mensual	Mensual	A solicitud

Tabla 4.3 Plan de comunicación sencillo para equipos pequeños y cercanos.

Proyecto: Área: Líder de proyecto:		Reunión de avance									
		Informe de seguimiento		Informe de múltiples proyectos		Diagrama de Gantt Project Libre		Diagrama de Gantt en Dotproject			
Involucrado	Rol en el proyecto	Sem.	Quinc.	Mensual	A Solicitud	Quincenal	Mensual	Quincenal	Mensual		
(Nombre)	Consultor	*R			(R)	Dot		Dot			
(Nombre)	Líder de proyecto	R	*R		R	*@		*@			
(Nombre)	Gerente de área		R	*R	*R	@	*@	@	*@		
(Nombre)	Gerente nacional			R	(R)	Dot	@	Dot	@		
(Nombre)	Director de sistemas			R			@		@		
(Nombre)	Director general			R							
(Nombre)	Cliente				R						
* Responsable de generar la información o convocar a reunión						@ Enviar por correo electrónico					
R Reunión presencial						Dot Almacenado en Dot Project					
(R) Asistencia opcional											

Tabla 4.4 Matriz de comunicación de un proyecto con interesados distribuidos jerárquica y geográficamente.

Los planes de comunicación pueden ser documentos completos para los casos de proyectos únicos y grandes en el que participan por primera vez personas de diferentes entidades y perfiles. La siguiente lista muestra la tabla de contenido del documento del plan de comunicación que se utilizó para organizar un congreso internacional.

1. Intención del plan de comunicación.
2. Correo electrónico con seguimiento de compromisos y formato de minuta.
3. Correo electrónico con avance de proyectos, formato de avance y diagrama de Gantt de control.
4. Matriz de responsabilidades.
5. Directorio de participantes en la organización del congreso.
6. Documentación del proyecto, medio de almacenamiento, acceso, estructura y nombre de archivos.

Elaborar un plan de comunicación adecuado y práctico puede ahorrar mucho retrabajo y desgaste al administrador del proyecto. Actualmente, en las organizaciones suele existir un problema de comunicación excesiva debido a que hay múltiples medios de comunicación. Por ello, resulta muy valioso informar a quien se deba informar, de la manera adecuada y en el momento oportuno.

El plan de comunicación evita que haya información limitada o excesiva en un proyecto.

4.5 Recomendaciones prácticas

La parte fundamental en la elaboración de alcances es el entendimiento y acuerdo pleno entre los diferentes involucrados en el proyecto. El administrador de proyectos no debe escatimar esfuerzos para que el planteamiento de los entregables y la EDT se revisen cuidadosamente. En proyectos cuyos resultados no son tangibles –como los de desarrollo de sistemas, por ejemplo–, es recomendable visualizar los entregables por medio de modelos, diagramas o prototipos rápidos y sencillos.

Por otra parte, la comunicación es esencial en cualquier proyecto, y una planeación adecuada de los medios y las formas de comunicación evitará muchos problemas potenciales. Se deben elaborar los planes en relación con el tamaño del proyecto; por ejemplo, si éste es pequeño, una tabla con los datos elementales será suficiente, pero si es grande habrá que elaborar manuales y protocolos.

4.6 De la experiencia

En una empresa se había creado un equipo de trabajo para implementar un software de administración financiera, de los conocidos como ERP (*enterprise resource planning*). Se asignó a un coordinador del proyecto, y el equipo principal constaba de aproximadamente 12 personas. El presupuesto para el software y los gastos directos ascendían a 50 millones de pesos, a erogarse en dos años en una primera etapa.

El director del área responsable del ERP rápidamente se dio cuenta de que el proyecto debía ser manejado de acuerdo con las mejores prácticas, ya que su magnitud era considerable, se requería entregar en una fecha límite rigurosa y el personal involucrado en el equipo no tenía mucha experiencia en el manejo de proyectos, pues estaba integrado por profesionales dedicados principalmente a las áreas de finanzas y contabilidad. Por eso el

director decidió contratar a los autores de este libro para apoyar al equipo en el proceso de administración del proyecto.

El apoyo consistió básicamente en lo siguiente:

- a) Capacitación.
- b) Aplicación de las herramientas de planeación.
- c) Asesoría en la ejecución.

La capacitación se llevó a cabo durante cuatro días involucrando al equipo, al coordinador y al mismo director del área. En el entrenamiento se revisaron las herramientas más aplicables al tipo de proyecto, y se familiarizó al personal con los principios esenciales de manejo de proyectos, resaltando las diferencias con el manejo de procesos y actividades financieras y contables a las que estaban acostumbrados. El beneficio de esa capacitación fue que todo el equipo hablaba “el mismo idioma” de proyectos y aplicaba las mismas herramientas; además, todos ellos se dieron cuenta de la magnitud y las dimensiones del proyecto.

Se aplicaron varias herramientas para la planeación, entre las cuales destacó la definición del ciclo de vida del proyecto, con sus etapas y entregables principales. La figura 4.14 representa este ciclo, y su definición ayudó a tener más claridad del esfuerzo a realizar.

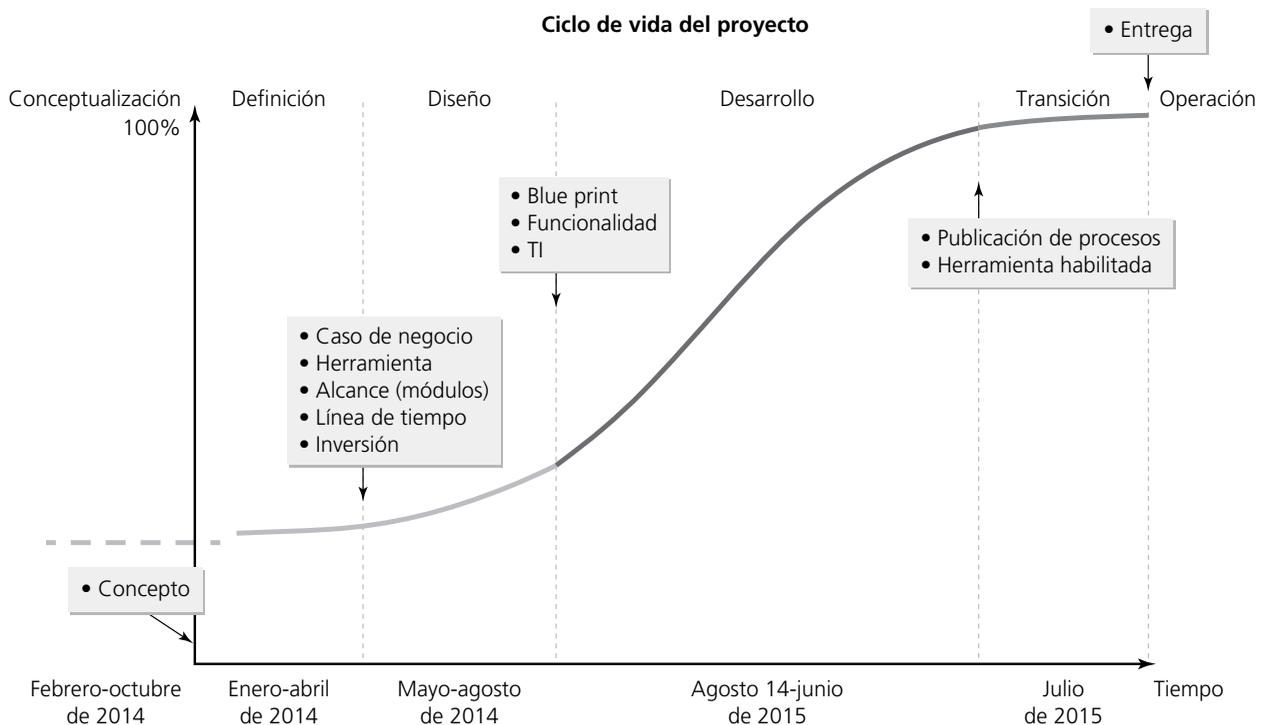


Figura 4.14 Ciclo de vida del proyecto.

Otra de las técnicas que resultó de mucha utilidad para los integrantes del equipo fue la EDT (figura 4.15) ya que, al desarrollarla, se dieron cuenta del alcance real del proyecto y, por consiguiente, de las actividades y los recursos que se necesitarían.

El proyecto resultó ser de tal magnitud que tomó las proporciones de un programa con varios proyectos, y se decidió nombrar a varios coordinadores y a un coordinador general de programa.

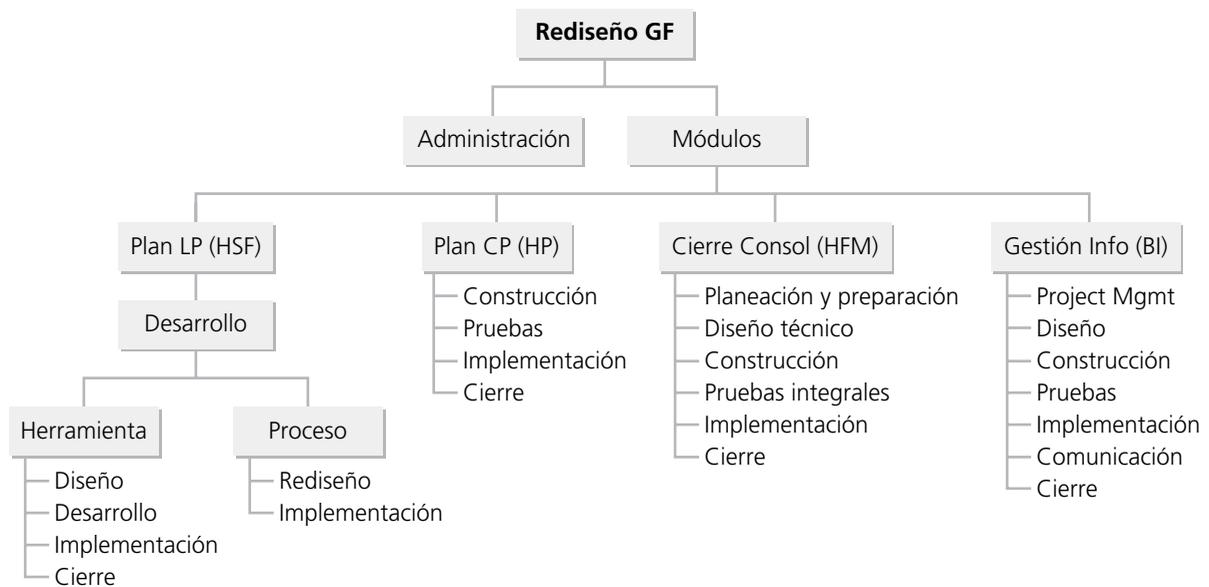


Figura 4.15 EDT del proyecto (vista parcial).

Preguntas de repaso y para reflexión

1. En un proyecto para organizar una carrera atlética de 3 kilómetros en una colonia de la localidad, indique cuál de las siguientes frases es la que menos corresponde a un enunciado del alcance:
 - a. El recorrido será dentro de la colonia.
 - b. Incluye la entrega de números y camisetas.
 - c. Beneficiará a los colonos.
 - d. No incluye entrega de frutas y bebidas al final de la carrera.

La respuesta correcta es c, beneficiará a los colonos, porque los beneficios de un proyecto no son parte del alcance; éstos se lograrán una vez que termine el proyecto.

2. ¿Cuál de las siguientes frases corresponde mejor a un paquete de trabajo?
 - a. Es una descripción clara del proyecto.
 - b. Es la definición clara de los roles del proyecto.
 - c. Es la definición del alcance del proyecto.
 - d. Es un conjunto de actividades que se asignan y ejecutan.

La respuesta más adecuada es la d, es un conjunto de actividades que se asignan y ejecutan. Aunque los paquetes de trabajo ayudan a clarificar el proyecto, no constituyen individualmente una descripción clara del mismo (respuesta a). Los paquetes de trabajo pueden o no tener asignados roles, de manera que la respuesta b no puede ser la más adecuada. Asimismo, el conjunto de paquetes de trabajo sí ayuda a la definición del proyecto, pero individualmente sólo definen partes de éste, por lo que c no es la más adecuada.

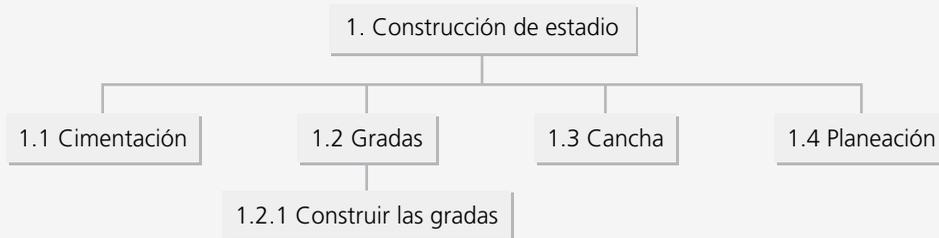
3. ¿Cuántos paquetes de trabajo tiene una EDT como la siguiente:
 1. Proyecto aire acondicionado
 - 1.1 Administrar el proyecto
 - 1.2 Adquirir equipo
 - 1.3 Instalar equipo
 - 1.3.1 Ensamblar equipo
 - 1.3.2 Probar equipo
 - 1.4 Limpiar y entregar

Respuesta, hay cinco paquetes de trabajo

- 1.1 Administrar el proyecto
- 1.2 Adquirir equipo
 - 1.3.1 Ensamblar equipo
 - 1.3.2 Probar equipo
- 1.4 Limpiar y entregar

El 1.3, instalar el equipo, es un nivel dentro de la EDT que se desglosa en subniveles o paquetes de trabajo. Recuerde que los paquetes de trabajo ya no tienen más desglose en la EDT.

4. La EDT puede describirse como:
 - a. El organigrama del proyecto.
 - b. Un diagrama que muestra el alcance.
 - c. Un diagrama que muestra la secuencia de actividades.
 - d. Un diagrama que indica el flujo de trabajo.
5. La siguiente EDT muestra dos errores de estructura. ¿Cuáles son?



6. Se tiene pensado organizar la fiesta de graduación de la generación de una carrera universitaria. Se requiere desde reunir el dinero hasta organizar la comida y el baile en un salón, así como una ceremonia religiosa.
 - a. ¿Cuáles son los dos entregables más importantes en el proyecto?
 - b. Elabore una EDT con tres niveles, ordenada por fases y con códigos estructurados.
 - c. Desarrolle un paquete de trabajo de la EDT que incluya el nombre del paquete de trabajo, código, descripción, entregable y actividades.
7. ¿Cuál de las siguientes opciones es la que mejor corresponde a la matriz de responsabilidades (MR)?
 - a. Define quién es quién en el proyecto.
 - b. Define el orden de los paquetes de trabajo.
 - c. Define quién hace qué en el proyecto.
 - d. Define los niveles jerárquicos.
8. ¿Cuáles son las cinco preguntas básicas que se contestan con un plan de comunicación del proyecto?
9. Relacione las columnas de la siguiente tabla, que muestran tres herramientas de la administración de proyectos, con su objetivo particular. Coloque cada letra de los incisos dentro del paréntesis correspondiente.

Herramienta	Objetivo
a. Plan de comunicación	() Representa el alcance del proyecto.
b. Estructura de la división del trabajo (EDT)	() Indica quién hace qué en el proyecto.
c. Matriz de responsabilidades (MR)	() Describe qué se debe informar y a quién.

Planeación del tiempo y los recursos

Capítulo

5



5.1 Introducción

La construcción de la estructura de la división del trabajo (EDT) del proyecto permite visualizar las actividades a realizar. La matriz de responsabilidades ayuda a definir y representar quién va a hacer qué en el proyecto, en tanto que el plan de comunicación permite conectar a los diferentes participantes. El paso siguiente de la planeación consiste en estimar la duración de las actividades, definir la manera lógica en que se deben secuenciar, establecer la duración del proyecto y asignar los recursos correspondientes.

Determinar la secuencia de actividades implica definir el orden en que éstas se van a ejecutar. Es necesario analizar las condiciones de las actividades y sus restricciones para determinar cuáles se pueden realizar antes, después, al mismo tiempo o con cierto grado de traslape o demora. El resultado de este ejercicio de secuenciación generalmente se presenta como un diagrama de barras o de Gantt o como una red de proyecto. El diagrama de Gantt se complementa con las metas intermedias (hitos o *milestones*), que son una

representación tangible de los resultados obtenidos al concluir una serie de tareas. La programación de actividades se concluye con la asignación de los recursos correspondientes y un análisis de capacidad para verificar si será posible lograr el proyecto en el tiempo establecido.

La intención primordial de este capítulo es aprender a programar las actividades y los recursos de un proyecto optimizando la secuencia, el uso de los recursos y el tiempo de realización. En el capítulo siguiente se explicará cómo determinar el costo que esto representa.

5.2 Tipos de dependencias

Definir la secuencia de actividades implica establecer el orden en el que se ejecutan. Al relacionar una actividad con otra se establece una condición de dependencia en la que una actividad es **predecesora** si se debe realizar antes, y **sucesora** si se tiene que realizar después. El diagrama de la figura 5.1 ejemplifica esta relación de dependencia: la flecha indica que primero se lleva a cabo la actividad de “diseñar” y luego la de “desarrollar”. En este caso, “diseñar” es la actividad predecesora de la actividad “desarrollar” y, a la vez, ésta es la sucesora de “diseñar”.



Figura 5.1 Representación gráfica de una secuencia de actividades.

Para definir la secuencia, también es necesario considerar que en los proyectos hay tres tipos de dependencia: obligatoria, discrecional y externa.

Dependencia obligatoria. Es aquella que se establece contractualmente o que es inherente a la naturaleza del trabajo y, por lo regular, obedece a restricciones físicas o naturales. Por ejemplo, en un proyecto de construcción de una casa, primero se levantan las columnas y luego se coloca el techo. La dependencia entre ambas actividades es obligatoria porque, por la acción de la gravedad, sería imposible colocar el techo si no hay columnas que lo sostengan. Otro ejemplo se presenta en agronomía, donde la actividad de “cosechar” depende obligatoriamente de “sembrar”, ya que no es posible cosechar un cultivo si no se ha sembrado con anterioridad.

Dependencia discrecional. Es aquella que **puede**, mas **no necesariamente debe**, relacionar dos actividades. Se establece con base en el conocimiento de las mejores prácticas dentro de cierta área de aplicación. Por ejemplo, en un proyecto de construcción, la actividad de “colar cemento” en un elemento estructural puede realizarse después de la actividad de “colocar los ductos” para cableado eléctrico. Sin embargo, es posible colar sin que estén instalados los ductos, los cuales podrían introducirse después perforando el cemento.

Un ejemplo que ilustra cómo se aplican los dos tipos de dependencia descritos es una línea de producción donde se fabrican piezas y luego se ensamblan. Esta dependencia (fabricar – ensamblar) es **obligatoria** porque no pueden ensamblarse piezas que no es-

tén fabricadas. Si se introduce la actividad de “probar las piezas fabricadas”, ésta puede secuenciarse **discrecionalmente** después de “fabricar las piezas” (fabricar – probar) o después de ensamblar (fabricar – ensamblar – probar) para no interrumpir el flujo entre producción y ensamble.

El equipo de proyecto debe analizar con mucho cuidado el uso de las dependencias discrecionales, por sus posibles consecuencias en calidad, tiempo o costo. Por ejemplo, para determinar si se prueban las piezas fabricadas hasta después de ensambladas, hay que asegurarse de que se cuenta con el equipo, el personal o el método adecuados para detectar fallas de producción, de la misma manera que se haría si se probaran después de la fabricación.

Dependencia externa. Relaciona actividades del proyecto con actividades realizadas por entidades que no pertenecen al equipo del proyecto. Por ejemplo, en el proyecto de construcción, la actividad de “colar el techo” depende de la actividad “proveer el cemento” que realiza un proveedor externo. Otro ejemplo típico es la dependencia de un crédito que otorga una institución financiera. En este caso, la actividad “otorgar el crédito” se coloca como predecesora de “comprar el equipo”.

El equipo de proyecto debe tener en cuenta los diferentes tipos de dependencia durante la ejecución, porque continuamente se presentan incidentes que obligan a revisar si es posible efectuar modificaciones para optimizar el tiempo.

Establecer las dependencias entre actividades permite optimizar la logística del proyecto, asegurando que cada actividad se realice una vez que se han cumplido las actividades previas o predecesoras.

5.3 Redes de proyectos y ruta crítica

Las **redes de proyectos** son diagramas que muestran la secuencia de las actividades mediante nodos y flechas. Son particularmente útiles para identificar la **ruta crítica** del proyecto, la cual indica la duración mínima en la que un proyecto se puede llevar a cabo. Por medio de estos diagramas se identifican las actividades y se programan con holgura; de esa manera, se sabrá cuáles se pueden demorar o adelantar sin que se retrase o adelante el proyecto.

En la práctica, se han utilizado dos tipos de diagramas de red:

- Diagramas de actividades en los **nodos**.
- Diagramas de actividades en las **flechas**.

Diagramas de actividades en los nodos

En los diagramas de actividades en los nodos, conocidos como diagramas AON (por las siglas de *activity on node*), los nodos indican actividades, en tanto que las flechas representan relaciones de precedencia. Para ejemplificar, la tabla 5.1 muestra relaciones de precedencia entre actividades, y la figura 5.2 ilustra la red AON.

Núm. de nodo	Actividad que representa	Predecesora
1	Revisar las instrucciones de la tarea	–
2	Investigar en internet	1
3	Estudiar con ayuda del libro	1
4	Hacer la tarea	2, 3
5	Entregar la tarea	4

Tabla 5.1 Relación de precedencia entre actividades.

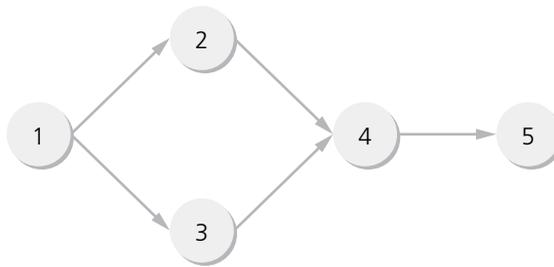


Figura 5.2 Red de proyectos del tipo AON.

Para construir las redes del tipo AON, se recomienda observar lo siguiente:

1. El origen de la flecha se conecta a la actividad predecesora, y la punta o cabeza de la flecha a la sucesora.
2. La numeración de los nodos se realiza de manera sucesiva asignando el número menor al nodo de donde sale la flecha (predecesor), y el número mayor al nodo donde llega la flecha (sucesor).
3. Dibujar un nodo único inicial como predecesor de las actividades que no tengan precedencia, y un nodo único final en el que confluyan todas las actividades que no tengan sucesoras, tal como se ilustra en la figura 5.3.
4. Las flechas pueden ir en cualquier orientación (vertical, horizontal o diagonal).

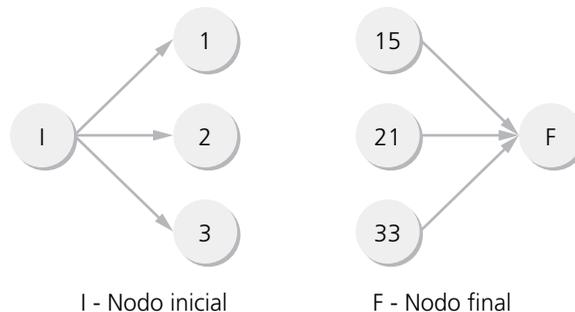


Figura 5.3 Representación de un nodo inicial y uno final.

Diagramas de actividades en las flechas

En los diagramas de actividades en las flechas, conocidos como diagramas AOA (por las siglas de *activity on arrow*), los nodos indican eventos, mientras que las flechas representan actividades y relaciones de precedencia. Para ejemplificar, en la figura 5.4 se muestra la red de proyectos del tipo AOA para la tabla 5.2.

Núm. de flecha	Actividad que representa	Predecesora
1	Revisar las instrucciones de la tarea	–
2	Investigar en internet	1
3	Estudiar con ayuda del libro	1
4	Hacer la tarea	2, 3
5	Entregar la tarea	4

Tabla 5.2 Relaciones de precedencia.

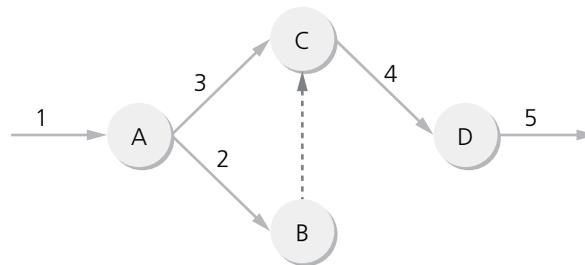


Figura 5.4 Red de proyectos del tipo diagrama de actividades en las flechas (AOA).

Es conveniente hacer notar que, para construir la red AOA, se requiere dibujar una línea punteada (vea la figura 5.4) para indicar que la actividad 2 es predecesora de la actividad 4. A esta línea se le conoce como actividad ficticia o *dummy*, porque en realidad no existe, solamente se dibuja para mostrar la secuencia. Si la actividad ficticia no se indicara, la gráfica se representaría como se muestra en la figura 5.5. Esta representación es errónea porque una regla de construcción de los diagramas AOA indica que dos o más actividades no pueden salir de un nodo predecesor y llegar al mismo nodo sucesor. En la figura 5.5 se aprecia que las actividades 2 y 3 salen del nodo A y ambas llegan al nodo B.

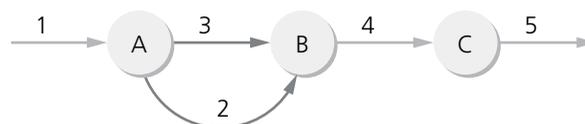


Figura 5.5 Diagrama de actividades en las flechas AOA incorrecto.

La construcción de los diagramas de actividades en las flechas tiene varias reglas, las cuales se listan a continuación:

- a. Una flecha o actividad no debe salir del nodo y regresar al mismo nodo.
- b. Dos o más actividades cualesquiera que salen de un nodo predecesor no pueden llegar al mismo nodo sucesor (como se ilustró anteriormente).
- c. El número o la letra de un nodo sucesor debe ser mayor que el número o la letra del nodo predecesor. La figura 5.6 ilustra esta regla. Por consiguiente, no debe haber nodos repetidos.

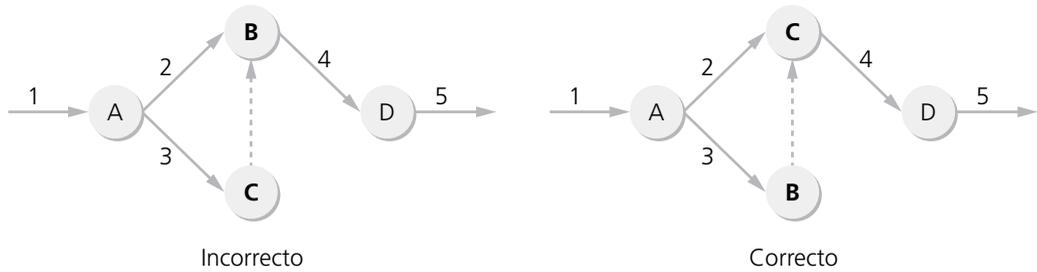


Figura 5.6 Modelo incorrecto y correcto de nodos.

- d. En la elaboración de una red, no debe haber actividades ficticias redundantes. Esto se puede verificar eliminando la actividad ficticia y comprobando que la secuencia lógica se siga cumpliendo. Una regla sencilla afirma que si de un nodo sale solamente una actividad ficticia o a él sólo entra una, tal actividad es redundante. La aplicación de esta regla se aprecia en la figura 5.7, donde solamente una actividad ficticia sale del nodo que conecta la cabeza de la actividad B y, por lo tanto, es redundante y se puede eliminar junto con su nodo predecesor sin alterar la lógica de la red. Las redes se representan siempre con uno y sólo un nodo o conector de inicio y un nodo o conector final, como se representa en la figura 5.7.

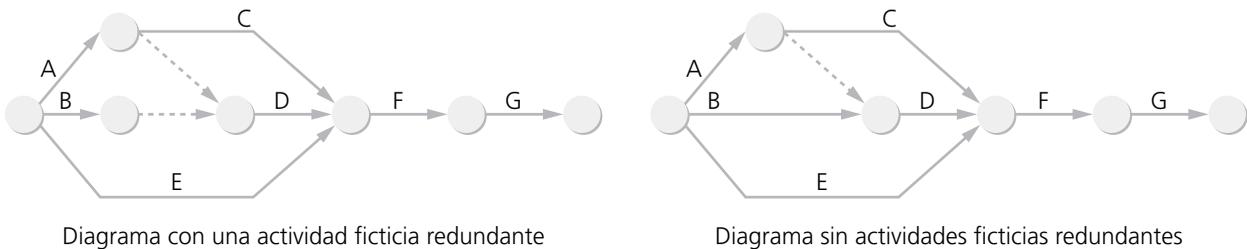


Figura 5.7 Diagramas con y sin actividades ficticias redundantes.

- e. Dos o más actividades que inician al terminar otra se representan como en la figura 5.7, donde las actividades C y D inician cuando se termina la actividad A, aunque también es necesario que termine B para que inicie D.
- f. Cuando una actividad inicia después de que concluyen dos o más, la representación es como se ilustra en la figura 5.7, la actividad F empieza sólo hasta que terminen las actividades C, D y E.

- g. La numeración de las flechas o actividades es similar a la notación de los nodos en la red del tipo AON, es decir, las actividades predecesoras deben llevar un número menor y las sucesoras un número mayor.

La red de proyectos es una excelente herramienta para organizar las actividades en proyectos que requieren una logística intensa, tiempo de terminación exigente y manejo de recursos costosos.

5.4 El método de la ruta crítica

El método de la ruta crítica permite encontrar la **secuencia de actividades que define la duración mínima en la que se puede llevar a cabo un proyecto**. A este método se le conoce también como CPM (por las siglas de *critical path method*). Para ilustrar el método, se va a modelar la red AON de un pequeño proyecto de cuatro actividades, como se representa en la tabla 5.3 y la figura 5.8.

	Actividad	Duración en días	Predecesora
A	Comprar piezas	3	–
B	Ensamblar piezas	3	1
C	Estimar precio	5	1
D	Vender piezas	2	2,3

Tabla 5.3 Datos para representar una red de proyectos.

A continuación se muestra el proyecto con una red de actividades en los nodos.

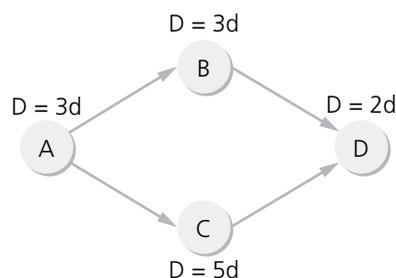


Figura 5.8 Red de proyectos AON.

Como se muestra en la red, la actividad A, “comprar las piezas”, tiene dos actividades sucesoras que se ejecutan de forma paralela: la B, “ensamblar piezas”, y la C, “estimar precio”. Una vez que ambas actividades han concluido, se realiza la actividad D, “vender la pieza”.

