

CONCEPTOS CLAVE

conjunto de tareas.....	29
desarrollo basado en componentes	43
modelo de métodos formales.....	44
modelo general de proceso...	27
modelos concurrentes	40
modelos de proceso evolutivo	36
modelos de proceso incremental.....	35
modelos de proceso prescriptivo	33
patrones del proceso.....	29
proceso del equipo de software	49
proceso personal del software.....	48
proceso unificado	45

En un libro fascinante que expone el punto de vista de un economista sobre el software y su ingeniería, Howard Baetjer, Jr. [Bae98] comenta acerca del proceso del software.

Debido a que el software, como todo capital, es conocimiento incorporado y a que el conocimiento originalmente se halla disperso, tácito, latente e incompleto en gran medida, el desarrollo de software es un proceso de aprendizaje social. El proceso es un diálogo en el que el conocimiento que debe convertirse en software se reúne e incorpora en éste. El proceso genera interacción entre usuarios y diseñadores, entre usuarios y herramientas cambiantes, y entre diseñadores y herramientas en evolución [tecnología]. Es un proceso que se repite y en el que la herramienta que evoluciona sirve por sí misma como medio para la comunicación: con cada nueva ronda del diálogo se genera más conocimiento útil a partir de las personas involucradas.

En realidad, la elaboración de software de computadora es un proceso reiterativo de aprendizaje social, y el resultado, algo que Baetjer llamaría “capital de software”, es la reunión de conocimiento recabado, depurado y organizado a medida que se realiza el proceso.

Pero desde el punto de vista técnico, ¿qué es exactamente un proceso del software? En el contexto de este libro, se define *proceso del software* como una estructura para las actividades, acciones y tareas que se requieren a fin de construir software de alta calidad. ¿“Proceso” es sinónimo de “ingeniería de software”? La respuesta es “sí y no”. Un proceso del software define el enfoque adoptado mientras se hace ingeniería sobre el software. Pero la ingeniería de software también incluye tecnologías que pueblan el proceso: métodos técnicos y herramientas automatizadas.

Más importante aún, la ingeniería de software es llevada a cabo por personas creativas y preparadas que deben adaptar un proceso maduro de software a fin de que resulte apropiado para los productos que construyen y para las demandas de su mercado.

UNA
MIRADA
RÁPIDA

¿Qué es? Cuando se trabaja en la construcción de un producto o sistema, es importante ejecutar una serie de pasos predecibles —el mapa de carreteras que lo ayuda a obtener a tiempo un resultado de alta calidad—. El mapa que se sigue se llama “proceso del software”.

¿Quién lo hace? Los ingenieros de software y sus gerentes adaptan el proceso a sus necesidades y luego lo siguen. Además, las personas que solicitaron el software tienen un papel en el proceso de definición, elaboración y prueba.

¿Por qué es importante? Porque da estabilidad, control y organización a una actividad que puede volverse caótica si se descontrola. Sin embargo, un enfoque moderno de ingeniería de software debe ser “ágil”. Debe incluir sólo aquellas actividades, controles y productos del trabajo que sean apropiados para el equipo del proyecto y para el producto que se busca obtener.

¿Cuáles son los pasos? En un nivel detallado, el proceso que se adopte depende del software que se esté elaborando. Un proceso puede ser apropiado para crear software destinado a un sistema de control electrónico de un aeroplano, mientras que para la creación de un sitio web será necesario un proceso completamente distinto.

¿Cuál es el producto final? Desde el punto de vista de un ingeniero de software, los productos del trabajo son los programas, documentos y datos que se producen como consecuencia de las actividades y tareas definidas por el proceso.

¿Cómo me aseguro de que lo hice bien? Hay cierto número de mecanismos de evaluación del proceso del software que permiten que las organizaciones determinen la “madurez” de su proceso. Sin embargo, la calidad, oportunidad y viabilidad a largo plazo del producto que se elabora son los mejores indicadores de la eficacia del proceso que se utiliza.

2.1 UN MODELO GENERAL DE PROCESO

En el capítulo 1 se definió un proceso como la colección de actividades de trabajo, acciones y tareas que se realizan cuando va a crearse algún producto terminado. Cada una de las actividades, acciones y tareas se encuentra dentro de una estructura o modelo que define su relación tanto con el proceso como entre sí.

En la figura 2.1 se representa el proceso del software de manera esquemática. En dicha figura, cada actividad estructural está formada por un conjunto de acciones de ingeniería de software y cada una de éstas se encuentra definida por un *conjunto de tareas* que identifica las tareas del trabajo que deben realizarse, los productos del trabajo que se producirán, los puntos de aseguramiento de la calidad que se requieren y los puntos de referencia que se utilizarán para evaluar el avance.

Como se dijo en el capítulo 1, una estructura general para la ingeniería de software define cinco actividades estructurales: **comunicación, planeación, modelado, construcción y despliegue**. Además, a lo largo de todo el proceso se aplica un conjunto de actividades som-

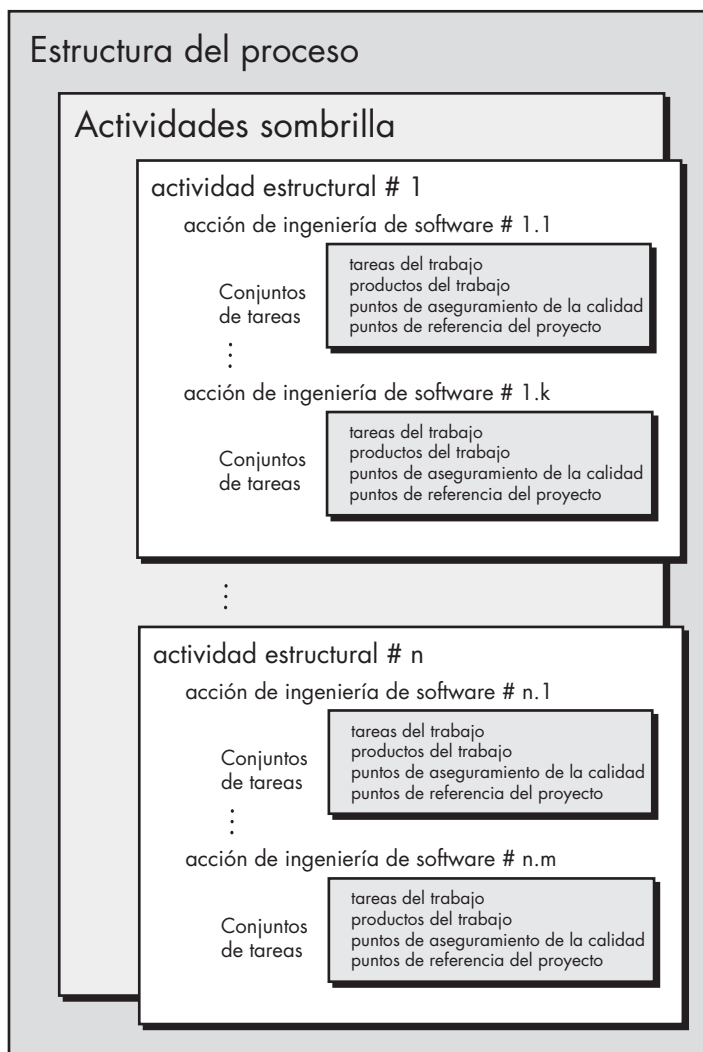
PUNTO CLAVE

La jerarquía del trabajo técnico dentro del proceso del software es: actividades, acciones que contiene y tareas constituyentes.

