



plan
avanza2»»

inteco



Instituto Nacional
de Tecnologías
de la Comunicación

CURSO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS

**Laboratorio Nacional de Calidad del
Software**

NOTA DE EDICIÓN

Este curso ha sido desarrollado por el Laboratorio Nacional de Calidad del Software de INTECO. Esta primera versión ha sido editada en Junio del 2009.

Copyright © 2009 Instituto Nacional de Tecnologías de la comunicación (INTECO)



El presente documento está bajo la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Compartir Igual versión 2.5 España.

Usted es libre de:

- copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra
- hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Compartir bajo la misma licencia.** Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta.

Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.

Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor

Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.

Esto es un resumen legible por humanos del texto legal (la licencia completa) disponible en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/es/>

El presente documento cumple con las condiciones de accesibilidad del formato PDF (Portable Document Format).

Se trata de un documento estructurado y etiquetado, provisto de alternativas a todo elemento no textual, marcado de idioma y orden de lectura adecuado.

Para ampliar información sobre la construcción de documentos PDF accesibles puede consultar la guía disponible en la sección [Accesibilidad > Formación > Manuales y Guías](#) de la página <http://www.inteco.es>.

AVISO LEGAL

- CMMI® es una marca registrada en la Oficina de Marcas y Patentes de EEUU por la Universidad Carnegie Mellon
- Las distintas normas ISO mencionadas han sido desarrolladas por la International Organization for Standardization

Todas las demás marcas registradas que se mencionan, usan o citan en el presente curso son propiedad de los respectivos titulares.

INTECO cita estas marcas porque se consideran referentes en los temas que se tratan, buscando únicamente fines puramente divulgativos. En ningún momento INTECO busca con su mención el uso interesado de estas marcas ni manifestar cualquier participación y/o autoría de las mismas.

Nada de lo contenido en este documento debe ser entendido como concesión, por implicación o de otra forma, y cualquier licencia o derecho para las Marcas Registradas deben tener una autorización escrita de los terceros propietarios de la marca.

Por otro lado, INTECO renuncia expresamente a asumir cualquier responsabilidad relacionada con la publicación de las Marcas Registradas en este documento en cuanto al uso de ninguna en particular y se eximen de la responsabilidad de la utilización de dichas Marcas por terceros.

El carácter de todos los cursos editados por INTECO es únicamente formativo, buscando en todo momento facilitar a los lectores la comprensión, adaptación y divulgación de las disciplinas, metodologías, estándares y normas presentes en el ámbito de la calidad del software.

ÍNDICE

1. ESCENARIO DE APERTURA	6
2. INTRODUCCIÓN	8
2.1.1. Contexto de la medición	9
2.2. La medición como parte de las estimaciones	10
2.3. Conceptos	12
2.3.1. Métricas y medidas	12
2.3.2. Métricas directas y métricas indirectas	13
2.3.3. Otros conceptos	13
2.4. Necesidad e importancia de la medición	15
2.4.1. Beneficios de la medición	17
3. ACTIVIDADES DEL PROCESO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS	19
3.1. Identificar necesidades de información	19
3.2. Definir objetivos de medición	21
3.3. Definir métricas	23
3.3.1. Plan de medición	25
3.4. Recoger, validar y almacenar métricas	27
3.4.1. Recoger	28
3.4.2. Validar	29
3.4.3. Almacenar	30
3.5. Analizar métricas	31
3.5.1. Métodos de análisis	32
3.5.2. Aplicación y ejemplos de los métodos de análisis	34
4. MÉTRICAS	38
4.1. Métricas en un proyecto software	38
4.1.1. Métricas del progreso de los proyectos	40
4.1.2. Métricas de recursos	41
4.2. Métricas de la calidad de un proceso	42
4.2.1. La productividad	43
4.3. Métricas de calidad de producto	45
4.3.1. Métricas de calidad de producto final	47

4.3.2.	Métricas de mantenimiento de software	48
5.	BUENAS PRÁCTICAS	49
5.1.	Lecciones aprendidas	52
6.	ENFOQUE MODELOS	54
6.1.	CMMI	54
6.2.	ISO/IEC 15504	56
7.	ESCENARIO DE CLAUSURA	59
8.	ENLACES	61
9.	GLOSARIO	62

Escenario de Apertura

Con motivo de la incorporación de un nuevo director a la empresa COMPASS S.A. va a ver varios cambios, sobre todo en el área de medición y análisis ya que es un área bastante ignorada en el pasado.

Un jefe de proyecto va a iniciar un nuevo proyecto y antes de comenzar tiene una reunión inicial con el director quien expresa su deseo de priorizar la medición en los proyectos como necesidad fundamental.



Figura 1. Escenario de apertura I



Figura 2. Escenario de apertura II



Figura 3. Escenario de apertura III

Introducción

La medición es una parte integral de la gestión de proyectos software. Proporciona una manera cuantificable de conocer dónde estamos y validar la efectividad de las mejoras que hagamos.

Cuando puedes medir aquello de lo que estás hablando, y expresarlo en números, sabes algo sobre ello; pero cuando no lo puedes medir, y no lo puedes expresar en números, tu conocimiento acerca de ello es insatisfactorio”- Lord Kelvin



Figura 4. La necesidad de la medición en los proyectos

La ingeniería de software está madurando como disciplina de software y es importante darse cuenta de que la medición tiene que ser una parte integral del proceso y proyecto de software, y así ayudar a que la ingeniería de software evolucione en una disciplina que de confianza a los clientes.

La medición es un punto crítico en la disciplina de la ingeniería del software.

En general, la medición persigue los siguientes **objetivos fundamentales**:

- **Analizar**: entender qué ocurre durante el desarrollo y el mantenimiento (los atributos de un ente)
- **Controlar**: controlar qué es lo que ocurre en nuestros proyectos (la calidad del producto)
- **Predecir**: realizar estimaciones (el tiempo y coste de un proyecto...)
- **Mejorar**: mejora los procesos y productos (la calidad de un producto, proceso ...)

Las métricas son un buen medio para entender, monitorizar, controlar, predecir y probar el desarrollo software y los proyectos de mantenimiento (Briand et al., 1996).

Contexto de la medición

La ingeniería de software todavía es una disciplina en evolución. Los profesionales en este ámbito todavía no están acostumbrados a medir y por esta razón tienden a rechazarlo. En el campo de la ingeniería de software a menudo se escuchan palabras que muestran cómo las personas confían en sus opiniones o corazonadas a la hora de establecer compromisos.



Figura 5. Estimaciones sin medición

Sin embargo no podemos permitirnos ser poco estrictos y relajarnos en el campo de la ingeniería de software. Necesitamos ser tan cuidadosos como podamos con las métricas tanto en esta como en cualquier disciplina.

A menudo las compañías se quejan diciendo que la medición es algo muy duro, difícil de llevar a cabo y que consume demasiado tiempo. Pero este no es el enfoque correcto. De hecho, hay que plantearse que la medición ayuda a conseguir una **exitosa gestión de proyectos**. Incluso a una escala mayor, para implementar un proceso de software exitoso necesitaremos métricas.

La medición como parte de las estimaciones

El rendimiento esperado de un proyecto depende de la capacidad del proceso software sobre el que se basa la ejecución del proyecto, y las métricas pueden ser usadas para entender las características de dicho proceso. Por ejemplo, la medición puede ser útil para entender la productividad y la tasa de defectos que pueden esperarse si se sigue el proceso.

Los productos software son resultados derivados de procesos software. Los datos relacionados con procesos pueden ser recogidos durante la ejecución de proyectos para dar

una idea de la capacidad del proceso software. Este dato es útil para la **estimación**. El análisis de la causa raíz de los datos ayuda a responder a **preguntas** como las siguientes:

- ¿Qué tipo de errores ocurren más a menudo y por qué?
- ¿Por qué la calidad del producto es menor?
- ¿Por qué los proyectos siempre van con retraso?

Estos análisis ayudan a decidir las prioridades para la mejora del proceso software a nivel organizacional y validar la efectividad de los esfuerzos de mejora.

Los datos obtenidos al medir **proyectos pasados** dan una idea para predecir lo que puede esperarse de proyectos futuros, y así ayudar a formular una estimación más exacta. Sin embargo, se deberían tener en cuenta las diferencias entre las características de los proyectos del pasado y las del proyecto que se está estimando.

Utilizando **datos históricos** disponibles pueden establecerse metas conseguibles en cuanto a presupuesto, cronograma y calidad.