La red formada por esa secuencia de actividades tiene dos rutas o caminos a seguir: la ruta superior A-B-D, cuyas actividades tienen una duración total de 8 días, y la ruta inferior A-C-D, cuyas actividades se realizan en 10 días (figura 5.9). La secuencia de actividades

A-C-D **define la duración mínima del proyecto** (ya que no puede tardar 8 días) y, por lo tanto, esta secuencia representa la **ruta crítica** del proyecto. Las actividades que forman parte de la ruta crítica se conocen como **actividades críticas**. La ruta superior (A-B-D) no es crítica; sin embargo, como las actividades A y D forman parte de la ruta crítica, la única actividad **no crítica** es la B.

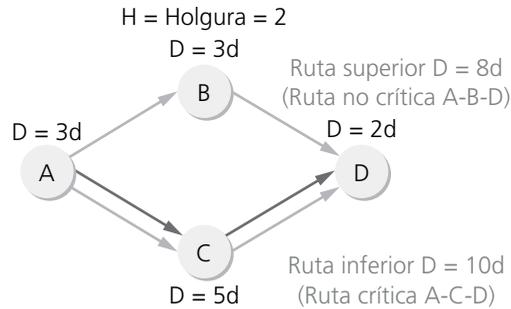


Figura 5.9 Dos rutas a seguir en una secuencia de actividades.

Como la actividad B se puede demorar hasta dos días o iniciar dos días después, se dice que tiene holgura. Por definición, la **holgura** es un tiempo de reserva que tienen las actividades no críticas para iniciar después, o para demorarse sin que se altere la duración total del proyecto.

Cuando se realiza el análisis para identificar la ruta crítica, se debe tener en cuenta la duración de las actividades, así como su inicio y terminación. Como se ejemplificó con la actividad B que tiene holgura, ésta puede iniciar hasta dos días después, es decir, tiene un inicio más temprano y un inicio más tardío y, por lo tanto, una terminación más temprana y una más tardía. Para representar y facilitar los cálculos de los tiempos de inicio y terminación se diseñan esquemas en los nodos como el que se muestra en la figura 5.10, donde además se indica el número, el nombre y la duración de la actividad.

	Significa	Término en inglés
Núm.	Número o identificador de la actividad	<i>Activity number, Identifier</i>
Actividad	Nombre de la actividad	<i>Activity name</i>
D	Duración	<i>Duration</i>
ITe	Inicio temprano	<i>Early start (Es)</i>
ITa	Inicio tardío	<i>Late start (Ls)</i>
TTe	Terminación temprana	<i>Early finish (Ef)</i>
TTa	Terminación tardía	<i>Late finish (Lf)</i>

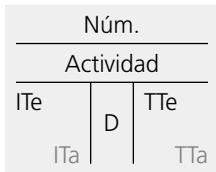


Figura 5.10 Simbología de un nodo para representar tiempos tempranos y tardíos de actividades.

Utilizando la simbología de nodos mostrada en la figura 5.10, veremos cómo se calculan y se representan los tiempos en cada uno. La figura 5.11 muestra la red de cuatro nodos examinada anteriormente, pero ahora con sus respectivas variables de inicios y terminaciones tempranos y tardíos.

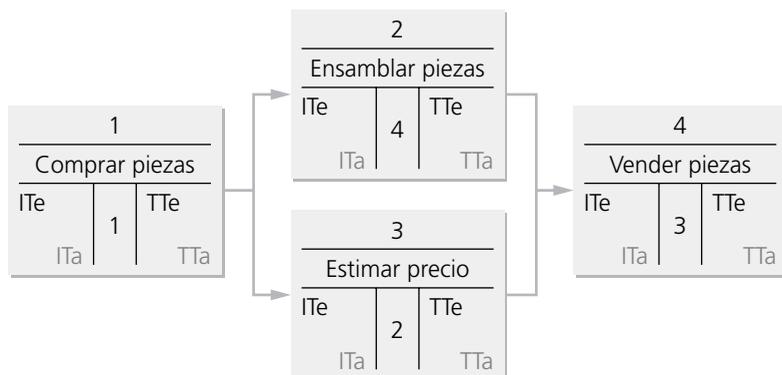


Figura 5.11 Red de proyectos con la simbología de inicios y terminaciones tempranos y tardíos.

El cálculo de inicios y terminaciones se lleva a cabo mediante un proceso llamado **paso hacia delante y paso hacia atrás**. El paso hacia delante consiste en estimar el inicio y la terminación tempranos desde el nodo inicial hasta el nodo final, como se muestra en la figura 5.12. Para facilitar los cálculos, se supone que el proyecto empieza un día lunes primero de mes, que no se labora sábado y domingo, y que el turno es de 8 horas diarias, de 8:00 am a 4:00 pm.

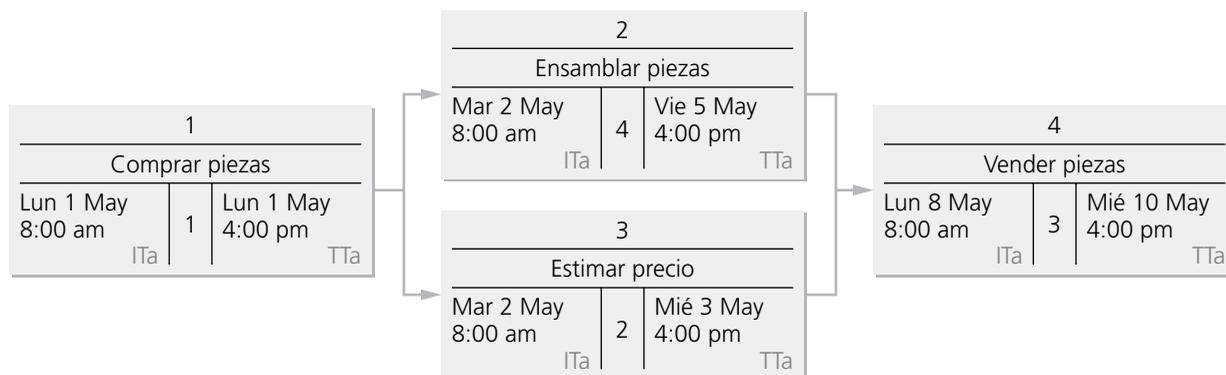


Figura 5.12 Paso hacia delante para calcular inicios y terminaciones tempranos.

Como se observa, el inicio temprano de la primera actividad, y por lo tanto del proyecto, es el lunes a las 8:00 am y la terminación más temprana de la última actividad es el miércoles de la semana siguiente a las 4:00 pm. Por lo tanto, la duración del proyecto es de 8 días hábiles (sin contar sábado y domingo) o 10 días naturales.

La segunda parte del proceso del cálculo de inicios y terminaciones es el llamado **paso hacia atrás**, el cual consiste en igualar la terminación temprana con la terminación tardía del proyecto, y restar hacia atrás las duraciones. Los resultados de esta parte se muestran en la figura 5.13.

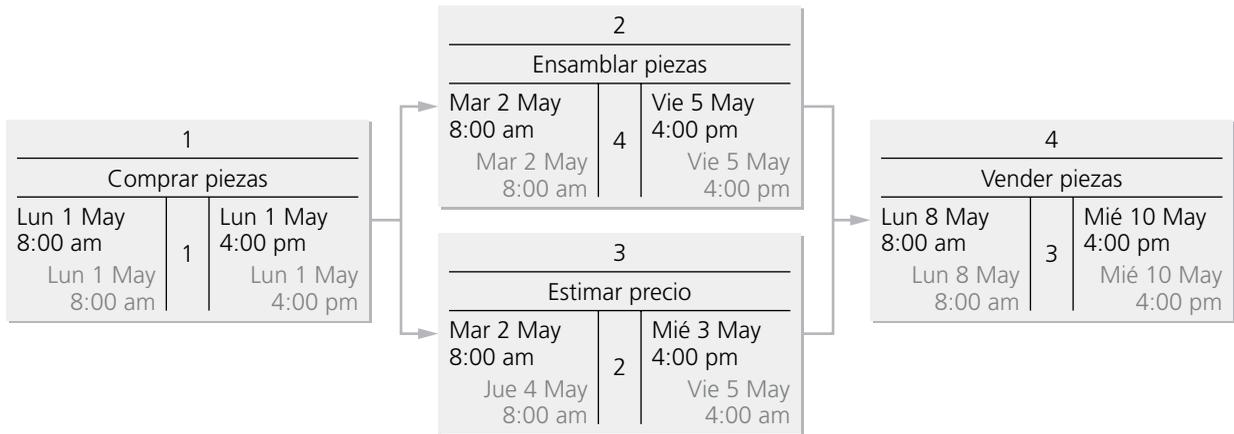


Figura 5.13 Paso hacia atrás para calcular inicios y terminaciones tardías del proyecto.

Al terminar el paso hacia atrás, se debe verificar que **el inicio tardío (ITa) de la actividad 1 quede igual que su inicio temprano (ITe)**; de lo contrario, significa que algún cálculo de fechas en los nodos está equivocado.

La holgura de cada actividad es la diferencia entre el inicio tardío (ITa) y el inicio temprano (ITe). Por ejemplo, la actividad 3 tiene como inicio tardío el 4 de mayo y como inicio temprano el martes 2 de mayo; entonces, la actividad 3 tiene 2 días de holgura (miércoles y jueves), ya que si se inicia el viernes o tarda 3 días, el proyecto se demorará 9 días hábiles. La holgura también se obtiene restando de la terminación tardía (TTa) la terminación temprana (TTe) de cada actividad. El resultado debe ser el mismo; en caso contrario, significa que hubo algún error en el cálculo. Por ejemplo, para la actividad 3, la terminación temprana es el miércoles y la terminación tardía es el viernes 5 de mayo, de manera que al restar 5 menos 3, se obtienen los mismos dos días de holgura (jueves y viernes).

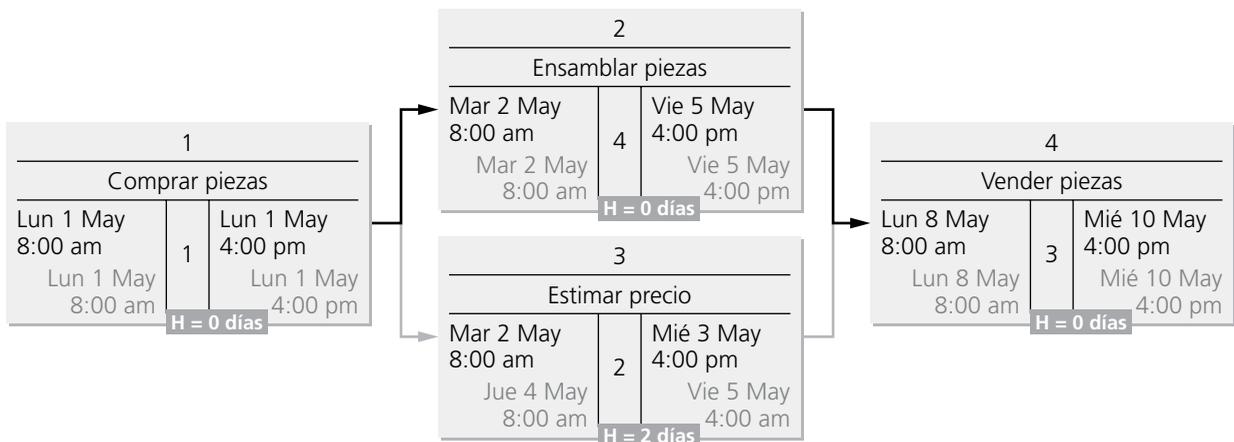


Figura 5.14 Red de proyectos con holguras y ruta crítica (indicada con flechas negras).

En la figura 5.14 se marcaron con negro las flechas que unen las actividades que no tienen holgura (1-2-4), las cuales son las actividades críticas. Es decir, la ruta crítica también se puede definir como aquella **secuencia de actividades que no tienen holgura**.

Otra manera de identificar la ruta crítica y los tiempos de inicio y terminación consiste en la numeración continua de unidades de tiempo, en lugar de fechas. En este caso, el valor del inicio temprano del nodo 1 es cero y la duración se suma para obtener la terminación temprana. El inicio temprano de cualquier nodo sucesor coincide con la terminación temprana del nodo predecesor. El paso hacia delante se desarrolla entonces sumando y el paso hacia atrás restando, al igual que en el caso anterior. La figura 5.15 muestra la red con la notación numérica.

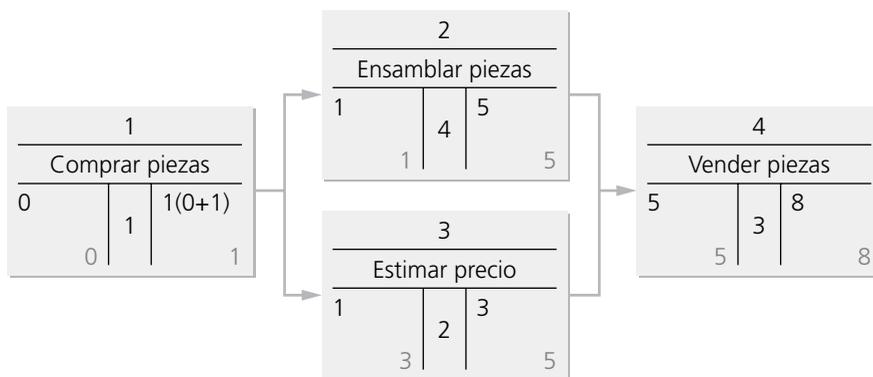


Figura 5.15 Cálculo de la ruta crítica y la holgura con la notación numérica.

Observe que el resultado es igual al de la notación de calendario, pero visto desde otra perspectiva. Por ejemplo, la notación numérica puede utilizarse cuando no hay fecha definida de inicio y lo que se quiere conocer es el número de días o semanas que tardará el proyecto; en la figura 5.15 son 8 unidades. La notación calendario se utiliza cuando se quieren conocer los días en los que se desarrolla cada actividad, teniendo una fecha de inicio y una de terminación.

Cuando los cálculos se hacían manualmente o con calculadora, la notación numérica era la más común, por facilidad. En la actualidad, gracias a las computadoras personales y al software de administración de proyectos, es más frecuente encontrar la notación calendario.

Calcular e identificar la ruta crítica permite priorizar las actividades y tomar decisiones en caso de que se demoren algunas de ellas o se requiera reducir el tiempo del proyecto.

En un proyecto es posible que haya más de una ruta crítica. Si la holgura de una actividad se termina, ésta se vuelve crítica.

5.5 Diagrama de Gantt

Los **diagramas de Gantt o de barras** son una representación de las actividades, su duración y la secuencia entre ellas con respecto a una escala de tiempo. El diagrama de Gantt es una de las herramientas más utilizadas en la administración de proyectos. Por desgracia, no siempre se aprovecha en todo su potencial, porque no se conocen todas sus características.

Para mostrar un ejemplo básico del diagrama de Gantt, la tabla 5.4 representa una serie de actividades, sus duraciones y sus actividades predecesoras.

Id.	Actividad	Predecesoras	Duración
1	Revisar las instrucciones de la tarea	–	1
2	Investigar en internet	1	2
3	Estudiar con ayuda del libro	1	3
4	Hacer la tarea	2, 3	2
5	Entregar la tarea	4	1

Tabla 5.4 Actividades y sus predecesoras.

La figura 5.16 muestra el diagrama de Gantt correspondiente.

Actividad	Pred	Dur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Revisar las instrucciones	–	1	■									
2 Investigar en internet	1	2		■	■							
3 Estudiar con ayuda del libro	1	3		■	■	■						
4 Hacer la tarea	2,3	2					■	■				
5 Entregar la tarea	4	1							■			

Figura 5.16 Representación básica del diagrama de Gantt.

Como se aprecia, la esencia de los diagramas de Gantt son las barras que representan en una escala de tiempo la duración de las actividades; por ello, también se les llama diagramas de barras. En esta figura la escala de tiempo es genérica y se dice que el proyecto dura siete unidades de tiempo, y pudiera tratarse de días, semanas o meses. La figura 5.17 muestra un diagrama de Gantt con sus diferentes elementos. La escala de tiempo se divide en dos partes: la escala mayor mide el tiempo en meses (diciembre – enero – febrero), y la escala menor en semanas. La fracción indica el mes y el día de inicio de la semana, en ese orden; por ejemplo, 12/26 indica diciembre 26, 1/3 indica enero 3, y así sucesivamente.

A continuación se listan los pasos que, por lo regular, se siguen para elaborar un diagrama de Gantt:

- Paso 1 Listar las actividades en columna y de forma estructurada de acuerdo con los niveles de la EDT.
- Paso 2 Estimar la duración de cada actividad.
- Paso 3 Definir la escala de tiempo relacionada con la duración del proyecto (semanas, meses, años).

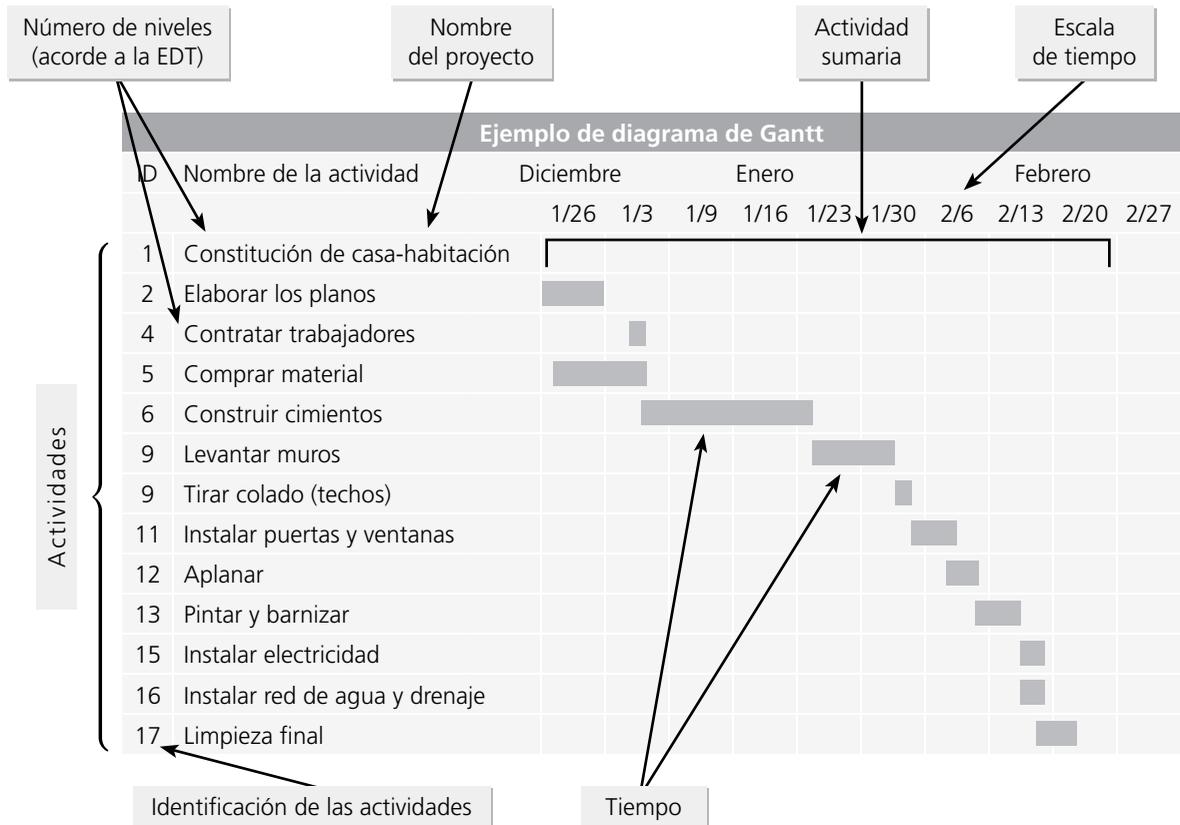


Figura 5.17 Diagrama de Gantt y sus diferentes elementos.

Paso 4 Indicar la duración de cada actividad en forma de barras horizontales utilizando la escala seleccionada.

Paso 5 Ordenar de acuerdo con la secuencia de actividades.

Con la finalidad de optimizar el diagrama de Gantt de manera que el equipo del proyecto pueda utilizarlo para una programación eficiente de actividades y en consistencia con el plan del proyecto, el diagrama deberá:

- Mostrar la ruta crítica.
- Estar estructurado en consistencia con la EDT.
- Presentar diferentes tipos de secuencias.
- Ofrecer la posibilidad de agregar resultados, metas intermedias o *milestones*.
- Utilizarse para llevar a cabo el control del proyecto.

Las cuatro primeras características se revisarán en este capítulo, mientras que la última, que corresponde al diagrama de Gantt de control, se verá en el siguiente.

Mostrar la ruta crítica

La ruta crítica se puede representar también en el diagrama de Gantt indicando con un color (por lo general, rojo, aunque en este caso se utilizó negro) las actividades críticas y con otro color (por lo general, azul, aunque en este caso se utilizó gris) las no

críticas (figura 5.18). Para identificarlas, se empieza por indicar las actividades predecesoras (columna Pred en la figura 5.18) y su duración. A partir del arreglo mostrado se aprecia visualmente que la actividad 2, investigar en internet, puede demorarse un día más (holgura) sin que se demore el final del proyecto, porque la actividad 3, estudiar con el apoyo del libro, se realiza de forma paralela y al terminar ambas se realiza la tarea sucesora 4, hacer la tarea.

Actividad	Pred	Dur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Revisar las instrucciones	–	1	■									
2 Investigar en internet	1	2		■	↔							
3 Estudiar con ayuda del libro	1	3		■	■	■						
4 Hacer la tarea	2,3	2					■	■	■			
5 Entregar la tarea	4	1								■		

Figura 5.18 Diagrama de Gantt que muestra actividades críticas (negro) y no críticas (gris), además de la holgura de la actividad 2 (flecha negra).

Con ayuda de software de administración de proyectos se elaboran rápidamente los diagramas de Gantt. La figura 5.19 muestra el diagrama de Gantt como se obtiene con el software ProjectLibre™, versión en inglés. La escala mayor se muestra en semanas (semana del 22 de junio y semana del 29 de junio), en tanto que la escala menor se presenta en días (M – T – W). El diagrama indica las fechas de inicio y terminación de cada actividad. El proyecto comienza el lunes 23 de junio a las 8:00 am y termina el domingo 29 de junio a las 5:00 pm; esto es, dura siete días, considerando que se trabaja todos los días de la semana.

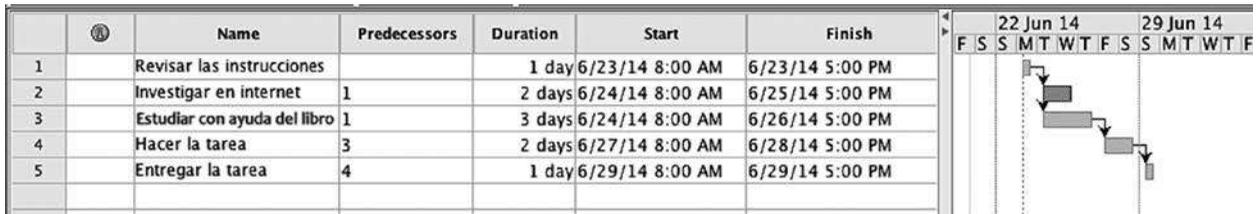


Figura 5.19 Diagrama de Gantt, tal como se obtiene con el software ProjectLibre™.

La ayuda de software de administración de proyectos, como el ProjectLibre™, permite pasar del diagrama de Gantt a la red del proyecto, porque se van desarrollando de manera simultánea. La figura 5.20 muestra la red de proyectos para el mismo diagrama de Gantt de la figura 5.19.

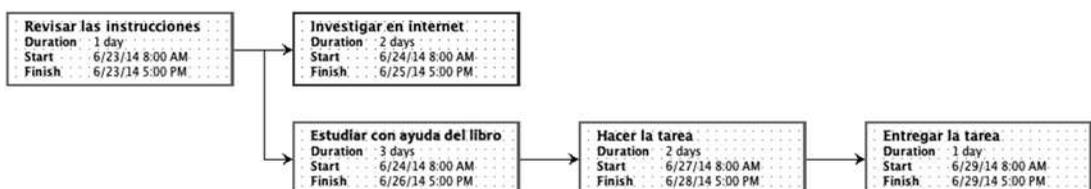


Figura 5.20 Red de proyectos.

Estructura en consistencia con la EDT

El diagrama de Gantt debe ser consistente con los niveles de la estructura de la división del trabajo. Para ello, se listan las actividades siguiendo el orden de la EDT y se inserta una sangría para mostrar la diferencia entre un nivel y otro. Las barras de nivel superior, como la del proyecto o las etapas, se representan en el diagrama de manera diferente que las barras de nivel inferior que representan los paquetes de trabajo o las actividades. La figura 5.21 muestra una EDT para elaborar un manual y su diagrama de Gantt se muestra en la figura 5.22.

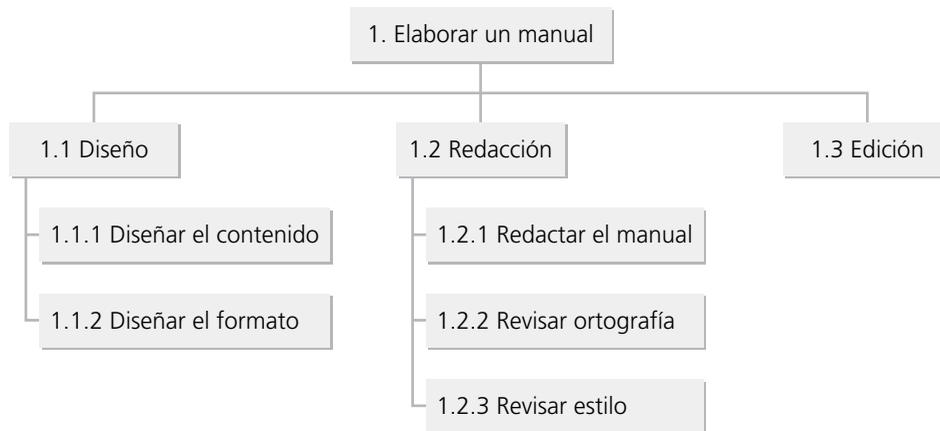


Figura 5.21 EDT para elaborar un manual y su diagrama de Gantt.

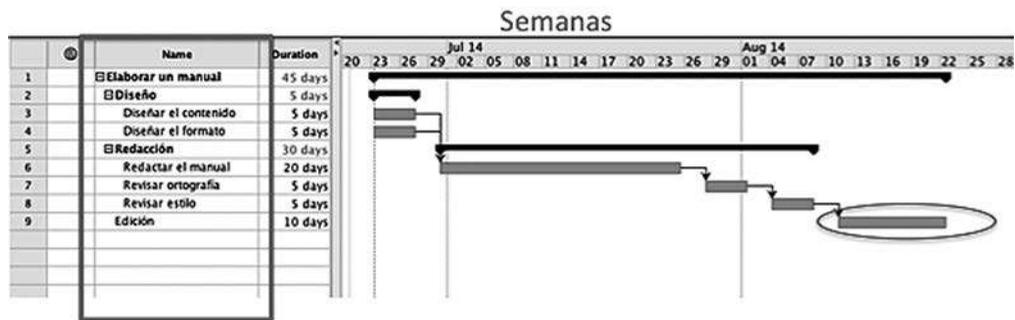


Figura 5.22 Estructura de la división del trabajo y diagrama de Gantt estructurado.

En el diagrama de Gantt de la figura 5.22 se encierra en un recuadro la lista estructurada de actividades siguiendo el orden de la EDT. El título del proyecto y los de los niveles superiores aparecen en negritas; además, las barras de los niveles superiores son negras y con picos en los extremos. Las barras del nivel inferior son grises (todas críticas) y rectangulares. La excepción es la tarea de edición, cuyo texto no está en negritas y la barra no es de la misma forma que la de redacción y diseño. Esto se debe a una convención estándar que indica que, si un nivel no está desglosado en más subniveles, no se representa en negritas ni con barra de nivel superior. Por lo tanto, la forma de identificar que la edición se ubica en el mismo nivel que diseño y redacción es por la sangría de igual dimensión en la lista de actividades.

El diagrama de Gantt se puede comprimir mostrando solamente las actividades de segundo nivel, para apreciar el diagrama de manera más general o resumido (figura 5.23).

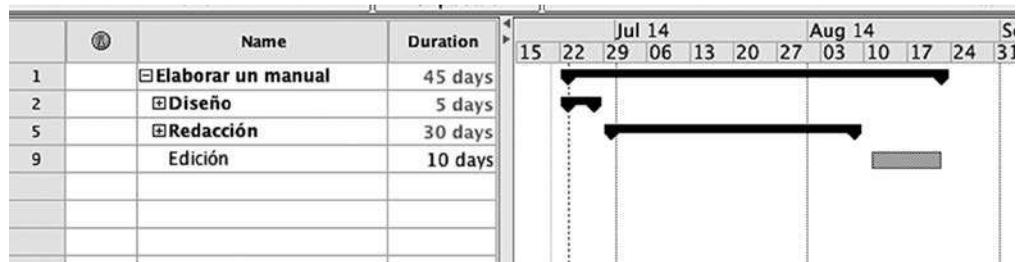


Figura 5.23 Diagrama comprimido en dos niveles.

Mostrar diferentes tipos de secuencias

Como se explicó en la sección de redes de proyectos, definir la secuencia de actividades implica establecer el orden en el que se ejecutan. El siguiente diagrama ejemplifica esta relación de dependencia.



“Diseñar” es la acción predecesora de la actividad “desarrollar”. A esta dependencia se le conoce como **final-inicio** (F-I) o *finish to start* (F-S).

No siempre es necesario terminar una actividad para iniciar otra. Es posible que haya variantes relacionadas con las condiciones del proyecto. Por ejemplo, tal vez exista una condición en la que después de iniciar una actividad se inicie la sucesora, sin que por fuerza deba terminarse antes la predecesora. Esta condición de dependencia se conoce como **inicio-inicio** (I-I) o *start to start* (S-S) (figura 5.24):

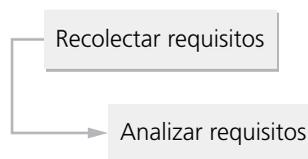


Figura 5.24 Dependencia inicio-inicio.

El diagrama de la figura 5.24 indica que cuando la actividad “recolectar requisitos” (predecesora) haya iniciado, es posible iniciar la actividad “analizar requisitos” (sucesora). El final de ambas actividades no es dependiente. Esta secuencia se utiliza cuando se quiere empezar una actividad tan pronto como otra inicie (o antes de que termine la anterior), para ganar tiempo en el proyecto.

Otra relación de dependencia consiste en condicionar la terminación de una actividad sucesora a la terminación de la predecesora. Esta dependencia se conoce como **final-final** (F-F) o *finish to finish* (F-F) y se representa gráficamente en la figura 5.25.