FIGURA 2.1

Estructura de un proceso del software

Proceso del software



Cita:

"Pensamos que los desarrolladores de software pierden de vista una verdad fundamental: la mayor parte de organizaciones no saben lo que hacen. Piensan que lo saben, pero no es así."

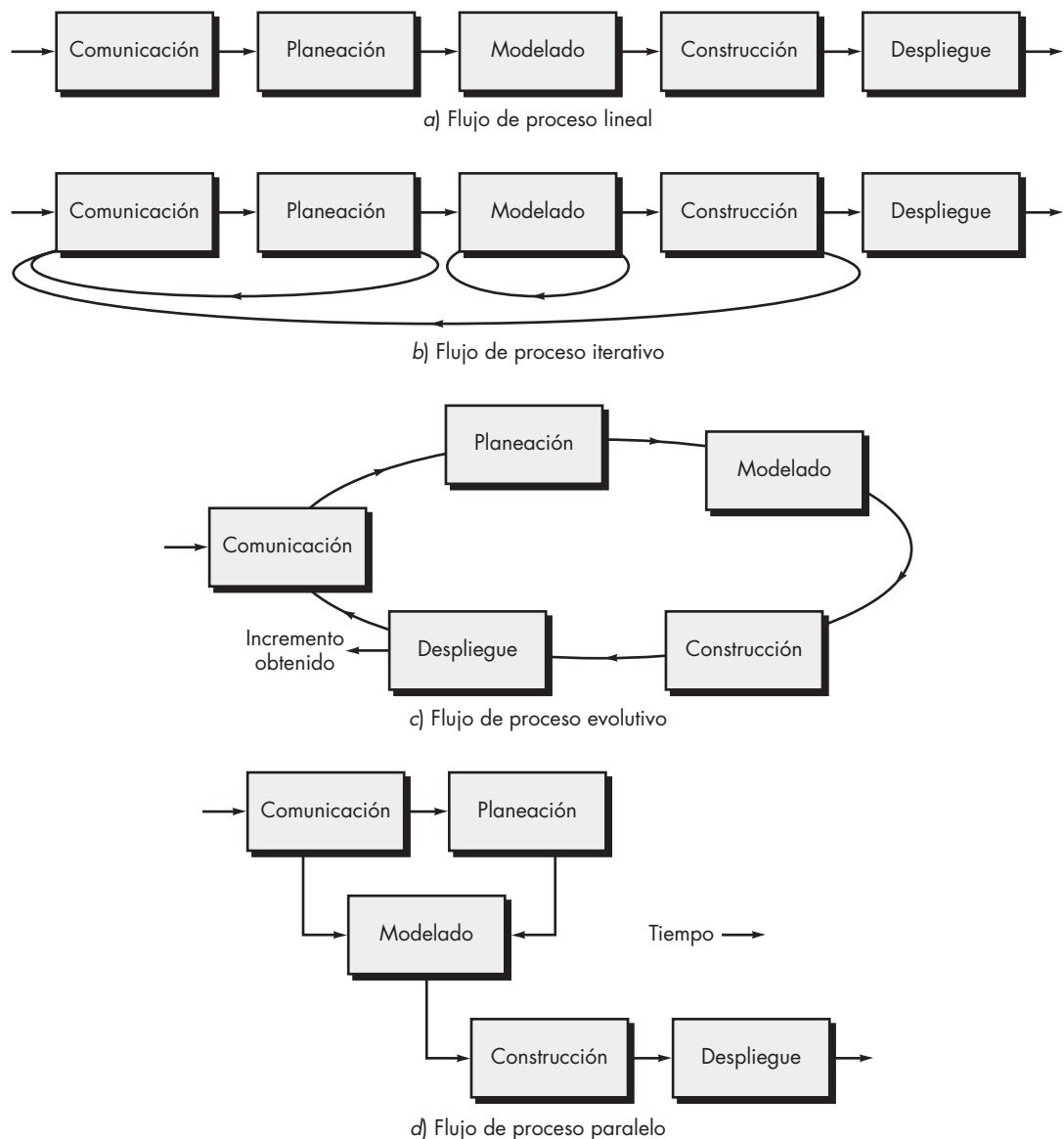
Tom DeMarco

brilla: seguimiento y control del proyecto, administración de riesgos, aseguramiento de la calidad, administración de la configuración, revisiones técnicas, entre otras.

El lector debe observar que aún no se menciona un aspecto importante del proceso del software. En la figura 2.2 se ilustra dicho aspecto —llamado *flujo del proceso*— y se describe la manera en que están organizadas las actividades estructurales y las acciones y tareas que ocurren dentro de cada una con respecto de la secuencia y el tiempo.

Un *flujo de proceso lineal* ejecuta cada una de las cinco actividades estructurales en secuencia, comenzando por la comunicación y terminando con el despliegue (véase la figura 2.2a). Un *flujo de proceso iterativo* repite una o más de las actividades antes de pasar a la siguiente (véase la figura 2.2b). Un *flujo de proceso evolutivo* realiza las actividades en forma "circular". A través de las cinco actividades, cada circuito lleva a una versión más completa del software (véase la figura 2.2c). Un *flujo de proceso paralelo* (véase la figura 2.2d) ejecuta una o más actividades en

FIGURA 2.2 Flujo del proceso



paralelo con otras (por ejemplo, el modelado de un aspecto del software tal vez se ejecute en paralelo con la construcción de otro aspecto del software).

2.1.1 Definición de actividad estructural

Aunque en el capítulo 1 se describieron cinco actividades estructurales y se dio una definición básica de cada una, un equipo de software necesitará mucha más información antes de poder ejecutar de manera apropiada cualquiera de ellas como parte del proceso del software. Por tanto, surge una pregunta clave: *¿qué acciones son apropiadas para una actividad estructural, dados la naturaleza del problema por resolver, las características de las personas que hacen el trabajo y los participantes que patrocinan el proyecto?*

? ¿Cómo se transforma una actividad estructural cuando cambia la naturaleza del proyecto?

Para un proyecto de software pequeño solicitado por una persona (en una ubicación remota) con requerimientos sencillos y directos, la actividad de comunicación tal vez no incluya algo más que una llamada telefónica con el participante apropiado. Entonces, la única acción necesaria es una *conversación telefónica*, y las tareas del trabajo (el *conjunto de tareas*) que engloba son las siguientes:

1. Hacer contacto con el participante por vía telefónica.
2. Analizar los requerimientos y tomar notas.
3. Organizar las notas por escrito en una formulación breve de los requerimientos.
4. Enviar correo electrónico al participante para que revise y apruebe.

Si el proyecto fuera considerablemente más complejo, con muchos participantes y cada uno con un distinto conjunto de requerimientos (a veces en conflicto), la actividad de comunicación puede tener seis acciones distintas (descritas en el capítulo 5): *concepción, indagación, elaboración, negociación, especificación y validación*. Cada una de estas acciones de la ingeniería del software tendrá muchas tareas de trabajo y un número grande de diferentes productos finales.

PUNTO CLAVE

Diferentes proyectos demandan diferentes conjuntos de tareas. El equipo de software elige el conjunto de tareas con base en las características del problema y el proyecto.

2.1.2 Identificación de un conjunto de tareas

En relación con la figura 2.1, cada acción de la ingeniería de software (por ejemplo, *obtención*, asociada a la actividad de comunicación) se representa por cierto número de distintos *conjuntos de tareas*, cada uno de los cuales es una colección de tareas de trabajo de la ingeniería de software, relacionadas con productos del trabajo, puntos de aseguramiento de la calidad y puntos de referencia del proyecto. Debe escogerse el conjunto de tareas que se adapte mejor a las necesidades del proyecto y a las características del equipo. Esto implica que una acción de la ingeniería de software puede adaptarse a las necesidades específicas del proyecto de software y a las características del equipo del proyecto.