En ocasiones, los datos sobre un proceso software no están disponibles. Esto puede ocurrir porque:

- la organización es nueva
- la organización no ha trabajado con proyectos de características similares al proyecto sobre el que queremos realizar las estimaciones

En ausencia de datos de proyectos anteriores, deberían utilizarse otros datos para realizar las estimaciones como datos de la industria para proyectos similares. También podemos utilizar **modelos de estimación** disponibles basados en datos relevantes de la industria.

La estimación, primer paso de la planificación de proyectos, está basada en:

- análisis de datos históricos
- modelos disponibles que se han basado en datos de la industria
- otros análisis



Figura 6. Modelos de estimación

Conceptos

Métricas y medidas

Una **medida** proporciona una indicación cuantitativa sobre un atributo de un producto o proceso. La medición puede referirse a la extensión, cuantía, dimensión, capacidad y tamaño.

Una **métrica** es calculada utilizando una medición o una combinación de mediciones proporcionando información acerca de un producto o proceso. **IEEE** define una métrica como una medida cuantitativa del grado con el que un sistema, proceso o un componente posee un atributo dado. Una métrica o un conjunto de métricas permiten a los jefes de proyecto ajustar los detalles necesarios de un proceso o un producto y formar la base para una correcta toma de decisiones.

Necesitamos métricas para establecer metas y conocer donde estamos respecto a ellas

Métricas directas y métricas indirectas

Las métricas pueden clasificarse en dos categorías: **Métricas directas** e **indirectas**.

Una **métrica directa** es una métrica de un atributo que no depende de ninguna métrica de otro atributo, es decir una métrica de la cual se pueden realizar mediciones sin depender de ninguna otra métrica y cuya forma de medir es un método de medición.

Por ejemplo, para conocer el tamaño de un programa se pueden contar el número de líneas de código (LOC) que es un atributo del programa que puede medirse directamente y por lo tanto es una **métrica directa**.

Por otra parte, la complejidad de un programa no es algo que pueda medirse directamente. Para ello, necesitaremos identificar algunos atributos que indiquen dicha complejidad. La complejidad puede depender del tamaño del programa, del número de estructuras o ramas condicionales del programa, y del número de estructuras con bucles. Nosotros podemos medir estos atributos y combinarlos para obtener la complejidad del proyecto. Por lo tanto, la complejidad es una **métrica indirecta** calculada combinando algunas métricas directas de una determinada manera.

La satisfacción del cliente, por ejemplo, no es un atributo que pueda medirse directamente. Para medirlo, deberían identificarse las medidas directas que podrían indicar la satisfacción del cliente, como por ejemplo:

- Tiempo que se tarde en proporcionar servicio a los clientes
- Número de quejas de los clientes
- Número de clientes que se van de la organización a otras

Otros conceptos

A continuación se definen algunos conceptos clave en el proceso de medición y análisis:

- **Necesidad de información:** Las necesidades de información de una organización pueden ser, por ejemplo, la información necesaria para gestionar un proyecto, es decir, sus objetivos, hitos, riesgos y problemas.

Para dar soporte a las necesidades de información de una organización es importante desarrollar y establecer una capacidad de medición que ayude a

proporcionar resultados objetivos que sean útiles para la toma de decisiones y acciones correctivas necesarias.

- **Entidad:** Objeto que va a ser caracterizado mediante una medición de sus atributos [ISO- 15939]. En software hay tres clases de entidades cuyos atributos podemos querer medir:
 - **Procesos:** Son actividades software que normalmente conllevan el factor tiempo.
 - **Productos:** Son entregables, artefactos o documentos generados en el ciclo de vida del software.
 - **Recursos:** Son todos aquellos elementos que hacen de entrada a la producción software.
- **Atributo:** Propiedad mensurable, física o abstracta, que comparten todas las entidades de una **categoría de entidad**.
- **Concepto medible:** El concepto medible es una percepción sobre las entidades que deberían ser medidas con el objetivo de satisfacer una determinada necesidad de información. Por ejemplo, una persona encargada de tomar una decisión relacionada con la asignación del presupuesto y recursos a una tarea puede considerar que la productividad esté relacionada con el tipo de tarea que se vaya a ejecutar. Por lo tanto, la productividad es el concepto medible que dirige la necesidad de información definida.

La siguiente tabla recoge la relación entre los conceptos anteriormente definidos:

Tabla 1. Relación conceptos medición y análisis

Concepto	Relaciones	Ejemplos
Necesidad de información	Se asocia a un concepto medible. Se satisface con uno o más indicadores.	Evaluar si un producto SW satisface las expectativas del cliente.
Entidad	Una entidad puede pertenecer a una o más entidades. Una medición se realiza sobre los atributos de una	Un programa "holamundo"

	entidad.	
Categoría de entidad	Una categoría puede incluir a una o varias categorías de entidades. Tiene uno o varios atributos	Procesos, servicios, proyectos, recursos, programas en C, componentes software...
Atributo	Solo puede pertenecer a una categoría de entidad. Una medición se realiza sobre los atributos de una entidad. Está relacionado con uno o más conceptos medibles.	“Tamaño de código fuente” podría ser atributo de la categoría de entidad “programas en C”.
Concepto medible	Se asocia a una o varias necesidades de información. Puede incluir otros conceptos medibles. Relaciona uno o más atributos.	Adecuación tecnológica, relación de productividad equipo de desarrollo respecto al objetivo.

Necesidad e importancia de la medición

El éxito de cada organización depende de la capacidad de sus empleados de **realizar pronósticos** y **establecer compromisos** claros en cuanto a los productos que desarrollan. Antes de comenzar viendo la importancia de la medición vamos a ver qué se entiende por proyecto exitoso:

Un proyecto software es considerado exitoso si:

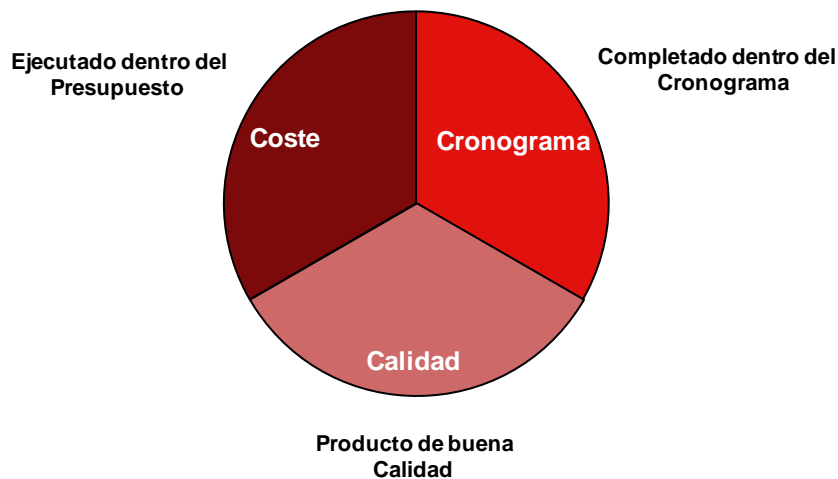


Figura 7. Factores clave en el éxito de un proyecto software

Los jefes de proyectos de software se encargan de asegurar:

- el éxito del proyecto, y para ello será necesario establecer unas metas alcanzables en cuanto a costes, agenda y calidad del proyecto.
- que el proyecto es controlado y monitorizado para conseguir esos objetivos.

La **medición** ayuda a los jefes de proyecto a llevar a cabo estas actividades. De esta forma pueden identificar las desviaciones y esto es de gran ayuda a la hora de tomar acciones correctivas a tiempo, como por ejemplo:

- Revisar las estimaciones y la agenda del proyecto
- Introducir cambios en ciertas actividades técnicas
- Decidir donde focalizar los recursos

Para entender cómo la medición puede contribuir al éxito del proyecto podemos pensar en cómo el jefe de proyecto y el resto de personas involucradas en el negocio podrían establecer metas y controlar el rendimiento del proyecto.



Figura 8. La medición para monitorizar y controlar los proyectos

Beneficios de la medición

La **medición** es esencial para el éxito de la planificación y ejecución de los proyectos. La medición ayuda:

- establecer metas hacia las que trabajar
- determinar si el progreso del proyecto es satisfactorio, o si por el contrario, será necesario aplicar acciones correctivas para ello.
- establecer un mejor control de los costes
- reducir los riesgos
- mejorar la calidad
- asegurar la consecución de los objetivos de negocio.
- detectar tendencias y anticipar problemas
- La medición también ayuda a mejorar los procesos. Utilizando mejores procesos, las organizaciones son capaces de producir productos software de alta calidad.