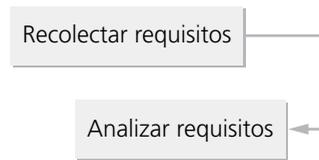


Figura 5.25 Dependencia final-final.

El diagrama de la figura 5.25 indica que cuando se termine la actividad de “recolectar requisitos” (predecesora) puede terminar la actividad de “analizar requisitos” (sucesora). El inicio de estas dos actividades no está relacionado.

La otra dependencia lógica, pero poco usada en la práctica, es la que condiciona el final de la actividad sucesora con el inicio de la predecesora. Esta dependencia se conoce como **inicio-final** (I-F) o *start to finish* (S-F) y se representa gráficamente en la figura 5.26.

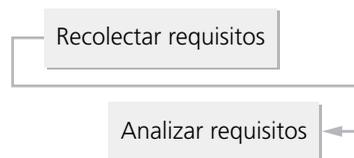


Figura 5.26 Dependencia inicio-final.

El diagrama de la figura 5.26 indica que cuando la actividad “recolectar requisitos” empiece (predecesora), es posible terminar la actividad “analizar requisitos” (sucesora).

Las secuencias anteriormente explicadas pueden modificarse aplicando traslapes (llamados en inglés *leads*) o desfases (llamados en inglés *lags*). Los traslapes implican un aceleramiento en la ejecución de las actividades, mientras que los desfases suponen retraso o demora.

A continuación se presenta una relación final-inicio con traslape y desfase, para clarificar el concepto.

Sin desfases ni traslapes	<p>(F-I)</p>	La actividad de Analizar requisitos solamente puede iniciar hasta que termine la actividad Recolectar requisitos .
Dos días de traslape	<p>(F-I) – 2d</p>	La actividad Analizar requisitos debe iniciar dos días antes que termine la actividad Recolectar requisitos . Hay un traslape de dos días.
Dos días de desfase	<p>(F-I) + 2d</p>	La actividad de Analizar requisitos debe iniciar dos días después de que termine la actividad Recolectar requisitos . Hay un desfase de dos días.

Los traslapes o desfases se aplican a criterio del equipo para optimizar el programa del proyecto. Éstos se utilizan cuando se quiere acelerar el programa, por lo que una actividad sucesora puede iniciar antes. Cuando se apliquen traslapes entre actividades, deben quedar documentadas las suposiciones y restricciones por las cuales se tomó la decisión.

Los desfases conllevan un retraso en el proyecto, por lo que generalmente se aplican cuando, por causas naturales o de recursos, tiene que haber una **demora para iniciar la siguiente actividad**. Por ejemplo, en la construcción de una casa, si la actividad predecesora es colar o vaciar cimientos y la actividad sucesora es colocar columnas, se puede indicar un desfase de un día para permitir que el colado de cemento fragüe o se solidifique.

Para ejemplificar, la figura 5.27 muestra el diagrama de Gantt para elaborar un manual, con algunos traslapes para acelerar el proyecto.

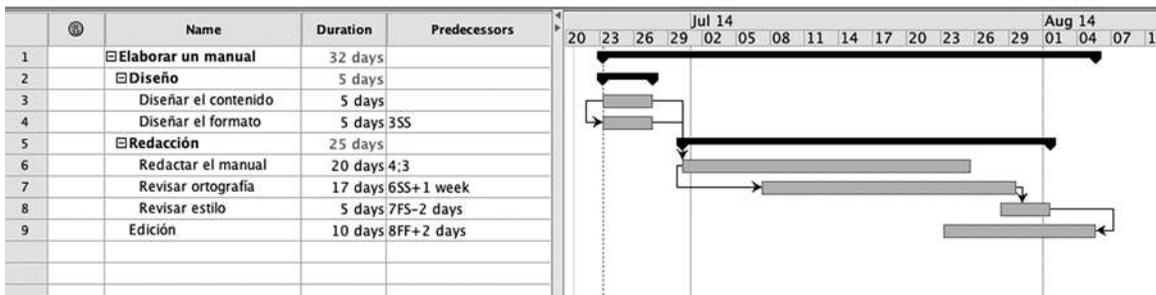


Figura 5.27 Diagrama de Gantt con traslapes.

La lógica de dependencias que se siguió para elaborar el diagrama se muestra en la columna titulada Predecesoras (*Predecessors*) y se explica como sigue:

Nombre de la actividad	Relación	Lógica
Diseñar el formato	3 SS	“Para comenzar a diseñar el formato solamente tenemos que haber empezado a diseñar el contenido”.
Revisar ortografía	6SS + 1 week	“Una semana después de haber empezado a redactar el manual, podemos comenzar a revisar la ortografía”.
Revisar estilo	7FS-2 days	“Dos días antes de terminar de revisar la ortografía, podemos empezar a revisar el estilo”.
Edición	8FF+2 days	“Dos días después de que terminemos de revisar el estilo, podemos terminar de hacer la edición”.

La programación de actividades con los traslapes respectivos tiene como resultado que la duración estimada del proyecto es ahora de 32 días, en lugar de los 45 días que duraba originalmente.

Los equipos de proyecto deben analizar cuáles actividades se pueden traslapar, para así optimizar el tiempo de duración. Al crear traslapes se debe incrementar el nivel de comunicación entre los participantes de las actividades, ya que como no se tiene la información completa, se podría incurrir en muchos errores y retrabajos. La lógica de trabajo

es “no he terminado mi actividad, pero con lo que llevo hecho ya hay información para que empieces la tuya”. En ese sentido, la dependencia final – inicio es más segura, puesto que sigue la lógica “ya terminé mi actividad y aquí está toda la información para que empieces la tuya”.

Ahora bien, no todas las actividades de un diagrama de Gantt deben estar conectadas con relaciones de dependencia. Hay actividades que inician en cierto tiempo independientemente de las anteriores. El diagrama de Gantt de la figura 5.28 ilustra este tipo de situación.

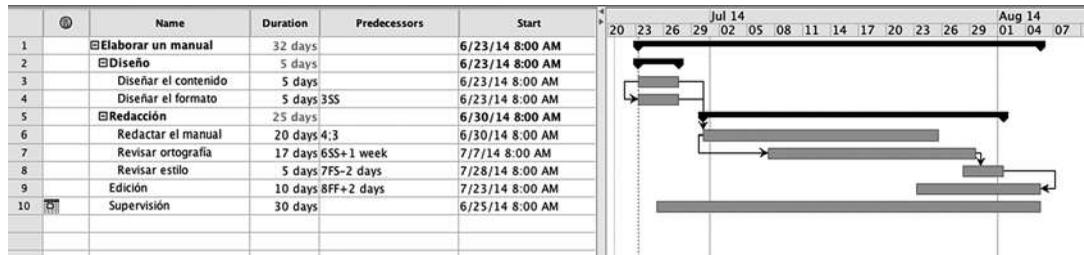


Figura 5.28 Diagrama de Gantt con la actividad de supervisión sin dependencia.

En el diagrama se observa que la actividad de supervisión inicia dos días después de las actividades de diseñar el contenido y diseñar el formato. Sin embargo, no tiene dependencia de ellas (no hay una flecha que las conecte). Se programó para que empiece dos días después por otras condiciones; por ejemplo, al considerar que en esa fecha llega el supervisor asignado.

Como es evidente, todas las actividades de un diagrama de Gantt deben estar relacionadas de alguna manera. La actividad de supervisión no es totalmente independiente y si, por ejemplo, se retrasan las actividades de diseñar el contenido y diseñar el formato, necesariamente se tiene que retrasar la supervisión, porque si no, ¿qué se supervisa? Por ello se aplica el término **dependencia discrecional**, definido al inicio del capítulo, lo cual implica que una actividad *puede, mas no necesariamente debe* depender de otras. El inicio de la actividad de supervisión depende de las otras dos, pero no necesariamente.

Ofrecer la posibilidad de agregar resultados, metas intermedias o hitos

Los entregables, las metas intermedias o *hitos* son productos tangibles que se van logrando a lo largo del proyecto. Las metas intermedias se establecen para tener un programa de trabajo que refleje lo que se va obteniendo en el proyecto y no únicamente lo que se va ejecutando, como es el caso de las actividades.

En un proyecto para construir una casa, el cliente tendrá una percepción más clara y tangible del programa de trabajo si le muestra lo que va a obtener, en lugar o además de las actividades que se realizarán. En este caso, las metas intermedias del proyecto serían:

- Planos
- Obra negra
- Cimientos
- Casa terminada

Las metas intermedias se conocen en la terminología en inglés como *milestones*. Este término proviene de la topografía y se refiere a la marca o marcas que delimitan un terreno. Las metas intermedias también pueden ser los resultados a entregar o, simplemente, los entregables, como se listan en la especificación del proyecto. En este libro se utilizan indistintamente los términos *meta intermedia* o *milestone*.

Para definir correctamente las metas intermedias, se debe pensar que deben reunir una o varias de las siguientes características:

- Son tangibles, lo que significa que es posible verlas, tocarlas, revisarlas o verificar si se cumplieron.
- Representan eventos insignia del proyecto o logros importantes, como inauguración, inicio o clausura.
- Se describen mediante un sustantivo y, a veces, también con un verbo en participio, para diferenciarlas de las actividades que se describen con verbos, por ejemplo: manual revisado.

A continuación se presenta una lista de metas intermedias contrastándolas con la definición de la actividad o grupo de actividades que las generan.

Metas intermedias o <i>milestones</i>	Actividades que las generan
Inicio, inauguración, arranque.	No tienen actividades generadoras; son metas que se utilizan para iniciar proyectos. Después de ellas se listan las actividades del proyecto.
Diseño, análisis, requerimientos; en los tres casos, se trata de documentos o informes.	Diseñar, analizar, definir requerimientos.
Lista de personal capacitado.	Capacitar, entrenar, preparar.
Cierre, fin, clausura.	Las generan las actividades del proyecto en su conjunto, ya que son metas finales que simbolizan la conclusión del mismo.
(Informe del) estado del arte.	Realizar una investigación bibliográfica.
Prototipo.	Fabricar piezas, comprar piezas y ensamblar el prototipo.
Informe de pruebas.	Probar el mecanismo.
Plan de negocios.	Evaluar la idea u oportunidad de un negocio o nuevo producto.
Tubería soldada.	Soldar tubería.
Producto listo para producción.	Validar el proceso de producción.

Una vez que se definieron las metas intermedias, éstas se plasman en el diagrama de barras o de Gantt con un símbolo o marca en la misma fecha que la actividad que las genera. El diagrama de Gantt para elaborar un manual con los *milestones* respectivos se muestra en la figura 5.29.

El diagrama incluye cuatro metas intermedias: diseño terminado, borrador del manual, manual redactado y manual listo, las cuales se muestran relacionadas con la actividad que las genera. Esta vinculación se establece para asegurar que, si la actividad se atrasa o adelanta, lo mismo sucederá con la meta intermedia.

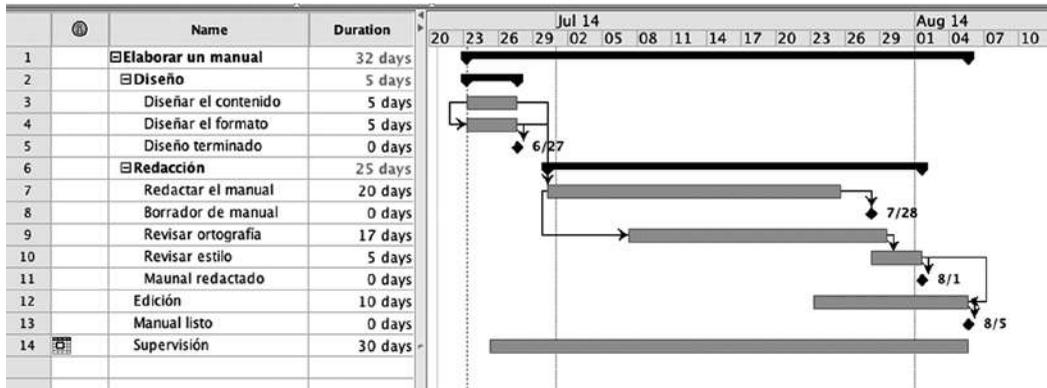


Figura 5.29 Diagrama de Gantt con metas intermedias o *milestones*.

Es factible mostrar diagramas de Gantt que indiquen solamente las actividades sumarias y las metas intermedias (figura 5.30). Este tipo de diagramas se presentan al cliente para que revise los entregables específicos del proyecto.

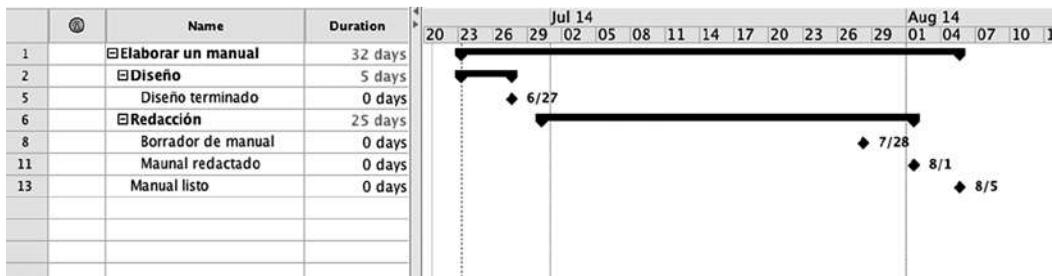


Figura 5.30 Diagrama de Gantt con actividades de nivel superior y metas intermedias.

La pregunta importante que debe responder y aplicar el administrador de proyectos con su equipo es: ¿Cuántos *milestones* debe incluir mi diagrama de Gantt? Para responder a esta pregunta, no hay una receta, pero sí algunas **recomendaciones**:

- Asegurarse de que aparecen los entregables indicados en la especificación del proyecto o *charter*.
- Si se incluyen demasiados *milestones*, se pierde la capacidad de controlar lo importante.
- Si se incluyen pocos, se deja de tener control de lo que se logra.
- Es conveniente incluir al menos uno al terminar cada nivel superior.
- Incluir uno al final del proyecto. Si no hay producto a entregar al cliente, se le denomina "cierre o fin del proyecto".
- Procurar que no transcurra mucho tiempo sin que se logre un resultado, de acuerdo con la siguiente regla empírica:
Cada dos meses si el proyecto dura un año o más.
Cada mes si el proyecto dura menos de un año.
Cada semana si el proyecto dura un mes o dos.
Dos por semana si el proyecto dura dos o tres semanas.

De acuerdo con las recomendaciones anteriores, podemos decir que en el diagrama de la figura 5.30 falta colocar dos o tres metas intermedias entre el diseño terminado y el borrador del manual. Éstos podrían definirse, por ejemplo, como “Capítulos 1 a 3 terminados” y “Capítulos 4 a 6 terminados”.

Las metas intermedias o *milestones* permiten controlar lo que se va logrando a lo largo del proyecto.

5.6 Asignación y nivelación de los recursos

Al realizar el diagrama de Gantt o la red del proyecto, se obtiene la duración total del proyecto a partir de las duraciones individuales y las dependencias entre actividades. La duración de cada actividad se estima considerando las personas que la van a realizar, no sólo en cuanto al número de participantes, sino también en cuanto a su experiencia y habilidad.

Para estimar la duración de las actividades, el administrador del proyecto y su equipo de trabajo utilizan el juicio experto guiado por la información histórica para obtener la duración de las actividades o recomendar un tiempo máximo. Cuando se cuenta con información histórica, puede utilizarse la **estimación análoga** que considera parámetros como duración, presupuesto, tamaño y complejidad de proyectos similares para hacer las estimaciones del proyecto actual.

Otra herramienta de utilidad es la **estimación paramétrica**, que permite establecer relaciones estadísticas entre datos históricos y otras variables con la finalidad de definir parámetros para la actividad, tales como costo, presupuesto y duración. Por ejemplo, en un proyecto de diseño, la duración de una actividad puede calcularse con el número de gráficas generadas multiplicado por el número de horas de mano de obra por gráfica.

Para mejorar la estimación de la duración de las tareas, puede realizarse una **estimación de tres puntos**, originada por la técnica PERT (*Program Evaluation and Review Technique*):

- **Tiempo optimista** (a): Es el tiempo mínimo razonable para terminar la actividad.
- **Tiempo medio** (m): Tiempo más probable, la mejor estimación del tiempo requerido para realizar la actividad.
- **Tiempo pesimista** (b): El periodo máximo razonable para terminar la actividad.

Con estos datos se calcula el tiempo estimado, mediante la siguiente fórmula:

$$TE = \frac{a + 4m + b}{6}$$

En cualquiera de las estimaciones anteriores se supone que los recursos serán suficientes, pero en proyectos intensivos en recursos es necesario aplicar métodos de **asignación y nivelación de recursos** para tener mayor certeza.

Ilustraremos estos métodos con un ejemplo sencillo. La figura 5.31 muestra el diagrama de Gantt con algunas actividades que se realizan en un proyecto para construir una casa. En el diagrama se aprecia que se asignaron tres recursos, albañil, pintor y ayudante. Con esos recursos se estima terminar las actividades en cinco días, de lunes a viernes.



Figura 5.31 Diagrama de Gantt para pintar una casa con recursos asignados.

Para cumplir con el **programa de trabajo** mostrado en el diagrama de Gantt de la figura 5.31, es necesario **disponer** dos pintores, uno que pinte la sala (actividad 2) de martes a jueves y otro que pinte la cocina (actividad 3) de martes a miércoles. Si sólo se cuenta con un pintor que está disponible únicamente un turno (de 8 horas), habrá que decidir si se pinta primero la sala o la cocina. Esta limitación o **restricción de recursos** retrasará el programa del proyecto dos días y el diagrama de Gantt se verá como se muestra en la figura 5.32, tomando la decisión de pintar primero la sala y luego la cocina.

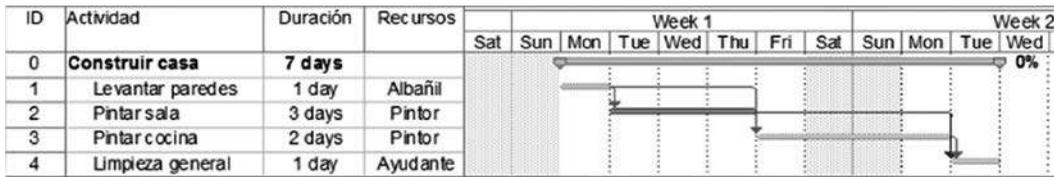


Figura 5.32 Diagrama de Gantt para pintar una casa con un solo pintor.

Tal vez se decida que el mismo trabajador pinte durante cuatro horas la sala y las otras cuatro horas la cocina, pero entonces la duración de cada una se tendrá que duplicar y tomará 6 días pintar la sala y 4 días pintar la cocina.

El **diagrama de carga de recursos** o diagrama de carga de trabajo es un gráfico que permite identificar más rápidamente si los recursos asignados son suficientes y, en caso de no ser así, dónde se encuentran las restricciones. A continuación, se ilustrará de manera sencilla cómo se utiliza.

Considere las actividades para construir una casa, como se muestra en el diagrama de Gantt de la figura 5.34. El diagrama refleja las horas del especialista asignadas por unidad de tiempo en el proyecto. El primer paso consiste en trazar los ejes del diagrama (figura 5.33). Las iniciales h-h corresponden al término hora-humano (anteriormente se denominaba hora-hombre) y se refieren a una hora de trabajo de una persona. Cuando se conoce la especialidad, se designa específicamente; por ejemplo, hora-pintor, hora-diseñador u hora-analista.

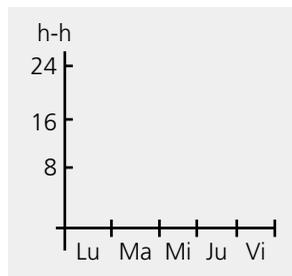


Figura 5.33 Ejes del diagrama de carga de trabajo.

Posteriormente, se representa con barras la **asignación de cada recurso por día**, y se diseña una barra de diferente estilo para cada recurso. El diagrama de la figura 5.34 muestra la asignación de horas de recurso durante cada día para el proyecto de construcción de una casa.

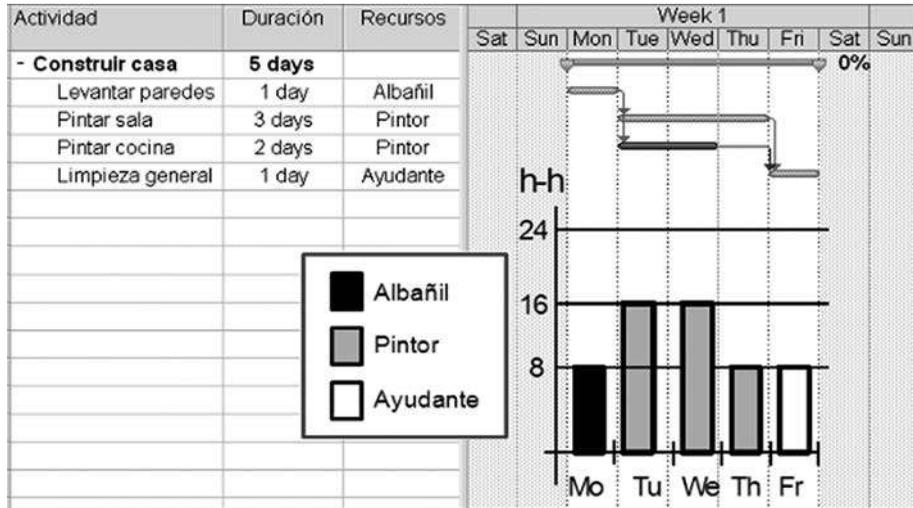


Figura 5.34 Diagrama de carga de trabajo.

El diagrama de recursos mostrado en la figura 5.35 **refleja las horas asignadas de cada recurso por día**. A partir de estos diagramas se obtiene también el número de horas por recurso. Por ejemplo, para el diagrama anterior se tiene la siguiente información:

Recurso	h-h
Albañil	8
Pintor	40
Asistente	8
Total	56

Figura 5.35 Horas humano asignadas por recurso y por día.

Con el **diagrama de carga de recursos** se aprecia más claramente que se necesitan dos pintores el martes (Tue) y el miércoles (We), o un pintor que trabaje doble turno porque se requieren 16 horas-pintor. Suponiendo que no se tienen dos pintores o que no hay disponibilidad del pintor para trabajar doble turno, se tendría que pintar primero la sala o la cocina, como ya se había mencionado. Entonces, el **diagrama de carga de trabajo** correspondiente quedaría como lo muestra la figura 5.36.

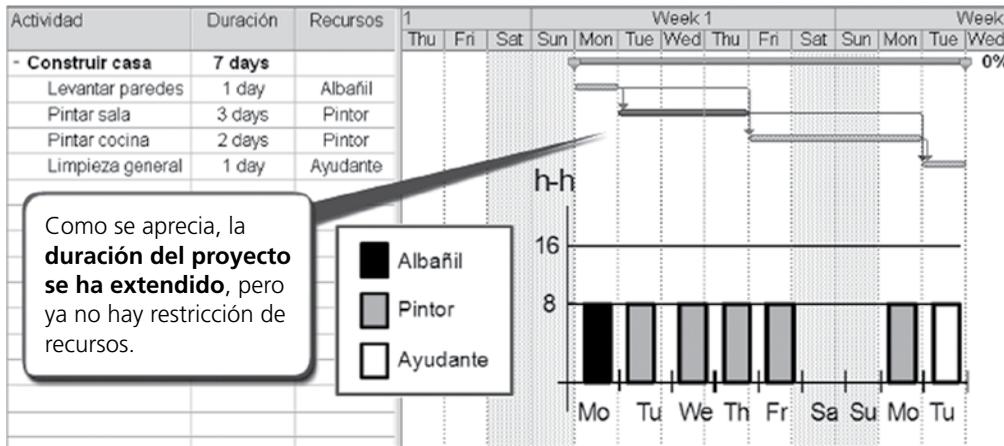


Figura 5.36 Diagrama de Gantt con recursos nivelados.

De lo anterior se deduce que, si no se aplican estos métodos, puede haber proyectos con menos recursos de los que se necesitan, lo que se conoce como **sobreasignación de recursos**. Asimismo, es posible que se presente el caso de que haya más recursos contratados de los que se necesitan, lo que se conoce como **subutilización de recursos**. El ejercicio de recorrer el inicio de las actividades hacia delante o hacia atrás para que los recursos no estén subutilizados ni sobreasignados se conoce como **nivelación de recursos**.

En estos ejercicios de nivelación, el costo por el uso de recursos no cambia, porque se siguen asignando las mismas horas de recurso antes y después de la nivelación. En la nivelación del ejemplo anterior se tuvo que extender el tiempo del proyecto, pero éste no siempre es el caso. A veces es posible recorrer actividades del proyecto que no son críticas, y la duración del proyecto no se altera.

La duración de una actividad es una función lineal del número de recursos y de las horas que trabaja cada uno. Por ejemplo, en la figura 5.36 la actividad consistente en pintar la sala tiene una duración de 3 días con un pintor trabajando. Si se asignan 2 pintores (el doble), la duración se debería reducir a 1.5 días, la mitad del tiempo. Ese incremento de productividad al doble no necesariamente se cumple en la práctica, porque los pintores tienen que ponerse de acuerdo, platican entre ellos o usan el mismo bote de pintura. Sin embargo, para propósitos prácticos y de cálculo, se debe observar la regla de linealidad en el uso de recurso.

Por ejemplo, si un trabajador pinta una cocina en 2 días trabajando 8 horas diarias, ¿cuánto tardará si trabaja 4 horas diarias? Si el pintor trabaja la mitad del tiempo, es decir, 4 horas en lugar de 8, le tomará 4 días pintar la cocina. En el siguiente capítulo se presentan más casos y ejercicios de este principio de linealidad.

El diagrama de carga de recursos permite analizar si los recursos asignados son suficientes para realizar el proyecto, o si están excedidos.

5.7 Recomendaciones prácticas

Programar actividades y recursos debe ser una tarea acorde con las necesidades del proyecto y los recursos o apoyos disponibles para hacerlo. Los proyectos grandes e intensivos en recursos requieren mayor detalle y, por lo mismo, hay personas asignadas específicamente para las labores de programación y control, quienes informan al administrador del proyecto. También se requiere software especializado de administración de proyectos que apoye la administración de multiusuarios, el almacenamiento de información y el intercambio de datos con el sistema de información de la empresa. Este software se conoce como “multiproyectos” y su costo es elevado.

En los proyectos de mediana dimensión, el administrador podrá encargarse de esa programación si no cuenta con los apoyos adecuados, pero cuidando no entrar en demasiados detalles porque entonces no le alcanzará el tiempo para dirigir. Podrá utilizar software multiproyectos de menor costo o algún otro para manejar un solo proyecto a la vez.

En los proyectos pequeños se requieren sencillos diagramas de Gantt y *milestones* para dar una dirección aproximada al proyecto y permitir que el equipo de trabajo los considere como una guía. El administrador de proyectos utiliza estas herramientas y software de un solo proyecto, como los de acceso libre en la web.

En la práctica, se observa que esta alineación entre el esfuerzo de programar actividades y los recursos para hacerlo a menudo se pierde de vista. Hay organizaciones que operan proyectos muy grandes, los cuales incluyen más de mil actividades, donde el administrador del proyecto trata de llevar un registro cuidadoso utilizando software específico, pero no cuenta con la capacitación adecuada para manejarlo bien. El resultado es que el administrador pierde de vista su labor directiva y se detiene demasiado en detalles o termina por descuidar la programación de actividades. En otras ocasiones, el proyecto es pequeño y se quiere programar todas las actividades y recursos con gran detalle. En estos casos, se pierde flexibilidad para actuar rápidamente ante cambios u oportunidades.

5.8 De la experiencia

La administración de proyectos se da en todos los ámbitos y organizaciones. En cierta ocasión un equipo de trabajo de un museo solicitó un curso de administración de proyectos, porque a la directora le quedaba muy claro que las exposiciones temporales eran proyectos y debían manejarse profesionalmente como tales. Después de impartir el curso respectivo, se aplicaron las herramientas de Gantt y el diagrama de carga de trabajo para revisar el plan anual de exposiciones en tiempo y en la capacidad de recursos. La tarea no fue fácil porque hubo que entrevistar al personal del museo, que no estaba acostumbrado a tratar temas de ingeniería industrial. Se entrevistó a museógrafos, diseñadores, instaladores, compradores y coordinadores. Las preguntas se centraban en estimaciones de tiempo calendario, expresadas en horas, para realizar ciertas tareas, como realizar un guion cinematográfico o el diseño museográfico. La figura 5.37 muestra una vista parcial del diagrama de Gantt obtenido para ese año, donde se aprecian los recursos asignados a cada actividad. Observe que algunas actividades de la ruta crítica se muestran en gris claro en la parte inferior.

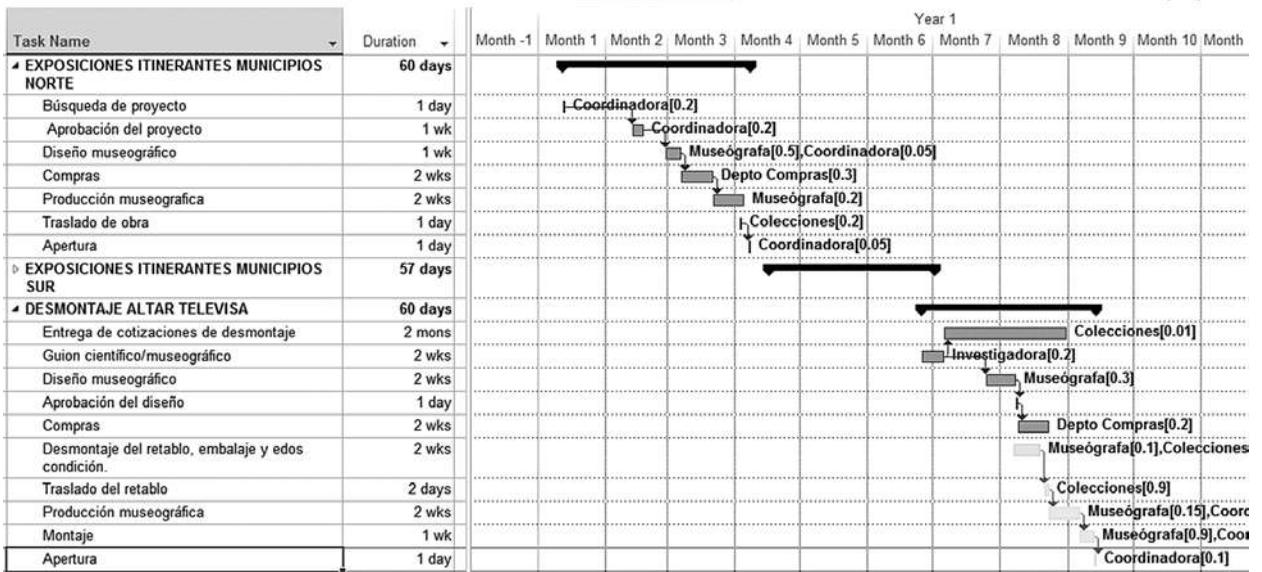


Figura 5.37 Diagrama de Gantt de las exposiciones de un museo y sus recursos asignados (vista parcial).