2.1.3 Patrones del proceso

Cada equipo de software se enfrenta a problemas conforme avanza en el proceso del software. Si se demostrara que existen soluciones fáciles para dichos problemas, sería útil para el equipo abordarlos y resolverlos rápidamente. Un *patrón del proceso*¹ describe un problema relacionado con el proceso que se encuentra durante el trabajo de ingeniería de software, identifica el ambiente en el que surge el problema y sugiere una o más soluciones para el mismo. Dicho de manera general, un patrón de proceso da un formato [Amb98]: un método consistente para describir soluciones del problema en el contexto del proceso del software. Al combinar patrones, un equipo de software resuelve problemas y construye el proceso que mejor satisfaga las necesidades de un proyecto.

? ¿Qué es un patrón del proceso?

¹ En el capítulo 12 se hace el análisis detallado de los patrones.

INFORMACIÓN

**Conjunto de tareas**

Un conjunto de tareas define el trabajo real por efectuar a fin de cumplir los objetivos de una acción de ingeniería de software. Por ejemplo, la *indagación* (mejor conocida como “recabar los requerimientos”) es una acción importante de la ingeniería de software que ocurre durante la actividad de comunicación. La meta al recabar los requerimientos es entender lo que los distintos participantes desean del software que se va a elaborar.

Para un proyecto pequeño y relativamente sencillo, el conjunto de tareas para la indagación de requerimientos tendrá un aspecto parecido al siguiente:

1. Elaborar la lista de participantes del proyecto.
2. Invitar a todos los participantes a una reunión informal.
3. Pedir a cada participante que haga una relación de las características y funciones que requiere.
4. Analizar los requerimientos y construir la lista definitiva.
5. Ordenar los requerimientos según su prioridad.
6. Identificar las áreas de incertidumbre.

Para un proyecto de software más grande y complejo se requerirá de un conjunto de tareas diferente que quizá esté constituido por las siguientes tareas de trabajo:

1. Hacer la lista de participantes del proyecto.
2. Entrevistar a cada participante por separado a fin de determinar los deseos y necesidades generales.

3. Formar la lista preliminar de las funciones y características con base en las aportaciones del participante.
4. Programar una serie de reuniones para facilitar la elaboración de las especificaciones de la aplicación.
5. Celebrar las reuniones.
6. Producir en cada reunión escenarios informales de usuario.
7. Afinar los escenarios del usuario con base en la retroalimentación de los participantes.
8. Formar una lista revisada de los requerimientos de los participantes.
9. Usar técnicas de despliegue de la función de calidad para asignar prioridades a los requerimientos.
10. Agrupar los requerimientos de modo que puedan entregarse en forma paulatina y creciente.
11. Resaltar las limitantes y restricciones que se introducirán al sistema.
12. Analizar métodos para validar el sistema.

Los dos conjuntos de tareas mencionados sirven para “recabar los requerimientos”, pero son muy distintos en profundidad y formalidad. El equipo de software elige el conjunto de tareas que le permita alcanzar la meta de cada acción con calidad y agilidad.

Cita:

“La repetición de patrones es algo muy diferente de la repetición de las partes. En realidad, las distintas partes serán únicas porque los patrones son los mismos.”

Christopher Alexander

Los patrones se definen en cualquier nivel de abstracción.² En ciertos casos, un patrón puede usarse para describir un problema (y su solución) asociado con un modelo completo del proceso (por ejemplo, hacer prototipos). En otras situaciones, los patrones se utilizan para describir un problema (y su solución) asociado con una actividad estructural (por ejemplo, **planeación**) o una acción dentro de una actividad estructural (estimación de proyectos).

Ambler [Amb98] ha propuesto un formato para describir un patrón del proceso:

Nombre del patrón. El patrón recibe un nombre significativo que lo describe en el contexto del proceso del software (por ejemplo, **RevisionesTécnicas**).

Fuerzas. El ambiente en el que se encuentra el patrón y los aspectos que hacen visible el problema y afectan su solución.

Tipo. Se especifica el tipo de patrón. Ambler [Amb98] sugiere tres tipos:

1. *Patrón de etapa:* define un problema asociado con una actividad estructural para el proceso. Como una actividad estructural incluye múltiples acciones y tareas del trabajo, un patrón de la etapa incorpora múltiples patrones de la tarea (véase a continuación) que son relevantes para la etapa (actividad estructural). Un ejemplo de patrón de etapa sería **EstablecerComunicación**. Este patrón incorporaría el patrón de tarea **RecabarRequerimientos** y otros más.
2. *Patrón de tarea:* define un problema asociado con una acción o tarea de trabajo de la ingeniería de software y que es relevante para el éxito de la práctica de ingeniería de software (por ejemplo, **RecabarRequerimientos** es un patrón de tarea).

2 Los patrones son aplicables a muchas actividades de la ingeniería de software. El análisis, el diseño y la prueba de patrones se estudian en los capítulos 7, 9, 10, 12 y 14. Los patrones y “antipatrones” para las actividades de administración de proyectos se analizan en la parte 4 del libro.

3. *Patrón de fase*: define la secuencia de las actividades estructurales que ocurren dentro del proceso, aun cuando el flujo general de las actividades sea de naturaleza iterativa. Un ejemplo de patrón de fase es **ModeloEspiral** o **Prototipos**.³

Contexto inicial. Describe las condiciones en las que se aplica el patrón. Antes de iniciar el patrón: 1) ¿Qué actividades organizacionales o relacionadas con el equipo han ocurrido? 2) ¿Cuál es el estado de entrada para el proceso? 3) ¿Qué información de ingeniería de software o del proyecto ya existe?

Por ejemplo, el patrón **Planeación** (patrón de etapa) requiere que: 1) los clientes y los ingenieros de software hayan establecido una comunicación colaboradora; 2) haya terminado con éxito cierto número de patrones de tarea [especificado] para el patrón **Comunicación**; y 3) se conozcan el alcance del proyecto, los requerimientos básicos del negocio y las restricciones del proyecto.

Problema. El problema específico que debe resolver el patrón.

Solución. Describe cómo implementar con éxito el patrón. Esta sección describe la forma en la que se modifica el estado inicial del proceso (que existe antes de implementar el patrón) como consecuencia de la iniciación del patrón. También describe cómo se transforma la información sobre la ingeniería de software o sobre el proyecto, disponible antes de que inicie el patrón, como consecuencia de la ejecución exitosa del patrón.

Contexto resultante. Describe las condiciones que resultarán una vez que se haya implementado con éxito el patrón: 1) ¿Qué actividades organizacionales o relacionadas con el equipo deben haber ocurrido? 2) ¿Cuál es el estado de salida del proceso? 3) ¿Qué información sobre la ingeniería de software o sobre el proyecto se ha desarrollado?

Patrones relacionados. Proporciona una lista de todos los patrones de proceso directamente relacionados con éste. Puede representarse como una jerarquía o en alguna forma de diagrama. Por ejemplo, el patrón de etapa **Comunicación** incluye los patrones de tarea: **EquipoDelProyecto**, **LineamientosDeColaboración**, **DefiniciónDeAlcances**, **RecabarRequerimientos**, **DescripciónDeRestricciones** y **CreaciónDeEscenarios**.

Usos y ejemplos conocidos. Indica las instancias específicas en las que es aplicable el patrón. Por ejemplo, **Comunicación** es obligatoria al principio de todo proyecto de software, es recomendable a lo largo del proyecto y de nuevo obligatoria una vez alcanzada la actividad de despliegue.