Otros **beneficios típicos** resultantes de un buen proceso de medición y análisis se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Beneficios proceso medición y análisis

A nivel de proyecto	A nivel de organización
<p>Reducir las actividades que no aportan valor al producto que se está desarrollando.</p> <p>Reducir gastos de desarrollo y mantenimiento de los productos.</p> <p>Mejorar la gestión de los recursos.</p> <p>Mejorar la comunicación entre los grupos de trabajo y los departamentos.</p> <p>Aumentar la eficiencia de los servicios prestados.</p> <p>Saber a qué nos comprometemos al planificar los proyectos.</p> <p>Conocer cuál es la probabilidad de alcanzar ese compromiso.</p> <p>Saber si estamos en el camino correcto para conseguir los compromisos.</p> <p>Saber si estamos consiguiendo los compromisos de manera efectiva en costes.</p>	<p>Identificar las oportunidades de mejora. Mejorar el flujo de trabajo de los procesos.</p> <p>Fomentar la visión de la empresa.</p> <p>Aumentar el Retorno de Inversión.</p> <p>Mejorar la satisfacción del cliente.</p> <p>Mejorar la posición de la empresa en el mercado.</p> <p>Saber si hemos mejorado.</p>

En resumen, los métodos de medición y análisis permiten identificar puntos importantes y tendencias y, al mismo tiempo, permiten distinguir entre situaciones reales de riesgo de las que no lo son, lo cual es vital para una adecuada toma de decisiones así como para seguir un rumbo adecuado en la dirección de la empresa

Actividades del proceso de medición y análisis

Un **proceso de medición** estructurado y repetible define las actividades de medición del proyecto. Este proceso debe ser flexible y adaptable para dar soporte a los procesos de gestión y técnicos del software existente y a las características del dominio específico de la aplicación. El proceso de medición ha de ser iterativo hasta el fin del proyecto, de tal forma que los esfuerzos de las métricas se centren en los problemas más críticos.

Identificar necesidades de información

El primer paso del proceso es el de **identificar las necesidades de información** de la organización. Para dar soporte a las necesidades de información de una organización es importante desarrollar y establecer una capacidad de medición que ayude a proporcionar resultados objetivos que sean útiles para la toma de decisiones y acciones correctivas necesarias.

Según **PSM (Practical Software Measurement)**, las necesidades de información se pueden clasificar en **siete categorías**:

- **Calendario y progreso:** esta categoría trata los objetivos de los hitos del proyecto y completitud de unidades de trabajo individuales. Un proyecto que se sale de la agenda, normalmente puede cumplir sus objetivos de entrega sólo eliminando funcionalidades o sacrificando la calidad del producto.
- **Recursos y costes:** esta categoría hace referencia al equilibrio entre el trabajo a realizar y los recursos de personal asignado al proyecto. Un proyecto que exceda el esfuerzo presupuestado normalmente puede recuperarse sólo reduciendo la funcionalidad del software o sacrificando la calidad del producto.
- **Tamaño de producto y estabilidad:** esta categoría trata la estabilidad de la funcionalidad o capacidad requerida del software. También relaciona el volumen de software entregado para proporcionar la capacidad requerida. La estabilidad incluye cambios en el alcance de la funcionalidad o cantidad. Un aumento en el tamaño del software normalmente requiere aumentar los recursos aplicados o la agenda del proyecto.

- **Calidad de producto:** esta categoría trata la habilidad del producto software entregado para dar soporte a las necesidades del usuario sin fallar. Si se entrega un producto de baja calidad, la carga de hacerlo funcionar normalmente recae sobre la organización de mantenimiento asignada.
- **Ejecución de proceso:** esta categoría se refiere a la capacidad del proveedor relativo a las necesidades del proyecto. Un proveedor con un proceso de desarrollo de software pobre o de baja productividad puede tener dificultad al cumplir los objetivos de coste y la programación del proyecto planificada.
- **Efectividad de la tecnología:** esta categoría trata la viabilidad del enfoque técnico propuesto. Trata enfoques de ingeniería como reutilización de software, utilización de componentes software comerciales, fiabilidad sobre procesos de desarrollo de software avanzados, e implementación de arquitecturas de software común. Si no se consiguen los elementos clave del enfoque técnico propuesto puede resultar en aumentos de costes y retrasos en la agenda.
- **Satisfacción del cliente:** esta categoría se ocupa del grado en que los productos o servicios entregados por el proyecto cumplen las expectativas del cliente. Los indicadores de satisfacción pueden obtenerse de la retroalimentación del cliente.

Las necesidades de información resultan de los esfuerzos de ingenieros y responsables de la organización por mejorar las salidas de los procesos y actividades de software. Las salidas deseables de estos procesos normalmente son definidas en términos de **objetivos** establecidos por la dirección o de problemas (riesgos, falta de información) que dificultan la consecución de estos objetivos.

La mayoría de los proyectos están orientados a conseguir ciertos objetivos ya fijados en términos de presupuesto, agenda, calidad y funcionalidad, y en consecuencia, las medidas a nivel de proyecto tienden a centrarse en proporcionar información relacionada con estas áreas.

El gráfico siguiente muestra cómo una **necesidad de información** puede evolucionar en un plan para generar los productos medibles del proyecto.

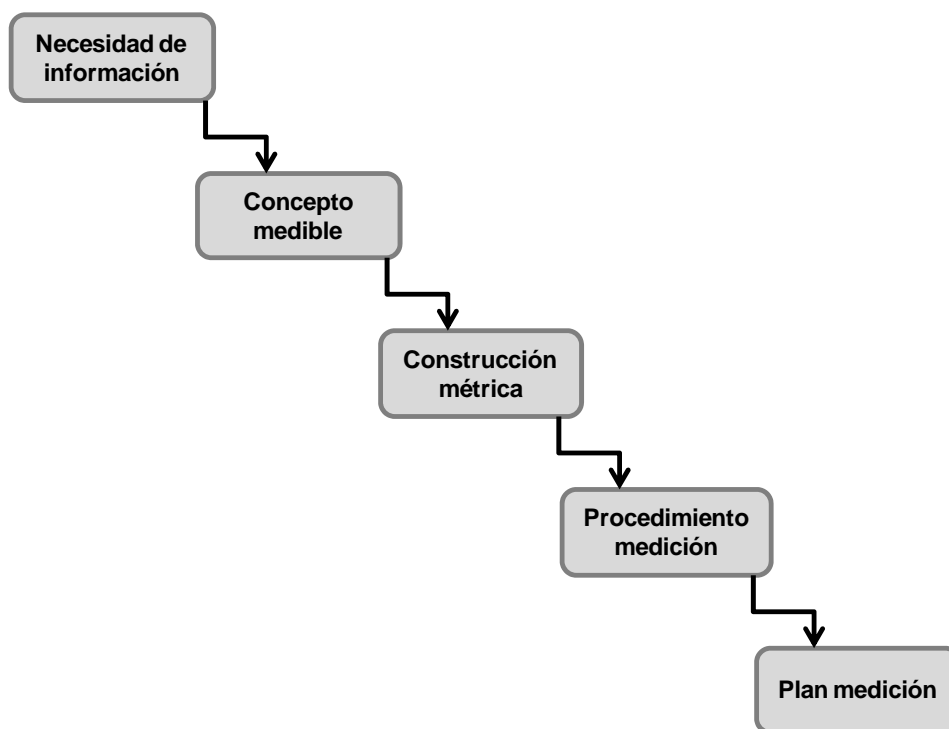


Figura 9. Evolución de una necesidad de información a un plan de medición

Definir objetivos de medición

Una vez que se han definido las necesidades de información de la organización, se puede identificar un conjunto de medidas común que cubra estas necesidades. Una necesidad de información se asocia a un **concepto medible**, que como se vio en el apartado de conceptos, es una percepción sobre las entidades que deberían ser medidas con el objetivo de satisfacer una determinada necesidad de información.

Por ejemplo, una persona encargada de tomar una decisión relacionada con la asignación del presupuesto y recursos a una tarea puede considerar que la productividad esté relacionada con el tipo de tarea que se vaya a ejecutar. Por lo tanto, la productividad es el concepto medible que dirige la necesidad de información definida. (Determinar la productividad requiere que las entidades, como son el producto o proceso software, sean medidas).

Finalmente, el concepto medible será formalizado como una **construcción de medida** que especifica exactamente qué será medido y cómo los datos serán combinados para producir resultados que satisfagan la necesidad de información. Dos medidas aplicables a este ejemplo podrían ser el tamaño del software y el esfuerzo.

El siguiente gráfico muestra la estructura básica de una **construcción de medida**.

