

# Gestión de la ingeniería del software (SCM)

Traducción no oficial del SWEBOK v3

<b>GESTIÓN DE LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE (SCM)</b>	<b>1</b>
INTRODUCCIÓN	2
DESGLOSE DE TEMAS PARA GESTIÓN DE LA INGENIERÍA DE SOFTWARE	4
1. DEFINICIÓN DE INICIO Y ALCANCE	5
1.1. DETERMINACIÓN Y NEGOCIACIÓN DE REQUISITOS	5
1.2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD	5
1.3. PROCESO PARA LA REVISIÓN Y REVISIÓN DE REQUISITOS	5
2. PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS DE SOFTWARE	6
2.1. PLANIFICACIÓN DE PROCESOS	6
2.2. DETERMINAR LOS ENTREGABLES	6
2.3. ESTIMACIÓN DE ESFUERZO, CRONOGRAMA Y COSTOS	7
2.4. ASIGNACIÓN DE RECURSOS	7
2.5. GESTIÓN DE RIESGOS	7
2.6. GESTIÓN DE LA CALIDAD	7
2.7. GESTIÓN DE PLANES	8
3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE SOFTWARE	8
3.1. IMPLEMENTACIÓN DE PLANES	8
3.2. ADQUISICIÓN DE SOFTWARE Y GESTIÓN DE CONTRATOS DE PROVEEDORES	8
3.3. IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE MEDICIÓN	8
3.4. MONITOREAR EL PROCESO	8
3.5. PROCESO DE CONTROL	9
3.6. INFORMES	9
4. REVISIÓN Y EVALUACIÓN	9
4.1. DETERMINACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS REQUISITOS	9
4.2. REVISIÓN Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	10
5. CIERRE	10
5.1. DETERMINAR EL CIERRE	10
5.2. ACTIVIDADES DE CIERRE	10
6. MEDICIÓN DE INGENIERÍA DE SOFTWARE	10
6.1. ESTABLECER Y MANTENER EL COMPROMISO DE MEDICIÓN	11
6.2. PLANIFICAR EL PROCESO DE MEDICIÓN	11
6.3. REALIZAR EL PROCESO DE MEDICIÓN	12
6.4. EVALUAR MEDICIÓN	12
7. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE INGENIERÍA DE SOFTWARE	12

## INTRODUCCIÓN

La gestión de la ingeniería de software se puede definir como la aplicación de actividades de gestión: planificación, coordinación, medición, seguimiento, control y presentación de informes.<sup>1</sup>—para garantizar que los productos de software y los servicios de ingeniería de software se entreguen de manera eficiente, efectiva y en beneficio de las partes interesadas. La disciplina relacionada de la gestión es un elemento importante de todas las áreas de conocimiento (KA), pero, por supuesto, es más relevante para esta KA que para otras KA. La medición también es un aspecto importante de todos los KA; El tema de los programas de medición se presenta en este KA.

En cierto sentido, debería ser posible gestionar un proyecto de ingeniería de software de la misma manera que se gestionan otros esfuerzos complejos. Sin embargo, existen aspectos específicos de los proyectos de software y de los procesos del ciclo de vida del software que complican una gestión eficaz, entre ellos:

- Los clientes a menudo no saben qué se necesita o qué es factible.
- Los clientes a menudo no aprecian las complejidades inherentes a la ingeniería de software, particularmente en lo que respecta al impacto de los requisitos cambiantes.
- Es probable que una mayor comprensión y las condiciones cambiantes generen requisitos de software nuevos o modificados.
- Como resultado de los requisitos cambiantes, el software a menudo se construye utilizando un proceso iterativo en lugar de una secuencia de tareas cerradas.
- La ingeniería de software incorpora necesariamente creatividad y disciplina. A veces resulta difícil mantener un equilibrio adecuado entre ambos.
- El grado de novedad y complejidad suele ser alto.
- A menudo hay un rápido ritmo de cambio en la tecnología subyacente.

Las actividades de gestión de la ingeniería de software se producen en tres niveles: gestión organizacional y de infraestructura, gestión de proyectos y gestión del programa de medición. Los dos últimos se tratan en detalle en esta descripción de KA.

Sin embargo, esto no pretende disminuir la importancia de las cuestiones de gestión organizativa y de infraestructura. En general, se acepta que los gerentes de ingeniería organizacional de software deben estar familiarizados con los conocimientos de gestión de proyectos y medición de software descritos en esta KA.

También deben poseer algún conocimiento del dominio objetivo. Asimismo, también es útil que los administradores de proyectos y programas complejos en los que el software sea un componente de la arquitectura del sistema sean conscientes de las diferencias que los procesos de software introducen en la gestión y medición de proyectos.