También se efectuó el análisis de carga de recursos, para ver la capacidad y la posibilidad de realizar más exposiciones, o bien, la necesidad de reducirlas por las limitaciones de los recursos. En la figura 5.38 se muestra la carga de trabajo de la museógrafa, que resultó ser el recurso crítico en las exposiciones.

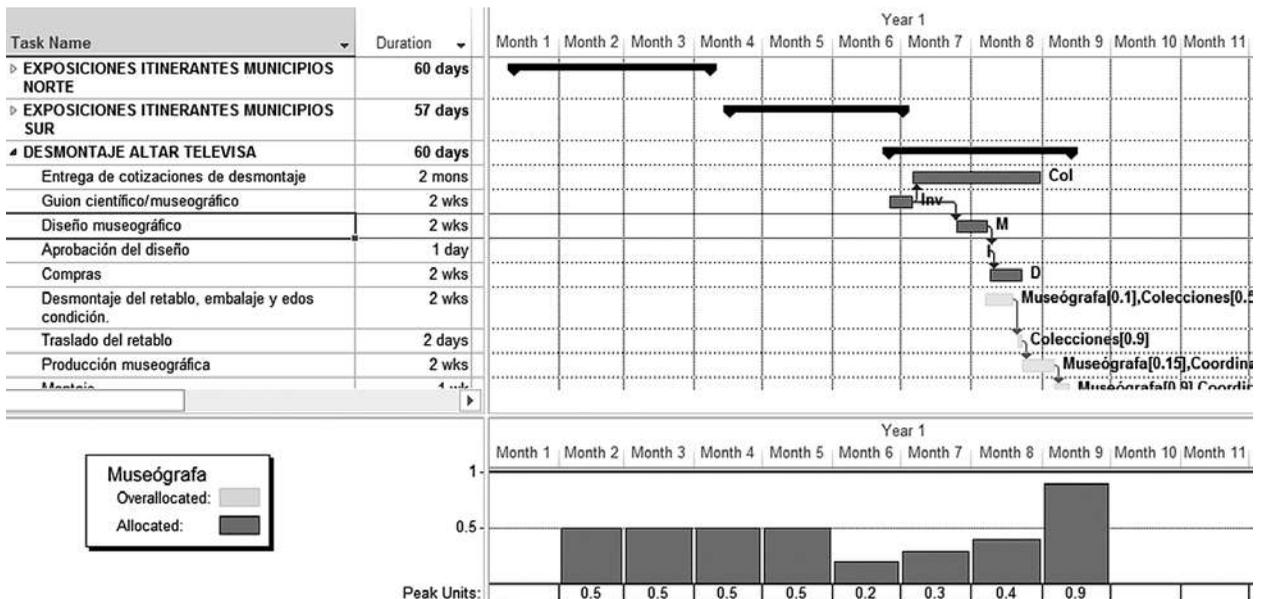


Figura 5.38 Diagrama de Gantt de las exposiciones de un museo y carga de trabajo de la museógrafa.

A partir del análisis de exposiciones en el año y las cargas de recursos, la directora del museo elaboró varias estrategias para optimizar sus recursos; por ejemplo, asignó los tiempos de menor uso de los recursos a actividades rutinarias de catalogación. En el caso de la museógrafa, se identificó que en el mes de septiembre no iba a tener suficiente tiempo para atender las exposiciones planeadas. Como era imposible cambiar de fechas porque éstas ya se habían dado a conocer al público, la directora planeó la contratación de una museógrafa por tiempo determinado. Por fortuna, esa limitación se visualizó con suficiente anticipación y se tuvo tiempo de planear la contratación del recurso adicional; la situación se habría complicado si la limitación se hubiera detectado poco tiempo antes de inaugurar las exposiciones.

Preguntas de repaso y para reflexión

1. ¿Cuál de las siguientes dependencias puede modificarse a criterio de los expertos del proyecto?
 - a. Dependencias obligatorias
 - b. Dependencias discrecionales
 - c. Dependencias externas
 - d. Ninguna de las anteriores

La respuesta correcta es b: las dependencias discrecionales pueden modificarse porque la naturaleza de la tarea lo permite, lo que no sucede con las dependencias obligatorias ni con las externas, porque sobre estas últimas no se tiene control, ya que las ejecutan entidades externas al proyecto.

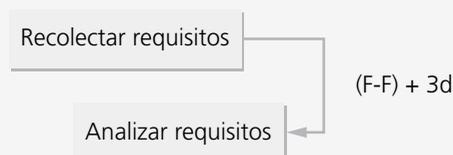
2. Uno de los siguientes enunciados *no* corresponde a las características de los *milestones* o metas intermedias; indique cuál es.
 - a. Describen un resultado o un evento.
 - b. Se utilizan para llevar un control de lo que se entrega.
 - c. Tienen duración cero.
 - d. Se describen con verbo en infinitivo.

La respuesta correcta es la d, porque los *milestones* no se describen con verbo en infinitivo, sino con sustantivos. Las actividades o tareas son las que se describen con verbo en infinitivo.

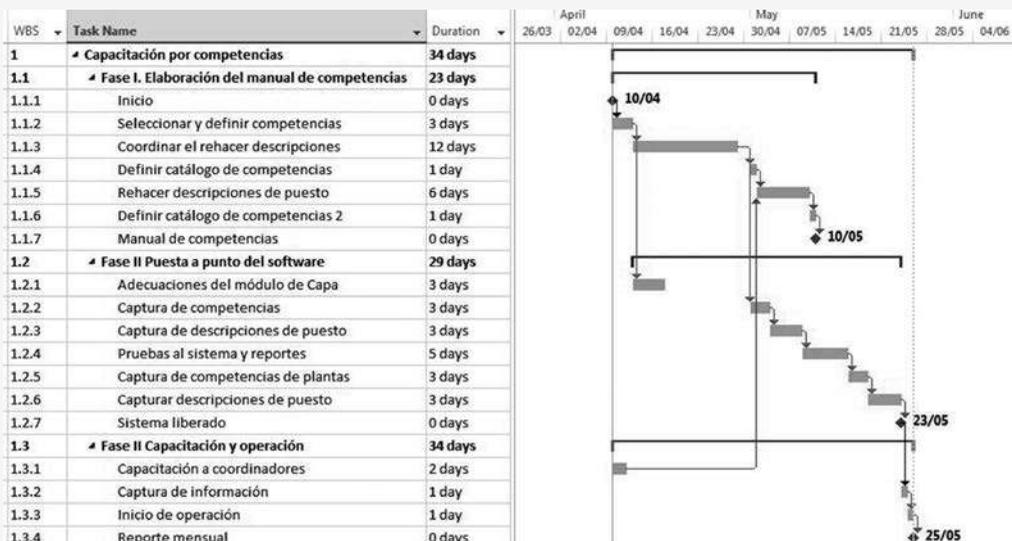
3. La ruta crítica tiene varias características, excepto una; señale cuál es.
 - a. Si se reduce la duración de alguna de sus actividades, se recorta la duración del proyecto.
 - b. Si se extiende la duración de alguna de sus actividades, se extiende la duración del proyecto.
 - c. Sus actividades no tienen holgura.
 - d. Sus actividades son de mayor complejidad.

La respuesta correcta es la d, porque la ruta y las actividades críticas no están relacionadas con la complejidad de las tareas, sino con el tiempo de ejecución. Por lo tanto, las respuestas a, b y c cumplen con el concepto de ruta crítica.

4. ¿Cuál de las opciones explica mejor la secuencia representada en la siguiente gráfica?



- a. La actividad de analizar requisitos debe iniciar 3 días después de que comience la actividad de recolectar requisitos.
 - b. La actividad de analizar los requisitos debe iniciar 3 días después de que termine la actividad de recolectar requisitos.
 - c. La actividad de analizar requisitos debe iniciar 3 días antes de que termine la actividad de recolectar requisitos.
 - d. La actividad de analizar requisitos debe terminar 3 días después de que termine la actividad de recolectar requisitos.
5. Analice el siguiente diagrama de Gantt y conteste las preguntas:
- a. ¿Cuáles son las fechas de inicio y de terminación del proyecto?
 - b. ¿Qué actividad se tiene que terminar o qué meta intermedia se debe entregar para iniciar la fase II (puesta a punto del software)?
 - c. ¿Qué característica principal le falta al diagrama y por lo cual no se pueden apreciar las actividades que tienen holgura?



6. ¿Cuál es la principal razón para aplicar las técnicas de asignación y nivelación de recursos en la programación de un proyecto?
- a. Tener mayor certeza de que los recursos serán suficientes.
 - b. Calcular el costo del proyecto.
 - c. Identificar la ruta crítica.
 - d. Seleccionar los recursos a utilizar en el proyecto.
7. De las siguientes opciones, ¿cuál es el gráfico que permite detectar más claramente la sobreasignación o subutilización de recursos a lo largo del proyecto?

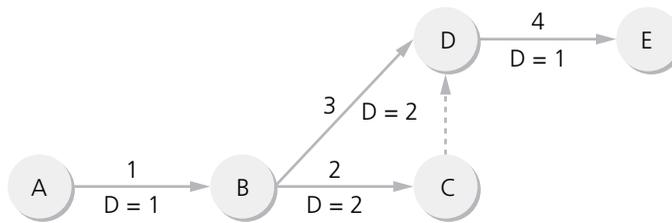
- a. Matriz de responsabilidades
 - b. Gráfico de Gantt
 - c. Red de proyectos
 - d. Diagrama de carga de trabajo
- 8.** ¿Cuál es el objetivo de nivelar recursos?
- a. Pagar menos tiempo extra.
 - b. Recortar la ruta crítica.
 - c. Reducir la sobreasignación o subutilización de recursos.
 - d. Asignar los recursos a las actividades.
- 9.** En la programación de un proyecto se sabe que los recursos están sobreasignados porque sus actividades están programadas de forma paralela, pero el costo total es aún menor que el presupuestado. ¿Cuál de las siguientes decisiones es más viable para no afectar el tiempo de ejecución de las actividades?
- a. Pagar tiempo extra, sin salirse del presupuesto, a los recursos sobreasignados.
 - b. Asignar recursos adicionales al proyecto para que trabajen el tiempo extra.
 - c. Prolongar la duración del proyecto.
 - d. Desplazar actividades que no tienen holgura.

Problemas

1. De acuerdo con la siguiente tabla de precedencias, desarrolle una red de proyectos AOA.

Núm.	Descripción	Duración	Predecesora
1	Diseñar	1	
2	Desarrollar	2	1
3	Probar	2	1
4	Entregar	1	2,3

Solución:

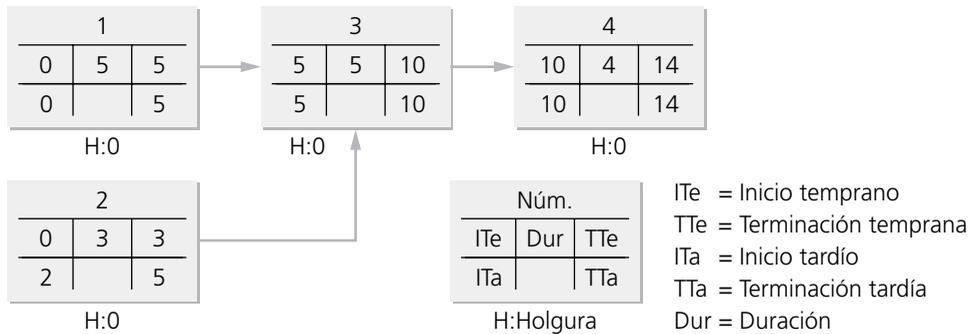


En esta red todas las actividades son críticas, porque la duración de las rutas 1-3-4 y 1-2-4 es de 4 unidades.

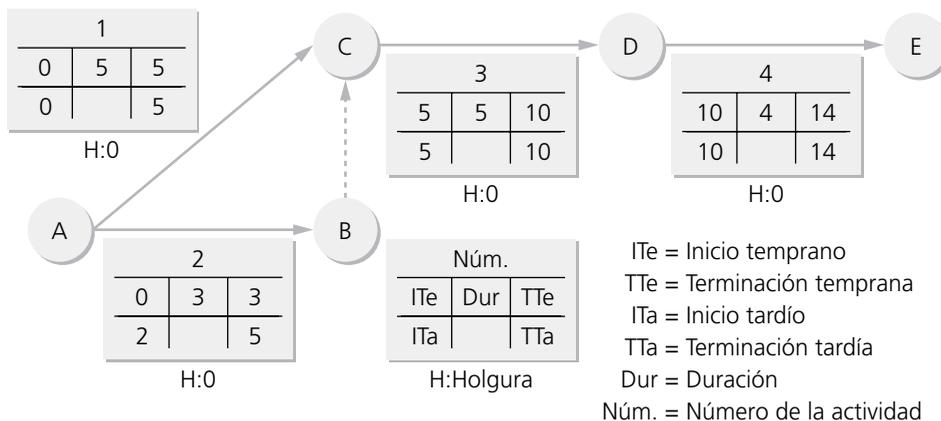
2. Desarrolle la red de proyectos con actividades en los nodos (AON) y en las flechas (AOA). Calcule los tiempos de inicio y de terminación, así como las holguras, e identifique la ruta crítica.

Núm.	Tarea	Duración	Predecesoras
1	Desembalar la prensa	5	
2	Preparar cimentación	3	
3	Montar la prensa	5	1,2
4	Arrancar prensa	4	3

Solución AON:



Solución AOA:



Nota: Los nodos se designaron con letras para no confundirlos con el número de la actividad.

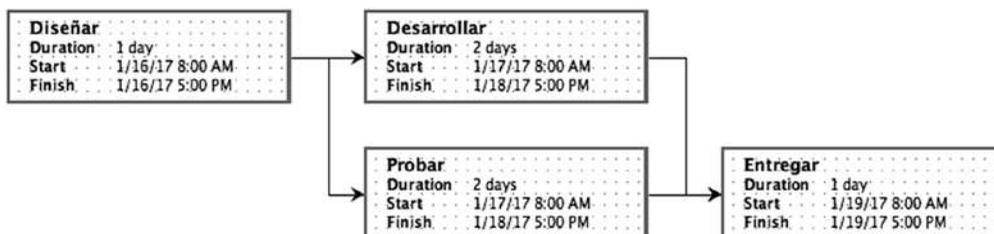
3. De acuerdo con la siguiente tabla de precedencias, desarrolle un diagrama de Gantt donde se muestre la ruta crítica.

Núm.	Descripción	Duración	Predecesora
1	Diseñar	1	
2	Desarrollar	2	1
3	Probar	2	1
4	Entregar	1	2,3

Solución:



Como se aprecia, todas las actividades son críticas, al igual que en la red AOA del primer ejercicio. La red AON, con el mismo software ProjectLibre™, se vería de la siguiente manera con fechas elegidas al azar:



4. Realice el diagrama de red AOA con la siguiente información; verifique que no haya actividades ficticias redundantes.

Actividad	Predecesora
A	–
B	–
C	A, B
D	B

5. Realice el diagrama de red AOA con la siguiente información; verifique que no haya actividades ficticias redundantes.

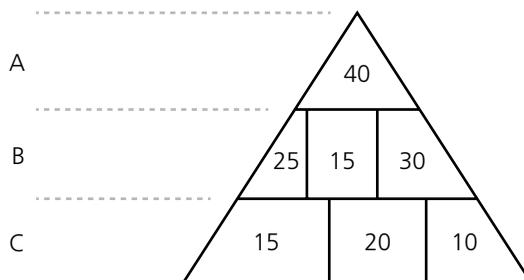
Actividad	Predecesora
A	–
B	–
C	–
D	A
E	A, B
F	B, C

6. Realice el diagrama de red AOA y AON con la siguiente información; verifique que no haya actividades ficticias redundantes. Calcule los tiempos de inicio y de terminación, así como las holguras, e identifique la ruta crítica. Determine el número total de días de duración del proyecto.

Id	Tarea	Predecesora	Duración (en días)
A	Firmar contrato	–	5
B	Diseñar cuestionario	A	5
C	Definir mercado meta	A	6
D	Encuestar muestra	B, C	13
E	Desarrollar presentación	B	6
F	Analizar resultados	D	4
G	Analizar demografía	C	9
H	Presentar al cliente	E, F, G	2

7. Una empresa desea dismantelar una estructura en forma de pirámide, como la que se muestra en la siguiente figura. Los números en cada bloque representan el tiempo en días que se tarda en dismantelar cada bloque. El inicio de las operaciones es el día 1 de diciembre; se trabaja un turno de 8 horas los 7 días de la semana. No se puede levantar un bloque sin haber retirado totalmente el de arriba. Nombre las actividades por su letra y número; por ejemplo, A40 es la actividad para retirar el bloque de arriba, y C10 es la actividad para retirar el bloque inferior de la derecha. Construya un diagrama AOA para definir claramente la secuencia, de manera que se pueda terminar lo más rápidamente posible. Calcule los inicios y las terminaciones

tempranos y tardíos, y con ello las holguras de cada actividad. Identifique la ruta crítica. ¿Cuál es la duración del proyecto? (Recomendación: Realice primero la tabla de actividades y predecesoras).



8. Elabore la red de proyectos AON a partir de la tabla de datos. Calcule los inicios y las terminaciones tempranos y tardíos, así como las holguras de las actividades, e identifique la ruta crítica. *Suposiciones:* Se trabaja de lunes a viernes de 8:00 am a 4:00 pm. Utilice el sistema del calendario; el proyecto empieza el martes 10 de mayo.

Núm.	Actividad	Duración	Actividad predecesora
1	Realizar el diagnóstico	5 días	Ninguna
2	Elaborar informe	3 días	1
3	Preparar propuesta	4 días	1
4	Entrenar personal	10 días	1
5	Realizar auditoría	4 días	4, 3, 2

9. De acuerdo con la siguiente tabla de actividades, realice el diagrama de red AON y los cálculos para la determinación de la ruta crítica. Tome en consideración lo siguiente:
- Los tiempos se indican en días laborables.
 - El proyecto inicia el 1 de agosto del 2017.
 - El horario laboral es de lunes a viernes de 8:00 a 5:00 pm.
 - Calcule los tiempos de inicio y terminación, así como las holguras de cada actividad.

ID	Actividad	Tiempo (en días)	Precedencia
1	Elaboración de planos	20	
2	Colocar bases y cimientos	8	1
3	Levantar los muros	7	2
4	Colocar el techo	5	3
5	Instalar las tuberías	5	4
6	Instalar el cableado eléctrico	3	3
7	Elaborar los contratos de servicios	4	5
8	Colocar ventanas y puertas	2	6
9	Pintar la casa	5	7, 8
10	Amueblar la casa	10	9

10. Se llevará a cabo un proyecto para organizar una carrera de 5 km de barrio. Con la tabla de datos mostrada, elabore un diagrama de Gantt con las siguientes características:
- Estructurado a dos niveles.
 - Con dos *milestones* importantes.
 - Debe mostrar las dependencias entre actividades.
 - Debe indicar la ruta crítica.

Considere que el proyecto se inicia el lunes 18 de abril.

Núm.	Nombre	Duración (en días)	Predecesora
1	Desarrollar publicidad	10	
2	Registrar participantes	10	
3	Conseguir patrocinios	10	
4	Comprar trofeos	5	3 I-I + 5 d
5	Conseguir voluntarios	5	2 FF
6	Entregar números	2	2
7	Realizar carrera	0.5	6
8	Realizar verbena	0.5	7

11. Usted ha sido designado como el *project manager* de un proyecto para remodelar un parque de la colonia donde vive. El plan de actividades se muestra a continuación.

Núm.	Nombre	Duración (en días)	Predecesor
1	Arreglar la cerca	2	
2	Cortar la hierba	1	1
3	Pintar banquetas	2	1,2
4	Reparar juegos	4	1
5	Pintar juegos	2	4
6	Preparar la inauguración	6	
7	Inaugurar	1	3,5,6
8	Inauguración	0	7

Para completar el plan del proyecto:

- Elabore el diagrama de Gantt con su *milestone* respectivo.
- Elabore la red del proyecto.
- Identifique la ruta crítica, así como las holguras totales.

Para desarrollar la remodelación, hay un grupo disponible de 3 estudiantes voluntarios. Se planea iniciar el proyecto el lunes 7 de agosto del 2017, y los fines de semana no se trabaja. ¿Cuál es la fecha más próxima en la que se puede inaugurar el parque asignando a los 3 estudiantes en las diferentes actividades?

12. Un equipo se encuentra estimando las duraciones de las actividades del proyecto a su cargo. Hay tres duraciones de actividades en las que no se ponen de acuerdo, por lo que el administrador del proyecto decide aplicar un método como el de **tres puntos** utilizado para la técnica PERT. Les pide que proporcionen su estimación menos favorable, la realista y la más favorable. Con estas tres estimaciones, calcule e indique en la tabla siguiente la duración esperada.

Nombre de la actividad	Duración más favorable	Duración realista	Duración menos favorable	Duración esperada
Fundir las piezas	3	5	5	
Empacar el pedido	2	4	6	
Transporte al sitio	3	6	9	

Planeación de costos y análisis de riesgos

Capítulo 6



6.1 Introducción

La preparación del **presupuesto** del proyecto consiste en estimar, detallar y, posteriormente, controlar los costos que se originan con la utilización de recursos humanos y materiales. Por medio de este proceso se responden cuatro preguntas básicas:

- ¿Qué recursos se requieren?
- ¿Cuánto cuestan?
- ¿Cuándo se van a necesitar?
- ¿Cómo se van a controlar?

En primer lugar, se **estiman** los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades programadas por medio del diagrama de Gantt o las redes del proyecto. El nivel de aproximación de la estimación dependerá de la cantidad de información con que se cuente y

está directamente relacionado con el ciclo de vida del proyecto; es decir, cuanto más se avanza en el proyecto, más información se tiene y mayor precisión se logra en la estimación de los recursos que se requieren. La figura 6.1 muestra esta relación.

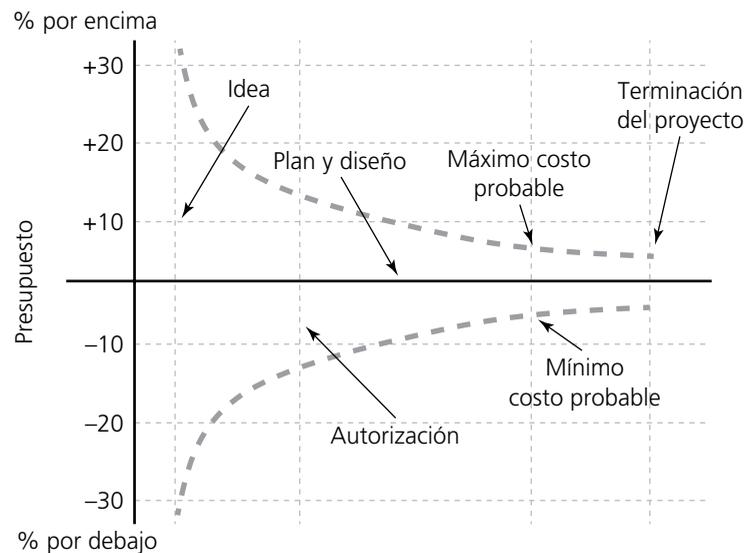


Figura 6.1 Relación entre el avance del proyecto y el grado de aproximación (porcentaje) en la estimación. [Figura adaptada a partir de Chakravartty, P. E. (1992). *Integrated Estimating Technique*. AACE Transactions].

El siguiente paso es obtener el **costo** de cada recurso. Hay dos rubros de costos principales que se deben considerar: los costos directos y los indirectos. La suma de éstos se integra y se estructura para presentarse a manera de **presupuesto**.

A continuación se **proyectan** los costos que integran el presupuesto a lo largo del proyecto, según se vayan a requerir. Esta operación es indispensable para asegurar que el dinero esté disponible en el momento adecuado y así evitar que las actividades se detengan por falta de liquidez.

El último paso consiste en establecer políticas, procedimientos y métodos de medición y **control de gastos**. Se busca alcanzar el objetivo de gastar lo que se tenía presupuestado.

Como en los proyectos suceden muchos imprevistos, se debe crear y mantener un sistema que permita gastar lo presupuestado en un nivel de tolerancia previamente acordado con el cliente. El esquema de control de gastos se analizará en el próximo capítulo.

6.2 Estimaciones

Una **estimación** es una valoración aproximada que se realiza ante la falta de información real. En general, se reconocen tres niveles de estimación, y cada uno se distingue por su nivel de aproximación al costo real que se presente en el momento de la ejecución: estimación por orden de magnitud, estimación para presupuestos y estimación definitiva.

La figura 6.2 muestra los tres niveles, su porcentaje de aproximación y la etapa en la que por lo general se aplican a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

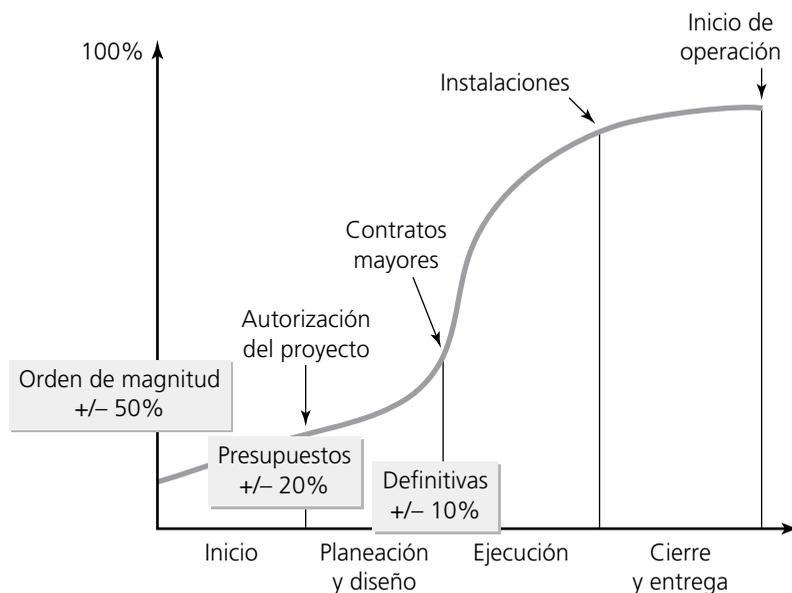


Figura 6.2 Tres niveles de estimación y su porcentaje de aproximación a lo largo de las etapas del proyecto.

Los porcentajes mostrados son valores aproximados y dependen del tipo de proyecto, es decir, cada estimación no necesariamente tendrá esa tolerancia, ya que podrá variar dependiendo de la precisión de los requerimientos, de la información histórica de costos o de la incertidumbre de las condiciones externas al proyecto.

Estimación por orden de magnitud

Esta estimación se utiliza en la etapa inicial del proyecto para llegar a un presupuesto razonable en el menor tiempo posible. Por lo general, se lleva a cabo considerando los costos de proyectos similares realizados en el pasado. A esos costos se les aplican factores de corrección debido al tiempo, como la inflación, la localización o cualquier otro factor de proceso que pueda diferir de la base.

Ejemplo:

Estime por orden de magnitud el costo de organizar un congreso nacional de administración de proyectos, con conferencistas internacionales, para una asistencia esperada de 900 personas. El congreso se llevará a cabo en la Ciudad de México en octubre del año en curso.

Para realizar la estimación, se investigan los costos de congresos anteriores similares y se encuentra que en la ciudad de Monterrey se llevó a cabo uno hace dos años con la asistencia de 600 personas y un costo de \$700,000.

Entonces, el nuevo congreso se llevará a cabo dos años después, con una inflación acumulada para ambos años del 5%, por lo que la estimación se eleva a \$735,000. El nivel de vida de Monterrey se considera 3% más caro que el de la Ciudad de México, por lo que la estimación se eleva a \$757,050. Por la diferencia de número de asistentes, se

estima que el costo del congreso se elevará un 50% (la diferencia entre 900 y 600 es de 300, es decir, un 50% más de los 600), lo que da un total de \$1,135,575 con una variabilidad de +/-50%. En otras palabras, el costo final podría elevarse hasta \$1,703,362.50 (50% más) o reducirse a \$567,787.50 (50% menos).

Estimación para presupuestos

Estas estimaciones se realizan para autorizar el presupuesto y se preparan después de que el administrador del proyecto realizó la mayor parte de la planeación del proyecto y una vez que el diseño conceptual del producto o servicio se aceptó.

Ejemplo:

Estime el costo para presupuesto de organizar un congreso nacional de administración de proyectos, con conferencistas internacionales, para una asistencia esperada de 900 personas. El congreso se llevará a cabo en la ciudad de Monterrey en octubre del año en curso. Se tienen los siguientes datos adicionales:

- Se llevará a cabo en un centro de convenciones cuya cotización indica que el precio del evento es de \$400,000, incluido el servicio de alimentos y café.
- Asistirán 5 conferencistas nacionales, cuyos honorarios promedio ascienden a \$3,000 c/u.
- Asistirán 5 conferencistas internacionales, cuyos honorarios ascienden a \$30,000 c/u, incluyendo viáticos.
- Los gastos de publicidad se estiman en \$45,000.

La estimación para presupuesto es la siguiente:

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Total
Sala de conferencias	1	\$400,000.00	\$400,000.00
Conferencistas nacionales	5	\$3,000.00	\$15,000.00
Conferencistas internacionales	5	\$30,000.00	\$150,000.00
Publicidad	1	\$45,000.00	\$45,000.00
Otros gastos, 20% (asistentes, transportes, papelería)			\$122,000.00
Imprevistos, 15%			\$109,800.00
Total			\$841,800.00

Debe notarse que, en este caso, la variabilidad está contemplada en el rubro "Imprevistos". El valor de 15% viene dado por la experiencia en el tipo de proyecto que se está realizando y por la precisión en la información de los rubros principales.

Estimación definitiva

Esta estimación debe ser la más detallada y se utiliza como herramienta de control del proyecto. Se realiza a partir del diseño en detalle del producto o servicio con información basada en planos, especificaciones, paquetes de trabajo y cotizaciones en firme.

Por ejemplo, una estimación detallada del congreso sobre administración de proyectos en la ciudad de Monterrey podría verse como se muestra en la tabla 6.1. Observe que los precios son más detallados y el porcentaje de imprevistos es del 5% porque ya se cuenta con mayor información.

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Total
Sala de conferencias			\$353,000
Salón	1	\$50,000	\$50,000
Servicio de café	900	\$90	\$81,000
Servicio de alimentos	900	\$180	\$162,000
Equipo de audio y video	1	\$25,000	\$25,000
Internet	1	\$35,000	\$35,000
Conferencistas nacionales	4	\$3,000	\$12,000
Conferencistas internacionales	6	\$30,000	\$180,000
Publicidad	1	\$47,500	\$47,500
Otros gastos			\$78,000
Asistentes	5	\$5,000	\$25,000
Transporte	4	\$12,000	\$48,000
Papelería	1	\$5,000	\$5,000
Imprevistos, 5%			\$33,525
Total			\$704,025

Tabla 6.1 Ejemplo de estimación definitiva.