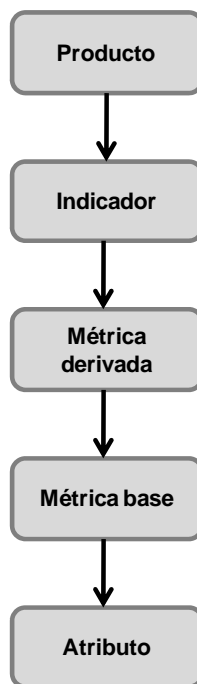


Figura 10. Niveles de una construcción de medida

Todo lo que puede realmente ser medido incluye atributos específicos de procesos y productos software, como tamaño, esfuerzo y número de defectos. La **construcción de medición** describe cómo los atributos de software relevantes son cuantificados y convertidos en **indicadores** que proporcionan una base para tomar decisiones.

Uno de los obstáculos más críticos para el éxito de la medición es que los objetivos de distintos grupos dentro de una organización no siempre están alineados y a veces pueden resultar contradictorios.

Por ejemplo, todas las organizaciones realizan un seguimiento del calendario de los proyectos. Sin embargo, los datos que se toman y la importancia de las mediciones del calendario varían dentro de la organización:

- La mayoría de gerentes técnicos se preocupan por desarrollar un producto que cumpla los requisitos funcionales y de fiabilidad;
- Los objetivos de calendario y costes son, a menudo, determinados por otras partes como clientes, gerentes de marketing y alta dirección.
- A los directivos les preocupa estimar el tiempo para la entrega de un producto.
- Al gerente de negocio le interesa conocer el tiempo que llevará comercializar una nueva funcionalidad y el impacto de un retraso en la cuota de mercado.
- Por otro lado, el gerente de procesos estará preocupado por los cambios en el tiempo de desarrollo del software y su impacto en otros procesos.

Un programa de medición exitoso debe integrar las necesidades de información de todos los involucrados en tomas de decisiones.

Definir métricas

El formalizar un **concepto medible** en una **construcción de medición** implica el considerar los detalles de los procesos y productos del proyecto software y una descripción detallada de la necesidad de información asociada. Estos detalles ayudarán en la implementación de un programa de medición efectivo y eficiente. Los **beneficios** más destacados del uso de construcciones de medición bien definidos incluyen:

- **Reducir la redundancia de métricas**, ayudando a identificar un conjunto de métricas base (primitivas) que puedan servir para distintos propósitos.
- **Aumentar la exactitud**, asegurando que todos los aspectos esenciales del enfoque de medición estén definidos de una manera adecuada.
- **Maximizar el valor de las métricas base** creando patrones de métricas derivadas e indicadores que puedan ser fácilmente reconocidos, reutilizados y adaptados.
- **Documentar la relación entre las necesidades de información y cómo se satisfacen estas necesidades.**

El siguiente gráfico representa los conceptos clave dentro de la construcción de métricas:

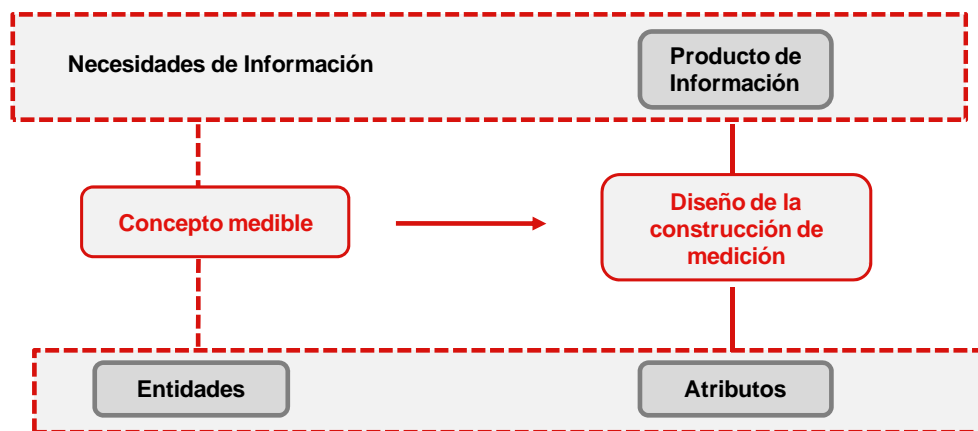


Figura 11. Relación conceptos medición III

En definitiva, desarrollar un **programa de medición efectivo** requiere un entendimiento exhaustivo de las necesidades de información de software del proyecto, un conjunto de conceptos medibles bien definidos y relacionados, y un conocimiento total de las entidades de software disponibles para ser medidas dentro del proyecto.

Últimamente ha aparecido un gran número de métricas para capturar atributos del software de una forma cuantitativa. Sin embargo, muy pocas métricas han sobrevivido a la fase de definición y, por lo tanto, de utilización en la industria. Esto se debe a múltiples **problemas**, entre ellos:

- Las métricas no siempre se definen en un contexto apropiado en el que el objetivo de interés se pueda alcanzar.
- Incluso si el objetivo es explícito, las hipótesis experimentales a menudo no se hacen explícitas.
- Las definiciones de métricas no siempre tienen en cuenta el entorno o contexto en el que serán aplicadas.
- No siempre es posible realizar una validación teórica adecuada de la métrica porque el atributo que queremos medir no siempre está bien definido
- Un gran número de métricas nunca se han validado empíricamente.

Esta situación ha conducido frecuentemente a cierto grado de **ambigüedad** en las definiciones, propiedades y asunciones de las métricas, haciendo que el uso de las mismas sea difícil, la interpretación peligrosa y los resultados contradictorios.

Se han utilizado diferentes enfoques para implementar métricas sobre proyectos software aunque no todos son efectivos. Algunos de estos enfoques se han basado en la **definición detallada** de métricas que se puedan aplicar de forma ecuanime a cada proyecto de la organización. Otros, sin embargo, optan por la **compra de herramientas** de análisis y métricas automatizadas de un proveedor externo sin conocimiento alguno de los procesos de la organización. Pero, realmente para que una métrica tenga éxito y ayude a cumplir los objetivos del proyecto en un entorno cambiante, hay que tener muy en cuenta las **necesidades de información**.

Plan de medición

En todo proceso de medición será necesario un **plan de medición** que especifique qué se va a medir y cómo se va a realizar el proceso. Este plan de medición será desarrollado en esta fase, aunque se irá retroalimentando con la información obtenida en la siguiente fase, es decir, a medida que se vayan tomando y analizando las métricas y vayan apareciendo nuevas necesidades de información, el plan de medición se irá modificando.

A continuación se muestran los puntos o apartados que podría contemplarse en un plan de medición:

- **Propósito:** es importante que en el plan de medición se especifique el propósito del documento. En este plan se expondrán las métricas que se utilizarán a lo largo del proyecto asegurando que las métricas que se definen están alineadas con los objetivos del negocio y del proyecto y que se implementan de forma organizada y planificada.
- **Alcance:** Documentación del alcance de las métricas del proyecto indicando que etapas del desarrollo y mantenimiento del ciclo de vida se cubren con este plan.
- **Objetivos:** Exposición de los objetivos del documento. Entre los objetivos de este plan pueden estar la identificación de métricas y la gestión del rendimiento del proyecto. Este plan detalla los procesos y las herramientas, en el caso en que se usen, necesarios para recolectar medidas, calcular métricas, analizar e informar de los resultados.

- Roles y responsabilidades:** Se hará una revisión de los roles y responsabilidades relacionados con las métricas de acuerdo con los roles del proyecto. Estos datos se podrían exponer en una tabla para hacerlo más visual.
- Dependencias del plan de medición:** En esta sección se han de exponer todos los planes y procesos que estén relacionados con el plan de medición. Entre ellos pueden estar plan de proyecto, plan de gestión de la configuración, plan de gestión de riesgos, plan de gestión de la calidad.... Los cambios que se produzcan en alguno de estos planes o procesos puede implicar una revisión del que se está definiendo en este documento.
- Objetivos de calidad de proyecto y rendimiento de proceso:** Definición de los objetivos de calidad y de rendimiento de proceso para el proyecto. Los objetivos han de ser medible.
- Selección de métricas:** Descripción del método de selección de métricas para este proyecto. Estas métricas han de estar alineadas con los objetivos de negocio. También se debería indicar de qué manera pueden estas métricas ayudar a conseguir los objetivos de negocio.
- Métricas y medidas del proyecto:** este apartado se podría dividir en distintas partes:

Tabla 3. Métricas del proyecto en un plan de medición

Métricas	Descripción
Definición de métricas	Definición detallada de las métricas que se van a usar en el proyecto indicando por ejemplo: nombre de la métrica descripción de la métrica fórmula prioridad fuente de los datos nivel de análisis informe de análisis

Captura de datos	Definición de los métodos a seguir en la recogida de los datos usados en las métricas: de dónde se van a obtener los datos, dónde almacenarlos de manera que se accesible para su uso futuro...
Gestión y análisis de datos	Definición de los procesos que se van a llevar a cabo para el análisis de los datos medidos. Especificar los procedimientos de análisis por adelantado asegura que el análisis se va a realizar conforme a los objetivos de medida.
Comunicación de resultados	Descripción del proceso de comunicación de los datos a todos los agentes involucrados en un tiempo adecuado para servir de apoyo a la toma de decisiones y ejecución de acciones correctivas.
Formación	Descripción de la formación necesaria para los involucrados en el proceso relacionado con las métricas.