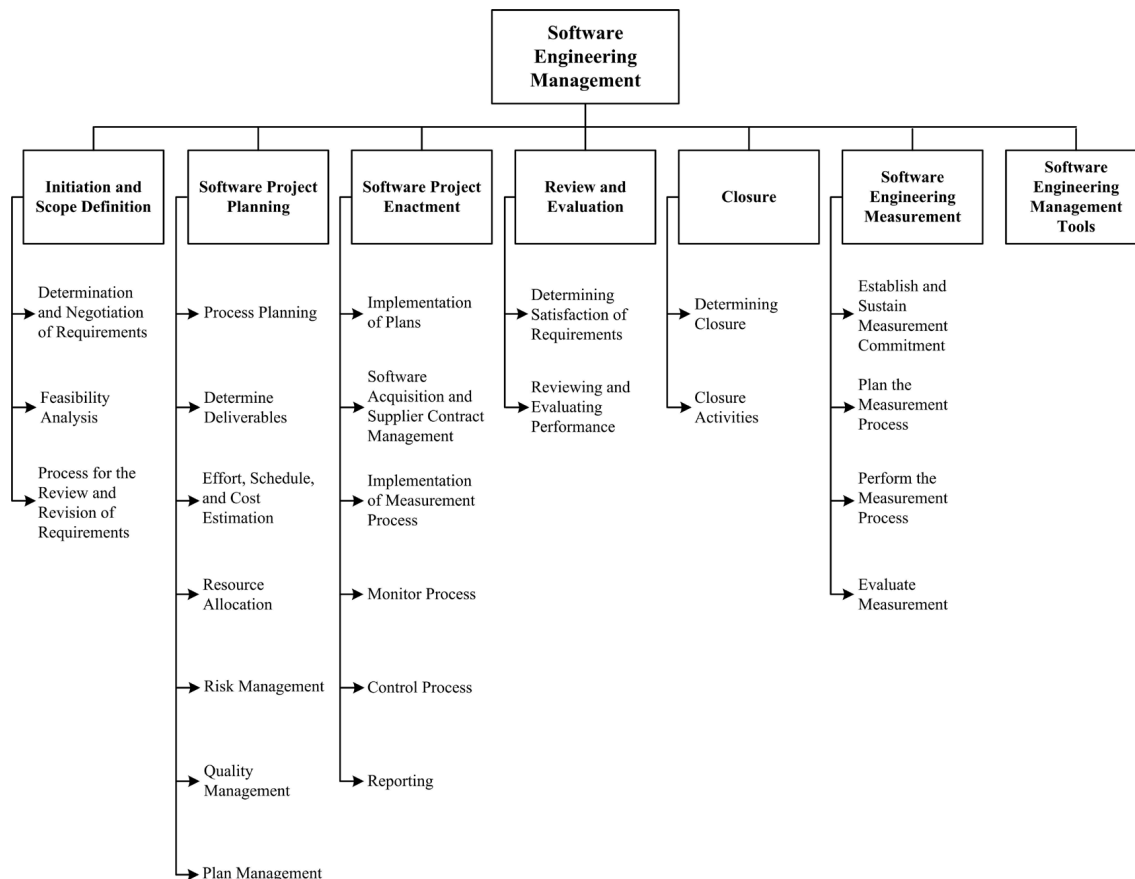


Figura 7.1.

Otros aspectos de la gestión organizacional ejercen un impacto en la ingeniería de software (por ejemplo, las políticas y procedimientos organizacionales que proporcionan el marco en el que se llevan a cabo los proyectos de ingeniería de software).

Es posible que estas políticas y procedimientos deban ajustarse según los requisitos para un desarrollo y mantenimiento de software eficaces. Además, es posible que sea necesario implementar o establecer una serie de políticas específicas para la ingeniería de software para una gestión eficaz de la ingeniería de software a nivel organizacional.

Por ejemplo, las políticas suelen ser necesarias para establecer procesos o procedimientos específicos en toda la organización para tareas de ingeniería de software, como diseño de software, construcción de software, estimación, monitoreo y generación de informes.

Otro aspecto importante de la gestión organizacional son las políticas y procedimientos de gestión de personal para contratar, capacitar y asesorar al personal para el desarrollo profesional, no solo a nivel de proyecto, sino también para el éxito a largo plazo de una organización. El personal de ingeniería de software puede presentar desafíos únicos de capacitación o gestión de personal (por ejemplo, mantener la vigencia en un contexto donde la tecnología subyacente sufre cambios rápidos y continuos).

La gestión de la comunicación también se menciona a menudo como un aspecto importante, pero pasado por alto, del desempeño de las personas en un campo donde es necesaria una comprensión precisa de las necesidades del usuario, los requisitos y los diseños del software. Además, es deseable la gestión de cartera, que proporciona una visión general, no sólo del software actualmente en desarrollo en varios proyectos y programas (proyectos integrados), sino también del software planificado y actualmente en uso en una organización. Además, la reutilización del software es clave. factor decisivo para mantener y mejorar la productividad y la competitividad. La reutilización eficaz requiere una visión estratégica que refleje las ventajas y desventajas de la reutilización.

Además de comprender los aspectos de la gestión que están influenciados de manera única por los proyectos de software, los ingenieros de software deben tener algún conocimiento de los aspectos más generales de la gestión que se analizan en este KA (incluso en los primeros años después de la graduación).

Los atributos de la cultura y el comportamiento organizacional, además de la gestión de otras áreas funcionales de la empresa, influyen, aunque sea indirectamente, en los procesos de ingeniería de software de una organización.

Puede encontrar información amplia sobre la gestión de proyectos de software en el *Guía de los conocimientos sobre gestión de proyectos (PMBOK)* y el *Extensión de software para el PMBOK* [1] [2]. Cada una de estas guías incluye diez KA de gestión de proyectos: gestión de integración de proyectos, gestión del alcance del proyecto, gestión del tiempo del proyecto, gestión de costos del proyecto, gestión de la calidad del proyecto, gestión de recursos humanos del proyecto, gestión de comunicaciones del proyecto, gestión de riesgos del proyecto, gestión de adquisiciones del proyecto y partes interesadas del proyecto. Cada KA tiene relevancia directa con este KA de Gestión de Ingeniería de Software.

También se proporciona información adicional en las otras referencias y lecturas adicionales de este KA. Este KA de Gestión de Ingeniería de Software consta de los procesos de gestión de proyectos de software en los primeros cinco temas de la Figura 7.1 (Inicio y Definición del Alcance, Planificación de Proyectos de Software, Implementación de Proyectos de Software, Revisión y Evaluación, Cierre), más Medición de Ingeniería de Software en el sexto tema y Herramientas de Gestión de Ingeniería de Software en el tema séptimo. Si bien la gestión de proyectos y la gestión de mediciones a menudo se consideran separadas y, de hecho, cada una posee muchos atributos únicos, la estrecha relación ha llevado a un tratamiento combinado en esta KA.