La precisión en las estimaciones varía de acuerdo con la información disponible y con la etapa del ciclo de vida del proyecto.

6.3 Costos

Definición y clasificación

De acuerdo con la Asociación Americana de Ingeniería de Costos (ACE), los **costos** son:

La cantidad medible en dinero, gastada en forma de efectivo o crédito a cambio de bienes y/o servicios recibidos.¹

En otras palabras, los costos en un proyecto se generan por adquisiciones de equipos y materiales (bienes) y por el pago del uso de recursos para desarrollar actividades (servicio).

Los costos se desglosan en **directos** e **indirectos**. Hay muchas maneras de definirlos, dependiendo de la industria o sector. En términos prácticos y aplicados al costeo de proyectos, se definen de la siguiente manera:

¹ www.aacei.org

- *Costos directos*: Son los costos atribuidos directamente a la realización de una actividad en específico. Por ejemplo, los costos directos de pintar una pared son: el sueldo del pintor, así como el costo de la pintura y de los materiales necesarios para prepararla y hacer limpieza.
- *Costos indirectos*: Son aquellos que no se relacionan directamente con el desarrollo del alcance del proyecto. Por ejemplo, el salario de un supervisor de pintores o la renta del taller de pintura. Ambos costos se ejercen independientemente del número de muros que pinte el trabajador.

La AACE clasifica los costos directos e indirectos como se muestra en la figura 6.3.



Figura 6.3 Tipos de costos: directos e indirectos.

Cálculo de costos directos

Los costos generados por bienes (materiales y equipo) se adicionan al costo de la actividad, ya sea al principio de la actividad, prorrateados o al final de la misma, dependiendo del momento en el que se utilicen o del tipo de contratación.

Por ejemplo, si una actividad como **procesamiento de datos** se efectúa en un mes y para llevarla a cabo se requiere comprar un servidor cuyo costo es de \$100,000, se puede asignar el costo directo ya sea el primer día que se ejecute, de manera prorrateada a razón de \$25,000 por semana, o bien, el último día que se realice.

La manera de efectuar el cálculo de costos por mano de obra se basa en el tiempo que se emplea el recurso multiplicado por el costo por unidad de tiempo. La unidad de tiempo más común para realizar el cálculo es por hora. Esta manera se representa mediante la fórmula:

$$C(\$) = H-R (H) * CR (\$/H)$$

donde:

C = Costo de la actividad en pesos (o cualquier otra divisa)

H-R = Horas de recurso; por ejemplo, hora-diseñador, hora-analista, hora-soldador

CR = Costo del recurso por hora

En general, se cumple que para calcular las horas de recurso:

$$H-R (H) = NR \times HJ \times NJ$$

donde:

NR = Número de recursos

HJ = Horas de la jornada laboral; por lo general, 8 horas a menos que se especifique otra cantidad

NJ = Número de jornadas

Ejemplo 1:

En una actividad van a trabajar dos diseñadores durante dos días y su salario se estima en \$100/hr. Suponga que la jornada laboral es de 8 horas. ¿Cuál es el costo de la actividad?

La primera parte de la solución consiste en calcular el número total de horas-diseñador (H-D).

$$H-D = 2 \text{ diseñadores} \times 8 \text{ horas} \times 2 \text{ días} = 32 \text{ horas-diseñador (H-D)}$$

El costo de la actividad será:

$$C(\$) = 32 \text{ H-D} \times \$100 / \text{H-D} = \$3,200.$$

Ejemplo 2:

Tres analistas programadores (AP) son asignados para migrar un servidor en cuatro días, trabajando turno completo. El sueldo es 50 dólares/hr y la jornada laboral es de 8 horas. ¿Cuál es el costo de la actividad?

Primero se calcula el número de horas de recurso (H-AP) necesario para migrar el servidor.

$$H-AP = 3 \text{ AP} \times 8 \text{ H/J} \times 4 \text{ J} = 96 \text{ H-AP}$$

El costo de la actividad será:

$$\begin{aligned} CA &= 96 \text{ H-AP} \times \$50/\text{H-AP} \\ CA &= 4,800 \text{ dólares.} \end{aligned}$$

Ejemplo 3:

¿Cuánto tiempo, expresado en jornadas laborales, les tomará a los 3 programadores migrar el servidor si trabajan medio tiempo, y cuál será el costo de la actividad?

El hecho de que trabajen medio tiempo quiere decir que su jornada laboral será de 4 horas diarias.

Se puede utilizar la expresión:

$$H-R (H) = NR \times HJ \times NJ$$

Al despejar:

$$NJ = H-R / NR \times HJ$$

$$NJ = 96 \text{ H-AP} / (3 \text{ AP} \times 4 \text{ H/J}) = 8 \text{ jornadas o días del calendario.}$$

Es decir, el principio de linealidad se cumple, ya que los analistas programadores trabajan la mitad de la jornada y, según el cálculo, harán el trabajo en el doble del tiempo.

Ejemplo 4:

Si realizar una migración de servidor tarda normalmente 4 días con 3 analistas programadores, pero ahora se requiere que lo hagan en 3 días, ¿cuántas horas por jornada requiere invertir cada analista programador? Si el costo por hora extra es el doble (\$100/hr) del costo por turno normal (\$50/hr), ¿cuál es el costo total de la actividad?

En primer lugar, se sabe que la migración del servidor requiere 96 H-AP.

Al utilizar la expresión

$$H-R (H) = NR \times HJ \times NJ,$$

podemos determinar las horas por jornada (HJ) que se necesitan para que 3 AP(NR) migren el servidor en 3 días (NJ).

Al despejar:

$$\begin{aligned} HJ &= H-R (H) / NR \times NJ \\ HJ &= 96 / (3 \times 3) = 10.67 \text{ HJ} \end{aligned}$$

De ellas, 8 se pagan a costo normal y 2.67 a costo extra.

El costo por cada analista programador por las 3 jornadas es:

$$CA/AP = ((8 \times 50) + (2.67 \times 100)) \times 3 J = 2,000 \text{ para cada AP}$$

El costo total de la actividad es:

$$CA = CA/AP \times 3 \text{ AP} = \$6,000$$

Otra forma de obtener el costo es la siguiente:

Calculamos las horas de trabajo de los 3 AP en turno normal mediante la expresión:

$$\begin{aligned} H-R (H) &= NR \times HJ \times NJ \\ HR &= 3 \times 8 \times 3 = 72 \text{ H-AP} \end{aligned}$$

Las horas que se requieren para migrar un servidor son 96 H-AP, por lo que se requieren 24 H-AP adicionales (96 – 72).

Entonces:

$$\begin{aligned} CA (\text{turno normal}) &= 72 \times 50 = \$3,600 \text{ dólares} \\ CA (\text{turno extra}) &= 24 \times 100 = \$2,400 \text{ dólares} \\ CA (\text{total}) &= \$6,000 \text{ dólares.} \end{aligned}$$

Las horas extra por jornada de cada AP son:

$$HE = 24 / (3AP \times 3J) = 2.667$$

Cálculo de costos indirectos

La manera en que se calculan los costos indirectos para una actividad o un proyecto es aplicando un porcentaje de gastos directos.

Ejemplo:

Calcule el costo total (directos más indirectos) de la instalación de un servidor llevada a cabo por 3 analistas programadores en 4 días.

En la sección anterior se encontró que el costo directo de la actividad es:

$$CA = \$4,800$$

Se estima que el porcentaje de indirectos es del 15%:

$$CT = 4800 \times 1.15 = \$5,520$$

Evidentemente, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo se calcula o se estima el porcentaje de los costos indirectos?

Recordando que los costos indirectos son aquellos que no se pueden asignar directamente a una actividad, para el ejemplo de tres analistas programadores que instalan un servidor habrá que listar algunos costos que se requieren, suponiendo que trabajan en una empresa de instalación de redes. Tales costos corresponden al pago de:

- El jefe de los analistas programadores
- Renta de la oficina
- Secretaria de la oficina
- Servicios de teléfono, luz, agua, internet
- Impuestos

Como se aprecia, los costos generados por los rubros anteriores no son exclusivos para la actividad de instalar un servidor, sino necesarios para el funcionamiento de la empresa.

Entonces, el porcentaje de indirectos se obtiene de dos maneras:

a) *Recolección de datos y prorrateo*. Se integran todos los costos que se generaron en la empresa durante el año, es decir, los costos totales. Se integran también todos los costos directos aplicados en los proyectos. El porcentaje de indirectos se obtiene como sigue:

$$\% \text{ indirectos} = [1 - (\text{costos directos} / \text{costos totales})] \times 100$$

Por ejemplo, suponga que la empresa de instalación de redes tuvo un ingreso total de \$1,000,000 en el año anterior y que sus costos directos fueron de \$700,000. Entonces, el porcentaje de indirectos que tuvo la empresa fue de:

$$\% \text{ indirectos} = [1 - (700,000/1,000,000)] \times 100 = 30\%$$

Por lo tanto, esta empresa asignará un 30% de indirectos cuando genere presupuestos.

b) *Razón de carga estimada*. Es una variante del método anterior en el que las empresas estiman el número de proyectos que van a realizar durante el siguiente año en relación con el anterior y, en función de ello, varían el porcentaje.

Por ejemplo, la empresa de instalación de redes realizó 5 proyectos el año anterior, con lo cual obtuvo que su porcentaje de indirectos fue de 30%. Sin embargo, se prevé que el año siguiente se podrán vender 10 proyectos, debido a las proyecciones de la actividad económica.

El porcentaje de indirectos se calcularía como sigue:

Costos directos estimados: \$1,400,000 (se supone que el costo aumenta linealmente al doble).

Costos indirectos estimados: \$300,000 (son los mismos que el año anterior porque se supone que no aumentan con el incremento en el número de proyectos).

$$\% \text{ indirectos} = [1 - (1,400,000/1,700,000)] \times 100 = 17.65\%$$

Si en la empresa se considera que es posible desarrollar el doble de proyectos sin incrementar los costos por supervisión, oficina y luz, entre otros, entonces se asignará el 17.65%. Pero lo más probable es que haya algunos incrementos en los costos indirectos; por ejemplo, en los impuestos, ya que cuanto mayores sean los ingresos, mayor será la carga fiscal. Entonces se harán las estimaciones para aumentar el porcentaje de indirectos a un 20%.

Este porcentaje estimado se irá revisando conforme transcurra el año, porque se basa en la suposición de que se realizarán 10 proyectos. Si no se van a alcanzar, habría que aumentarlo porque, de otra manera, no se podrán sostener los gastos generados.

Por otro lado, si al transcurrir el año se estima que se van a hacer más proyectos que los 10 que se estimaron, habrá que decidir si se reduce el porcentaje de indirectos para ser más competitivos en las cotizaciones, o se deja fijo aumentando con ello la utilidad a costa de arriesgar la competitividad.

Reservas para imprevistos y contingencias

Una vez que se calculan los costos totales del proyecto (directos más indirectos), es útil asignar un porcentaje de ellos para evitar problemas económicos debido a variaciones o incidentes imprevistos. Ese costo adicional se conoce como **reserva** y se clasifica en dos tipos:

a) **Reserva para imprevistos.** Se dice que estos fondos están destinados a “imprevistos previstos”. Se utiliza para prevenir desviaciones imputables al proyecto, como cambios en el costo de materiales, modificación en la productividad de la mano de obra, errores en el diseño, retrasos por causas predecibles (como lluvia) o deficiencia en la entrega de materiales.

Por lo regular, este fondo de reserva aparece en el presupuesto dentro del rubro “Imprevistos” u “Otros” y es administrado por el líder del proyecto.

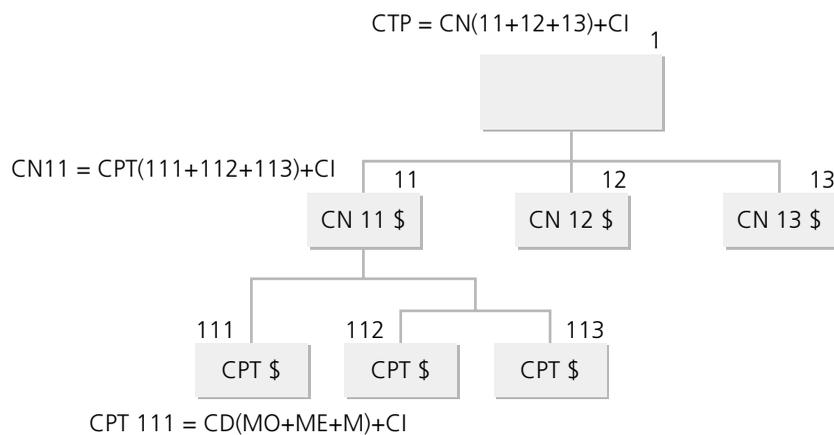
b) **Reserva para contingencias.** Son fondos para prevenir desviaciones que están fuera del alcance del proyecto, como cambios de alcance establecidos por el cliente, devaluaciones, recesión, inflación acelerada o desastres (“acts of God”). Así, se dice que la reserva para contingencias se destina a “imprevistos verdaderamente imprevistos”. Por lo general, esta reserva no se incluye en el presupuesto del proyecto que se presenta al cliente, porque es éste quien decide su monto y su administración.

El coordinador del proyecto administra las reservas para imprevistos, mientras que el cliente se encarga de administrar las reservas para contingencias.

6.4 Presupuesto

Una vez que se han estimado y calculado los costos directos, indirectos y las reservas, hay que integrarlos en un **presupuesto**. El objetivo principal es comunicar de manera clara y ordenada los gastos del proyecto a todos los implicados, es decir, a los clientes, directivos, equipo de trabajo y a proveedores, cuando se requiera.

La estructura de la división del trabajo (EDT) facilita la integración del presupuesto, ya que de forma sistemática se costean los paquetes de trabajo y se suman de acuerdo con los niveles superiores de la estructura, como se muestra en la figura 6.4. Los costos indirectos se calculan en cada paquete de trabajo y en cada nivel, si el proyecto es muy grande, o bien, se calculan solamente en el primer nivel si el proyecto es pequeño.



MO = mano de obra (H-R), ME = maquinaria y equipo, M = materiales, CI = costo indirecto, CPT = costo del paquete de trabajo, CN = costo del nivel, CTP = costo total del proyecto.

Figura 6.4 Vista esquemática de la estructura de la división de costos (EDC).

El término adecuado para designar el presupuesto reflejado en la EDT es **estructura de la división de costos (EDC)**. La figura 6.5 muestra un ejemplo completo de una EDC de un proyecto para desarrollo de pequeñas y medianas empresas (PYME). Observe que el nivel 1.2, Investigación y desarrollo, no presenta costos. La razón es que el proyecto se realizaría en dos fases, e investigación y desarrollo se dejó para la segunda.

La EDC se puede presentar en forma de diagrama de árbol, pero es más común mostrarla en forma de lista estructurada con sus respectivos códigos que indican el nivel. La figura 6.6 muestra la EDC de un proyecto en esta forma, donde además se presenta la información del tipo de costo a erogar. Por sencillez, se muestran solamente los paquetes de trabajo de los niveles 1 y 7. Los costos con el código 9 corresponden a los costos indirectos.

Cuando el presupuesto se ha integrado en la EDC y se requiere conocer **cuándo** se va a gastar, se elabora el diagrama de flujo y la curva de costo acumulado. La figura 6.7 ejemplifica estas dos herramientas.

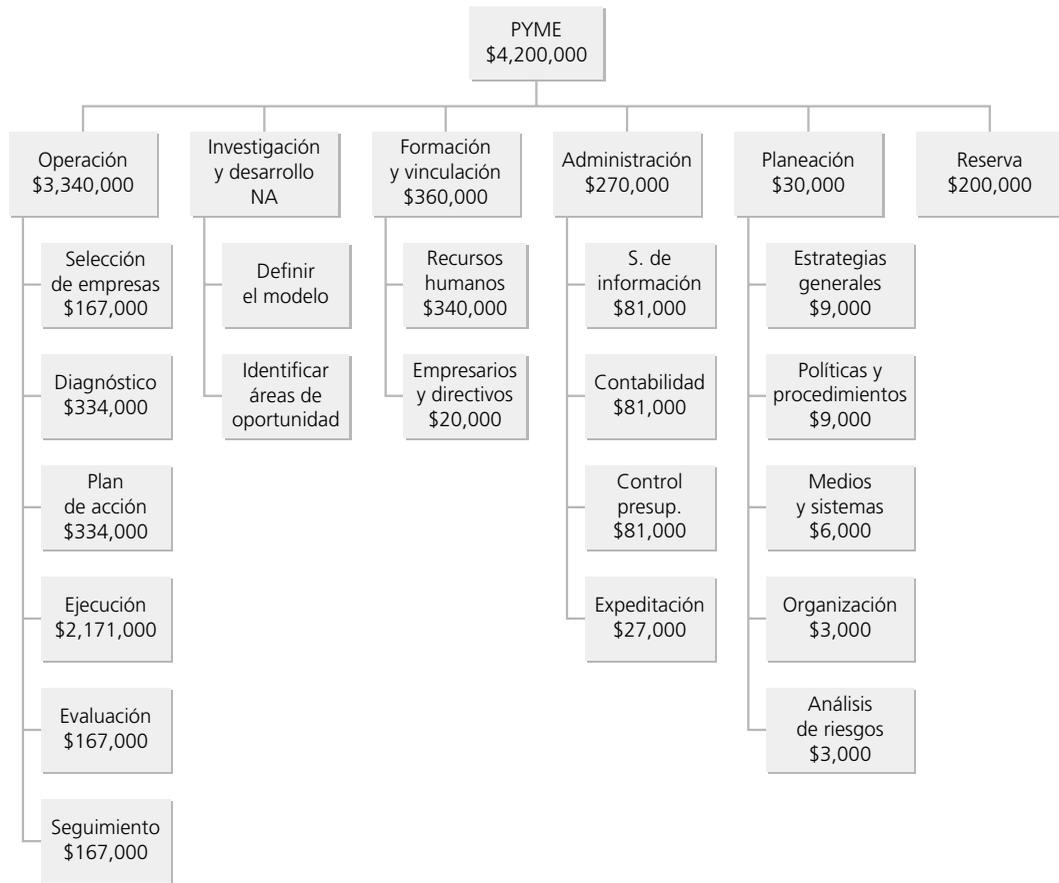


Figura 6.5 Ejemplo de una estructura de la división de costos para el proyecto PYME.

Centro de distribución	Obra civil	Obra mecánica	Obra eléctrica	Administrativos y reservas	Total
112 Obra civil	\$350,000				\$350,000
121 Oficinas administrativas	\$54,880				\$54,880
161 Caminos interiores	\$408,725		\$55,748		\$464,473
165 Jardines	\$15,490				\$15,490
166 Drenaje pluvial	\$72,380				\$72,380
167 Bardas perimetrales	\$47,647				\$47,647
168 Vías de tren	\$261,860				\$261,860
712 Andenes de recepción		\$109,557	\$11,114		\$120,671
715 Silos de almacenamiento	\$1,129,678	\$876,519	\$48,985		\$2,055,182
716 Bandas transportadoras	\$334,734	\$648,485	\$64,352		\$1,047,571
719 Subestación eléctrica			\$289,323		\$289,323
732 Andenes de carga		\$476,363	\$55,618		\$531,981
912 Honorarios administrativos				\$325,500	\$325,500
913 Gastos de viaje				\$40,970	\$40,970
966 Imprevistos y contingencias				\$574,993	\$574,993
Total	\$2,675,394	\$2,110,924	\$525,140	\$941,463	\$6,252,921

Figura 6.6 Estructura de la división de costos y los diferentes rubros de costo.

Actividad	Duración	Costo	Costo/Sem	Semanas														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
A	2	\$10	\$5	\$5	\$5													
B	4	\$40	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10											
C	5	\$100	\$20					\$20	\$20	\$20	\$20	\$20						
D	4	\$60	\$15			\$15	\$15	\$15	\$15									
E	4	\$20	\$5										\$5	\$5	\$5	\$5		
F	7	\$70	\$10					\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10	\$10				
Flujo de efectivo				\$15	\$15	\$25	\$25	\$45	\$45	\$30	\$30	\$30	\$15	\$15	\$5	\$5		
Acumulado				\$15	\$30	\$55	\$80	\$125	\$170	\$200	\$230	\$260	\$275	\$290	\$295	\$300		

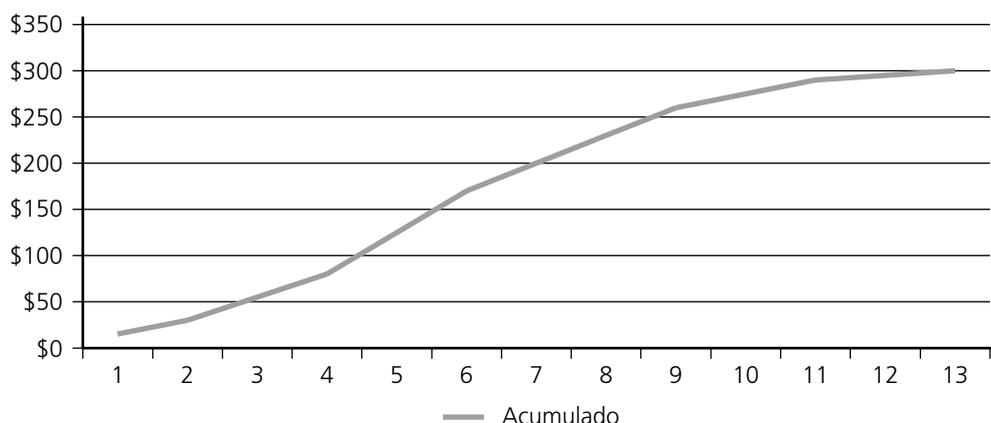


Figura 6.7 Diagrama de flujo de caja y costo acumulado.

El diagrama de flujo se elabora tomando en cuenta el costo, el diagrama de Gantt y la periodicidad con la que se desea conocer los flujos, ya sea semanal, quincenal o mensual. Por ejemplo, la actividad C del diagrama de Gantt de la figura 6.7 tiene una duración de 5 semanas y un costo de \$100. Ese costo se prorroga en las 5 semanas, quedando 20 por semana. Se procede de la misma forma con todas las actividades y, posteriormente, se suman los costos de cada una de las semanas del proyecto para obtener el **flujo de efectivo** necesario para el proyecto (vea la tabla central de la figura 6.7). Con la suma **acumulada** de todos esos costos semanales se elabora la curva respectiva, tal como se muestra en la parte inferior de la figura 6.7. Esta curva se suele llamar curva S por su forma parecida a dicha letra, y se utilizará para compararla con la curva acumulada de gastos reales y así llevar un control adecuado al comparar con el presupuesto.

La estructura de la división de costos (EDC) integra el presupuesto con base en la misma estructura de la división del trabajo (EDT).

6.5 Identificar y controlar el riesgo

“Más vale prevenir que lamentar.”

Todo proyecto implica riesgos debido a la incertidumbre y los posibles cambios internos y externos. Llevar a una buena administración de riesgos es necesario para prevenirlos, evitarlos o, al menos, disminuir sus efectos.

El ciclo de la administración de riesgos consiste en identificar, evaluar, priorizar, aplicar acciones de respuesta y efectuar un seguimiento.

Para la evaluación de los riesgos existen técnicas cualitativas y cuantitativas. En esta sección se hace referencia a un tipo de evaluación cualitativa de riesgos, conocida como **método del impacto por prioridad**.

Los pasos para llevar a cabo el análisis de riesgos de manera cualitativa son los siguientes:

1. Listar los riesgos

Identificar los riesgos latentes con los principales involucrados en el proyecto.

2. Definir probabilidad e impacto

Determinar para cada riesgo la probabilidad de ocurrencia en valores entre 0 y 1, así como el impacto en valores entre 1 y 10. Se multiplican ambos valores para evaluar la importancia de los riesgos.

3. Establecer prioridad

En función de la importancia del riesgo (el valor probabilidad \times el impacto), se prioriza la lista de riesgos.

4. Implementar acciones

Identificar las acciones para prevenir, evitar o mitigar los tres riesgos más importantes del proyecto.

La tabla 6.2 muestra el resultado del análisis de riesgos.

Riesgo	Impacto	Probabilidad	Peso	Acciones	Costos y recursos
Falta de profesores	8	0.5	4	Contratar a una empresa externa	Costo de contratación
Demora del equipo	6	0.5	3	Transporte alternativo	Costo de reservación
Falta de habilidades de profesores	8	0.1	0.8	Aplicar exámenes	Horas invertidas
Falta de participación	9	0.3	2.7	Promoción y publicidad	Costo de publicidad

Tabla 6.2 Resultado del análisis de riesgos.

Se deben listar los riesgos latentes, los que más preocupan al equipo del proyecto, porque sería muy costoso atenderlos todos. Una vez que se tienen listados los riesgos latentes, se les asigna un valor de probabilidad de ocurrencia (normalmente, entre 0 y 1)

y un valor de impacto si el riesgo se materializa (por lo general, entre 0 y 10). Hay que tener cuidado de fijar una escala de valor para la probabilidad y el impacto. Por ejemplo, un valor de 0.1 a 0.3 implica un riesgo poco probable; de 0.4 a 0.7, un riesgo probable; y de 0.8 a 0.9, un riesgo muy probable (no se consideran el 0 ni el 1).

Se recomienda proponer acciones solamente para los riesgos con mayor prioridad, es decir, a los primeros tres, cuatro o cinco, no a todos los listados. De esa forma, se tendrá una mejor percepción de su importancia relativa. Por último, los equipos de trabajo llevan a cabo las acciones listadas como parte de las actividades del proyecto. De manera periódica, se tiene que revisar la lista de riesgos para ver si han dejado de tener importancia o si han aparecido nuevos.

6.6 Recomendaciones prácticas

La estimación de costos debe ser igualmente proporcional a la etapa del proyecto y a la rapidez con que se quiera llevar a cabo. En una etapa conceptual o cuando el cliente del proyecto solicite una estimación para considerar la posibilidad de iniciar o aprobar un proyecto, se requiere aplicar una estimación por orden de magnitud, rápida y con un rango de variabilidad adecuado. No tiene sentido aplicar costeo a detalle cuando el cliente ni siquiera está seguro de contar con fondos para el proyecto.

El análisis de riesgos se aplica en una proporción similar al impacto que conlleva una falla en el proyecto. En muchas ocasiones, no se efectúa un análisis de riesgo sistemático porque el caso específico no lo amerita realmente. Por ejemplo, en un proyecto para mejorar un proceso administrativo como el de “inscripciones a un evento”, tal vez resulte más práctico corregir sobre la marcha que invertir tiempo en el análisis de riesgos. En esos casos, es mejor que el coordinador del proyecto comente con el equipo de trabajo cuáles son las posibilidades de falla, con la finalidad de aplicar acciones rápidas y económicas. Por el contrario, en aquellos proyectos en los que las fallas implican desembolso de dinero no presupuestado o accidentes de personas, se requiere invertir una cantidad considerable de tiempo para realizar un proceso completo y detallado.

6.7 De la experiencia

Una empresa dedicada a la producción de alto volumen de cierto producto tenía métodos y herramientas de costeo muy completas y adecuadas, pero orientadas al costeo detallado o estimaciones definitivas. Por esa razón, en cada cotización que les solicitaban se invertía mucho esfuerzo y tiempo para llevarla a cabo. Y lo que era peor: en muchas ocasiones los clientes no aceptaban la cotización, ya sea porque el precio era muy elevado o por la demora en efectuar la entrega.

La directora y la persona responsable de costos solicitaron una asesoría para encontrar técnicas que les permitieran elaborar más rápidamente las cotizaciones, pero sin elevar demasiado el riesgo de hacer sobrestimaciones o subestimaciones. Así, se trabajó en desarrollar el ciclo de vida para el desarrollo de nuevos productos a partir de proyectos anteriores. Una vez que esto se representó en un gráfico, se investigó a partir de proyectos anteriores cuánto se había gastado aproximadamente en cada etapa; de esa manera, se obtuvieron porcentajes adecuados al costo total del proyecto. Después de revisar la

información histórica de alrededor de diez proyectos, se llegó a la propuesta del porcentaje de costo correspondiente a cada etapa, como se refleja en la figura 6.8. De acuerdo con la experiencia, los porcentajes se encuentran dentro de un rango aceptable: la etapa de ejecución en los proyectos va por lo regular de 60 a 80% de la inversión total, mientras que las etapas de diseño o ingeniería representan del 5 al 20% del costo del proyecto.

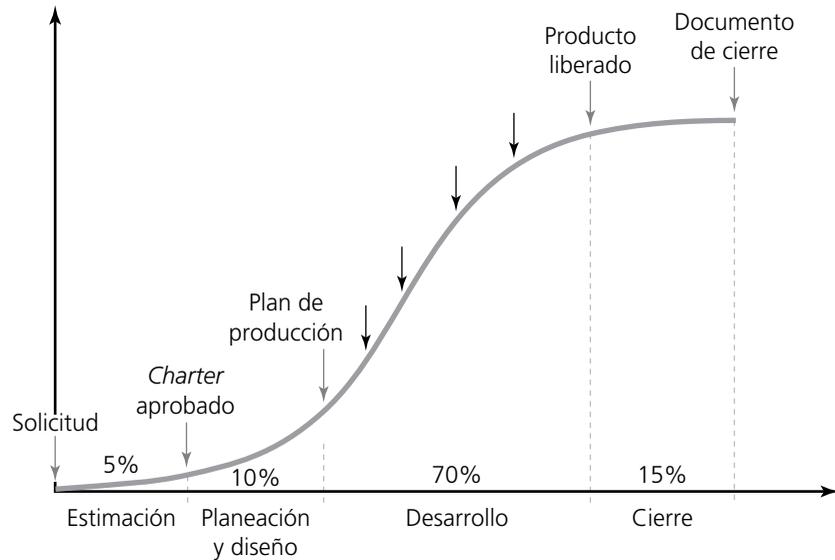


Figura 6.8 Ciclo de vida del proyecto y porcentaje de costo en cada etapa.

El gráfico anterior y los porcentajes de avance facilitaron las estimaciones porque de ahí en adelante el equipo se abocaría a costear la etapa de planeación y diseño solamente, para obtener de forma proporcional el costo total. De acuerdo con los métodos de estimación, se propuso adicionar un índice de variabilidad del 10%, por considerar que se trataba de una estimación para presupuestos.

Por ejemplo, suponiendo que costeaban la etapa de planeación y diseño en \$10,000, entonces el costo total del proyecto se cotizaría en \$100,000 al cliente porque \$10,000 representa el 10% de \$100,000. En la cotización aparecía la variabilidad correspondiente a la estimación de +/- 10%.