Recoger, validar y almacenar métricas

La recolección, validación y los informes que recogen los datos obtenidos de las métricas están relacionados directamente con las necesidades de información de la organización.

A medida que el proyecto avanza, las necesidades de información cambian, y por lo tanto también lo harán las métricas aplicadas. En este apartado vamos a ver en qué consisten las actividades de recogida, validación y almacenamiento de datos.

Recoger



Figura 12. Desarrollo de mecanismos de recolección de datos

La especificación explícita de los métodos de recogida de datos ayuda a asegurar que se recogen los datos correctos de forma adecuada.

Es importante **formar** a las personas involucradas en la recolección de datos para asegurar que entienden por qué los datos son necesarios, cómo van a ser utilizados y cómo sus acciones contribuyen a la validación total del proceso de recolección.

Para ser efectivas, **las métricas** deben implementarse dentro de un proyecto u organización como un proceso de soporte de ingeniería de software. De esta forma, las métricas deben incluirse en todas las actividades asociadas con la planificación, rendimiento y evaluación de tareas de la organización o del proyecto.

Pero las métricas no se mantienen por sí mismas sino que será necesario definir qué información es necesario recoger para la toma de decisiones, y de qué manera esta información será recogida, analizada, presentada y utilizada. El **proceso de medición** combina distintos datos objetivos y subjetivos en productos de información integrados que dirigen directamente las necesidades de información del proyecto ya definidas.

Validar

En varias disciplinas tradicionales como la física, la química e ingenierías clásicas, la evolución, empleo y validación de métricas se ha desarrollado a lo largo de siglos, de modo que hoy muchas de las métricas están incorporadas en la vida cotidiana como medidas de temperatura, velocidad, distancia, entre otras, sin que nadie dude sobre la validez de las mismas. Sin embargo, no sucede lo mismo en Ingeniería de Software, donde todavía se debate si existe comprensión suficiente sobre las no demasiadas métricas existentes y popularmente empleadas.

Por eso es importante tener un claro conocimiento de las **propiedades** que deberían tener las **métricas**. Entre las más importantes están [Schulmeyer y MacKenzie, 2000]:

- **Simplicidad:** la definición y uso de la métrica ha de ser simple.
- **Objetividad:** diferentes personas han de darle valores idénticos. Esto le da consistencia y evita interpretaciones individuales.
- **Facilidad de recolección:** el coste y esfuerzo para obtener la medida ha de ser razonable.
- **Robustez:** la métrica ha de ser insensible a cambios irrelevantes. Esto permite realizar útiles comparaciones.
- **Validez:** la métrica ha de medir lo que se supone que mide. Esto da fiabilidad a la medida.

Informalmente se dice que **una medida es válida si** caracteriza fielmente el atributo que pretende medir.

Validar una medida software es el proceso de asegurar que la medida es una caracterización numérica apropiada del atributo que pretende medir. Es decir, hay que asegurarse de que las medidas que se usan reflejan el comportamiento de las entidades del mundo real.

Una medida debe ser vista en función del **contexto** en que será usada. La validación debe tener en cuenta el propósito de la medición. Fenton y Pfleeger dan dos definiciones de validación:

- **Validación en sentido reducido:** es el proceso riguroso de asegurar que la medida representa adecuadamente el atributo software que se quiere medir. Es decir, verificar que la medida es razonable teóricamente (internamente válida).
- **Validación en sentido amplio:** es la utilización de una medida internamente válida como un componente de un sistema de predicción válido.

[Kitchenham et al, 96] asumen que para que una medida sea válida se deben cumplir dos condiciones:

- Que la medida no viole ninguna propiedad de sus elementos.
- Cada modelo usado en el proceso de medición debe ser válido.

Además, de acuerdo al marco conceptual para validación de métricas propuesto, para decidir si una métrica es válida, es necesario confirmar al menos:

- La validez del atributo: si el atributo en cuestión es realmente exhibido por el ente que se desea evaluar.
- La validez de la unidad: si la unidad de medición a ser usada es apropiada para medir al atributo.
- La validez del instrumento: si el modelo que subyace al instrumento de medición es válido y el mismo está apropiadamente calibrado.
- La validez del protocolo: si se ha adoptado un protocolo aceptable para la medición de modo que sea repetible y replicable.

Almacenar

Tal y como se especificó con anterioridad, en el plan de medición organizacional quedará recogido una descripción del **repositorio** donde se almacenarán los datos y el **proceso** a seguir por cada proyecto para incorporar los datos a este repositorio. Este conjunto de medidas será requerido para cada proyecto, pudiendo realizarse adaptaciones para proyectos específicos.

El repositorio es una herramienta muy útil para facilitar el acceso a la información de cada proyecto, en este caso a las métricas de cada proyecto, de tal forma que la reutilización de métricas ya definidas y validadas se pueda hacer de manera efectiva. Es decir, gestionar y

almacenar los datos medidos, especificaciones de medida y resultados del análisis permite **un uso futuro de los datos históricos efectivo en tiempo y coste**. Esta información también es necesaria para proporcionar un contexto en el que interpretar los datos, los criterios de la medición y resultados del análisis.

En un principio, los proyectos pueden almacenar sus datos y resultados en un **repositorio específico** de su proyecto, pero cuando los datos sean compartidos o consolidados por toda la organización, deben residir en el **repositorio de medición de la organización**.

En definitiva, la especificación de los procedimientos de almacenamiento de datos ayuda a asegurar que los datos están disponibles y accesibles para su uso futuro.

Analizar métricas

Una vez que se han recogido los datos, éstos son tratados para realimentar los proyectos en una acción correctiva. La recolección de datos sería un proceso inútil si no se hiciera nada con esa información. Si el análisis de los datos sólo se utiliza para mostrar lo que se ha conseguido podrían servir de manera informativa pero con esto no se consigue ningún objetivo.

Las métricas deben ser analizadas inmediatamente después de calcularlas, comparándolas con los objetivos fijados.

Si hay una desviación sobre los objetivos o no se alcanza la meta, se deben iniciar **acciones correctivas y preventivas**. Posibles acciones en este sentido son:

- Actualizar la documentación del proceso
- Utilizar distintos métodos o ciclos de vida en los proyectos
- Introducir controles adicionales mediante la verificación y validación
- Utilizar distintas tecnologías o herramientas
- Actualizar la infraestructura o sistema de medición
- Automatizar algunas actividades del proyecto
- Actualizar las habilidades del personal

Por todo ello, será necesario definir en un **plan de análisis**:

- **cómo** se van a organizar los datos
- **qué** métricas o datos se van a analizar
- los **métodos** que se van a utilizar para analizarlos
- **qué objetivos** se pretenden satisfacer con el análisis o qué información se pretende obtener del análisis
- **a quién** se va a presentar los resultados del análisis y de qué manera

Métodos de análisis

Especificar los procedimientos de análisis, indicando cómo se va a analizar y se va a informar sobre los datos medidos, por adelantado asegura que el análisis se va a realizar conforme a los objetivos de medida (y, por tanto, conforme a las necesidades de información y objetivos en que éstos se basan). Esto supone también una comprobación de que se van a recoger los datos necesarios.

Existen distintos métodos de análisis. Las herramientas estadísticas promovidas por Ishikawa para el control de la calidad son ampliamente utilizadas y se han convertido en una parte importante dentro del control de la calidad. Se las conoce como **las siete herramientas básicas de Ishikawa** y se suelen utilizar para analizar las métricas de software.