Desafortunadamente, una percepción común de la industria del software es que los productos de software se entregan tarde, por encima del presupuesto, de mala calidad y con funcionalidad incompleta. La gestión, un principio básico de cualquier verdadera disciplina de ingeniería (ver Medición en Fundamentos de ingeniería KA), puede ayudar a mejorar la percepción y la realidad. En esencia, la gestión sin medición (cualitativa y cuantitativa) sugiere una falta de disciplina, y la medición sin gestión sugiere una falta de propósito o contexto. Una gestión eficaz requiere una combinación de medición y experiencia.

Aquí se adoptan las siguientes definiciones de trabajo:

- Gestión es un sistema de procesos y controles necesarios para alcanzar los objetivos estratégicos fijados por la organización.

- Medición se refiere a la asignación de valores y etiquetas a los productos, procesos y recursos del trabajo de ingeniería de software más los modelos que se derivan de ellos, ya sea que estos modelos se desarrollen utilizando técnicas estadísticas u otras [3\*, c7, c8].

Las secciones de gestión de proyectos de ingeniería de software de este KA hacen un uso extensivo de la sección de medición de ingeniería de software. Este KA está estrechamente relacionado con otros en el *Guía SWEBOK*, y leer las siguientes descripciones de KA junto con esta será particularmente útil:

- El KA Fundamentos de Ingeniería describe algunos conceptos generales de medición que son directamente aplicables a la sección Medición de Ingeniería de Software de este KA. Además, los conceptos y técnicas presentados en la sección Análisis estadístico de Fundamentos de ingeniería KA se aplican directamente a muchos temas de este KA.

- Los Requisitos de Software KA describen algunas de las actividades que deben realizarse durante la fase de Iniciación y definición del Alcance del proyecto.

- Software Configuration Management KA se ocupa de la identificación, el control, la contabilidad del estado y la auditoría de las configuraciones de software junto con la gestión de lanzamientos y entrega de software y herramientas de gestión de configuración de software.

- El Proceso de Ingeniería de Software KA describe los modelos del ciclo de vida del software y las relaciones entre procesos y productos de trabajo.

- Software Quality KA enfatiza la calidad como un objetivo de gestión y como objetivo de muchas actividades de ingeniería de software.

- Software Engineering Economics KA analiza cómo tomar decisiones relacionadas con el software en un contexto empresarial

## DESGLOSE DE TEMAS PARA GESTIÓN DE LA INGENIERÍA DE SOFTWARE

Debido a que la mayoría de los modelos de ciclo de vida de desarrollo de software requieren actividades similares que pueden ejecutarse de diferentes maneras, el desglose de los temas se basa en actividades. Ese desglose se muestra en la Figura 7.1. Los elementos del desglose de nivel superior que se muestran en esa figura son las actividades que generalmente se

realizan cuando se gestiona un proyecto de desarrollo de software, independientemente del modelo de ciclo de vida de desarrollo de software (consulte Modelos de ciclo de vida de software en el proceso de ingeniería de software KA) que ha sido elegido para un proyecto específico. En este desglose no existe la intención de recomendar un modelo de ciclo de vida específico. El desglose implica sólo lo que sucede y no implica cuándo, cómo o cuántas veces ocurre cada actividad. Los siete temas son:

Iniciación y Definición de Alcance, que tratan de la decisión de emprender un proyecto de ingeniería de software;

- Planificación de Proyectos de Software, que aborda las actividades realizadas para preparar un proyecto de ingeniería de software exitoso desde la perspectiva de la gestión;
- Ejecución de Proyectos de Software, que trata de actividades de gestión de ingeniería de software generalmente aceptadas que ocurren durante la ejecución de un proyecto de ingeniería de software;
- Revisión y Evaluación, que se ocupan de garantizar que las actividades de ingeniería técnica, de cronograma, costos y calidad sean satisfactorias;
- Cierre, que aborda las actividades realizadas para completar un proyecto;
- Medición de Ingeniería de Software, que se ocupa del desarrollo efectivo y implementación de programas de medición en organizaciones de ingeniería de software;
- Herramientas de gestión de ingeniería de software, que describe la selección y el uso de herramientas para gestionar un proyecto de ingeniería de software.

## 1. Definición de inicio y alcance

El objetivo de estas actividades es la determinación eficaz de los requisitos de software utilizando diversos métodos de obtención y la evaluación de la viabilidad del proyecto desde diversos puntos de vista. Una vez que se ha establecido la viabilidad del proyecto, las tareas restantes dentro de esta sección son la especificación de los requisitos y la selección de los procesos para la revisión y revisión de los requisitos.

### 1.1. Determinación y Negociación de Requisitos

La determinación y negociación de requisitos establece los límites visibles para el conjunto de tareas que se llevan a cabo (consulte los Requisitos de software KA). Las actividades incluyen obtención, análisis, especificación y validación de requisitos. Los métodos y técnicas deben seleccionarse y aplicarse teniendo en cuenta las diversas perspectivas de las partes interesadas. Esto conduce a la determinación del alcance del proyecto para cumplir los objetivos y satisfacer las limitaciones.

### 1.2. Análisis de viabilidad

El propósito del análisis de viabilidad es desarrollar una descripción clara de los objetivos del proyecto y evaluar enfoques alternativos para determinar si el proyecto propuesto es la mejor alternativa dadas las limitaciones de tecnología, recursos, finanzas y consideraciones sociales/políticas. Se debe preparar una declaración inicial del alcance del proyecto y del producto, los entregables del proyecto, las limitaciones de duración del proyecto y una estimación de los recursos necesarios. Los recursos incluyen una cantidad suficiente de personas que tengan las habilidades, instalaciones, infraestructura y apoyo necesarios (ya sea interno o externo). El análisis de viabilidad a menudo requiere estimaciones aproximadas de esfuerzo y costo basadas en métodos apropiados (consulte la sección 2.3, Estimación de esfuerzo, cronograma y costo).