Los patrones de proceso dan un mecanismo efectivo para enfrentar problemas asociados con cualquier proceso del software. Los patrones permiten desarrollar una descripción jerárquica del proceso, que comienza en un nivel alto de abstracción (un patrón de fase). Después se mejora la descripción como un conjunto de patrones de etapa que describe las actividades estructurales y se mejora aún más en forma jerárquica en patrones de tarea más detallados para cada patrón de etapa. Una vez desarrollados los patrones de proceso, pueden reutilizarse para la definición de variantes del proceso, es decir, un equipo de software puede definir un modelo de proceso específico con el empleo de los patrones como bloques constituyentes del modelo del proceso.

WebRef

En la dirección www.ambysoft.com/processPatternsPage.html se encuentran recursos amplios sobre los patrones de proceso.

2.2 EVALUACIÓN Y MEJORA DEL PROCESO

La existencia de un proceso del software no es garantía de que el software se entregue a tiempo, que satisfaga las necesidades de los consumidores o que tenga las características técnicas que

³ Estos patrones de fase se estudian en la sección 2.3.3.

INFORMACIÓN

**Ejemplo de patrón de proceso**

El siguiente patrón de proceso abreviado describe un enfoque aplicable en el caso en el que los participantes tienen una idea general de lo que debe hacerse, pero no están seguros de los requerimientos específicos de software.

Nombre del patrón. Requerimientos Poco Claros

Intención. Este patrón describe un enfoque para construir un modelo (un prototipo) que los participantes pueden evaluar en forma iterativa, en un esfuerzo por identificar o solidificar los requerimientos de software.

Tipo. Patrón de fase.

Contexto inicial. Antes de iniciar este patrón deben cumplirse las siguientes condiciones: 1) se ha identificado a los participantes; 2) se ha establecido un modo de comunicación entre los participantes y el equipo de software; 3) los participantes han identificado el problema general de software que se va a resolver; 4) se ha obtenido el entendimiento inicial del alcance del proyecto, los requerimientos básicos del negocio y las restricciones del proyecto.

Problema. Los requerimientos son confusos o inexistentes, pero hay un reconocimiento claro de que existe un problema por resolver y que

debe hacerse con una solución de software. Los participantes no están seguros de lo que quieren, es decir, no pueden describir con detalle los requerimientos del software.

Solución. Aquí se presentaría una descripción del proceso prototipo, que se describirá más adelante, en la sección 2.3.3.

Contexto resultante. Los participantes aprueban un prototipo de software que identifica los requerimientos básicos (por ejemplo, modos de interacción, características computacionales, funciones de procesamiento). Después de esto, 1) el prototipo quizá evolucione a través de una serie de incrementos para convertirse en el software de producción, o 2) tal vez se descarte el prototipo y el software de producción se elabore con el empleo de otro proceso de patrón.

Patrones relacionados. Los patrones siguientes están relacionados con este patrón: **Comunicación Con Clientes, Diseño Iterativo, Desarrollo Iterativo, Evaluación Del Cliente, Obtención De Requerimientos.**

Usos y ejemplos conocidos. Cuando los requerimientos sean inciertos, es recomendable hacer prototipos.

PUNTO CLAVE

La evaluación busca entender el estado actual del proceso del software con el objeto de mejorarlo.

conducirán a características de calidad de largo plazo (véanse los capítulos 14 y 16). Los patrones de proceso deben acoplarse con una práctica sólida de ingeniería de software (véase la parte 2 del libro). Además, el proceso en sí puede evaluarse para garantizar que cumple con ciertos criterios de proceso básicos que se haya demostrado que son esenciales para el éxito de la ingeniería de software.⁴

En las últimas décadas se han propuesto numerosos enfoques para la evaluación y mejora de un proceso del software:

? ¿De qué técnicas formales se dispone para evaluar el proceso del software?

Cita:

"Las organizaciones de software tienen deficiencias significativas en su capacidad de capitalizar las experiencias obtenidas de los proyectos terminados."

NASA

Método de evaluación del estándar CMMI para el proceso de mejora (SCAMPI, por sus siglas en inglés): proporciona un modelo de cinco fases para evaluar el proceso: inicio, diagnóstico, establecimiento, actuación y aprendizaje. El método SCAMPI emplea el SEI CMMI como la base de la evaluación [SEI00].

Evaluación basada en CMM para la mejora del proceso interno (CBA IPI, por sus siglas en inglés): proporciona una técnica de diagnóstico para evaluar la madurez relativa de una organización de software; usa el SEI CMM como la base de la evaluación [Dun01].

SPICE (ISO/IEC 15504): estándar que define un conjunto de requerimientos para la evaluación del proceso del software. El objetivo del estándar es ayudar a las organizaciones a desarrollar una evaluación objetiva de cualquier proceso del software definido [ISO08].

ISO9001:2000 para software: estándar genérico que se aplica a cualquier organización que desee mejorar la calidad general de los productos, sistemas o servicios que proporciona. Por tanto, el estándar es directamente aplicable a las organizaciones y compañías de software [Ant06].

En el capítulo 30 se presenta un análisis detallado de los métodos de evaluación del software y del proceso de mejora.

⁴ En la publicación CMMI [CMM07] del SEI, se describen con muchos detalles las características de un proceso del software y los criterios para un proceso exitoso.

2.3 MODELOS DE PROCESO PRESCRIPTIVO

Los modelos de proceso prescriptivo fueron propuestos originalmente para poner orden en el caos del desarrollo de software. La historia indica que estos modelos tradicionales han dado cierta estructura útil al trabajo de ingeniería de software y que constituyen un mapa razonablemente eficaz para los equipos de software. Sin embargo, el trabajo de ingeniería de software y el producto que genera siguen “al borde del caos”.

En un artículo intrigante sobre la extraña relación entre el orden y el caos en el mundo del software, Nogueira y sus colegas [Nog00] afirman lo siguiente:

Cita:

“Si el proceso está bien, los resultados cuidarán de sí mismos.”

Takashi Osada

El borde del caos se define como “el estado natural entre el orden y el caos, un compromiso grande entre la estructura y la sorpresa” [Kau95]. El borde del caos se visualiza como un estado inestable y parcialmente estructurado [...] Es inestable debido a que se ve atraído constantemente hacia el caos o hacia el orden absoluto.

Tenemos la tendencia de pensar que el orden es el estado ideal de la naturaleza. Esto podría ser un error [...] las investigaciones apoyan la teoría de que la operación que se aleja del equilibrio genera creatividad, procesos autoorganizados y rendimientos crecientes [Roo96]. El orden absoluto significa ausencia de variabilidad, que podría ser una ventaja en los ambientes impredecibles. El cambio ocurre cuando hay cierta estructura que permita que el cambio pueda organizarse, pero que no sea tan rígida como para que no pueda suceder. Por otro lado, demasiado caos hace imposible la coordinación y la coherencia. La falta de estructura no siempre significa desorden.

Las implicaciones filosóficas de este argumento son significativas para la ingeniería de software. Si los modelos de proceso prescriptivo⁵ buscan generar estructura y orden, ¿son inapropiados para el mundo del software, que se basa en el cambio? Pero si rechazamos los modelos de proceso tradicional (y el orden que implican) y los reemplazamos con algo menos estructurado, ¿hacemos imposible la coordinación y coherencia en el trabajo de software?