Estas herramientas estadísticas se pueden aplicar a nivel de proyecto y de organización, por lo tanto, son útiles tanto para jefes de proyecto como para expertos en procesos pero no van a proporcionar información específica a los desarrolladores de software sobre cómo mejorar la calidad de sus diseños o sus implementaciones. Además, los beneficios de estas estadísticas puede que no se alcancen en el caso de proyectos pequeños, donde los patrones estadísticos de los parámetros de un proceso de desarrollo son poco obvios.

Las **siete herramientas básicas de Ishikawa** son:

- Checklist (o check sheet)
- Diagrama de Pareto
- Histograma

- Diagrama de dispersión
- Gráfico de ejecución
- Gráfico de control
- Diagrama de causa-efecto

Tabla 4. Las siete herramientas básicas de Ishikawa

Herramienta	Propósito	Características	Ejemplos aplicaciones
Checklist	Ayudar en la recogida y organización de datos para facilitar su consulta en el futuro.	No son largas Basadas en la experiencia revisadas y actualizadas de forma periódica	lista de errores frecuentes que podría utilizarse como parte de un proceso de prevención de defectos
Diagrama de Pareto	Ayuda a identificar las áreas que producen la mayoría de los problemas	Eje X es la causa del defecto Eje Y es el número de defectos	Centrarse en los tipos de defectos más frecuentes. Identificar las principales causas de los cambios de requisitos
Histograma	Mostrar las características de distribución de un parámetro (tendencia central, dispersión y asimetría)	Eje X lista los intervalos de unidades de un parámetro ordenados de forma ascendente de izquierda a derecha Eje Y contiene números de frecuencias	el perfil de satisfacción del cliente con un producto software en términos de muy satisfecho, satisfecho, neutro, insatisfecho, y muy insatisfecho
Diagrama de dispersión	Identificar una relación potencial entre dos variables	En una relación causa-efecto Eje X se utiliza para la variable independiente Eje Y para la variable dependiente	Para presentar el coeficiente de correlación entre dos variables
Gráfico de ejecución	Registra el rendimiento de un parámetro de interés a lo largo del tiempo	Eje X es el tiempo Eje Y es el valor del parámetro	registrar el porcentaje de correcciones en el software que superan el tiempo de respuesta, según el criterio correspondiente

<p>Gráfico de control</p>	<p>Tipo avanzado de gráfico de ejecución en situaciones donde se puede definir la capacidad de un proceso.</p> <p>Permite ver patrones de comportamiento en el tiempo y proporciona una base para predecir el futuro.</p>	<p>Consiste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> -una línea central (media: valor medio de todos los datos) -un par de límites de control (a veces también un par de límites de peligro dentro de los límites de control) -valores del parámetro de interés trazados en el gráfico, que representan el estado de un proceso 	<p>Son útiles en la mejora de procesos software.</p> <p>Se pueden utilizar como herramientas para mejorar la consistencia y estabilidad.</p>
<p>Diagrama de causa-efecto</p>	<p>Análisis de las diferentes causas que ocasionan los problemas facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.</p>	<p>Fin Eje horizontal (espina central): asunto a analizar</p> <p>Líneas o flechas inclinadas que llegan al eje principal: grupos de causas primarias en que se clasifican las causas del problema.</p> <p>A las flechas inclinadas llegan otras menores que representan las causas que afectan a cada una de las causas primarias</p>	<p>Concentrar el esfuerzo del equipo en la resolución de problemas complejos.</p>

Aplicación y ejemplos de los métodos de análisis

La mayoría de las herramientas básicas se pueden implementar fácilmente tanto en equipos pequeños como en grandes organizaciones.

Para equipos pequeños que comienzan un programa de métricas, se recomienda enfocarse en la **checklist**, **diagrama de Pareto**, y **diagrama causa-efecto**.

- La checklist sirve para guiar y reforzar la implementación de un proceso.
- El diagrama de Pareto es útil para parámetros cuantitativos relativos a la calidad de producto (defectos, quejas de clientes, correcciones defectuosas)
- El diagrama causa-efecto es una herramienta para resolver problemas orientada al equipo.

Con un uso efectivo de estas herramientas, un equipo estará preparado para la mejora de procesos y de la calidad. En cambio, para estos equipos pequeños que comienzan un programa de métricas no se recomienda utilizar un **gráfico de control**, ya que es una herramienta más adecuada para entornos que cuentan con un control de los sistemas y datos históricos bien establecido. Respecto a la implementación de diagramas de dispersión y gráficos de control, se requiere que alguien del equipo tenga una base estadística.

A continuación se muestran algunos gráficos a modo de ejemplo de algunos métodos de análisis:

- Checklist (o check sheet)

REQUISITO CMMI	IMPLEMENTACIÓN	SI / NO / NA
SG 1. Los objetivos de medición y actividades alineadas con objetivos y necesidades de información identificadas.		
SP1.1 Establecer y mantener objetivos de medición que se derivan de objetivos y necesidades de información identificadas.	En relación al proyecto, se tiene claro a) ¿Por qué se están recogiendo métricas? b) ¿Cómo se enlazan con los objetivos de negocio, metas del cliente y del proyecto? Comprobar plan de calidad y sección plan de proyecto para metas y objetivos.	
SP 1.2 Especificar métricas que se alineen con los objetivos de medición.	Comprobar plan de calidad. Cada meta identificada necesita tener una métrica asociada.	
SP 1.3 Especificar cómo se obtendrán y almacenarán los datos de medida.	Comprobar sección de plan de calidad y plan de proyecto. ¿Se están usando herramientas / plantillas para la recolección de esos datos?	
SP 1.4 Especificar cómo serán analizadas las mediciones y el proceso de generación de informes.	Comprobar plan de calidad; la frecuencia de análisis y las técnicas estadísticas deben ser especificadas para cada métrica.	