### 1.3. Proceso para la Revisión y Revisión de Requisitos

Dada la inevitabilidad del cambio, las partes interesadas deben acordar los medios por los cuales se revisarán y revisarán los requisitos y el alcance (por ejemplo, procedimientos de gestión de cambios, retrospectivas de ciclos iterativos). Esto implica claramente que el alcance y los requisitos no serán “grabados en piedra”, sino que pueden y deben revisarse en puntos

predeterminados a medida que se desarrolla el proyecto (por ejemplo, en el momento en que se crean las prioridades de los trabajos pendientes o en las revisiones de los hitos). Si se aceptan los cambios, entonces se debe utilizar alguna forma de análisis de trazabilidad y análisis de riesgos para determinar el impacto de esos cambios (consulte la sección 2.5, Gestión de riesgos y control de configuración de software en el KA de Gestión de configuración de software). Un enfoque de cambio gestionado también puede formar la base para la evaluación del éxito durante el cierre de un ciclo incremental o de un proyecto completo, en función de los cambios que se han producido a lo largo del camino (ver tema 5, Cierre).

## 2. Planificación de proyectos de software

El primer paso en la planificación de proyectos de software debe ser la selección de un modelo de ciclo de vida de desarrollo de software apropiado y tal vez adaptarlo en función del alcance del proyecto, los requisitos del software y una evaluación de riesgos. Otros factores a considerar incluyen la naturaleza del dominio de la aplicación, la complejidad funcional y técnica y los requisitos de calidad del software (consulte Requisitos de calidad del software en Calidad del software KA). En todos los SDLC, la evaluación de riesgos debe ser un elemento de la planificación inicial del proyecto, y el “perfil de riesgo” del proyecto debe ser discutido y aceptado por todas las partes interesadas relevantes. Los procesos de gestión de la calidad del software (consulte Procesos de gestión de la calidad del software en el KA de calidad del software) deben determinarse como parte del proceso de planificación y deben dar como resultado procedimientos y responsabilidades para el aseguramiento, verificación y validación, revisiones y auditorías de la calidad del software (consulte el KA de calidad del software). Los procesos y responsabilidades para la revisión y revisión continua del plan del proyecto y los planes relacionados también deben establecerse y acordarse claramente.

### 2.1. Planificación de procesos

Los modelos del ciclo de vida del desarrollo de software (SDLC) abarcan un continuo que va desde lo predictivo hasta lo adaptativo (consulte Modelos de ciclo de vida de software en el proceso de ingeniería de software KA). Los SDLC predictivos se caracterizan por el desarrollo de requisitos de software detallados, una planificación detallada del proyecto y una planificación mínima para la iteración entre las fases de desarrollo. Los SDLC adaptables están diseñados para adaptarse a los requisitos de software emergentes y al ajuste iterativo de los planes. Un SDLC altamente predictivo ejecuta los primeros cinco procesos enumerados en la Figura 7.1 en una secuencia lineal con revisiones a fases anteriores solo cuando sea necesario. Los SDLC adaptativos se caracterizan por ciclos de desarrollo iterativos. Los SDLC más conocidos incluyen los modelos en cascada, incremental y en espiral, además de diversas formas de desarrollo de software ágil [2] [3\*, c2]. Los métodos y herramientas relevantes (consulte Modelos y métodos de ingeniería de software KA) deben seleccionarse como parte de la planificación. También se deben planificar y adquirir las herramientas automatizadas que se utilizarán durante todo el proyecto. Las herramientas pueden incluir herramientas para la programación de proyectos, requisitos de software, diseño de software, construcción de software, mantenimiento de software, gestión de configuración de software, proceso de ingeniería de software, calidad del software y otros. Si bien muchas de estas herramientas deben seleccionarse basándose principalmente en las consideraciones técnicas analizadas en otros KA, algunas de ellas están estrechamente relacionadas con las consideraciones de gestión analizadas en este capítulo.

### 2.2. Determinar los entregables

Se deben identificar y caracterizar los productos de trabajo de cada actividad del proyecto (por ejemplo, documentos de diseño de arquitectura de software, informes de inspección, software probado). Oportunidades para reutilizar componentes de software de proyectos anteriores o utilizar productos de software disponibles en el mercado, debe ser evaluado. Se debe planificar la adquisición de software y el uso de terceros para desarrollar productos entregables y seleccionar proveedores (consulte la sección 3.2, Adquisición de software y gestión de contratos de proveedores).

### 2.3. Estimación de esfuerzo, cronograma y costos

El rango estimado de esfuerzo requerido para un proyecto, o partes de un proyecto, se puede determinar utilizando un modelo de estimación calibrado basado en datos históricos de tamaño y esfuerzo (cuando estén disponibles) y otros métodos relevantes como el juicio de expertos y la analogía. Se pueden establecer dependencias de tareas y se pueden identificar y documentar oportunidades potenciales para completar tareas de forma simultánea y secuencial utilizando un diagrama de Gantt, por ejemplo. Para proyectos SDLC predictivos, el cronograma esperado de tareas con tiempos de inicio, duraciones y tiempos de finalización proyectados generalmente se produce durante la planificación. Para proyectos de SDLC adaptativos, generalmente se desarrolla una estimación general del esfuerzo y el cronograma a partir de la comprensión inicial de los requisitos o, alternativamente, Los requisitos de recursos (por ejemplo, personas y herramientas) se pueden traducir en estimaciones de costos. La estimación inicial del esfuerzo, el cronograma y el costo es una actividad iterativa que debe negociarse y revisarse entre las partes interesadas afectadas hasta que se alcance un consenso sobre los recursos y el tiempo disponibles para completar el proyecto.