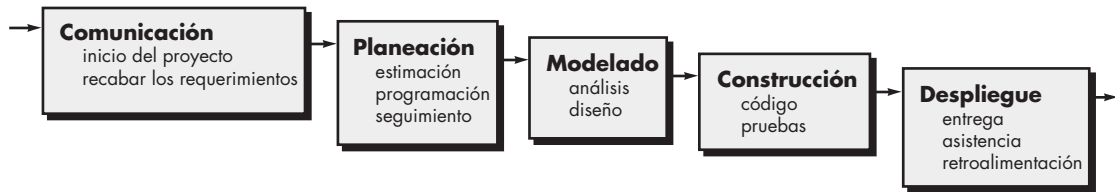
No hay respuestas fáciles para estas preguntas, pero existen alternativas disponibles para los ingenieros de software. En las secciones que siguen se estudia el enfoque de proceso prescriptivo en el que los temas dominantes son el orden y la consistencia del proyecto. El autor los llama “prescriptivos” porque prescriben un conjunto de elementos del proceso: actividades estructurales, acciones de ingeniería de software, tareas, productos del trabajo, aseguramiento de la calidad y mecanismos de control del cambio para cada proyecto. Cada modelo del proceso también prescribe un flujo del proceso (también llamado *flujo de trabajo*), es decir, la manera en la que los elementos del proceso se relacionan entre sí.

Todos los modelos del proceso del software pueden incluir las actividades estructurales generales descritas en el capítulo 1, pero cada una pone distinto énfasis en ellas y define en forma diferente el flujo de proceso que invoca cada actividad estructural (así como acciones y tareas de ingeniería de software).

2.3.1 Modelo de la cascada

Hay veces en las que los requerimientos para cierto problema se comprenden bien: cuando el trabajo desde la **comunicación** hasta el **despliegue** fluye en forma razonablemente lineal. Esta situación se encuentra en ocasiones cuando deben hacerse adaptaciones o mejoras bien definidas a un sistema ya existente (por ejemplo, una adaptación para software de contabilidad que es obligatorio hacer debido a cambios en las regulaciones gubernamentales). También ocurre en cierto número limitado de nuevos esfuerzos de desarrollo, pero sólo cuando los requerimientos están bien definidos y tienen una estabilidad razonable.

⁵ Los modelos de proceso prescriptivo en ocasiones son denominados modelos de proceso “tradicional”.

FIGURA 2.3 Modelo de la cascada

El *modelo de la cascada*, a veces llamado *ciclo de vida clásico*, sugiere un enfoque sistemático y secuencial⁶ para el desarrollo del software, que comienza con la especificación de los requerimientos por parte del cliente y avanza a través de planeación, modelado, construcción y despliegue, para concluir con el apoyo del software terminado (véase la figura 2.3).

Una variante de la representación del modelo de la cascada se denomina *modelo en V*. En la figura 2.4 se ilustra el modelo en V [Buc99], donde se aprecia la relación entre las acciones para el aseguramiento de la calidad y aquellas asociadas con la comunicación, modelado y construcción temprana. A medida que el equipo de software avanza hacia abajo desde el lado izquierdo de la V, los requerimientos básicos del problema mejoran hacia representaciones técnicas cada vez más detalladas del problema y de su solución. Una vez que se ha generado el código, el equipo sube por el lado derecho de la V, y en esencia ejecuta una serie de pruebas (acciones para asegurar la calidad) que validan cada uno de los modelos creados cuando el equipo fue hacia abajo por el lado izquierdo.⁷ En realidad, no hay diferencias fundamentales entre el ciclo de vida clásico y el modelo en V. Este último proporciona una forma de visualizar el modo de aplicación de las acciones de verificación y validación al trabajo de ingeniería inicial.

El modelo de la cascada es el paradigma más antiguo de la ingeniería de software. Sin embargo, en las últimas tres décadas, las críticas hechas al modelo han ocasionado que incluso sus defensores más obstinados cuestionen su eficacia [Han95]. Entre los problemas que en ocasiones surgen al aplicar el modelo de la cascada se encuentran los siguientes:

1. Es raro que los proyectos reales sigan el flujo secuencial propuesto por el modelo. Aunque el modelo lineal acepta repeticiones, lo hace en forma indirecta. Como resultado, los cambios generan confusión conforme el equipo del proyecto avanza.
2. A menudo, es difícil para el cliente enunciar en forma explícita todos los requerimientos. El modelo de la cascada necesita que se haga y tiene dificultades para aceptar la incertidumbre natural que existe al principio de muchos proyectos.
3. El cliente debe tener paciencia. No se dispondrá de una versión funcional del(de los) programa(s) hasta que el proyecto esté muy avanzado. Un error grande sería desastroso si se detectara hasta revisar el programa en funcionamiento.

En un análisis interesante de proyectos reales, Bradac [Bra94] encontró que la naturaleza lineal del ciclo de vida clásico llega a “estados de bloqueo” en los que ciertos miembros del equipo de proyecto deben esperar a otros a fin de terminar tareas interdependientes. En realidad, ¡el tiempo de espera llega a superar al dedicado al trabajo productivo! Los estados de bloqueo tienden a ocurrir más al principio y al final de un proceso secuencial lineal.

Hoy en día, el trabajo de software es acelerado y está sujeto a una corriente sin fin de cambios (en las características, funciones y contenido de información). El modelo de la cascada suele ser

PUNTO CLAVE

El modelo en V ilustra la forma en la que se asocian las acciones de verificación y validación con las primeras acciones de ingeniería.

? ¿Por qué a veces falla el modelo de la cascada?

Cita:

“Con demasiada frecuencia, el trabajo de software sigue la primera ley del ciclismo: no importa hacia dónde te dirijas, vas hacia arriba y contra el viento.”

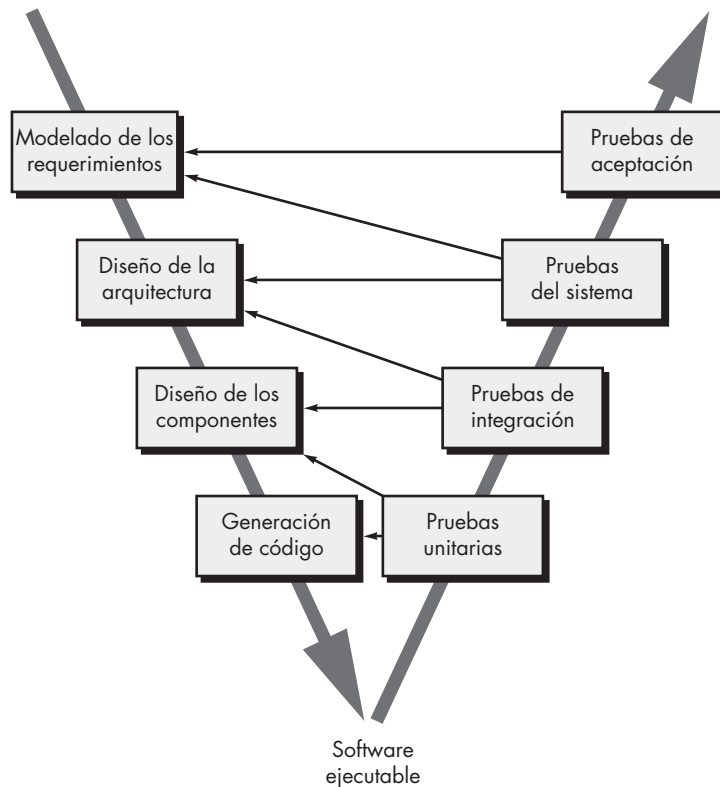
Anónimo

6 Aunque el modelo de la cascada propuesto originalmente por Winston Royce [Roy70] prevé los “bucles de retroalimentación”, la gran mayoría de organizaciones que aplican este modelo de proceso lo tratan como si fuera estrictamente lineal.