Figura 13. Ejemplo checklist cumplimiento prácticas de CMMI

- Diagrama de Pareto

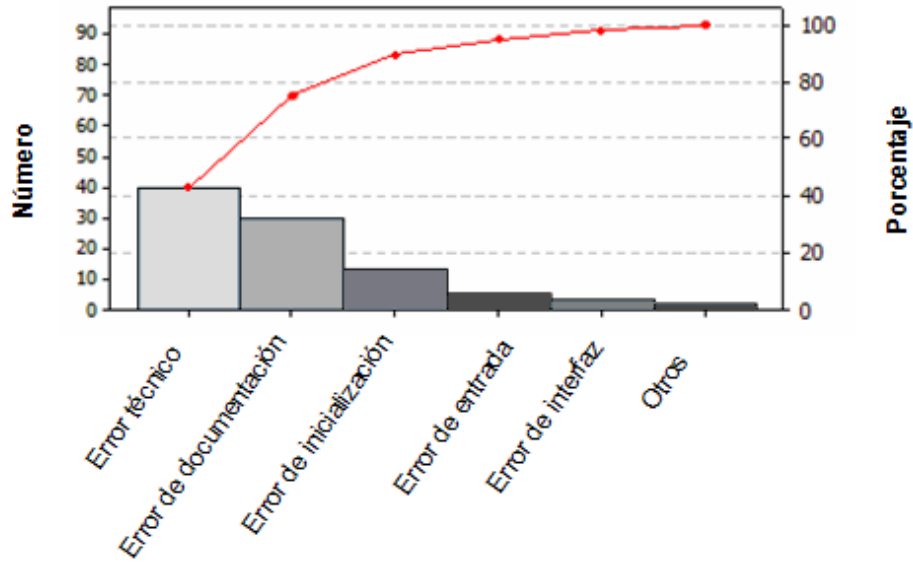


Figura 14. Ejemplo Diagrama de Pareto para errores

- Histograma

Distribución de defectos por nivel de severidad

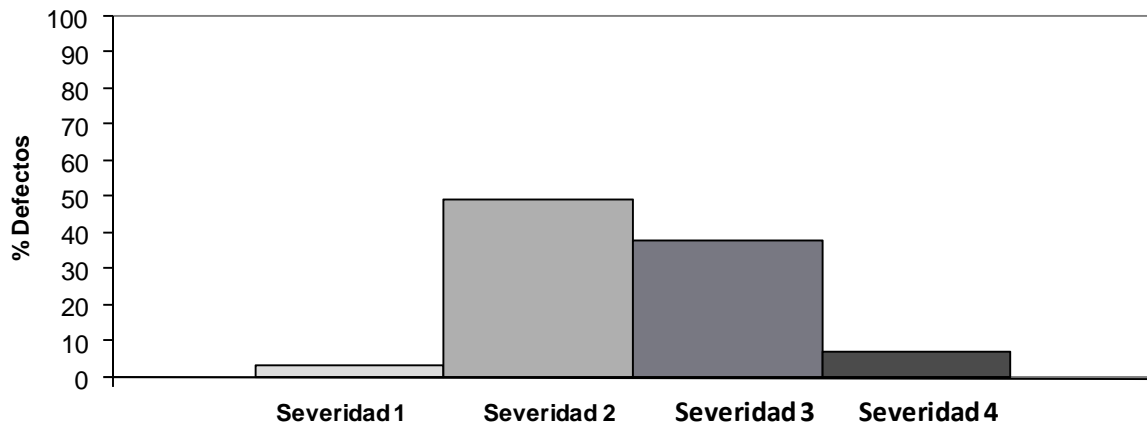


Figura 15. Ejemplo histograma

- Diagrama de dispersión

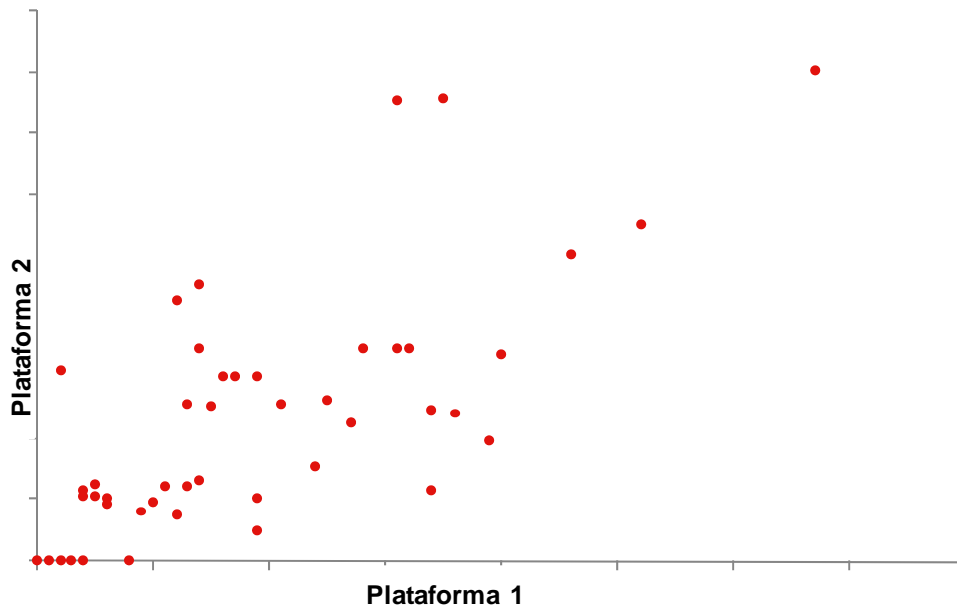


Figura 16. Ejemplo diagrama de dispersión

- Gráfico de ejecución

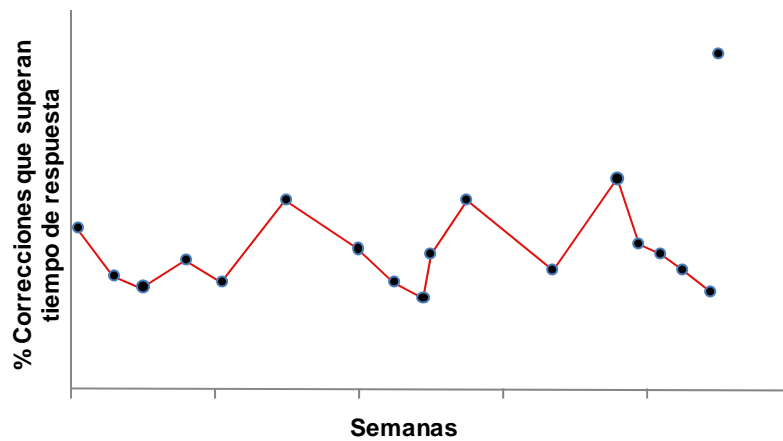


Figura 17. Ejemplo gráfico de ejecución

Métricas

Existen distintas clasificaciones de las métricas del software. A más alto nivel las métricas del software se pueden clasificar a 3 niveles: *métricas de producto y servicio*, *métricas de proceso* y *métricas de proyecto*.

Las **métricas de proyecto** describen las características propias del proyecto y de su ejecución. Algún ejemplo puede ser el número de desarrolladores de software que trabajan en el proyecto, la dotación de recursos a lo largo del ciclo de vida del software, el coste, calendario del proyecto.

Las **métricas de proceso** se pueden utilizar para mejorar el desarrollo y el mantenimiento del software. Las métricas del proceso dependen esencialmente del entorno de desarrollo. Un ejemplo de este tipo de métricas es el tiempo empleado para desarrollar un elemento software que dependa de factores externos tales como la capacidad del personal, la metodología empleada...

Las **métricas de producto y del servicio** describen las características del producto, como tamaño, complejidad, características de diseño o rendimiento, y el nivel de calidad del servicio prestado.

Vamos a entrar en cada uno de estos niveles en más profundidad clasificando distintos tipos de métricas en cada uno de dichos niveles:

Métricas en un proyecto software

Las métricas a nivel de proyecto son **métricas tácticas**. Estas métricas van a facilitar a los responsables de los proyectos el adaptar el flujo de trabajo del proyecto y las actividades técnicas a los resultados obtenidos, pudiendo hacer un seguimiento del estado del proyecto, y de los cambios que vaya sufriendo.

En definitiva, las métricas del proyecto permiten al gestor de proyectos del software [Pressman]:

- Evaluar el estado del proyecto en curso
- Seguir la pista de riesgos potenciales

- Detectar las áreas de problemas antes de que se conviertan en críticas
- Ajustar el flujo y las tareas del trabajo
- Evaluar la habilidad del equipo del proyecto en controlar la calidad de los productos de trabajo del software.

Tabla 5. Ejemplo de métricas durante la gestión de proyectos

Gestión de proyectos	
Planificación	Calidad del plan de proyecto
Ejecución	Progreso adecuado
	Cumplimiento de tiempos
	Cumplimiento de hitos
	Cumplimiento de esfuerzos
	Cumplimiento de costes
	Cumplimiento de alcance
	Cumplimiento de RR.HH.
Seguimiento	Existencia de seguimiento
	Continuidad de seguimiento
	Compleción del seguimiento
Productividad	Porcentaje de re trabajo (rework)

En realidad, las medidas que recopila un equipo de proyecto y las convierte en métricas para utilizarse durante un proyecto también pueden transmitirse a los que tienen la responsabilidad de mejorar el proceso del software. Por esta razón, se utilizan muchas métricas similares tanto en el dominio del proceso como en el del proyecto.

Métricas del progreso de los proyectos

Además de asegurar que un proyecto está dentro del presupuesto, la medición ayuda a asegurar que las actividades del proyecto son realizadas tal y como se planeó y el progreso que siguen es el que se planeó.

Los jefes de proyecto necesitan validar el estado de las actividades planeadas y comparar los datos reales con los planificados para identificar desviaciones. Esto ayudará a tomar acciones correctivas a tiempo de tal forma que el proyecto vuelva al camino marcado por el plan establecido. Los datos necesarios son recogidos normalmente mediante partes de horas, informes semanales y reuniones de seguimiento.

Los jefes de proyecto a menudo utilizan software de gestión de proyecto que ayude a almacenar los datos del plan del proyecto y a generar informes que plasmen las desviaciones. La desviación entre el plan y los datos reales son normalmente representados utilizando gráficos y gráficos visuales fáciles de entender como por ejemplo los gráficos de Gantt.

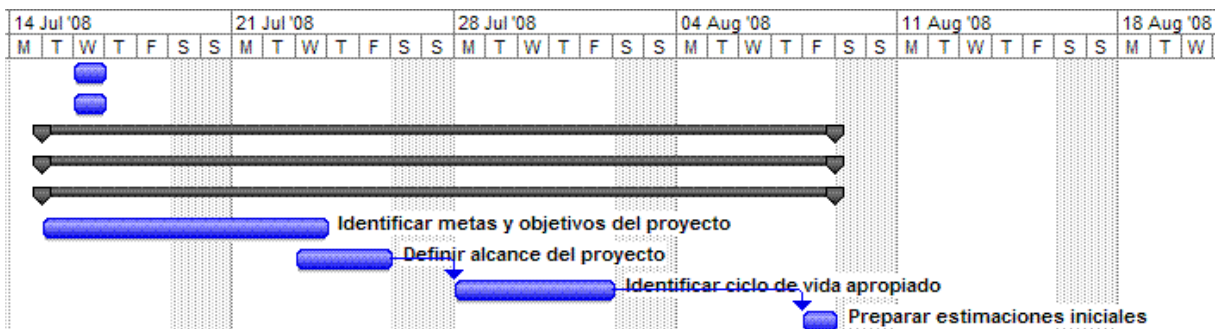


Figura 18. Ejemplo visualización del progreso del proyecto

El progreso es a menudo seguido utilizando gráficos que visualmente describen completitud planificado versus real de las actividades del proyecto.