### 2.4. Asignación de recursos

Se deben asignar equipos, instalaciones y personas a las tareas identificadas, incluida la asignación de responsabilidades para la finalización de diversos elementos de un proyecto y del proyecto en general. Se puede utilizar una matriz que muestre quién es responsable, quién rinde cuentas, quién es consultado e informado sobre cada una de las tareas. La asignación de recursos se basa y está limitada por la disponibilidad de recursos y su uso óptimo, como así como por cuestiones relacionadas con el personal (por ejemplo, productividad de individuos y equipos, dinámica de equipo y estructuras de equipo).

### 2.5. Gestión de riesgos

El riesgo y la incertidumbre son conceptos relacionados pero distintos. La incertidumbre resulta de la falta de información. El riesgo se caracteriza por la probabilidad de que un evento resulte en un impacto negativo más una caracterización del impacto negativo en un proyecto. El riesgo es a menudo el resultado de la incertidumbre. Lo contrario del riesgo es la oportunidad, que se caracteriza por la probabilidad de que ocurra un evento que tenga un resultado positivo. La gestión de riesgos implica la identificación de factores de riesgo y el análisis de la probabilidad y el impacto potencial de cada factor de riesgo, la priorización de los factores de riesgo y el desarrollo de estrategias de mitigación de riesgos para reducir la probabilidad y minimizar el impacto negativo si un factor de riesgo se convierte en un problema. A veces se pueden utilizar métodos de evaluación de riesgos (por ejemplo, juicio de expertos, datos históricos, árboles de decisión y simulaciones de procesos) para identificar y evaluar factores de riesgo. Las condiciones de abandono del proyecto también se pueden determinar en este punto en discusión con todas las partes interesadas relevantes. Los aspectos de riesgo exclusivos del software, como la tendencia de los ingenieros de software a agregar funciones innecesarias o los riesgos relacionados con la naturaleza intangible del software, pueden influir en la gestión de riesgos de un proyecto de software. Se debe prestar especial atención a la gestión de riesgos relacionados con los requisitos de calidad del software, como la seguridad (consulte el KA de Calidad del Software). La gestión de riesgos debe realizarse no sólo al comienzo de un proyecto, sino también a intervalos periódicos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

### 2.6. Gestión de la calidad

Se deben identificar los requisitos de calidad del software, quizás en términos tanto cuantitativos como cualitativos, para un proyecto de software y los productos de trabajo asociados. Se deben establecer umbrales para mediciones de calidad aceptables para cada requisito de calidad del software en función de las necesidades de las partes interesadas y expectativas. Los procedimientos relacionados con el aseguramiento de la calidad del software (SQA) continuo y la mejora de la calidad durante todo el proceso de desarrollo, y para la verificación y validación del producto de software entregable, también deben especificarse



durante la planificación de la calidad (por ejemplo, revisiones e inspecciones técnicas o demostraciones de la funcionalidad completa; consulte Calidad del software KA).

## 2.7. Gestión de planes

Para proyectos de software, donde el cambio es una expectativa, se deben gestionar los planes. Por lo tanto, se debe planificar la gestión del plan del proyecto. Los planes y procesos seleccionados para el desarrollo de software deben monitorearse, revisarse, informarse y, cuando corresponda, revisarse sistemáticamente. También se deben gestionar los planes asociados con los procesos de soporte (por ejemplo, documentación, gestión de la configuración del software y resolución de problemas). La presentación de informes, el seguimiento y el control de un proyecto deben ajustarse al SDLC seleccionado y a las realidades del proyecto; Los planes deben tener en cuenta los diversos artefactos que se utilizarán para gestionar el proyecto.

## 3. Ejecución del proyecto de software

Durante la ejecución del proyecto de software (también conocida como ejecución del proyecto), se implementan los planes y se promulgan los procesos incorporados en los planes. En todo momento, debe haber un enfoque en el cumplimiento de los procesos SDLC seleccionados, con la expectativa primordial de que el cumplimiento conducirá a la satisfacción exitosa de los requisitos de las partes interesadas y al logro de los objetivos del proyecto. Fundamentales para la ejecución son las actividades de gestión continuas de seguimiento, control y presentación de informes.

### 3.1. Implementación de planes

Las actividades del proyecto deben realizarse de acuerdo con el plan del proyecto y los planes de apoyo. Se utilizan los recursos (por ejemplo, personal, tecnología y financiación) y los productos del trabajo (por ejemplo). (por ejemplo, diseño de software, código de software y casos de prueba de software).

### 3.2. Adquisición de software y gestión de contratos de proveedores

La gestión de contratos de proveedores y adquisición de software se ocupa de las cuestiones relacionadas con la contratación con clientes de la organización de desarrollo de software que adquieren los productos de trabajo entregables y con proveedores que suministran productos o servicios a la organización de ingeniería de software.

Esto puede implicar la selección de tipos apropiados de contratos, como precio fijo, tiempo y materiales, costo más tarifa fija o costo más tarifa de incentivo. Los acuerdos con clientes y proveedores suelen especificar el alcance del trabajo y los entregables e incluyen cláusulas tales como sanciones por entrega tardía o falta de entrega y acuerdos de propiedad intelectual que especifican lo que el proveedor o proveedores están proporcionando y lo que está pagando el adquirente, además de lo que será entregado y propiedad del adquirente. Para el software desarrollado por proveedores (tanto internos como externos a la organización de desarrollo de software), los acuerdos comúnmente indican requisitos de calidad del software para la aceptación del software entregado. Una vez establecido el acuerdo, se debe gestionar la ejecución del proyecto de conformidad con los términos del acuerdo (consulte el capítulo 12 de SWX, Gestión de adquisiciones de software, para obtener más información sobre este tema [2]).

### 3.3. Implementación del proceso de medición

El proceso de medición debe implementarse durante el proyecto de software para garantizar que se recopilen datos relevantes y útiles (consulte las secciones 6.2, Planificar el proceso de medición y 6.3, Realizar el proceso de medición).