Preguntas de repaso y para reflexión

1. Relacione los conceptos de estimación, colocando la letra correspondiente dentro de cada paréntesis.

a. Es un nivel de estimación apropiado para negociaciones iniciales.	() Estimaciones para presupuestos
b. Es un nivel de estimación para autorización del proyecto.	() Estimaciones por orden de magnitud
c. Es un nivel de estimación para control.	() Definitivas

Solución:

a. Es un nivel de estimación apropiado para negociaciones iniciales.	(b) Estimaciones para presupuestos
b. Es un nivel de estimación para autorización del proyecto.	(a) Estimaciones por orden de magnitud
c. Es un nivel de estimación para control.	(c) Definitivas

2. Suponga que trabaja como líder de varios proyectos de una compañía de sistemas de información y que una clínica rural lo contrata para un proyecto adicional cuyo objetivo es: instalar un sistema computarizado de archivos clínicos para sustituir el Kardex (sistema manual y en papel). Para elaborar el presupuesto, tendrá que identificar entre los siguientes rubros de costo cuáles son directos y cuáles indirectos. Indique cuál es un costo administrativo.
- Las computadoras para que la clínica opere el nuevo sistema.
 - El costo para la capacitación del personal.
 - El costo de contratarlo como líder del proyecto.
 - El software que su empresa va a desarrollar para administración de Kardex.

La respuesta correcta es la c, el costo de contratarlo como líder del proyecto, porque se indica en el problema que el líder trabaja en varios proyectos. Éste es un costo típicamente administrativo porque no se carga a un solo proyecto, sino a varios.

3. Ordene en la columna de la derecha los pasos del ciclo de administración de riesgos que se mencionan en la columna derecha.

Pasos en desorden	Pasos en orden
Priorización	
Evaluación	
Seguimiento	
Identificación	
Acciones de respuesta	

Solución:

Pasos en desorden	Pasos en orden
Priorización	Identificación
Evaluación	Evaluación
Seguimiento	Priorización
Identificación	Acciones de respuesta
Acciones de respuesta	Seguimiento

4. Relacione el método de estimación con la información requerida para aplicarlo. Para ello, coloque la letra correspondiente dentro de cada paréntesis.

Método de estimación	Información
a. Orden de magnitud	() Del diseño conceptual y la planeación
b. Presupuesto	() Información de proyectos similares
c. Definitivas	() Del diseño de detalle del producto o servicio

5. ¿Quién administra el fondo de contingencia?
- El administrador del proyecto
 - El usuario del proyecto
 - El cliente del proyecto
 - El equipo del proyecto
6. De la siguiente lista, indique cuáles factores se consideran imprevistos y cuáles de contingencia:
- Requerimiento de un cambio por el cliente.
 - Incremento en el salario de los trabajadores.
 - Accidentes laborales.
 - Terremoto en un lugar donde normalmente no tiembla.
 - Retrasos por nevada.
 - Toma de instalaciones por grupos subversivos.
7. Elaborar la curva S del presupuesto acumulado sirve primordialmente para:
- Conocer los desembolsos por periodo a lo largo del proyecto.
 - Calcular los indirectos.
 - Propósitos fiscales.
 - Llevar un control al comparar con los gastos reales.
8. De la siguiente lista, indique cuáles elementos son costos directos y cuáles indirectos.
- Viaje para visitar al proveedor.
 - Renta de oficinas.
 - Recibos telefónicos.
 - Especialistas que realizan las actividades.
 - Comida en el sitio del proyecto.

9. ¿Cómo se llama la herramienta para integrar el presupuesto que corresponde con la estructura de la división del trabajo?
10. ¿Qué acciones tomaría con la finalidad de prevenir los siguientes riesgos en un proyecto para construir una red de agua contra incendios en una planta procesadora de papel?

Riesgo	Acción
Que la presión del agua no sea suficiente para todas las llaves de salida.	
Que alguna de las tomas de agua quede bloqueada.	
Que se rompa alguno de los tubos que están debajo de la entrada principal por donde pasan camiones pesados.	

11. Las siguientes son buenas recomendaciones para llevar a cabo un análisis de riesgos sencillo y práctico, excepto una. ¿Cuál es?
- Listar la mayoría de riesgos que puedan ocurrir.
 - Analizar solamente los de mayor prioridad.
 - Revisar periódicamente la lista de los riesgos.
 - Listar los riesgos con los principales involucrados en el proyecto.

Problemas

1. ¿Cuántas horas-diseñador se requieren para diseñar cierto dispositivo? Se necesitan tres diseñadores que trabajen turno completo durante dos días. ¿Cuántos días se tardarán en diseñar el dispositivo si solamente se pueden asignar dos diseñadores trabajando medio turno?

Solución: Podemos usar la expresión

$$H-R (H) = NR \times HJ \times NJ$$

donde:

NR = Número de recursos

HJ = Horas de la jornada laboral; por lo general, 8 horas a menos que se especifique otra cantidad

NJ = Número de jornadas

Entonces, ¿cuántas horas-diseñador se requieren para diseñar cierto dispositivo?

$$H-D = 3 \text{ diseñadores} \times 8 \text{ horas} \times 2 \text{ días (jornadas)} = 48 \text{ H-D}$$

¿Cuántos días se tardarán en diseñar el dispositivo si solamente se pueden asignar dos diseñadores trabajando medio turno?

Tendríamos:

$$48 \text{ H-D} = 2 \text{ diseñadores} \times 4 \text{ horas} \times N \text{ días}$$

Al despejar:

$$N = 48 \text{ H-D} / 2 \text{ diseñadores} \times 4 \text{ horas} = 6 \text{ días}$$

2. ¿Cuántas horas analista se necesitan para desarrollar diez entrevistas a igual número de usuarios, si cada entrevista la desarrollan dos analistas en dos días laborales de ocho horas?

Lo primero que se haría es obtener el número de horas analista por entrevista.

$$H-R (H) = NR \times HJ \times NJ$$

$$H-A = 2 \text{ analistas} \times 8 \text{ horas} \times 2 \text{ días} = 32 \text{ H-A por entrevista}$$

Por lo tanto, para realizar diez entrevistas se necesitan 320 H-A (32×10).

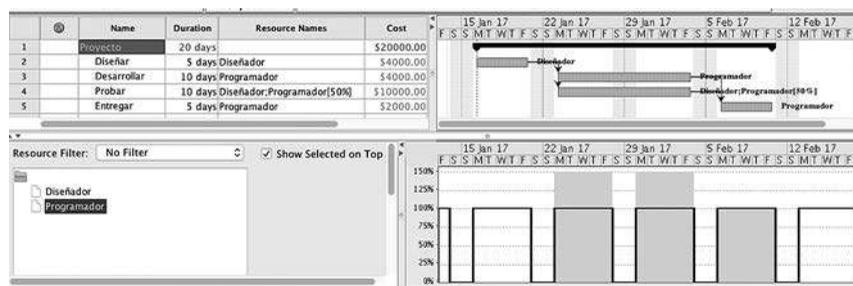
3. A partir de la siguiente información obtenga el costo de cada actividad, el costo total del proyecto y el diagrama de carga de trabajo del programador. De acuerdo con la carga del trabajo del programador, ¿es posible terminar a tiempo si solamente trabaja 8 horas diarias?

Núm.	Descripción	Duración (en días)	Predecesora	Recurso
1	Diseñar	10		Diseñador
2	Desarrollar	20	1	Programador
3	Probar	20	1	Diseñador, programador 50%
4	Entregar	10	2,3	Programador

Costo por hora-diseñador: \$100.

Costo por hora-programador: \$50.

Solución:



Como se aprecia en el diagrama de carga de trabajo, el programador tiene una sobrecarga del 150% de su capacidad durante la segunda y tercera semanas del proyecto; esto significa que, si solamente trabaja 8 horas, será imposible terminar a tiempo, a menos que acepte trabajar 12 horas diarias con pago de tiempo extra.

4. Usted necesita estimar el costo en pesos de una prensa industrial de 1 tonelada de cierta marca X. De acuerdo con la información de sus archivos, el costo de una prensa de 1.5 toneladas de otra marca Y hace 5 años fue de 100,000 pesos. En aquel tiempo, el dólar equivalía a 10 pesos y en la actualidad se cotiza en 20 pesos. Estime los costos máximo y mínimo de la prensa de 1 tonelada en pesos, considerando una variabilidad de +/- 15%.
5. ¿Cuál es el costo total de instalar la prensa si se necesitan 2 montadores trabajando 12 horas cada uno para que se realice en un día? El salario de cada trabajador es de 20 dólares por hora en tiempo normal (las primeras 8 horas) y 40 dólares por hora extra. Considere un porcentaje de 20% de indirectos.
6. De acuerdo con la siguiente tabla de datos, obtenga el diagrama de Gantt y el de carga de recursos. Determine los siguientes resultados:
 - a. Duración del proyecto.
 - b. Costo por actividad y de todo el proyecto.
 - c. Una vez realizado lo anterior, suponga que otro editor está disponible 8 horas para apoyar en la actividad de seleccionar locaciones. ¿En cuántos días se puede reducir la duración del proyecto si se asigna al editor adicional?

Núm.	Proyecto Video Crunch	Duración	Predecesoras	Recursos
1	Elaborar el guion	2d		"Editor,Productor[50%]"
2	Suministrar equipo y materiales	2d	1	Productor
3	Seleccionar locaciones	2d	1	Editor
4	Producir el video	3d	2,3	"Productor,Editor[50%]"
5	Editar el video	2d	4	Editor

Datos adicionales:

- Costo del trabajo del productor: \$20 / hr; costo del trabajo del editor: \$10 / hr.
- No se trabaja sábado ni domingo.
- El turno es de 8 horas diarias.

7. Considere la siguiente tabla de datos:

	Actividad	Duración	Inicio	Predecesora	Recurso	Costo/hr
1	Revisar notas	2 días	05/03/2017	----	Maestro	\$100
2	Revisar lecturas	4 días	05/03/2017	----	Asistente	\$20
3	Revisar artículos	1 día	05/03/2017	----	Maestro	\$100
4	Preparar preguntas	2 días		1,2	Maestro	\$100
5	Diseñar los problemas	3 días		3	Maestro	\$100
6	Describir los problemas	1 día		5	Asistente	\$20
7	Imprimir el examen	1 día		6,4	Asistente	\$20
8	Examen	0 días		7	----	-----

Cada día laboral es de 8 horas, incluyendo sábados y domingos.

- a. Desarrolle el diagrama de Gantt. ¿Cuál es la duración del proyecto?
 - b. Estime el costo directo total.
 - c. Elabore el diagrama de carga de recursos.
 - d. En este punto le informan que solamente hay un "maestro" y un "asistente" para el proyecto.
 - e. El tiempo extra se paga al doble; y extender el proyecto implica una multa de \$1,500 al día.
 - f. Revise de nuevo sus diagramas y determine si será suficiente con estos dos recursos.
 - g. Si no es suficiente, ¿qué decisión tomaría?
 - i. Pagar tiempo extra.
 - ii. Extender la duración del proyecto.
 Explique las razones de su decisión.
8. Desarrolle la gráfica de Gantt e identifique la ruta crítica y la holgura de cada actividad a partir de los datos de la tabla siguiente:

Núm.	Tarea	Duración	Predecesora	Recursos
1	Desempacar la prensa	6 hrs.	–	Montador 1
2	Preparar cimentación	4 hrs.	–	Montador 1
3	Montar la prensa	3 hrs.	1,2	Montadores 1 y 2
4	Pruebas de arranque	3 hrs.	3	Montadores 1 y 2

Calcule el costo de cada actividad, así como el costo del proyecto, considerando la supervisión de un coordinador cuyo salario es 20 dólares la hora. El salario de cada montador es de 20 dólares por hora en tiempo normal y el doble en tiempo extra. Con los resultados obtenidos llene la siguiente tabla:

Núm.	Tarea	Holgura	Costo normal	Costo extra	Costo total
1	Desempacar la prensa				
2	Preparar cimentación				
3	Montar la prensa				
4	Pruebas de arranque				
5	Supervisión				
	Costos totales	-----			

Coordinación y control del trabajo del proyecto

Capítulo

7



7.1 Introducción

Una vez que se ha desarrollado el plan del proyecto, el administrador inicia el desarrollo de los entregables de acuerdo con los paquetes de trabajo y las actividades programadas. Su labor en esta etapa consiste en coordinar las actividades de todos los implicados para lograr los objetivos del proyecto, desde la asignación de responsabilidades hasta el uso de los materiales, equipos, herramientas e instalaciones que se requieren. En la figura 7.1 se muestran las actividades que se desarrollan en el ciclo de acción-control-acción que lleva a cabo el administrador del proyecto.

El administrador desempeña un rol de guía para que los miembros del equipo de proyecto desarrollen el trabajo; además, les proporciona los elementos necesarios para crear el producto, distribuye la información que se genera de acuerdo con lo que requiere cada uno y, al mismo tiempo, administra sus expectativas.

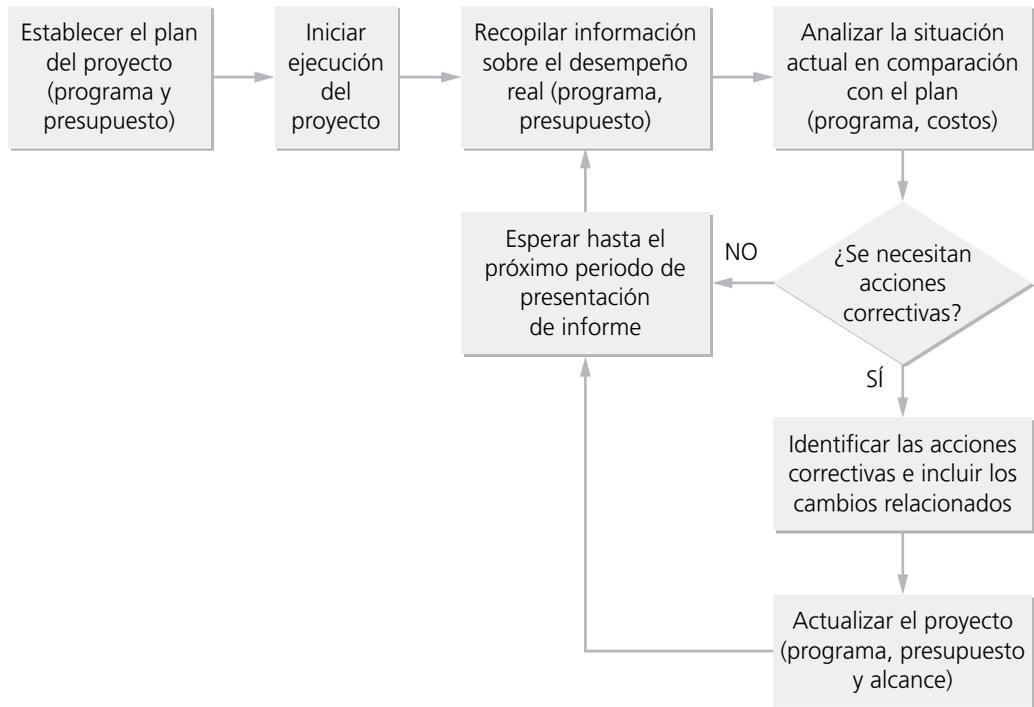


Figura 7.1 Ciclo de control del proyecto.

Este proceso de guía continúa mientras se producen los entregables de forma paralela a los procesos de monitoreo y control para medir los avances y el desempeño de sus factores críticos, como tiempo y costo. De acuerdo con la medición, el administrador de proyectos genera acciones preventivas o correctivas y actualiza el plan para cumplir con los objetivos del proyecto.

Además, el administrador del proyecto es responsable del crecimiento de los miembros de su equipo, es decir, de su aprendizaje y experiencia.

7.2 Asignar el trabajo y administrar al equipo del proyecto

Este proceso consiste en que cada involucrado conozca y realice el trabajo definido en el plan administrativo del proyecto para lograr sus objetivos, e incluye las siguientes actividades, entre otras:

- Asignar el trabajo a los involucrados cuidando que su carga de trabajo esté nivelada, es decir, que corresponda al esfuerzo planeado para su participación en el proyecto.
- Entrenar y dar seguimiento al desempeño de los miembros del equipo.
- Obtener, administrar y usar los recursos como materiales, herramientas, equipos e instalaciones.
- Implementar los métodos y estándares planeados para el desarrollo del producto y del proyecto.

- Establecer y administrar la comunicación entre todos los participantes, poniendo a la disposición de los involucrados (*stakeholders*) la información relevante de acuerdo con el plan establecido.
- Administrar los riesgos e implementar acciones de respuesta, lo que implica dar seguimiento a los riesgos identificados, revisar los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso durante todo el proyecto.
- Administrar a los vendedores y proveedores, ya que en esta etapa se reciben las propuestas y se aplican criterios previamente definidos con la finalidad de seleccionar a uno o más proveedores calificados para realizar el trabajo. Posteriormente, se administran las relaciones con los vendedores, se le da seguimiento al desempeño de los contratos, y se hacen cambios y correcciones de acuerdo con las necesidades.
- Obtener los datos del estado del proyecto, como el costo aplicado, el avance en tiempo, el avance técnico y las métricas de calidad.
- Definir pronósticos de acuerdo con el estado de avance.
- Documentar las lecciones aprendidas e implementar actividades aprobadas de mejora en los procesos.

Además, durante el desarrollo del proyecto, algunos involucrados harán solicitudes de cambios en relación con el producto, servicio o resultado y, si éstas se aprueban, se deberán implementar los cambios pertinentes, que pueden ser acciones correctivas, acciones preventivas o reparación de defectos.

Esta etapa es la más exhaustiva en cuanto al esfuerzo, ya que se realiza el trabajo definido en el plan del proyecto para lograr los objetivos asegurando su consistencia con los entregables propuestos, los cuales pueden ser:

- Entregables *finales*, que se definieron como productos, servicios o resultados del proyecto, y que cumplen los objetivos y las expectativas de los involucrados.
- Entregables *intermedios*, que son productos, servicios o resultados que forman parte de los entregables finales, pero que tienen que revisarse en momentos precisos del proyecto.

El equipo de trabajo es un recurso muy valioso para el desarrollo del proyecto, por lo que el administrador también es responsable de:

- Incrementar el conocimiento y las habilidades de los miembros del equipo.
- Mejorar sus competencias, su interacción y todo el medio ambiente que fortalezca el desarrollo del proyecto.
- Incrementar su desempeño, desarrollando un equipo efectivo, y motivándolo mediante retos y oportunidades.
- Desarrollar un lenguaje común en los equipos que trabajan en ambientes globales con una gran diversidad cultural, los cuales requieren un lenguaje de equipo que es diferente a sus normas propias.
- Incrementar los sentimientos de confianza y acuerdo, al elevar su estado de ánimo, minimizar los conflictos y fomentar el trabajo en equipo.

Es necesario crear una cultura de equipo dinámica y cohesiva para incrementar la productividad individual y colaborativa.

Para el desarrollo efectivo de esta etapa, el administrador de proyecto debe hacer uso de su juicio experto y de sus habilidades interpersonales, tales como liderazgo, motivación, manejo de conflictos y negociación, entre otras. De esa forma, podrá conformar el equipo con base en reglas fundamentales y una cultura común hacia el logro de los objetivos del proyecto.

7.3 Seguimiento y control del proyecto

Los procesos de seguimiento y control se realizan para analizar las diferencias entre el plan del proyecto y el desempeño real de las actividades implicadas, comparando los datos del avance planeado con la información del avance real, tanto en relación con el entregable, como con el tiempo y el costo del proyecto. Con la información resultante pueden tomarse acciones de control para el avance del proyecto, la negociación y la solución de los conflictos durante el desarrollo del plan.

Los procesos consisten en dar **seguimiento, revisar, y regular el avance y desempeño del proyecto**, identificando las áreas en que se presenten cambios respecto del plan original. Dichos procesos incluyen la recolección, medición y distribución de la información del desempeño, así como la evaluación de los resultados y las tendencias para mejorar los procesos.

La validación del alcance es un proceso que se lleva a cabo durante el seguimiento del proyecto para formalizar la aceptación de los entregables.

Para validar el alcance se utilizan los **criterios de aceptación** que se definieron en conjunto con los involucrados en el proceso de planeación. Con base en tales criterios se formaliza la aceptación de los entregables del proyecto.

Como resultado, se obtienen:

- **Entregables aceptados.** Aprobación formal y firmada por parte del cliente o patrocinador.
- **Requisiciones de cambio** para los entregables que no se aceptaron formalmente.
- **Actualizaciones en los documentos del proyecto** que definen el producto **y en los informes** sobre el estado de avance del proyecto.
- La **información sobre el avance** del proyecto y el desempeño del equipo de trabajo debe distribuirse a los interesados de acuerdo con la matriz de comunicaciones que detalla necesidades, tiempos y formatos para la información, administrando de esta manera sus expectativas.
- Cuando se detecta un cambio en relación con el plan, se inician las actividades para tratar de retomar de la mejor manera la línea base del proyecto.

Además, estos procesos incluyen:

- **Recomendar acciones preventivas** para anticiparse a problemas posibles.
- **Dar seguimiento a las actividades** del proyecto en comparación con el plan establecido como base.
- Influir en los factores que aseguren que **sólo se implementen los cambios aprobados**.

Durante el seguimiento y control del proyecto, el administrador utiliza su juicio experto para interpretar la información recibida y, en colaboración con el equipo, determinar las acciones pertinentes.

Estas acciones de control podrían modificar alguno de los planes elaborados, como la línea base del alcance, la línea base del cronograma y/o la línea base del costo.

Para controlar las actividades de un proyecto se utilizan **gráficas de control**, las cuales pueden realizarse en forma manual o con ayuda de aplicaciones computacionales diseñadas para tal efecto. Las gráficas de control resultan de gran utilidad, ya que la representación visual es más fácil de entender por todos los interesados en el proyecto.

Una de las gráficas más utilizadas para el control es la llamada **gráfica de Gantt o gráfica de barras** que muestra las actividades del proyecto en función del tiempo y la secuencia establecida.

Otras gráficas que resultan útiles muestran:

- Las cantidades de dinero gastadas en mano de obra, materiales y recursos generales, lo que permite identificar las fuentes y las cantidades del costo.
- El porcentaje de las horas de mano de obra de diferentes áreas, como manufactura y finanzas, entre otras, para relacionarlas con el total de la mano de obra del proyecto.
- La comparación entre los costos reales y los proyectados.

Una vez que se han determinado las variaciones, los interesados toman decisiones sobre la manera de proceder para lograr los objetivos del proyecto.

Es importante enfatizar que cuando se ha recolectado la información del avance, el administrador del proyecto estará en condiciones de determinar las variaciones y, en conjunto con otros involucrados, podrá desarrollar alternativas creativas para retomar las líneas base.

7.4 Porcentaje de avance

El **porcentaje de avance** es un indicador muy utilizado porque es fácil de entender y permite tener una percepción aproximada del estado del proyecto.

Sin embargo, la estimación o el cálculo del porcentaje de avance no siempre se hacen correctamente. Hay ocasiones en que se estiman cifras de manera intuitiva, sin que exista algún cálculo de por medio. Más aún, conocer el porcentaje de avance de un proyecto es una aproximación de lo que se lleva hecho, pero no ofrece directamente una estimación de lo que falta por hacer.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta para conocer el porcentaje de avance es la fecha en la cual se quiere conocer dicho avance, es decir, la llamada **fecha de corte o fecha de estado** (*status date*).

Para estimar el porcentaje de avance de un proyecto respecto de su fecha de corte, primero es necesario calcular el porcentaje de avance de las actividades que lo integran. Uno de los criterios más generalizados es la **estimación por tiempo**, la cual se describe a continuación.

El porcentaje de avance por tiempo es el resultado de dividir el tiempo transcurrido desde que inició la actividad hasta la fecha de corte, entre el tiempo total programado para ejecutarla.

$$\text{Porcentaje de avance} = \text{tiempo transcurrido} / \text{tiempo total programado}$$

Por ejemplo, suponga que la actividad A se programa para tres días de duración y se requiere calcular el porcentaje de avance con fecha de corte dos días después de haber iniciado. En tal caso, el **porcentaje de avance** es igual a 2/3 o 66.7%; es decir, se dividen los dos días transcurridos entre los 3 días de duración total programada. La figura 7.2 representa esta situación.

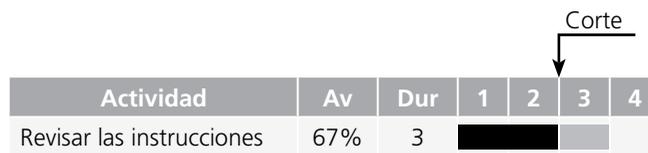


Figura 7.2 Ejemplo de porcentaje de avance por tiempo.

La barra que indica el avance de la actividad se resalta en negro, y la parte de la barra que aparece sombreada representa lo que falta por hacer.

Si se desea calcular el avance al tercer día (fecha de corte) y para esa fecha se ha terminado la actividad, tal como estaba planeado, el avance será del 100% (porcentaje de avance = 3/3).

También es posible que una actividad se retrase, generando situaciones en las que se desea determinar el porcentaje de avance que lleva la actividad al tercer día, cuando se sabe que se terminará en cuatro días y no en tres. En ese caso, el porcentaje de avance se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Porcentaje de avance} = \frac{3}{4} = 75\%$$

La representación visual de tal avance se observa en la figura 7.3.

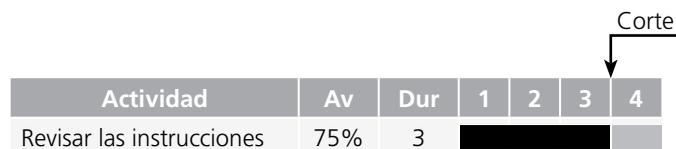


Figura 7.3 Ejemplo de porcentaje de avance por tiempo con un retraso.

Con base en el cálculo del porcentaje de avance de cada actividad, se determina el porcentaje de avance total del proyecto. Para ello, se estima el peso de cada actividad en el proyecto y se multiplica por el porcentaje de avance. El avance ponderado obtenido se suma para determinar el porcentaje total del proyecto. El diagrama de Gantt de la figura 7.4 muestra estos sencillos cálculos.

Actividad	Dur	Corte				Peso	Av	Av. pond. (Peso × av.)
		1	2	3	4			
1 Revisar las instrucciones	1	■				1/6 = .17	100	17
2 Investigar en internet	2		■			2/6 = .33	100	33
3 Estudiar con ayuda del libro	3		■	■		3/6 = .5	67	33.5
Suma	6					1		83.5

Figura 7.4 Ejemplo de porcentaje de avance por tiempo del proyecto.

El porcentaje de avance del proyecto es de 83.5%. La mayoría de los paquetes de software calculan el porcentaje de avance del proyecto, aunque es importante saber la manera en que lo hacen para entender mejor los resultados. Para obtener la cifra de porcentaje de avance es necesario alimentar el software con los siguientes datos:

- Porcentaje de avance de la actividad.
- Fecha estimada de terminación original o reprogramada.
- Fecha de corte.

En la figura 7.5 se presenta el diagrama de Gantt obtenido con el programa ProjectLibre.

	🔍	Name	Duration	Percent Complete
1		☐ Proyecto	4 days	83%
2	✓	Revisar las instrucciones	1 day	100%
3	✓	Investigar en Internet	2 days	100%
4		Estudiar con ayuda del libro	3 days	67%

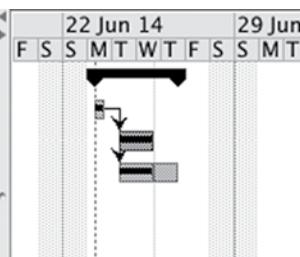


Figura 7.5 Ejemplo de porcentaje de avance en ProjectLibre.

En la gráfica se aprecia que se incluyó una actividad agrupadora, llamada proyecto, para que el software calculara el porcentaje de avance de cada actividad en un total, que es el 83% obtenido (con redondeo) en el cálculo manual.

El porcentaje de avance lo proporciona quien desarrolla la actividad, pero es conveniente establecer reglas para su estimación, de tal manera que representen valores muy cercanos a la realidad.

Línea base de desempeño del costo

La línea base del desempeño del costo es el presupuesto autorizado desde la planeación del proyecto para completar todas las actividades de éste.

La línea base del desempeño del costo se utiliza para medir, dar seguimiento y controlar el proyecto. Normalmente, se presenta como una curva de costos, llamada curva S por la forma que presenta, tal como se muestra en la figura 7.6.

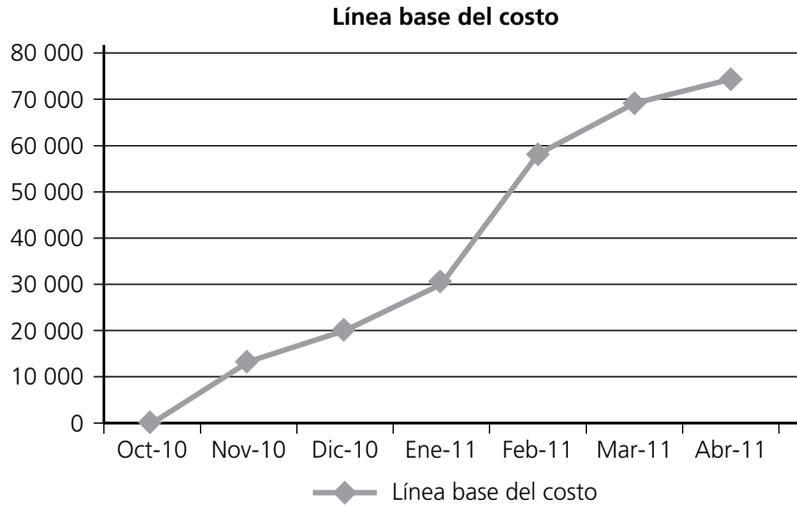


Figura 7.6 Gráfica de la curva S.

La línea base del costo se conoce también como presupuesto para completar (terminar) el proyecto.

7.5 Diagramas de Gantt de control

El diagrama de Gantt de control es una herramienta complementaria al porcentaje de avance porque permite al equipo del proyecto tener más información. Mediante estos diagramas es posible visualizar las fechas de inicio y terminación real de las actividades y compararlas con las planeadas originalmente.

Para explicar cómo se elaboran estos diagramas de Gantt, se presenta el ejemplo de la figura 7.7.

Actividad	Dur	Semanas						
		1	2	3	4	5	6	7
1 Revisar las instrucciones	1							
2 Investigar en internet	2							
3 Elaborar reporte	3							
4 Tarea entregada	0				◆			

Figura 7.7 Ejemplo de Gantt de control.

El diagrama muestra la programación de un proyecto que incluye tres actividades y un entregable. Para llevar un control de las desviaciones de las actividades, es necesario establecer una referencia como estándar de medición. A esta referencia se le llama **línea base** (*baseline*). En otras palabras, la línea base es la programación a partir de la cual se estarán observando las demoras o atrasos en las actividades. La línea base se representa en el diagrama de Gantt con símbolos diferentes. En la figura 7.8 se presenta el diagrama de Gantt con la línea base.