7 En la parte 3 del libro se estudian con detalle las acciones de aseguramiento de la calidad.

FIGURA 2.4

El modelo en V



inapropiado para ese tipo de labor. No obstante, sirve como un modelo de proceso útil en situaciones en las que los requerimientos son fijos y el trabajo avanza en forma lineal hacia el final.

2.3.2 Modelos de proceso incremental

Hay muchas situaciones en las que los requerimientos iniciales del software están razonablemente bien definidos, pero el alcance general del esfuerzo de desarrollo imposibilita un proceso lineal. Además, tal vez haya una necesidad imperiosa de dar rápidamente cierta funcionalidad limitada de software a los usuarios y aumentarla en las entregas posteriores de software. En tales casos, se elige un modelo de proceso diseñado para producir el software en incrementos.

El modelo *incremental* combina elementos de los flujos de proceso lineal y paralelo estudiados en la sección 2.1. En relación con la figura 2.5, el modelo incremental aplica secuencias lineales en forma escalonada a medida que avanza el calendario de actividades. Cada secuencia lineal produce “incrementos” de software susceptibles de entregarse [McD93] de manera parecida a los incrementos producidos en un flujo de proceso evolutivo (sección 2.3.3).

Por ejemplo, un software para procesar textos que se elabore con el paradigma incremental quizá entregue en el primer incremento las funciones básicas de administración de archivos, edición y producción del documento; en el segundo dará herramientas más sofisticadas de edición y producción de documentos; en el tercero habrá separación de palabras y revisión de la ortografía; y en el cuarto se proporcionará la capacidad para dar formato avanzado a las páginas. Debe observarse que el flujo de proceso para cualquier incremento puede incorporar el paradigma del prototipo.

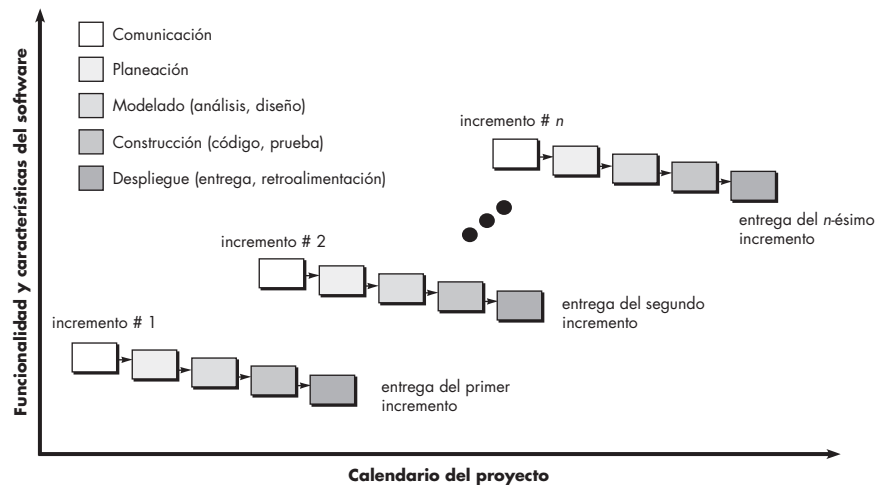
Cuando se utiliza un modelo incremental, es frecuente que el primer incremento sea el *producto fundamental*. Es decir, se abordan los requerimientos básicos, pero no se proporcionan muchas características suplementarias (algunas conocidas y otras no). El cliente usa el producto fundamental (o lo somete a una evaluación detallada). Como resultado del uso y/o evaluación,

PUNTO CLAVE

El modelo incremental ejecuta una serie de avances, llamados incrementos, que en forma progresiva dan más funcionalidad al cliente conforme se le entrega cada incremento.

CONSEJO

Su cliente solicita la entrega para una fecha que es imposible de cumplir. Sugiera entregar uno o más incrementos en la fecha que pide, y el resto del software (incrementos adicionales) en un momento posterior.

FIGURA 2.5**El modelo incremental**

se desarrolla un plan para el incremento que sigue. El plan incluye la modificación del producto fundamental para cumplir mejor las necesidades del cliente, así como la entrega de características adicionales y más funcionalidad. Este proceso se repite después de entregar cada incremento, hasta terminar el producto final.

El modelo de proceso incremental se centra en que en cada incremento se entrega un producto que ya opera. Los primeros incrementos son versiones desnudas del producto final, pero proporcionan capacidad que sirve al usuario y también le dan una plataforma de evaluación.⁸

El desarrollo incremental es útil en particular cuando no se dispone de personal para la implementación completa del proyecto en el plazo establecido por el negocio. Los primeros incrementos se desarrollan con pocos trabajadores. Si el producto básico es bien recibido, entonces se agrega más personal (si se requiere) para que labore en el siguiente incremento. Además, los incrementos se planean para administrar riesgos técnicos. Por ejemplo, un sistema grande tal vez requiera que se disponga de hardware nuevo que se encuentre en desarrollo y cuya fecha de entrega sea incierta. En este caso, tal vez sea posible planear los primeros incrementos de forma que eviten el uso de dicho hardware, y así proporcionar una funcionalidad parcial a los usuarios finales sin un retraso importante.

2.3.3 Modelos de proceso evolutivo

El software, como todos los sistemas complejos, evoluciona en el tiempo. Es frecuente que los requerimientos del negocio y del producto cambien conforme avanza el desarrollo, lo que hace que no sea realista trazar una trayectoria rectilínea hacia el producto final; los plazos apretados del mercado hacen que sea imposible la terminación de un software perfecto, pero debe lanzarse una versión limitada a fin de aliviar la presión de la competencia o del negocio; se comprende bien el conjunto de requerimientos o el producto básico, pero los detalles del producto o extensiones del sistema aún están por definirse. En estas situaciones y otras parecidas se necesita un modelo de proceso diseñado explícitamente para adaptarse a un producto que evoluciona con el tiempo.

Los modelos evolutivos son iterativos. Se caracterizan por la manera en la que permiten desarrollar versiones cada vez más completas del software. En los párrafos que siguen se presentan dos modelos comunes de proceso evolutivo.

PUNTO CLAVE

El modelo del proceso evolutivo genera en cada iteración una versión final cada vez más completa del software.

⁸ Es importante observar que para todos los modelos de proceso “ágiles” que se estudian en el capítulo 3 también se usa la filosofía incremental.

Cita:

"Planea para lanzar uno. De todos modos hará eso. Su única elección es si tratará de vender a sus clientes lo que lanzó."

Frederick P. Brooks



CONSEJO
Cuando su cliente tiene una necesidad legítima, pero ignora los detalles, como primer paso desarrolle un prototipo.

Hacer prototipos. Es frecuente que un cliente defina un conjunto de objetivos generales para el software, pero que no identifique los requerimientos detallados para las funciones y características. En otros casos, el desarrollador tal vez no esté seguro de la eficiencia de un algoritmo, de la adaptabilidad de un sistema operativo o de la forma que debe adoptar la interacción entre el humano y la máquina. En estas situaciones, y muchas otras, el *paradigma de hacer prototipos* tal vez ofrezca el mejor enfoque.

Aunque es posible hacer prototipos como un modelo de proceso aislado, es más común usarlo como una técnica que puede implementarse en el contexto de cualquiera de los modelos de proceso descritos en este capítulo. Sin importar la manera en la que se aplique, el paradigma de hacer prototipos le ayudará a usted y a otros participantes a mejorar la comprensión de lo que hay que elaborar cuando los requerimientos no están claros.