### 3.4. Monitorear el proceso

El cumplimiento del plan del proyecto y los planes relacionados debe evaluarse continuamente y en intervalos predeterminados. Además, se deben evaluar los resultados y los criterios de finalización de cada tarea. Los entregables deben evaluarse en términos de sus características requeridas (por ejemplo, mediante inspecciones o demostrando su funcionalidad de trabajo). Se deben analizar los gastos de esfuerzo, el cumplimiento del cronograma y los costos hasta la fecha, y examinar el uso de recursos. Se debe revisar el perfil de riesgo del proyecto (ver sección 2.5, Gestión de riesgos) y evaluar el cumplimiento de los requisitos de calidad del software (ver Requisitos de calidad del software en el KA de calidad del software).

Los datos de medición deben analizarse (consulte Análisis estadístico en Fundamentos de ingeniería KA). Se debe determinar un análisis de varianza basado en la desviación de los resultados y valores reales de los esperados. Esto puede incluir sobrecostos, retrasos en el cronograma u otras medidas similares. Se debe realizar la identificación de valores atípicos y el análisis de la calidad y otros datos de medición (por ejemplo, análisis de defectos; consulte Medición de la calidad del software en Software Quality KA). Las exposiciones al riesgo deben recalcularse (consulte la sección 2.5, Gestión de riesgos). Estas actividades pueden permitir la detección de problemas y la identificación de excepciones en función de los umbrales que se han superado. Los resultados deben informarse cuando se hayan superado los umbrales o cuando sea necesario.

### 3.5. Proceso de control

Los resultados de las actividades de seguimiento del proyecto proporcionan la base sobre la que se pueden tomar decisiones. Cuando sea apropiado, y cuando se comprendan la probabilidad y el impacto de los factores de riesgo, se pueden realizar cambios en el proyecto. Esto puede tomar la forma de una acción correctiva (por ejemplo, volver a probar ciertos componentes de software); puede implicar la incorporación de acciones adicionales (por ejemplo, decidir utilizar la creación de prototipos para ayudar en la validación de los requisitos de software; consulte Creación de prototipos en la KA de Requisitos de software); y/o puede implicar la revisión del plan del proyecto y otros documentos del proyecto (por ejemplo, la especificación de requisitos de software) para dar cabida a eventos imprevistos y sus implicaciones. En algunos casos, el proceso de control puede conducir al abandono del proyecto. En todos los casos, Se deben cumplir los procedimientos de control de la configuración del software y de gestión de la configuración del software (consulte el KA de Gestión de la configuración del software), las decisiones deben documentarse y comunicarse a todas las partes relevantes, los planes deben revisarse y revisarse cuando sea necesario y los datos relevantes deben registrarse (consulte la sección 6.3, Realizar el Proceso de Medición).

### 3.6. Informes

En momentos específicos y acordados, se debe informar el progreso hasta la fecha, tanto dentro de la organización (por ejemplo, a un comité directivo del proyecto) como a las partes interesadas externas (por ejemplo, clientes o usuarios). Los informes deben centrarse en las necesidades de información del público objetivo en lugar de informar detalladamente sobre el estado del equipo del proyecto.

## 4. Revisión y evaluación

En momentos pre especificados y según sea necesario, se debe evaluar el progreso general hacia el logro de los objetivos establecidos y la satisfacción de los requisitos de las partes interesadas (usuario y cliente). De manera similar, las evaluaciones de la efectividad del proceso de software, el personal involucrado y las herramientas y métodos empleados también deben realizarse periódicamente y según lo determinen las circunstancias.

### 4.1. Determinación de la satisfacción de los requisitos

Debido a que lograr la satisfacción de las partes interesadas es un objetivo principal del gerente de ingeniería de software, el progreso hacia este objetivo debe evaluarse periódicamente. El progreso debe evaluarse según el logro de los principales hitos del proyecto (por ejemplo, la finalización de la arquitectura de diseño del software o la finalización de una revisión técnica del software), o tras la finalización de un ciclo de desarrollo iterativo que resulte en un incremento del producto. Se deben identificar las variaciones de los requisitos de software y se deben tomar las acciones apropiadas. Como en la actividad del proceso de control anterior (consulte la sección 3.5, Proceso de control), la configuración del software se deben seguir los procedimientos de control y gestión de la configuración del software (consulte el KA de Gestión de la configuración del software), las decisiones documentadas y comunicadas a todas las partes relevantes, los planes revisados y revisados cuando sea necesario y los datos relevantes registrados (consulte la sección 6.3, Realizar el proceso de medición).

## 4.2. Revisión y evaluación del desempeño

Las revisiones periódicas del desempeño del personal del proyecto pueden proporcionar información sobre la probabilidad de cumplimiento de los planes y procesos, así como posibles áreas de dificultad (por ejemplo, conflictos entre los miembros del equipo). Los diversos métodos, herramientas y técnicas empleadas deben evaluarse para determinar su efectividad y adecuación, y el proceso utilizado por el proyecto también debe evaluarse sistemática y periódicamente para determinar su relevancia, utilidad y eficacia en el contexto del proyecto. Cuando corresponda, se deben realizar y gestionar cambios.

## 5. Cierre

Un proyecto completo, una fase importante de un proyecto o un ciclo de desarrollo iterativo llega a su fin cuando todos los planes y procesos se han implementado y completado. Se deben evaluar los criterios para el éxito del proyecto, fase o iteración. Una vez que se establece el cierre, se pueden realizar actividades de archivo, retrospectiva y mejora de procesos.

### 5.1. Determinar el cierre

El cierre se produce cuando se han completado las tareas especificadas para un proyecto, una fase o una iteración y se ha confirmado el cumplimiento satisfactorio de los criterios de finalización. Se puede confirmar que los requisitos del software se cumplen o no y se puede determinar el grado de consecución de los objetivos. Los procesos de cierre deben involucrar a las partes interesadas relevantes y dar como resultado la documentación de la aceptación de las partes interesadas relevantes; cualquier problema conocido debe documentarse.