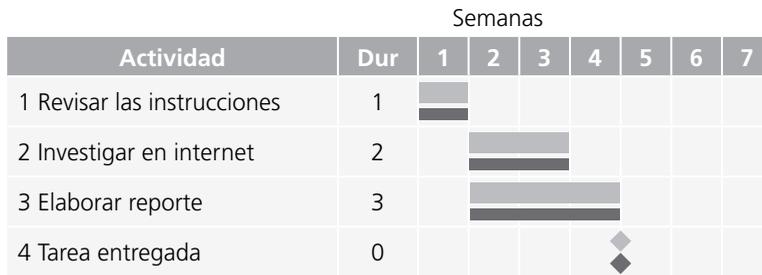


Figura 7.8 Línea base del proyecto.

Las barras y el rombo gris oscuro representan la línea base y se utilizan para medir las desviaciones. Por ejemplo, suponga que al terminar la segunda semana se reporta el siguiente avance:

Revisar las instrucciones: Se realizó en dos semanas.

Investigar en internet: Se inició en la semana dos y se piensa terminar a tiempo.

Elaborar reporte: Se va a iniciar hasta la semana 3.

¿Cómo se representan estas desviaciones y avances?

El diagrama queda como el que se presenta en la figura 7.9.

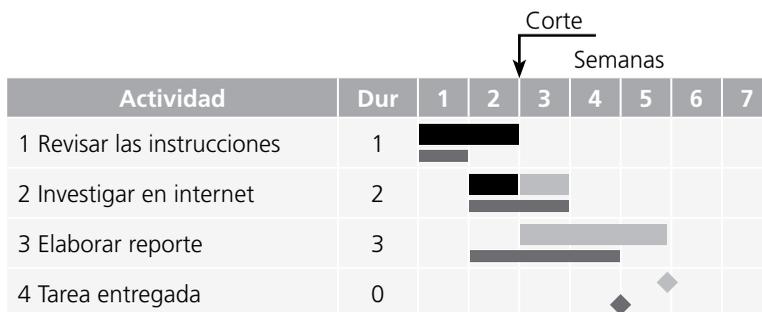


Figura 7.9 Primera fecha de corte del proyecto.

Analizando el diagrama se observa que lo que se ha avanzado se marca en negro, lo que falta por hacer queda en gris claro y la línea base queda en gris oscuro. Esta simbología y su aplicación es sencilla y efectiva. Para clarificar se muestra un segundo corte del mismo proyecto.

Corte: Semana 3

Investigar en internet: Terminó en la semana 3.

Elaborar reporte: Inició en la semana 3 y se estima terminar en la semana 4, de acuerdo con la estimación original.

El diagrama resultante queda como se muestra en la figura 7.10.

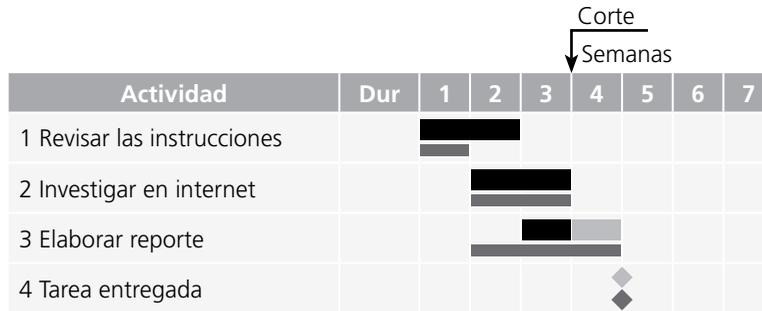


Figura 7.10 Segunda fecha de corte del proyecto.

Para terminar el ejemplo, suponga que, en efecto, en la semana 4 se terminó de elaborar el reporte. El diagrama queda de la siguiente manera:

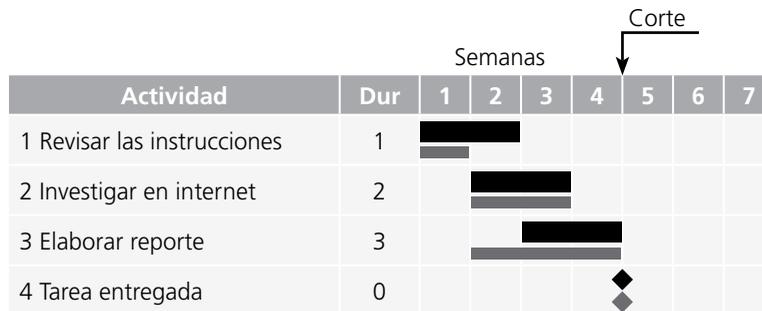


Figura 7.11 Terminación del proyecto.

El software de administración de proyectos permite elaborar estas gráficas de manera ágil y rápida. Por comparación, se mostrará el mismo ejemplo con las gráficas que genera ProjectLibre, incluyendo el porcentaje de avance.

La primera gráfica es el diagrama con la línea base:

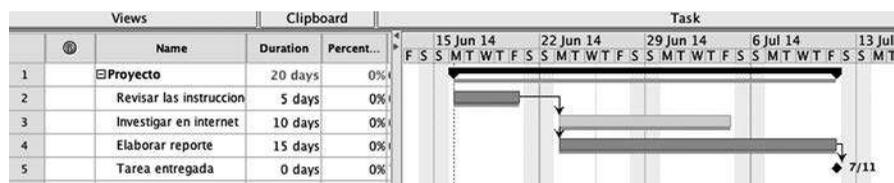


Figura 7.12 Representación del proyecto en ProjectLibre.

La barra de línea base se aprecia delgada y debajo de las barras gris oscuro (críticas), gris claro (no críticas) y negra (sumaria del proyecto). Observe que no aparece un *milestone* (hito) de línea base porque el ProjectLibre no lo genera.

Simulando las condiciones de la primera medición en ProjectLibre:

Fecha de corte semana 2

Revisar las instrucciones: Se realizó en dos semanas.

Investigar en internet: Se inició en la semana 2 y se piensa terminar a tiempo.

Elaborar reporte: Se va a iniciar hasta la semana 3.



Figura 7.13 Primera fecha de corte del proyecto.

Las barras de avance en negro se muestran en medio de cada barra gris claro o gris oscuro. Una delgada línea vertical muestra la fecha de corte al final de la semana 2 (viernes 27 de junio 2014).

Debe observarse que ProjectLibre no deja constancia del hito (*milestone*) original ni de línea base, pero en otros paquetes como Ms Project sí podrá observarse.

A continuación se representa un siguiente corte en la semana 3:

Fecha de corte semana 3

Investigar internet: Terminó en la semana 3.

Elaborar reporte: Inició en la semana 3 y se estima terminar en la semana 4, de acuerdo con la estimación original.

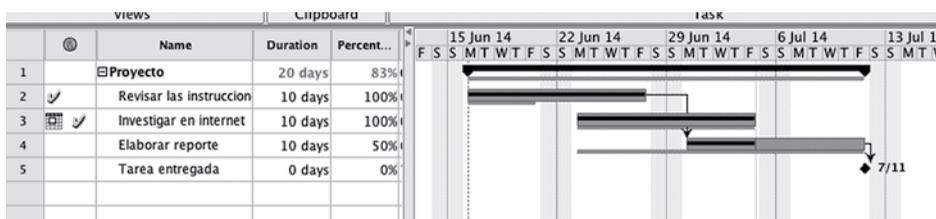


Figura 7.14 Segunda fecha de corte del proyecto.

Al terminarse el proyecto en la semana 4, el diagrama desarrollado en ProjectLibre quedaría como el de la figura 7.15.

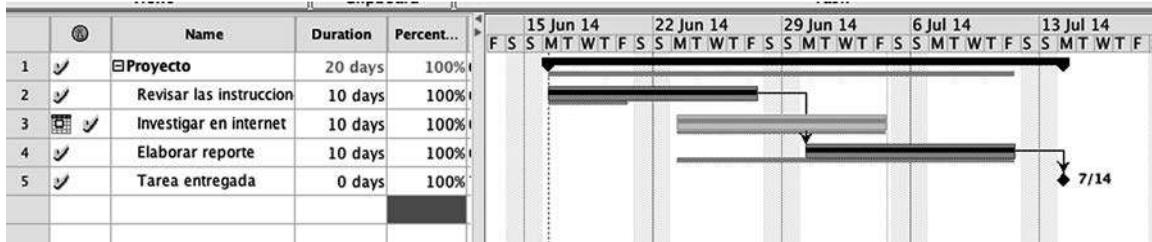


Figura 7.15 Terminación del proyecto.

7.6 Método del valor ganado

Este método cuantifica las desviaciones respecto del plan del proyecto, expresándolas en términos económicos, y precisando un momento del tiempo y el costo del trabajo planeado; es decir, se compara con el costo del trabajo realizado para marcar la variación.

En el caso del costo, el método del valor ganado compara lo que se gastó en las actividades realizadas con el costo que se planeó.

Las variaciones encontradas se utilizan para identificar y seleccionar alternativas que permitan el cumplimiento de los objetivos mediante ajustes en las actividades del proyecto o la solicitud y autorización de un cambio por un comité establecido formalmente.

El enfoque del método del valor ganado es obtener los valores calculados de la **variación** en el programa (*SV, schedule variance*) y la variación en el costo (*cost variance*) para los paquetes de trabajo y las cuentas de costos.

Los cálculos se realizan de la siguiente manera:

EV (*earned value* o valor ganado) = Costo planeado de las actividades que se realizaron; por ejemplo, se efectuaron tres actividades con un costo planeado de \$100.

Con este dato, las variaciones serían:

SV (*schedule variance* o variación en el programa)

$$SV = EV - PV$$

SPI (*schedule performance index* o índice de desempeño del programa): Expresa la variación en forma de índice.

$$SPI = EV / PV$$

donde:

SV es la variación en el calendario

EV es el valor ganado

PV es el valor planeado (*planned value*) para las actividades que debieron realizarse a la fecha.

Si el valor de PV es de 120, quiere decir que hay una diferencia de -20 y, por lo tanto, el cronograma del proyecto está **demorado**, ya que se debió realizar trabajo por un valor de 120, pero sólo se ha efectuado trabajo por un valor de 100. Si el trabajo no se ha pagado, entonces no se ha asignado.

En el caso del índice de desempeño del programa (SPI), un valor menor que 1.0 indica que el proyecto está retrasado. Un resultado igual a 1.0 o mayor indica que el programa está a tiempo o adelantado.

Variación en el costo

CV (*cost variance* o variación en el costo)

$$CV = EV - AC$$

CPI (*schedule performance index* o índice de desempeño del costo): Expresa la variación en forma de índice.

$$CPI = EV / AC$$

donde:

CV es la variación en el costo

EV es el valor ganado

AC es el costo real (*actual cost*) para las actividades que se realizaron a la fecha.

Si el valor de AC es de 150, significa que hay una diferencia de -50 y, por lo tanto, el cronograma del proyecto ha requerido **mayor costo** que el planeado, ya que se debió realizar trabajo con un costo de 100, pero se ha efectuado trabajo con un costo de 150.

En el caso del índice de desempeño del costo (CPI), un valor menor que 1.0 indica que el costo ha excedido al plan. Un resultado igual a 1.0 o mayor indica que el costo está de acuerdo con lo planeado o se ha ahorrado en el desarrollo del proyecto.

A continuación se presenta una comparación de las ventajas de analizar las variaciones del tiempo y el costo de manera conjunta.

En la gráfica de la figura 7.16 se muestra la comparación tradicional del costo planeado con el costo real:

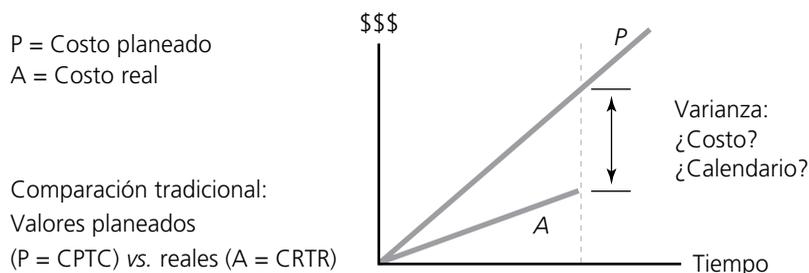


Figura 7.16 Comparación del costo planeado.

Como se observa, la gráfica indica que hay una variación entre el costo real y el costo planeado: se ha gastado menos. Sin embargo, no puede identificarse si se trata de un ahorro o de trabajo no realizado y que estaba planeado terminarse en esa fecha de corte.

En la figura 7.17 se presenta la gráfica que incluye el valor ganado (EV):

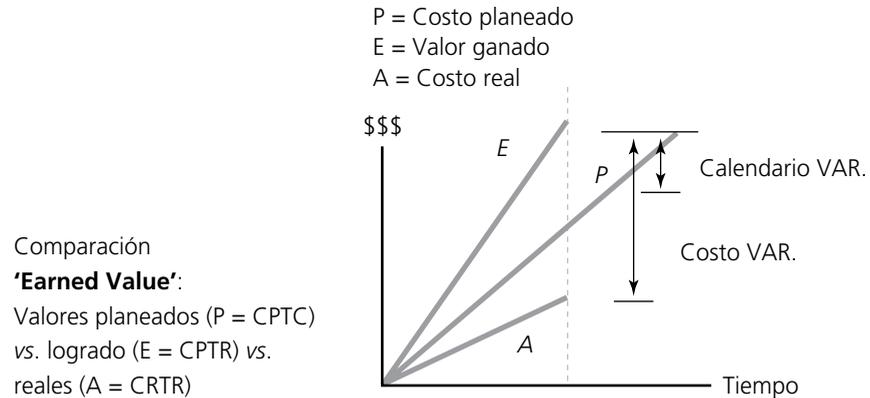


Figura 7.17 Diferencia entre el costo planeado (P) y el valor ganado (E).

En la figura 7.17 se observa que la diferencia entre el costo planeado (P) y el valor ganado (E) representa la variación en calendario y, en el caso de la diferencia entre el costo planeado y el costo real, representa la variación del costo.

Los valores de estas variaciones permitirán al administrador del proyecto y a los *stakeholders* la toma de decisiones específicas y enfocadas a resolver problemas o a potencializar las oportunidades cuando las variaciones sean positivas.

Otros indicadores que se obtienen con estos datos son:

BAC (budget at completion): Presupuesto al cumplimiento, es decir, el presupuesto original total que se calculó para el desarrollo del proyecto en el momento de la planeación.

ETC (estimate forecast to complete): Estimación para terminar; es el costo que se requiere para terminar el proyecto en un momento determinado. Es lo que falta por pagarse.

EAC (estimate at completion): Estimación al cumplimiento que representa el total que se pagará al finalizar el proyecto, con las variaciones que hayan ocurrido. Consiste en la suma del costo real (A) más la estimación para completar (ETC).

VAC (variance at completion): Variación al cumplimiento, es decir, la diferencia entre el presupuesto al cumplimiento (BAC) menos la estimación al cumplimiento (EAC).

El método del valor ganado sólo puede aplicarse cuando se administran los costos del proyecto. Si en un proyecto solamente se administran los entregables y el tiempo, tendrán que utilizarse otros métodos de seguimiento y control.

7.7 Control integrado de cambios

El control integrado de cambios se realiza desde que se inicia el proyecto hasta que se termina, con la finalidad de aprobar o rechazar los cambios mediante un proceso riguroso, ya que éstos podrían afectar el plan del proyecto, su alcance y otros entregables.

En un proyecto pueden surgir cambios que son propuestos por el patrocinador, el cliente, el administrador del proyecto u otros involucrados. Por ello, es indispensable aplicar un control integrado de cambios que incluya las siguientes actividades, entre otras, y con diferentes niveles de detalle:

- Controlar que sólo se implementen los cambios aprobados.
- Revisar, analizar y aprobar cambios rápidamente.
- Administrar los cambios aprobados.
- Mantener la integridad de las líneas base del proyecto.
- Revisar, aceptar o rechazar las acciones preventivas o correctivas recomendadas.
- Coordinar los cambios en todo el proyecto.
- Documentar el impacto de las requisiciones de cambio.

Solicitud de cambio		
Proyecto:	Paquete de trabajo:	
Clave:	Fecha:	Solicita:
Proyecto:	Paquete de trabajo:	
Descripción del cambio:		
Motivo del cambio:		
Consecuencia:		Prioridad:
		Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>
Cambio autorizado Fecha:	Cambio realizado Fecha:	
_____	_____	
Firma	Firma	
Cambio no autorizado Fecha:	Motivo de la negación:	

Firma		
Comentarios:		

Figura 7.18 Formato de control de cambios.

En este proceso, los cambios se registran de forma escrita y se ingresan en un sistema de administración de cambios para ser autorizados o rechazados por una autoridad representada en el proyecto.

Para realizar el control integrado de cambios se forma un comité (*change control board*, CCB) responsable de analizar, aprobar o rechazar las requisiciones. Dependiendo de las características del proyecto, el comité puede estar formado por el administrador del proyecto, el patrocinador, el cliente, especialistas en riesgos, en el producto, servicio o resultado, y los proveedores, entre otros.

El administrador del proyecto registra los cambios en formatos específicos, como el que se muestra en la figura 7.18 de la página anterior.

Con estos datos, el administrador del proyecto, junto con los involucrados, plantea cursos de acción viables para ser presentados como base en la sesión de control de cambios. Con estos datos continúa el proceso, tal como se muestra en la figura 7.19.

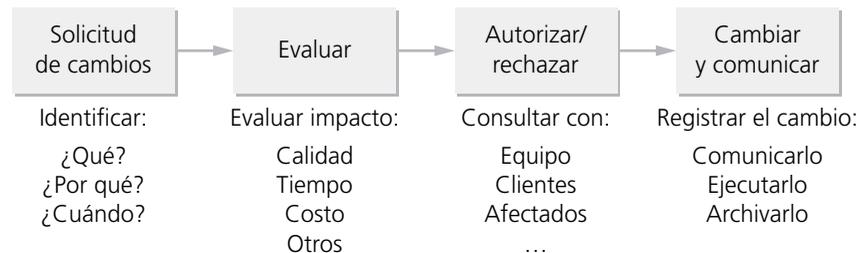


Figura 7.19 Proceso para realizar cambios.

Una vez autorizados los cambios, deben registrarse, asignarse a un responsable y darles seguimiento hasta su terminación.

Un cambio en el alcance del proyecto debe ser aprobado por el patrocinador, ya que posiblemente también se modificarán las líneas base del tiempo y del costo.

7.8 Recomendaciones prácticas

Para producir los entregables, el trabajo del administrador del proyecto consiste en liderar el desarrollo del trabajo, lo que implica asignar, entrenar y administrar a los miembros asignados al proyecto, y obtener, administrar y usar los materiales, equipos, herramientas e instalaciones, entre otros.

Por este motivo, el administrador del proyecto debe asumir un papel de *coach* que integre todos estos elementos en un ambiente de colaboración y de trabajo en equipo. Si se ha creado el plan del proyecto, es necesario hacer un seguimiento en esta etapa, ya que en ocasiones se invierte un esfuerzo considerable en preparar el plan, pero cuando se pone en marcha, el trabajo se supervisa de forma parcial o se ignora, reduciendo considerablemente las posibilidades de éxito.

En este proceso, el administrador necesitará fortalecer las competencias del equipo y motivarlo mediante entrenamiento, reconocimientos y recompensas, y comunicar en los periodos indicados los resultados del desempeño de cada uno de los miembros del equipo del proyecto.

Para obtener la información necesaria que permita tomar las decisiones correctas en el proyecto, es necesario que el administrador seleccione las gráficas e información más convenientes de acuerdo con las características del proyecto, combinando gráficas e informes en sus análisis y considerando las limitaciones; por ejemplo, el método del valor ganado no puede aplicarse en proyectos que no consideren los costos.

7.9 De la experiencia

En un proyecto realizado para una institución educativa que ofrece cursos gratuitos por internet para el desarrollo de habilidades de los ciudadanos, se estableció en los requerimientos que la organización proveedora debía generar 70 cursos en línea con duración de 4 semanas cada uno. Los temas relacionados con tecnologías de la información fueron proporcionados por el cliente.

Durante la planeación del proyecto y de acuerdo con los requerimientos del alcance, se estableció la creación de una serie de formatos que debían seguir los desarrolladores, quienes eran profesores del área, para que los cursos quedaran homologados en cuanto a su contenido, es decir, todos debían llevar un índice, una introducción, una explicación con gráficos, ejemplos y una serie de especificaciones acordadas.

Los tiempos para el desarrollo de los cursos se establecieron de acuerdo con los contenidos que generarían los profesores. Entonces, se dio inicio a la etapa de dirigir y administrar el trabajo del proyecto.

Se planeó como primera fecha de corte el término del primer mes, fecha para la que debían haberse elaborado 15 cursos. Sólo 9 estuvieron listos a tiempo y el resto no se entregó, lo que generó un retraso en el calendario. Los profesores se comprometieron a entregarlos la semana posterior, trabajando el fin de semana en su terminación, sin costo adicional para el proyecto.

Para revisar los primeros cursos, se creó un equipo de personas por parte del cliente, quienes siguieron un conjunto de criterios y estándares (o rúbrica) para evaluar el contenido de cada curso. Mediante la evaluación se observó que los cursos tenían los contenidos completos, pero había grandes diferencias en cuanto a estilo, redacción y estructura entre los cursos diseñados por los diferentes profesores.

Al analizar esta diferencia en el alcance, el administrador del proyecto, en conjunto con tres profesores desarrolladores y el administrador del cliente, determinaron varias alternativas:

1. Puesto que los cursos estaban organizados por áreas, podría asignarse cada área a un solo profesor y, así, los cursos de esa temática tendrían el mismo estilo y serían fáciles de entender.
2. Tomar uno de los cursos como ejemplo disponible para consulta por todos los profesores.
3. Asignar a una persona como corrector de estilo, uno por área, con conocimiento de la temática que homologará los cursos entregados por los profesores.

Se analizaron los tiempos y costos de las alternativas, en comparación con la calidad solicitada por el cliente, y se eliminó la primera alternativa porque el tiempo total de terminación se extendería demasiado al reducirse el número de profesores participantes.

La mejor alternativa resultante fue utilizar el curso muestra y asignar un nuevo rol en el proyecto, el corrector de estilo, quien trabajaría en la revisión de todos los cursos.

El costo de esta alternativa no se había considerado en los riesgos del proyecto, por lo que se hizo una negociación con el cliente. Como resultado, dicho costo se absorbió entre el cliente y el desarrollador del proyecto; cada uno se haría responsable del 50% de ese gasto.

Preguntas de repaso y para reflexión

1. En la siguiente lista, marque las actividades que se llevan a cabo en el proceso de dirigir y administrar el trabajo del proyecto:

✓	Recolectar, medir y distribuir toda la información relacionada con el avance del proyecto.
	Comparar el desempeño real del proyecto con el Project Management Plan.
✓	Definir un plan para administrar el riesgo.
✓	Analizar los resultados y las tendencias para mejorar los procesos.
	Cerrar los abastecimientos.
	Administrar las comunicaciones.
	Planear las compras del proyecto.
	Recolectar los requerimientos.
	Desarrollar la especificación del proyecto.
	Definir el alcance del proyecto.
	Cerrar los contratos y almacenar información.
	Identificar a los involucrados.
	Secuenciar las actividades.
	Desarrollar al equipo del proyecto.
	Estimar los costos.
	Administrar el compromiso de los involucrados.
	Elaborar el calendario del proyecto.
	Asegurar la calidad del producto.
	Realizar un análisis cualitativo del riesgo.

2. ¿Quién es el encargado de aprobar los cambios solicitados en el proyecto?
- El patrocinador.
 - El cliente.
 - La persona que propone el cambio.
 - Un comité de control de cambios.

La respuesta correcta es d. El comité de control de cambios incluye a los interesados que pueden tomar decisiones sobre los cambios en el proyecto, relacionados con el entregable, el tiempo y el costo.

El patrocinador, el cliente y otros involucrados participan en el comité, además de otras personas que podrían incluir a quien propone el cambio. Sin embargo, la decisión no la toman en lo individual, sino en el comité.

3. La línea base que se utiliza para medir el avance en los productos del proyecto es:
- Línea base del tiempo.
 - Línea base del costo.
 - Línea base del alcance.
 - El avance en el producto no se mide con una línea base.

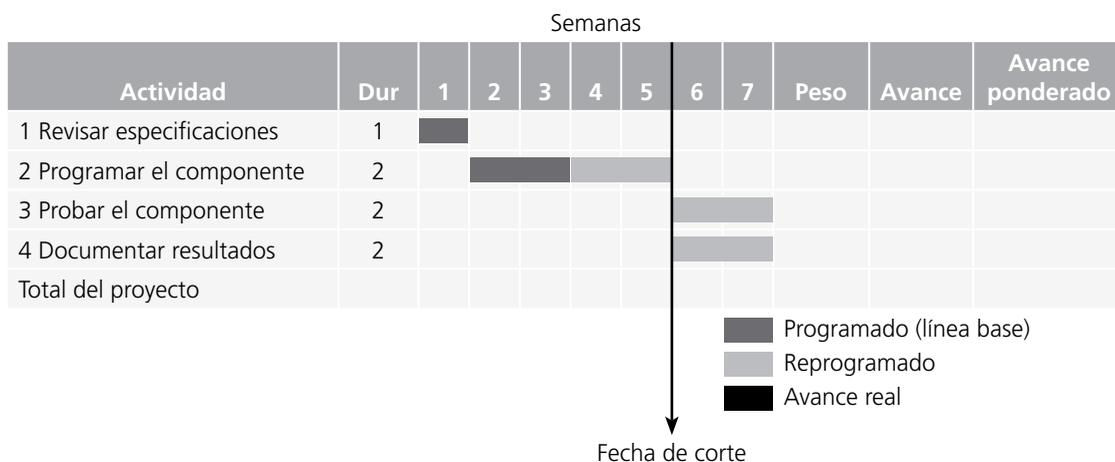
La respuesta correcta es c. La línea base con la que se compara el avance en los productos (entregables) del proyecto es la línea base del alcance.

4. Como resultado de la validación del alcance se obtiene lo siguiente, excepto:
- La definición de nuevos riesgos en el proyecto.
 - Los entregables validados.
 - Requisiciones de cambio.
 - Actualizaciones en los documentos del proyecto.
5. El administrador de un proyecto ha recibido una solicitud de cambio que es fácil de aplicar y no afecta el calendario del proyecto. ¿Qué es lo primero que debe de hacer?
- Implementar el cambio de inmediato.
 - Asegurarse de que el patrocinador acepte el cambio.
 - Evaluar el impacto del cambio en cuanto al entregable y al costo.
 - Revisar el cambio con el comité de control de cambios.
6. El proceso para analizar el desempeño de un proyecto mediante la comparación de sus valores esperados con los valores reales se conoce como:
- Método estadístico.
 - Método de pronósticos.
 - Método del valor ganado.
 - Método del camino crítico.
7. En los procesos para monitorear y controlar el trabajo del proyecto se realiza lo siguiente:
- Validar el alcance para que se acepten los entregables.
 - Recolectar, medir y distribuir toda la información relacionada con el avance del proyecto.
 - Administrar la aplicación de los cambios aprobados.
 - Analizar las mejoras en los procesos.
8. Sobre el comité del control de cambios:
- ¿Qué elementos deben considerarse para su formación?
 - ¿Cuándo debe reunirse?
 - ¿Cuáles son las funciones del administrador del proyecto dentro del comité?
 - ¿Qué ventajas ofrecen sus funciones para la administración de proyectos?

Problemas

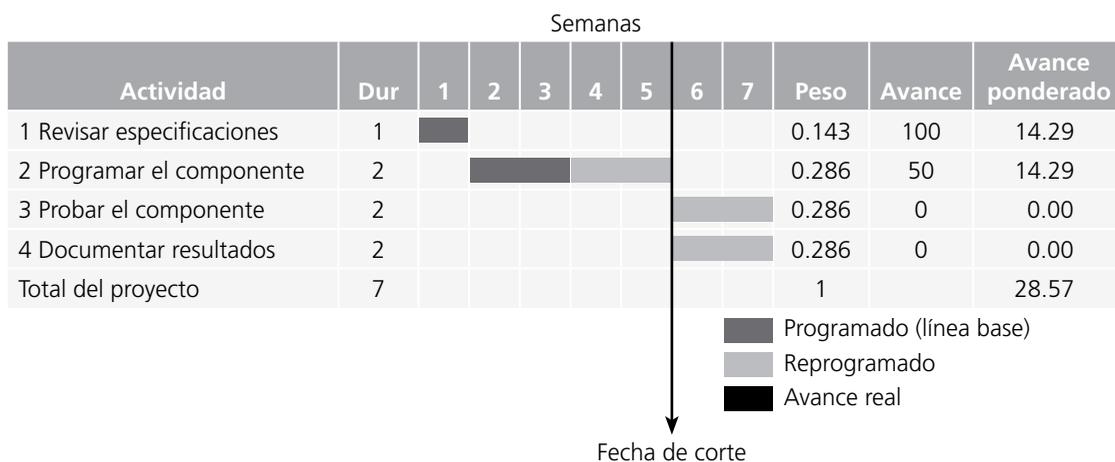
1. Considere la siguiente representación del avance de un proyecto, con duraciones y dependencias.

Proyecto: Programación de componente



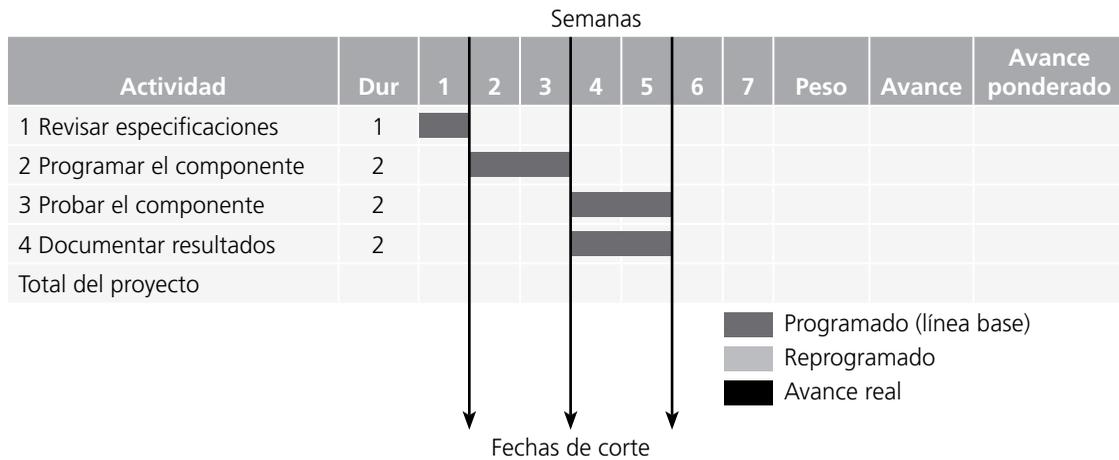
- a. Calcule los porcentajes de avance por actividad.
 b. Calcule el avance total del proyecto.

Respuesta: Los cálculos de los porcentajes de avance son los siguientes:



2. Considere la siguiente planeación de actividades de un proyecto, con sus diferentes fechas de corte:

Proyecto: Programación de componente



a. Ingrese los avances registrados en cada fecha de corte.