El paradigma de hacer prototipos (véase la figura 2.6) comienza con comunicación. Usted se reúne con otros participantes para definir los objetivos generales del software, identifica cualesquiera requerimientos que conozca y detecta las áreas en las que es imprescindible una mayor definición. Se planea rápidamente una iteración para hacer el prototipo, y se lleva a cabo el modelado (en forma de un "diseño rápido"). Éste se centra en la representación de aquellos aspectos del software que serán visibles para los usuarios finales (por ejemplo, disposición de la interfaz humana o formatos de la pantalla de salida). El diseño rápido lleva a la construcción de un prototipo. Éste se entrega y es evaluado por los participantes, que dan retroalimentación para mejorar los requerimientos. La iteración ocurre a medida de que el prototipo es afinado para satisfacer las necesidades de distintos participantes, y al mismo tiempo le permite a usted entender mejor lo que se necesita hacer.

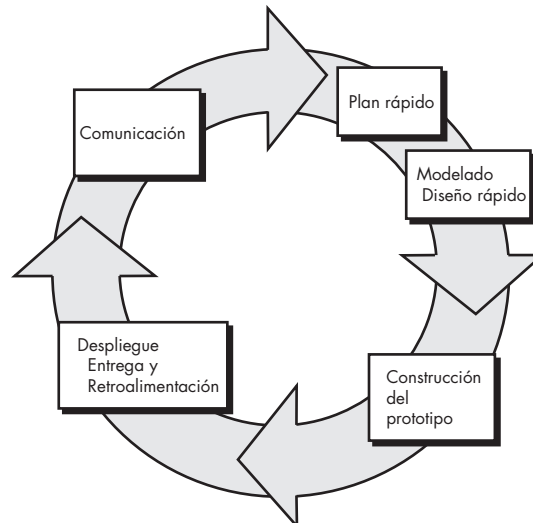
El ideal es que el prototipo sirva como mecanismo para identificar los requerimientos del software. Si va a construirse un prototipo, pueden utilizarse fragmentos de programas existentes o aplicar herramientas (por ejemplo, generadores de reportes y administradores de ventanas) que permitan generar rápidamente programas que funcionen.

Pero, ¿qué hacer con el prototipo cuando ya sirvió para el propósito descrito? Brooks [Bro95] da una respuesta:

En la mayoría de proyectos es raro que el primer sistema elaborado sea utilizable. Tal vez sea muy lento, muy grande, difícil de usar o todo a la vez. No hay más alternativa que comenzar de nuevo, con más inteligencia, y construir una versión rediseñada en la que se resuelvan los problemas.

FIGURA 2.6

El paradigma de hacer prototipos



El prototipo sirve como “el primer sistema”. Lo que Brooks recomienda es desecharlo. Pero esto quizá sea un punto de vista idealizado. Aunque algunos prototipos se construyen para ser “desechables”, otros son evolutivos; es decir, poco a poco se transforman en el sistema real.

Tanto a los participantes como a los ingenieros de software les gusta el paradigma de hacer prototipos. Los usuarios adquieren la sensación del sistema real, y los desarrolladores logran construir algo de inmediato. No obstante, hacer prototipos llega a ser problemático por las siguientes razones:



Resista la presión para convertir un prototipo burdo en un producto terminado. Como resultado de ello, casi siempre disminuye la calidad.

1. Los participantes ven lo que parece ser una versión funcional del software, sin darse cuenta de que el prototipo se obtuvo de manera caprichosa; no perciben que en la prisa por hacer que funcionara, usted no consideró la calidad general del software o la facilidad de darle mantenimiento a largo plazo. Cuando se les informa que el producto debe rehacerse a fin de obtener altos niveles de calidad, los participantes gritan que es usted un tonto y piden “unos cuantos arreglos” para hacer del prototipo un producto funcional. Con demasiada frecuencia, el gerente de desarrollo del software cede.
2. Como ingeniero de software, es frecuente que llegue a compromisos respecto de la implementación a fin de hacer que el prototipo funcione rápido. Quizá utilice un sistema operativo inapropiado, o un lenguaje de programación tan sólo porque cuenta con él y lo conoce; tal vez implementó un algoritmo ineficiente sólo para demostrar capacidad. Después de un tiempo, quizá se sienta cómodo con esas elecciones y olvide todas las razones por las que eran inadecuadas. La elección de algo menos que lo ideal ahora ha pasado a formar parte del sistema.

Aunque puede haber problemas, hacer prototipos es un paradigma eficaz para la ingeniería de software. La clave es definir desde el principio las reglas del juego; es decir, todos los participantes deben estar de acuerdo en que el prototipo sirva como el mecanismo para definir los requerimientos. Después se descartará (al menos en parte) y se hará la ingeniería del software real con la mirada puesta en la calidad.

CASA SEGURA



Selección de un modelo de proceso, parte 1

La escena: Sala de juntas del grupo de ingeniería de software de CPI Corporation, compañía (ficticia) que manufactura artículos de consumo para el hogar y para uso comercial.

Participantes: Lee Warren, gerente de ingeniería; Doug Miller, gerente de ingeniería de software; Jamie Lazar, miembro del equipo de software; Vinod Raman, miembro del equipo de software; y Ed Robbins, miembro del equipo de software.

La conversación:

Lee: Recapitulemos. He dedicado algún tiempo al análisis de la línea de productos CasaSegura, según la vemos hasta el momento. No hay duda de que hemos efectuado mucho trabajo tan sólo para definir el concepto, pero me gustaría que ustedes comenzaran a pensar en cómo van a enfocar la parte del software de este proyecto.

Doug: Pareciera que en el pasado hemos estado muy desorganizados en nuestro enfoque del software.

Ed: No sé, Doug, siempre sacamos el producto.

Doug: Es cierto, pero no sin muchos sobresaltos, y este proyecto parece más grande y complejo que cualquier cosa que hayamos hecho antes.

Jamie: No parece tan mal, pero estoy de acuerdo... nuestro enfoque *ad hoc* de los proyectos anteriores no funcionará en éste, en particular si tenemos una fecha de entrega muy apretada.

Doug (sonríe): Quiero ser un poco más profesional en nuestro enfoque. La semana pasada asistí a un curso breve y aprendí mucho sobre ingeniería de software... algo bueno. Aquí necesitamos un proceso.

Jamie (con el ceño fruncido): Mi trabajo es producir programas de computadora, no papel.

Doug: Den una oportunidad antes de ser tan negativos conmigo. Lo que quiero decir es esto: [Doug pasa a describir la estructura del proceso vista en este capítulo y los modelos de proceso prescriptivo presentados hasta el momento.]

Doug: De cualquier forma, parece que un modelo lineal no es para nosotros... pues supone que conocemos todos los requerimientos y, conociendo esta empresa, eso no parece probable.

Vinod: Sí, y parece demasiado orientado a las tecnologías de información... tal vez sea bueno para hacer un sistema de control de inventarios o algo así, pero no parece bueno para *CasaSegura*.

Doug: Estoy de acuerdo.

Ed: Ese enfoque de hacer prototipos parece bueno. En todo caso, se asemeja mucho a lo que hacemos aquí.

Vinod: Eso es un problema. Me preocupa que no nos dé suficiente estructura.

Doug: No te preocupes. Tenemos muchas opciones más, y quisiera que ustedes, muchachos, elijan la que sea mejor para el equipo y para el proyecto.