### 5.2. Actividades de cierre

Una vez confirmado el cierre, el archivado de los materiales del proyecto debe realizarse de acuerdo con los métodos, la ubicación y la duración acordados por las partes interesadas, lo que posiblemente incluya la destrucción de información confidencial, software y el medio en el que residen las copias. La base de datos de mediciones de la organización debe actualizarse con datos relevantes del proyecto. Se debe realizar un análisis retrospectivo del proyecto, fase o iteración para poder analizar las cuestiones, problemas, riesgos y oportunidades encontrados (ver tema 4, Revisión y Evaluación). Las lecciones aprendidas deben extraerse del proyecto e incorporarse a los esfuerzos de mejora y aprendizaje organizacional.

## 6. Medición de ingeniería de software

La importancia de la medición y su papel en mejores prácticas de gestión e ingeniería es ampliamente reconocida (ver Medición en Engineering Foundations KA). La medición eficaz se ha convertido en una de las piedras angulares de la madurez organizacional. La medición se puede aplicar a organizaciones, proyectos, procesos y productos de trabajo. En esta sección la atención se centra en la aplicación de la medición a nivel de proyectos, procesos y productos

de trabajo. Esta sección sigue el estándar IEEE 15939:2008 [6], que describe un proceso para definir las actividades y tareas necesarias para implementar un proceso de medición de software. El estándar también incluye un modelo de información de medición.

## 6.1. Establecer y mantener el compromiso de medición

- Requisitos para la medición. Cada esfuerzo de medición debe estar guiado por los objetivos organizacionales e impulsado por un conjunto de requisitos de medición establecidos por la organización y el proyecto (por ejemplo, un objetivo organizacional podría ser “el primero en llegar al mercado con nuevos productos”).
- Alcance de la medición. Se debe establecer la unidad organizacional a la que se aplicará cada requisito de medición. Esto puede consistir en un área funcional, un solo proyecto, un solo sitio o una empresa completa. También se debe considerar el alcance temporal del esfuerzo de medición porque es posible que se requieran series temporales de algunas mediciones; por ejemplo, para calibrar modelos de estimación (ver sección 2.3, Estimación de esfuerzo, cronograma y costos).
- Compromiso del equipo con la medición. El compromiso debe establecerse, comunicarse y respaldarse formalmente con recursos (ver siguiente punto).
- Recursos para la medición. El compromiso de una organización con la medición es un factor esencial para el éxito, como lo demuestra la asignación de recursos para implementar el proceso de medición. La asignación de recursos incluye la asignación de responsabilidad para las diversas tareas del proceso de medición (como analista y bibliotecario). También se deben asignar fondos, capacitación, herramientas y apoyo adecuados para llevar a cabo el proceso.

## 6.2. Planificar el proceso de medición

- Caracterizar la unidad organizativa. La unidad organizacional proporciona el contexto para la medición, por lo que el contexto organizacional debe hacerse explícito, incluidas las limitaciones que la organización impone al proceso de medición. La caracterización se puede expresar en términos de procesos organizacionales, dominios de aplicación, tecnología, interfaces organizacionales y estructura organizacional.
- Identificar las necesidades de información. Las necesidades de información se basan en los objetivos, limitaciones, riesgos y problemas de la unidad organizacional. Pueden derivarse de objetivos comerciales, organizacionales, regulatorios y/o de producto. Deben ser identificados y priorizados. Luego, las partes interesadas pueden seleccionar, documentar, comunicar y revisar un subconjunto de objetivos a abordar.
- Seleccionar medidas. Deben seleccionarse medidas candidatas, con vínculos claros con las necesidades de información. Las medidas deben seleccionarse en función de las prioridades de las necesidades de información y otros criterios como el costo de la recopilación, el grado de interrupción del proceso durante la recopilación, la facilidad para obtener datos precisos y consistentes y la facilidad de análisis y presentación de informes. Debido a que las características de calidad interna (consulte Modelos y características de calidad en el KA de calidad del software) a menudo no están contenidas en los requisitos de software contractualmente vinculantes, es importante considerar medir la calidad interna del software para proporcionar un indicador temprano de posibles problemas que puedan afectar interesados externos.
- Definir procedimientos de recopilación, análisis y presentación de informes de datos. Esto abarca procedimientos y cronogramas de recopilación, almacenamiento, verificación, análisis, generación de informes y gestión de configuración de datos.
- Seleccionar criterios para evaluar los productos de información. Los criterios de evaluación están influenciados por los objetivos técnicos y comerciales de la unidad organizacional. Los productos de información incluyen aquellos asociados con el producto que se produce, así como aquellos asociados con los procesos que se utilizan para gestionar y medir el proyecto.
- Proporcionar recursos para las tareas de medición. El plan de medición debe ser revisado y aprobado por las partes interesadas correspondientes para incluir todos los procedimientos de recopilación de datos; procedimientos de almacenamiento, análisis y presentación de informes; criterios de evaluación; horarios; y responsabilidades. Los criterios para revisar estos artefactos deberían haberse establecido a nivel de unidad organizacional o superior y deberían usarse como base para estas revisiones. Dichos criterios deben tener en cuenta la experiencia previa,

la disponibilidad de recursos y las posibles interrupciones de los proyectos cuando se proponen cambios respecto de las prácticas actuales. La aprobación demuestra compromiso con el proceso de medición.

- Identificar los recursos que estarán disponibles para implementar lo planificado y aprobado. Tareas de medición. La disponibilidad de recursos se puede escalonar en los casos en los que se deban poner a prueba los cambios antes de su implementación generalizada. Se deben tener en cuenta los recursos necesarios para implementar con éxito nuevos procedimientos o medidas.
- Adquirir e implementar tecnologías de soporte. Esto incluye la evaluación de las tecnologías de soporte disponibles, la selección de las tecnologías más apropiadas, la adquisición de esas tecnologías y su implementación.