Semana 1

Se revisaron las especificaciones conforme a lo planeado.

Semana 3

Se avanzó en la programación del componente de acuerdo con lo planeado.

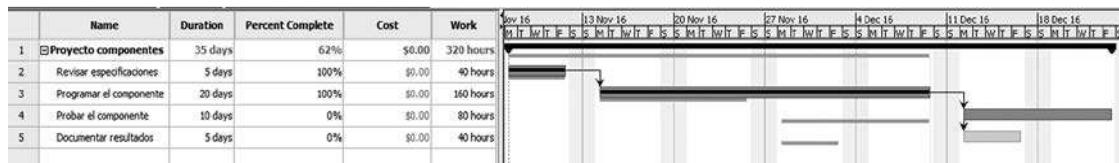
Se requerirá trabajar dos semanas más en la programación del componente.

Se aplazará una semana el inicio de las actividades: probar componente y documentar resultados.

Semana 5

Se terminó de programar el componente.

b. Presente el porcentaje de avance de las actividades y del proyecto. Utilice la tabla resumen (*summary*).

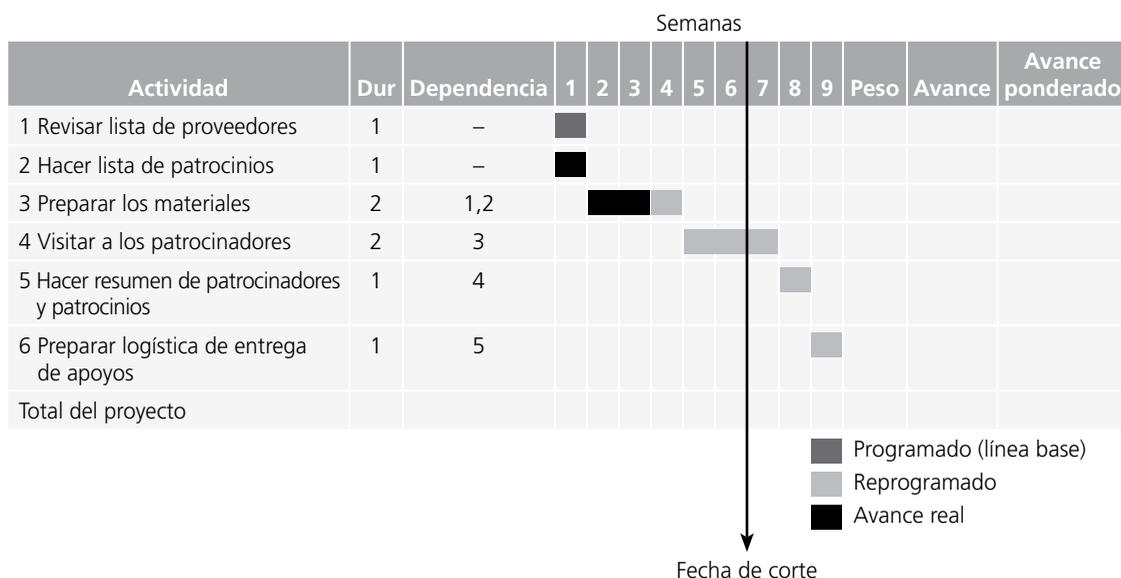


3. Considere la siguiente representación del avance de un proyecto, con duraciones y dependencias.

Proyecto: Patrocinios para escuelas

Como una actividad de apoyo a las escuelas de la comunidad, una organización está solicitando patrocinadores para los equipos y materiales que necesitarán.

El plan de actividades del proyecto es el siguiente, en el que se representan las actividades, duraciones, dependencias y avances:



De acuerdo con esta información:

- a. Calcule los porcentajes de avance por actividad.
 - b. Calcule el avance total del proyecto.
 - c. Ingrese los datos del proyecto en ProjectLibre y obtenga los resultados del avance descrito.
 - d. De acuerdo con lo que aprendió en el capítulo, redacte un informe de avance del proyecto.
- 4.** Una empresa que tiene varias sucursales se encuentra preparando sus promociones para la celebración de la temporada de grandes ventas. Formó un equipo de 3 personas que han trabajado para realizar el proyecto en el que analizarán los datos estadísticos y, con base en los resultados, desarrollarán un catálogo con las ofertas en tiendas y las ofertas que publicarán en su sitio web sólo para venta en línea. Hasta el momento han estructurado el siguiente desglose del trabajo:

Actividad	Duración (en semanas)	Dependencia
1.1 Definición del modelo	1	Inicio
1.2 Extracción de datos	2	1.1
1.3 Análisis y recomendación	1	1.2
2.1 Selección de productos	1	1.3
2.2 Elaboración del catálogo	2	2.1
3.1 Selección de productos para venta en línea	1	1.3
3.2 Definición de las promociones en línea	1	3.1
3.3 Desarrollo de modificaciones	3	3.2

Seguimiento y control del proyecto

Suponga que se efectuó una medición al terminar el periodo 5 del proyecto. Complete la siguiente tabla para obtener los datos de avance del proyecto:

Actividad	Porcentaje de avance	Costo real	EV	SV	CV
1.1 Definición del modelo	100%	\$450			
1.2 Extracción de datos	90%	\$740			
1.3 Análisis y recomendación	60%	\$400			
2.1 Selección de productos	0%	\$0			
Para todo el proyecto					

¿Qué acciones específicas recomienda para el siguiente periodo?

5. De acuerdo con la siguiente tabla que muestra los resultados de la medición de un proyecto, calcule las variaciones y los índices de desempeño, y responda las preguntas que se incluyen.

Proyecto: Preparación de cursos en un sitio web

Actividades	Valores			Variación		Índice de desempeño	
	Valor planeado (PV)	Valor ganado (EV)	Costo real (AC)	Programa EV-PV	Costo EV-AC	Programa EV-PV	Costo EV-AC
Revisión del índice	\$10,000.00	\$8,000.00	\$12,000.00				
Selección de los temas	\$10,000.00	\$9,000.00	\$11,500.00				
Desarrollo de los temas	\$50,000.00	\$48,000.00	\$51,500.00				
Preparación del sitio web	\$91,000.00	\$95,000.00	\$83,000.00				
Inscripciones de los alumnos	\$5,000.00	\$5,000.00	\$4,000.00				
Curso 1	\$9,000.00	\$7,000.00	\$7,000.00				
Curso 2	\$13,000.00	\$11,000.00	\$15,000.00				
Total	\$188,000.00	\$183,000.00	\$184,000.00				

- a. ¿Qué indica la variación en el programa (calendario)? ¿Qué acciones podrían tomarse?
 - b. De acuerdo con los resultados, ¿el desempeño del costo se ajusta a lo planeado? ¿Por qué? Incluya en su respuesta los resultados obtenidos.
 - c. ¿Cuál es la diferencia entre los resultados obtenidos por variación y los obtenidos mediante el índice de desempeño?
6. De acuerdo con la descripción del avance del siguiente proyecto, complete el cuadro que se presenta después, considerando la fecha de corte marcada al final del tercer mes.



Variable	Resultado	¿Qué significa?
PV		
EV		
AC		
BAC		
CV		
CPI		
SV		
SPI		
EAC		
ETC		
VAC		

Cierre del proyecto

Capítulo

8



8.1 Introducción

Las actividades de cierre son muy importantes para la organización que realiza el proyecto y para el cliente o patrocinador de éste, ya que sirven *para confirmar* que el trabajo se realizó de acuerdo con los requerimientos establecidos, se cerraron los documentos contractuales y se archivó la documentación correspondiente.

Un proyecto no se termina al entregar el producto, servicio o resultado para el que fue creado, sino cuando se completan los procesos formales de cierre. En ese momento se verifica, mediante una lista o un formato, que el cliente y/o el patrocinador recibieron los entregables, se documentaron las lecciones aprendidas y se reasignaron los recursos.

Desde el punto de vista de los abastecimientos para desarrollar el proyecto, en esta etapa se cierran todas las relaciones contractuales con los proveedores, archivando su documentación y asegurando que se resolvió cualquier desacuerdo surgido durante el desarrollo.

En muchas situaciones reales, los proyectos no se terminan oficialmente ni se aplican los procesos de cierre para proyectos cancelados, los cuales también requieren un cierre formal.

Todo cierre de proyecto debe ir acompañado de una celebración para fortalecer el sentimiento de logro en el equipo.

8.2 Cerrar el proyecto o la fase

La terminación de los entregables se logra en la etapa de dirigir y administrar el trabajo del proyecto, es decir, durante la ejecución de éste.

Posteriormente, en la etapa de **cierre del proyecto** se formaliza la entrega con el cliente y el patrocinador, y se recolectan y archivan los documentos relacionados con el abastecimiento o las compras del proyecto.

El administrador del proyecto, junto con los directamente involucrados, realiza las siguientes actividades para la formalización del cierre técnico:

- Revisar toda la información de las etapas previas para asegurarse de que el trabajo esté completo, y que se lograron los objetivos y se cumplieron los criterios de salida para el proyecto o la fase. Es decir, hay que verificar que los entregables fueron aceptados de conformidad y que se tienen cartas de aceptación o cierre.
- Asegurarse de que el producto, servicio o resultados se transfirieron a la siguiente fase o al área de producción y operaciones.
- En el caso de proyectos que se terminaron antes de completar el trabajo, es necesario investigar y documentar las acciones tomadas y cerrar formalmente el proyecto.
- Recolectar las lecciones aprendidas que se documentaron durante todo el proyecto y archivar la información correspondiente para uso futuro.

Finalmente, se elabora un documento de conformidad de ambas partes –cliente y empresa desarrolladora–, en el que se liberan las responsabilidades mutuas y se da por concluido el proyecto de común acuerdo.

Los procesos de cierre se llevan a cabo al término de un proyecto o al final de alguna fase de un proyecto.

El cierre técnico tiene las siguientes características:

- Consiste en validar todo el trabajo realizado y asegurarse que el patrocinador y el cliente reciban todo lo necesario para contar con el producto, servicio o resultado de la operación.
- Durante la etapa de desarrollo del trabajo se determinaron los productos que fueron aceptados por el patrocinador y por el cliente, por lo que ahora sólo se requiere hacer el registro de conclusión de los productos para finalizar el proyecto.

- El administrador del proyecto debe revisar que todo el proceso se lleve a cabo según los procedimientos definidos en su empresa, con la experiencia adquirida, en la documentación de los proyectos anteriores y en los formatos de cierre, o cartas de finiquito, y demás documentación pertinente.

Los procesos de cierre pueden realizarse mediante reuniones cara a cara, virtuales, formales o informales con los miembros del equipo y otros involucrados en el proyecto para realizar las siguientes acciones:

- Recolectar información para completar el proyecto.
- Verificar que el producto y todos sus componentes se hayan aceptado y transferido a quienes lo utilizarán en la producción y operación o en la siguiente fase.
- Obtener la aprobación formal del producto por parte del cliente mediante una lista de verificación de todos los componentes del entregable.
- Actualizar la base de lecciones aprendidas.
- Mejorar los procesos administrativos y la generación de datos históricos.
- Registrar el resultado de la aplicación de los procesos seleccionados para el proyecto (*tailoring*) durante la planeación.
- Archivar los registros generados en el sistema de información para la administración de proyectos (PMIS), como gráficas de Gantt, líneas base aprobadas durante el desarrollo, registro del seguimiento del valor ganado, y listados de los histogramas de recursos, entre otros.
- Archivar la información del proyecto para su uso futuro en la organización.
- Actualizar los documentos del proyecto en la organización que desarrolla el proyecto o en la organización del cliente.

Al término del proyecto, es importante realizar juntas de retroalimentación para la evaluación y **reasignación de los recursos** a sus áreas funcionales o a nuevos proyectos y generar el informe final de desempeño.

Finalmente, es recomendable hacer una celebración como señal de terminación formal del proyecto y ¡fortalecer el sentimiento de logro!

8.3 Cerrar los abastecimientos

El cierre de los abastecimientos consiste en concluir cada una de las relaciones establecidas con los proveedores, verificando que todo su trabajo y los entregables sean aceptables de acuerdo con las especificaciones.

Cada contrato se concluye y se cierra, incluyendo la resolución de eventos o inconformidades y el cierre de cada contrato aplicable para el proyecto o alguna fase de éste.

Durante el cierre de los abastecimientos, se llevan a cabo actividades administrativas como la finalización de las reclamaciones abiertas, y la actualización de los registros para reflejar los resultados finales y la información que podrá utilizarse en el futuro. Cuando una reclamación o inconformidad no se resuelve, es probable que esté sujeta a juicios legales después del cierre del proyecto, dependiendo de los términos contractuales.

Con la información necesaria se utilizan sistemas y acciones para el cierre, considerando que:

- Si durante las adquisiciones que se realizaron se presentaron situaciones que causaron no conformidades, entonces es responsabilidad del administrador del proyecto que todos los eventos se resuelvan de la mejor manera posible por medio de una negociación simple, con el apoyo de un árbitro o mediante procesos legales.
- Es importante recalcar que todos los eventos deben quedar solucionados antes de cerrar oficialmente el proyecto y que para replicar las mejores prácticas es útil documentar las experiencias, actualizar el registro de los proveedores, especificar las acciones exitosas y las fallas del proyecto que se concluye, así como hacer recomendaciones para futuros proyectos.

Como resultado final de este proceso, se obtiene el cierre completo de contratos en el que normalmente se emiten documentos con la notificación escrita de que el contrato ha terminado.

Las auditorías del abastecimiento no solamente se realizan en el momento del cierre, sino durante el desarrollo del proyecto, desde el plan hasta el control de los abastecimientos.

8.4 Recomendaciones prácticas

Como se observa, durante el desarrollo del producto, servicio o resultado se producen los entregables acordados con el patrocinador y el cliente. Los insumos necesarios se compran a los proveedores de acuerdo con un plan de abastecimiento elaborado en la etapa de planeación del proyecto.

Cuando se concluyen los entregables, es importante realizar los procesos formales de cierre para terminar el proyecto o la fase; sin embargo, en ocasiones, los proyectos se dan por cerrados erróneamente al hacer la entrega de los productos, servicios o resultados.

Se recomienda crear una lista de verificación de los aspectos considerados en el cierre formal del proyecto, de acuerdo con la organización y con un documento formal legal que sirve como estándar en los proyectos terminados.

Cabe aclarar también que el proyecto puede terminar por otras razones, como el hecho de que ya no sea válido el objetivo o que no sea posible alcanzarlo. No obstante, ante todas las circunstancias, el proyecto se debe cerrar de manera formal.

El proyecto termina con los documentos finales de aceptación de los entregables, el cierre de contratos, el registro de las lecciones aprendidas y ¡una celebración del éxito!

8.5 De la experiencia

En un proyecto realizado para una institución educativa que ofrece cursos gratuitos por internet para el fortalecimiento de las habilidades de los ciudadanos (al cual se hizo referencia en el capítulo 7), se fueron elaborando los cursos durante el proceso de desarrollo, de tal manera que todos pasaban por el siguiente proceso:

- Desarrollar el curso de acuerdo con un formato y un curso muestra.
- Entregar el curso terminado a un corrector de estilo.
- Hacer las correcciones solicitadas por el corrector de estilo.
- Terminar formalmente el curso.

Así, se desarrollaron todos los cursos y fueron aceptados uno a uno. Al final, de cada entregable se tendría que verificar lo siguiente:

- El archivo del curso en el formato indicado.
- La hoja de revisión del corrector de estilo.
- La aceptación del curso por parte del responsable del cliente.
- La hoja descriptiva de los derechos de autor.
- Los documentos y las formas específicas de identificación de todos los participantes.

Para el proceso de cierre se creó una hoja especial en forma de lista de verificación para éste y todos los entregables, lo cual facilitó detectar faltantes en la documentación y detalles de aprobación que se solucionaron a tiempo.

Una estrategia importante que agilizó el proceso de cierre fue instalar una oficina especial para reunir al equipo del cliente con el equipo de desarrollo dentro de la empresa, lo cual permitió que el equipo del cliente pudiera trabajar sin interrupciones y estuviera dedicado por entero a la revisión.

El proceso de cierre duró cuatro días, al cabo de los cuales se obtuvo como resultado el documento legal de aceptación (listo para ser firmado por los representantes legales de cada organización), un documento de inconformidades para resolverse en los siguientes quince días, y una comida típica para celebrar la terminación.

Preguntas de repaso y para reflexión

1. Como resultado de las actividades de cierre de un proyecto, se producen:
 - a. Los entregables del proyecto.
 - b. Un resumen de los riesgos del proyecto.
 - c. Las modificaciones al *charter* del proyecto.
 - d. Los documentos archivados del proyecto.

La respuesta correcta es d. Durante el cierre se archivan los documentos del proyecto para uso posterior.

Los entregables del proyecto se aceptan en las actividades de monitoreo y control. Los cambios al *charter* constituyen un cambio a las especificaciones del proyecto durante la ejecución, y el resumen de los riesgos del proyecto se documentan también durante la ejecución.

2. Un proyecto se considera terminado cuando:
 - a. Se completa el alcance, y el cliente está satisfecho.
 - b. Se guardan todos sus documentos y se archivan las lecciones aprendidas.
 - c. Se recibe el pago final por parte del cliente.
 - d. Se completan los entregables.

Un proyecto se considera terminado cuando se han almacenado todos sus documentos, incluidas las lecciones aprendidas durante el desarrollo del proyecto.

Los entregables se completan durante la etapa de realización del trabajo y, con los procesos de monitoreo y control, se validan con el cliente. La parte de los pagos por el trabajo está relacionada con el contrato, e incluso es posible recibir un pago después del término del proyecto si así se estableció en el contrato.

3. Además del cierre técnico del proyecto, se debe realizar la siguiente actividad:
 - a. Cerrar los abastecimientos, en cuanto a pagos, documentos y conflictos.
 - b. Platicar con el equipo para revisar su desempeño.
 - c. Efectuar los cambios en los documentos del proyecto.
 - d. Buscar un nuevo proyecto para realizar.

La respuesta correcta es a. Al terminar el trabajo técnico del proyecto, que consiste en producir los entregables, es necesario que además se cierre el proceso de los abastecimientos, lo que implica reunir los documentos, revisar pagos y facturas, y solucionar las situaciones de inconformidad.

La revisión del desempeño del equipo se realiza durante la etapa de desarrollo del proyecto, y en las etapas de planeación y desarrollo del trabajo es cuando se actualizan los documentos del proyecto.

Buscar un nuevo proyecto no forma parte de las actividades del ciclo de vida del proyecto.

4. Los procesos de cierre del proyecto incluyen lo siguiente, excepto:
 - a. Determinar las medidas de desempeño.
 - b. Asegurarse de que los miembros del equipo estén reasignados.
 - c. Documentar las lecciones aprendidas.
 - d. Archivar los documentos del proyecto.

5. Un documento que se genera durante el cierre del proyecto es el siguiente:
 - a. Información del desempeño del trabajo.
 - b. Lecciones aprendidas.
 - c. El pago a los miembros del equipo.
 - d. Los resultados de los procesos de control de cambios.

6. Al administrador de un proyecto le han notificado que éste se cancelará por falta de recursos económicos. Entonces, el administrador debe:
 - a. Seguir trabajando en el proyecto hasta que se consigan nuevos fondos.
 - b. Notificar a los empleados que pronto se encontrará una solución.
 - c. Cerrar formalmente el proyecto.
 - d. Conseguir los fondos necesarios con otros patrocinadores.

7. Se convocó a una reunión a los miembros de un equipo para informarles que el proyecto en el que estaban participando será cancelado debido a que serán transferidos a un nuevo proyecto que iniciará muy pronto. Uno de los miembros del equipo pregunta qué es lo que deben hacer y dónde tendrán que guardar los documentos generados. El administrador del proyecto les indica que deberán hacer el cierre formal del proyecto. ¿Qué debe hacer el equipo? ¿Qué debe hacer el administrador del proyecto?

8. Un técnico especializado fue asignado de tiempo completo y, como parte de sus actividades, recibió capacitación en el uso de un nuevo equipo con el apoyo de un *coach* que revisó sus entregables. El técnico considera que su desempeño es muy bueno y que se ha especializado en el uso del equipo. Ahora, durante el cierre del proyecto, tiene algunas dudas:

¿Cómo podrá reintegrarse? ¿A dónde?

¿Cómo sabrá su jefe que tuvo muy buen desempeño?

¿Se le tomará en cuenta como especialista para futuros proyectos?

9. Explique cuáles son las acciones administrativas que deberá llevar a cabo el administrador del proyecto que se describe a continuación, para atender todas las dudas.

Los miembros del equipo de un proyecto de instalación de una aplicación en una empresa *piensan* que el proyecto ha terminado, pero tienen la duda de si el cliente también lo piensa así o si lo llamará posteriormente. Saben que todo está terminado y que la aplicación ya se encuentra en operación en la empresa, pero no saben qué

ocurrirá si los empleados de ésta tienen dudas o si se presentan fallas más adelante. ¿Qué debe hacer el administrador del proyecto para concluir la etapa de cierre? ¿Debe considerar hacer una celebración con el equipo? ¿Por qué?

- 10.** Al inicio de un proyecto, el administrador le presentó al equipo una serie de lecciones aprendidas de proyectos anteriores, las cuales a todos les parecieron muy adecuadas y útiles. El administrador del proyecto ahora les indicará lo siguiente con respecto a las lecciones aprendidas:
- Cuándo se recolectan.
 - Formas de recolección.
 - Opciones de almacenamiento.
 - Opciones de acceso y distribución.

Ayude al administrador del proyecto a dar esa explicación a los miembros del equipo.

Créditos de fotografías

Capítulo 1. Monedas de plata: Twin Design/Shutterstock

Capítulo 2. Manos revisando documentos en una mesa: karelnoppe/
Shutterstock; Construcción: somchai rakin/Shutterstock

Capítulo 3. Gente de negocios lista para una carrera: Pressmaster/
Shutterstock

Capítulo 4. Reunión de gente de negocios en oficina: Monkey Business
Images/Shutterstock

Capítulo 5. Rompecabezas: bogdan ionescu. Shutterstock

Capítulo 6. Lupa y pluma sobre gráfica: Umyvakin Yury/Shutterstock

Capítulo 7. Diagrama artístico de administración: Boobl/Shutterstock

Capítulo 8. Cierre de Proyecto: Rido/Shutterstock

Índice analítico

A

Actividades
duración, 114
estimación análoga, 114
estimación de tres puntos, 114
estimación paramétrica, 114
predecesoras, 94, 96, 99
secuencia de, 94. *Vea también*
Secuencia de actividades
sucesoras, 94, 96, 99
Administración de proyectos, 44-51
procesos principales, 45-46
Administrador del proyecto
como facilitador, 50-51
como líder, 50
como *manager*, 51
competencias, 50
y su equipo, 51
Alcance del proyecto (*project scope*), 74
Amortización, 24-26
Avance, porcentaje, 159-162

B

BAC (*budget at completion*), 168
Base corporativa de conocimientos, 60

C

Caso de negocios (*business case*), 32
Change control board (CCB), 170
Charter. *Vea* Especificación del proyecto
o *charter*
Cierre
de abastecimientos, 183-184
del proyecto, 182-183
Conducta económica racional, 16
Control integrado de cambios, 169-170
change control board (CCB), 170

Coordinate®, 63
Costo(s), 135
anual uniforme equivalente (CAUE),
19-21
cálculo de, por mano de obra,
116-117
de equipo y materiales, 22
definición, 135
directos, 135-136
cálculo de, 136-138
indirectos, 135-136
cálculo, 138-140
reservas para imprevistos y
contingencias, 140
y gastos de operación, 22, 23-24
costos de mantenimiento, 23-24
costos del personal, 23
gastos de oficina, 24
CPI (*schedule performance index*),
167
Criterio(s)
del pago justo, 36
de aceptación, 158
Curva(s)
acumuladas de costo, 133
S, 143

D

Depreciación, 24-26
en línea recta, 25-26
Desfasamientos (*lags*), 109
Diagrama(s)
de carga de recursos, 115-117
de flujo, 143
de Gantt (o de barras), 93, 104-115
de control, 162-166
definición, 104
ejemplo, 104
elementos, 105

estructura en consistencia con EDT,
107-108
pasos para elaborar un, 104-105
ruta crítica y, 105-106
software para elaboración, 106
tipos de secuencias, 108-111

E

EAC (*estimate at completion*), 168
Entregables (*project deliverables*), 75,
158
Equipo de trabajo del proyecto, 156-158
Equivalencia del dinero en el tiempo, 3
en el presente, 2-3
Especificación del proyecto o *charter*,
61-63
Estándar
ICB-IPMA®, 50
PMBOK®, 50
Estatuto de la definición de trabajo
(*project statement of work, SOW*), 61
Estimaciones, 132-135
al cumplimiento (*estimate at
completion, EAC*), 168
definición, 132
definitivas, 134-135
para presupuestos, 134
para terminar (*estimate forecast to
complete, ETC*), 168
por orden de magnitud, 33-134
Estructura de la división del trabajo (EDT),
73, 76-82, 93
actividades o tareas, 81
paquetes de trabajo, 79-81
ventajas de utilizarla, 81-82
Estudio económico, 22-29
ETC (*estimate forecast to complete*), 168
Evaluación de proyectos, 2

F

Fecha de estado (*status date*), 159
Flujos
descontados, 14
netos de efectivo (FNE), 31

G

Gantt. *Vea* Diagrama(s) de Gantt

I

Índice de desempeño
del costo (*schedule performance
index, CPI*), 167
del programa (*schedule performance
index, SPI*), 166
Interés. *Vea también* Tasa de interés
efectivo, 26-29
en periodos menores a un año, 28-29
nominal, 26-29
Involucrados, 63
matriz de, 64-65

J

Juicio experto, 64

L

Línea base
del alcance, 159
del costo, 159
del cronograma, 159
del desempeño del costo, 161-162
Linealidad en el uso de recursos, 117

M

Matriz de responsabilidades, 74, 83-84,
93
Metas intermedias, hitos o *milestones*,
93, 111-113
recomendaciones, 113-114
Método(s)
de evaluación de proyectos, 13
costo anual uniforme equivalente
(CAUE), 19-21
periodo de recuperación, 13-14
tasa interna de retorno (TIR), 17-19
valor presente neto (VPN), 14-17
del valor ganado, 166-168
MR. *Vea* Matriz de responsabilidades

N

Negocio
 capital intelectual, 59
 elementos del medio ambiente,
 58-59

P

Pagos uniformes en el presente, 4-10
 Paso
 hacia adelante, 101
 hacia atrás, 101-102
 Pérdida de valor de un activo, 24
 Periodo de recuperación, 13-14
 Plan de comunicación, 74, 84-87
 Portafolio, definición, 45
 Presupuesto
 al cumplimiento (*budget at completion*, BAC), 168
 de proyectos, 131-132, 141-143
 estructura de la división de costos
 (EDC), 141
 diagrama de flujo de caja, 143
 Proceso, definición, 45
 Programa, definición, 45
 Project Management Institute, 59
 Proyecto(s)
 alcance, 74-76
 ciclo de control, 156
 ciclo de vida, 46-48
 cierre, 182-183
 definición, 44
 documentos
 para ejecución, monitoreo y
 control, 59-60
 para el cierre, 60
 para la iniciación y planeación,
 59
 equipo, 156-158
 especificación del, o *charter*,
 61-63
 factores críticos de éxito, 48-49
 objetivos, 58
 por qué surgen, 57-58
 presupuesto, 131-132, 141-143

redes, 95
 ruta crítica, 95
 seguimiento y control, 158-159
stakeholders, 50, 64-65

R

Recursos
 asignación y nivelación, 114-117
 diagrama de carga de 115-117
 nivelación, 117
 restricción, 115
 sobreasignación, 117
 subutilización, 117
 Redes de proyectos, 95-99
 diagramas de actividades, 95-99
 flechas, 95
 nodos, 95
 Resultados
 o productos, 158
 proforma, 30-32
 Riesgo(s), 144-145
 análisis, 144-145
 método del impacto por prioridad,
 145
 Ruta crítica, 95, 99-103
 actividades críticas, 100
 holgura, 100, 103

S

Secuencia de actividades, 94
 dependencia discrecional, 94-95
 dependencia externa, 95
 dependencia obligatoria, 94-95
 tipos de, 108-109
 final-final (F-F) o *finish to finish*
 (F-F), 108
 final-inicio (F-I) o *finish to start*
 (F-S), 108
 inicio-final (I-F) o *start to finish*
 (S-F), 109
 inicio-inicio (I-I) o *start to start*
 (S-S), 108
 Seguimiento y control del proyecto,
 158-159

actualización en los documentos,
158
entregables aceptados, 158
información sobre avance, 158
requisiciones de cambio, 158
Stakeholders, 50, 64-65
firma, 63

T

Tasa de interés
efectiva, 27-29
anual, 28-29
mínima aceptable de rendimiento
(TMAR), 12-13
nominal, 27-29
Tiempo
holgura, 100, 103
medio, 114
optimista, 114
pesimista, 114
Traslapes (*leads*), 109
"Triángulo del diablo", 49, 51, 52

V

VAC (*variance at completion*), 168

Valor

de recuperación (VR), 20
de rescate (VR), 20
de salvamento (VS), 20
en libros, 24
futuro, 3
ganado (*earned value*, EV), 166
presente, 3, 8, 13, 14-17

Variación

al cumplimiento (*variance at completion*, VAC), 168
en el costo, 166, 167-168
en el programa (*schedule variance*, SV), 166

Vida útil del activo, 20

W

Work breakdown structure (WBS), 59



Administración de proyectos, la clave para la coordinación efectiva de actividades y recursos, presenta los conceptos, estrategias, técnicas y factores críticos de éxito para coordinar efectivamente proyectos.

Este libro está dirigido a estudiantes y profesionales interesados en desarrollar metodológicamente las etapas de inicio, planeación, ejecución y cierre de cualquier proyecto. Su campo de aplicación se extiende, aunque no se limita, a las tecnologías de información y de comunicación, de instalaciones industriales, de investigación, de innovación y de mejora continua.

El texto está estructurado para utilizarse como un recurso didáctico, constituido por una sólida planeación teórica, reflexiones útiles, recomendaciones prácticas y revisión de casos reales, así como preguntas de repaso y problemas para la mejor asimilación de los conceptos. Muy útil para el desarrollo de proyectos ya que abarca desde la evaluación económica de proyectos y su administración hasta su cierre, con revisión de la planeación del alcance, del tiempo, de los recursos, de los costos y del análisis de riesgos, sin olvidar la importancia de la comunicación entre los participantes del proyecto y la coordinación y control del mismo.

El libro incluye un código de acceso a una plataforma en línea para la administración de proyectos, el cual consta de las mismas etapas de administración que se describen en el libro y que sin duda será una gran herramienta de aprendizaje y un excelente soporte en el desarrollo de futuros proyectos.

Para más información sobre este libro y los recursos adicionales visite:

www.pearsonenespañol.com/lopez-lankenau

www.pearsonenespañol.com

ISBN 978-607-32-4174-8



9 786073 241748