El modelo espiral. Propuesto en primer lugar por Barry Boehm [Boe88], el *modelo espiral* es un modelo evolutivo del proceso del software y se acopla con la naturaleza iterativa de hacer prototipos con los aspectos controlados y sistémicos del modelo de cascada. Tiene el potencial para hacer un desarrollo rápido de versiones cada vez más completas. Boehm [Boe01a] describe el modelo del modo siguiente:

El modelo de desarrollo espiral es un generador de *modelo de proceso* impulsado por el *riesgo*, que se usa para guiar la ingeniería concurrente con participantes múltiples de sistemas intensivos en software. Tiene dos características distintivas principales. La primera es el enfoque *cíclico* para el crecimiento incremental del grado de definición de un sistema y su implementación, mientras que disminuye su grado de riesgo. La otra es un conjunto de *puntos de referencia de anclaje puntual* para asegurar el compromiso del participante con soluciones factibles y mutuamente satisfactorias.

Con el empleo del modelo espiral, el software se desarrolla en una serie de entregas evolutivas. Durante las primeras iteraciones, lo que se entrega puede ser un modelo o prototipo. En las iteraciones posteriores se producen versiones cada vez más completas del sistema cuya ingeniería se está haciendo.

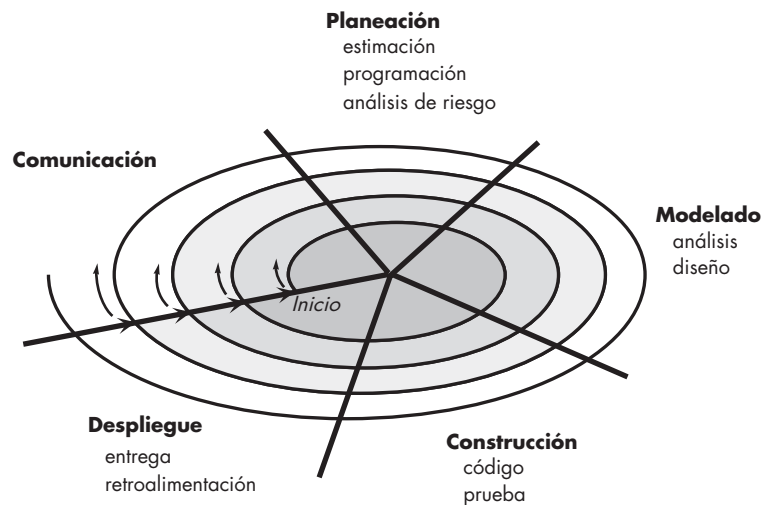
Un modelo en espiral es dividido por el equipo de software en un conjunto de actividades estructurales. Para fines ilustrativos, se utilizan las actividades estructurales generales ya analizadas.⁹ Cada una de ellas representa un segmento de la trayectoria espiral ilustrada en la figura 2.7. Al comenzar el proceso evolutivo, el equipo de software realiza actividades implícitas en un

PUNTO CLAVE

El modelo en espiral se adapta para emplearse a lo largo de todo el ciclo de vida de una aplicación, desde el desarrollo del concepto hasta el mantenimiento.

FIGURA 2.7

Modelo de espiral común



⁹ El modelo espiral estudiado en esta sección es una variante del propuesto por Boehm. Para más información acerca del modelo espiral original, consulte [Boe88]. En [Boe98] se encuentra un análisis más reciente del modelo espiral del mismo autor.

circuito alrededor de la espiral en el sentido horario, partiendo del centro. El riesgo se considera conforme se desarrolla cada revolución (capítulo 28). En cada paso evolutivo se marcan *puntos de referencia puntuales*: combinación de productos del trabajo y condiciones que se encuentran a lo largo de la trayectoria de la espiral.

El primer circuito alrededor de la espiral da como resultado el desarrollo de una especificación del producto; las vueltas sucesivas se usan para desarrollar un prototipo y, luego, versiones cada vez más sofisticadas del software. Cada paso por la región de planeación da como resultado ajustes en el plan del proyecto. El costo y la programación de actividades se ajustan con base en la retroalimentación obtenida del cliente después de la entrega. Además, el gerente del proyecto ajusta el número planeado de iteraciones que se requieren para terminar el software.

A diferencia de otros modelos del proceso que finalizan cuando se entrega el software, el modelo espiral puede adaptarse para aplicarse a lo largo de toda la vida del software de cómputo. Entonces, el primer circuito alrededor de la espiral quizá represente un “proyecto de desarrollo del concepto” que comienza en el centro de la espiral y continúa por iteraciones múltiples¹⁰ hasta que queda terminado el desarrollo del concepto. Si el concepto va a desarrollarse en un producto real, el proceso sigue hacia fuera de la espiral y comienza un “proyecto de desarrollo de producto nuevo”. El nuevo producto evolucionará a través de cierto número de iteraciones alrededor de la espiral. Más adelante puede usarse un circuito alrededor de la espiral para que represente un “proyecto de mejora del producto”. En esencia, la espiral, cuando se caracteriza de este modo, sigue operativa hasta que el software se retira. Hay ocasiones en las que el proceso está inmóvil, pero siempre que se inicia un cambio comienza en el punto de entrada apropiado (por ejemplo, mejora del producto).

El modelo espiral es un enfoque realista para el desarrollo de sistemas y de software a gran escala. Como el software evoluciona a medida que el proceso avanza, el desarrollador y cliente comprenden y reaccionan mejor ante los riesgos en cada nivel de evolución. El modelo espiral usa los prototipos como mecanismo de reducción de riesgos, pero, más importante, permite aplicar el enfoque de hacer prototipos en cualquier etapa de la evolución del producto. Mantiene el enfoque de escalón sistemático sugerido por el ciclo de vida clásico, pero lo incorpora en una estructura iterativa que refleja al mundo real en una forma más realista. El modelo espiral demanda una consideración directa de los riesgos técnicos en todas las etapas del proyecto y, si se aplica de manera apropiada, debe reducir los riesgos antes de que se vuelvan un problema.

Pero, como otros paradigmas, el modelo espiral no es una panacea. Es difícil convencer a los clientes (en particular en situaciones bajo contrato) de que el enfoque evolutivo es controlable. Demanda mucha experiencia en la evaluación del riesgo y se basa en ella para llegar al éxito. No hay duda de que habrá problemas si algún riesgo importante no se descubre y administra.

2.3.4 Modelos concurrentes

El *modelo de desarrollo concurrente*, en ocasiones llamado *ingeniería concurrente*, permite que un equipo de software represente elementos iterativos y concurrentes de cualquiera de los modelos de proceso descritos en este capítulo. Por ejemplo, la actividad de modelado definida para el modelo espiral se logra por medio de invocar una o más de las siguientes acciones de software: hacer prototipos, análisis y diseño.¹¹

La figura 2.8 muestra la representación esquemática de una actividad de ingeniería de software dentro de la actividad de modelado con el uso del enfoque de modelado concurrente. La

WebRef

En la dirección www.sei.cmu.edu/publications/documents/00.reports/00sr008.html se encuentra información útil sobre el modelo espiral.



Si su administración pide un desarrollo apegado al presupuesto (mala idea, por lo general), la espiral se convierte en un problema. El costo se revisa y modifica cada vez que se termina un circuito.

Cita:

“Sólo voy aquí y sólo el mañana me guía.”

Dave Matthews Band



Con frecuencia, el modelo concurrente es más apropiado para proyectos de ingeniería de productos en los que se involucran varios equipos de trabajo.

10 Las flechas que apuntan hacia dentro a lo largo del eje que separa la región del **despliegue** de la de **comunicación** indican un potencial para la iteración local a lo largo de la misma trayectoria espiral.

11 Debe observarse que el análisis y diseño son tareas complejas que requieren mucho análisis. La parte 2 de este libro considera en detalle dichos temas.