### 6.3. Realizar el proceso de medición

- Integrar los procedimientos de medición con los procesos de software relevantes. Los procedimientos de medición, como la recopilación de datos, deben integrarse en los procesos de software que están midiendo. Esto puede implicar cambiar los procesos de software actuales para adaptarse a las actividades de recopilación o generación de datos. También puede implicar el análisis de los procesos de software actuales para minimizar el esfuerzo adicional y la evaluación del efecto en los empleados para garantizar que los procedimientos de medición serán aceptados. Se deben considerar cuestiones de moral y otros factores humanos. Además, los procedimientos de medición deben comunicarse a quienes proporcionan los datos. También es posible que sea necesario proporcionar capacitación y apoyo. Los procedimientos de análisis de datos y presentación de informes generalmente se integran en los procesos organizacionales y/o de proyectos de manera similar.
- Recolectar datos. Los datos deben recopilarse, verificarse y almacenarse. En ocasiones, la recopilación se puede automatizar mediante el uso de herramientas de gestión de ingeniería de software (consulte el tema 7, Herramientas de gestión de ingeniería de software) para analizar datos y desarrollar informes. Los datos pueden agregarse, transformarse o recodificarse como parte del proceso de análisis, utilizando un grado de rigor apropiado a la naturaleza de los datos y las necesidades de información. Los resultados de este análisis suelen ser indicadores como gráficos, números u otras indicaciones que se interpretarán, lo que dará lugar a conclusiones y recomendaciones que se presentarán a las partes interesadas (consulte Análisis estadístico en el Fundamentos de Ingeniería KA). Los resultados y conclusiones suelen revisarse mediante un proceso definido por la organización (que puede ser formal o informal). Los proveedores de datos y los usuarios de mediciones deben participar en la revisión de los datos para garantizar que sean significativos y precisos y que puedan dar lugar a acciones razonables.
- Comunicar resultados. Los productos de información deben documentarse y comunicarse a los usuarios y partes interesadas.

### 6.4. Evaluar medición

- Evaluar productos de información y el proceso de medición contra criterios de evaluación específicos y determinar las fortalezas y debilidades de los productos de información o proceso, respectivamente. La evaluación podrá realizarse mediante un proceso interno o una auditoría externa; debe incluir comentarios de los usuarios de las mediciones. Las lecciones aprendidas deben registrarse en una base de datos adecuada.
- Identificar posibles mejoras. Dichas mejoras pueden ser cambios en el formato de los indicadores, cambios en las unidades medidas o reclasificación de categorías de medición. Se deben determinar los costos y beneficios de las mejoras potenciales y se deben informar las acciones de mejora apropiadas.
- Comunicar las mejoras propuestas al propietario del proceso de medición y a las partes interesadas para su revisión y aprobación. Además, se debe comunicar la falta de mejoras potenciales si el análisis no logra identificar ninguna mejora.

## 7. Herramientas de gestión de ingeniería de software

Las herramientas de gestión de ingeniería de software se utilizan a menudo para proporcionar visibilidad y control de los procesos de gestión de ingeniería de software. Algunas herramientas están automatizadas mientras que otras se implementan manualmente. Ha habido una tendencia reciente hacia el uso de conjuntos integrados de herramientas de ingeniería de software que se utilizan a lo largo de un proyecto para planificar, recopilar y registrar, monitorear y controlar, y informar la información del proyecto y del producto. Las herramientas se pueden dividir en las siguientes categorías: Herramientas de planificación y seguimiento de proyectos. Las herramientas de planificación y seguimiento de proyectos se pueden utilizar para estimar el esfuerzo y el costo del proyecto y preparar los cronogramas del proyecto. Algunos proyectos utilizan herramientas de estimación automatizadas que aceptan como entrada el tamaño estimado y otras características de un producto de software y producen estimaciones del esfuerzo, cronograma y costo total requerido. Las herramientas de planificación también incluyen herramientas de programación automatizadas que analizan las tareas dentro de una estructura de desglose del trabajo, sus duraciones estimadas, sus relaciones de precedencia y los recursos asignados a cada tarea para producir un cronograma en forma de diagrama de Gantt. Las herramientas de seguimiento se pueden utilizar para realizar un seguimiento de los hitos del proyecto, reuniones periódicas sobre el estado del proyecto, ciclos de iteración programados, demostraciones de productos y/o elementos de acción. Herramientas de gestión de riesgos. Herramientas de gestión de riesgos (ver sección 2.5, Gestión de riesgos) se puede utilizar para realizar un seguimiento de la identificación, estimación y seguimiento de riesgos. Estas herramientas incluyen el uso de enfoques como la simulación o los árboles de decisión para analizar el efecto de los costos versus los beneficios, y estimaciones subjetivas de las probabilidades de eventos de riesgo. Las herramientas de simulación Monte Carlo se pueden utilizar para producir distribuciones de probabilidad de esfuerzo, cronograma y riesgo combinando múltiples distribuciones de probabilidad de entrada de manera algorítmica. Herramientas de comunicación. Las herramientas de comunicación pueden ayudar a proporcionar información oportuna y consistente a las partes interesadas relevantes involucradas en un proyecto. Estas herramientas pueden incluir cosas como notificaciones por correo electrónico y transmisiones a los miembros del equipo y a las partes interesadas. También incluyen la comunicación de actas de reuniones de proyecto programadas periódicamente, reuniones diarias y gráficos que muestran el progreso, los trabajos pendientes y las resoluciones de solicitudes de mantenimiento. Herramientas de medición. Las herramientas de medición respaldan las actividades relacionadas con el programa de medición de software (consulte el tema 6, Medición de ingeniería de software). Hay pocas herramientas completamente automatizadas en esta categoría. Las herramientas de medición utilizadas para recopilar, analizar e informar datos de medición del proyecto pueden basarse en hojas de cálculo desarrolladas por miembros del equipo del proyecto o empleados de la organización.