Evaluar el progreso del proyecto

No es suficiente establecer objetivos alcanzables, sino que también es necesario monitorizar el progreso contra estos objetivos. Conociendo el estado de trabajo, se pueden identificar las acciones correctivas oportunas.

Para entender la necesidad de monitorizar el progreso de un proyecto vamos a ver un ejemplo. Supongamos que tenemos un sistema en proceso de desarrollo. Se ejecutan una

serie de pruebas y se encuentran varios defectos. Se corrigen dichos defectos y desde ese momento se presta más atención a las áreas que contenían la mayoría de dichos defectos. Después de un tiempo se vuelven a ejecutar las pruebas y en función del resultado se decidirá si continuar centrándose en esas áreas de riesgos o si han aparecido nuevas áreas de riesgo en la que centrarse. Es esencial que se vuelvan a ejecutar pruebas para tomar acciones correctivas en caso de que sea necesario.

En este caso la medición se ha utilizado para evaluar el estado del proyecto e identificar si serían necesarias acciones correctivas.

Métricas de recursos

Los recursos son usados en los proyectos para construir productos. Un proyecto debe realizarse con un presupuesto definido y esto significa que los recursos disponibles son limitados.

La planificación determina el número de recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto, mientras que la monitorización y control asegura que la utilización de recursos está dentro del presupuesto.

El esfuerzo requerido para llevar a cabo un proyecto software constituye la mayoría de su coste. Por lo tanto, la estimación y la monitorización del esfuerzo invertido en un proyecto es un área importante en proyectos software. La estimación es llevada a cabo utilizando modelos de estimación y datos de proyectos pasados. Y la monitorización y el control mediante la recogida de datos acerca del esfuerzo real invertido y compararlo con el planificado.

Tabla 6. Ejemplo de parte de horas

Parte de horas semanal			
ID Proyecto			
Miembros del equipo			
Fecha	Descripción de tarea	Horas	Estado

Código de estado	C - Completo	E - En-progreso	S - Suspendido
Firmas		Fecha de entrega	

Los proyectos normalmente utilizan partes de horas, como el que se muestra en la tabla anterior, como una entrada para medir el esfuerzo real.

Métricas de la calidad de un proceso

Las métricas del proceso de software se utilizan para **propósitos estratégicos**, a diferencia de las orientadas al proyecto, que como se vio en el apartado anterior eran tácticas.

Un jefe de proyecto también debería medir la **calidad del proceso destinado al desarrollo del producto software**. La medición permite al jefe de proyecto validar si el proceso que se está utilizando es efectivo a la hora de conseguir los objetivos establecidos para el proyecto. Acorde a esto, se podrán tomar las acciones correctivas oportunas.

La única forma de mejorar cualquier proceso es:

- Medir sus atributos
- Desarrollar un conjunto de métricas significativas en función de estos atributos
- Finalmente, utilizar estas métricas para proporcionar indicadores que conducirán a una estrategia de mejora.

Un producto es de buena calidad si tiene pocos defectos. Por lo tanto, la medición de la calidad de un producto a menudo mide el número de defectos que tiene dicho producto. A menudo, los procesos son medidos para determinar su efectividad en la detección y eliminación de defectos, y el coste que supone.

Una métrica simple, pero muy útil, para medir la efectividad de un proceso de detección de errores en la detección de los errores en un producto es la **eficiencia de eliminación de defectos (DRE)**. Otras **métricas del proceso de pruebas** más comunes son:

- Porcentaje de trabajo realizado en la preparación de los casos de prueba (o porcentaje de casos de prueba planificados que han sido preparados).

- Porcentaje de trabajo realizado en la preparación del entorno de pruebas.
- Ejecución de casos de pruebas (p.ej.: número de casos de prueba ejecutados/no ejecutados, y casos de prueba pasados/fallados).
- Información de defectos (p.ej.: densidad de defectos, defectos encontrados y corregidos, índice de fallos y resultados de repetir las pruebas).
- Cobertura de pruebas de requisitos, riesgos o código.
- Fechas de hitos en las pruebas.
- Costes de las pruebas.

La productividad

La productividad es una métrica que proporciona información acerca de la **eficiencia** con la que un proceso software convierte la entrada en salida.

Una baja productividad significa que se necesitan más recursos para producir la salida requerida. Esto afecta tanto al **coste** (necesitamos más esfuerzo) como a la **agenda** (se necesita más tiempo) del proyecto, que recordemos son dos aspectos claves del éxito de los proyectos. Por lo tanto, los jefes de los proyectos trabajan por conseguir una alta productividad de tal forma que puedan acabar el proyecto al menor coste y dentro de la agenda.



Figura 19. La medición en la estimación de la productividad de un proyecto

Muchos **factores** diferentes afectan a la productividad de un individuo, equipo de proyecto, grupo y una organización entera. Por ejemplo:

- **Personal sin experiencia** tendrán un impacto significativo en la productividad y calidad del proyecto.
- **Horarios insensatos** fuerzan a que la gente cometa errores, a hacer su trabajo de una manera poco productiva, incluso aunque en teoría lo que se pretenda es intentar adaptarse a la planificación de la agenda establecida.
- **Responsables** del proyecto sin experiencia son una fuente de problemas (requisitos mal definidos, clientes no satisfechos, baja productividad del proyecto....)
- **Bajo uso de métodos de ingeniería de software**
- La no realización de inspecciones o walkthroughs formales, pruebas en profundidad y la falta de métricas y medición, diseño pobre y la no utilización de código reutilizable crearán problemas en cuanto a la productividad. [**Capers Jones**]

En resumen, durante la planificación de un proyecto, los jefes de proyecto necesitan conocer la productividad para estimar los recursos necesarios para el correcto desarrollo del mismo y para planificar los hitos del proyecto.

Métricas de calidad de producto



Figura 20. Nivel de satisfacción del cliente frente a los defectos y los retrasos.

Como se vio en apartados anteriores, una de las claves del éxito de los proyectos es la calidad y por lo tanto será necesario su planificación, monitorización y control de una manera exhaustiva. La calidad del producto es el determinante esencial del éxito de un proyecto desde el punto de vista del cliente.

Si un proyecto es completado a tiempo y dentro del presupuesto estimado pero el producto desarrollado no satisface las necesidades del cliente, es decir, no es lo que el cliente quería, que se hayan cumplido agenda y presupuesto **no ha merecido la pena**.

Algunos responsables piensan que los clientes están más interesados en tiempo y desarrollo del producto dentro del presupuesto. Pero realmente esto no es cierto. Los clientes pueden olvidar un proyecto que está ligeramente fuera de la agenda, incluso que el

coste final del proyecto se haya incrementado respecto al proyectado, pero ningún cliente podrá olvidar un producto de poca calidad con el que esté trabajando a diario por ejemplo.

Si los jefes de proyecto solo se centran en la productividad, la calidad puede sufrir. A menos que el equipo de proyecto se centre en desarrollar productos de calidad alta, habrá más defectos y estos resultarán en un aumento de costes al corregirlos y también afectará a la agenda.

Tabla 7. Ejemplos de métricas a nivel de producto y servicio

Producto físico	
Tamaño	Número de componentes
	Líneas de código
	Puntos función
	Volumen de software
Reutilización	Número de componentes llamados más de n veces
	Número de llamadas
	Volumen de reutilización
	Ratio de reutilización
Desarrollo de productos	
Documentación	Calidad de documentación de proyecto
	Calidad de documentación de soporte
Calidad de código	Porcentaje de código comentado
	Complejidad ciclomática
	Código muerto
Calidad de pruebas	Cobertura de pruebas
	Densidad de defectos

Servicios	
Calidad de explotación	Disponibilidad del sistema
	Eficacia del sistema
	Seguridad del sistema
Satisfacción del cliente	
Grado de satisfacción	Reparos en explotación
	Grado de satisfacción del cliente

Métricas de calidad de producto final

Ahora vamos a describir algunas de las métricas que se podrían tomar en este nivel **durante el desarrollo de un producto**:

La calidad de producto se mide normalmente por:

- **la densidad de defectos:** mide los defectos relativos al tamaño del software (líneas de código, puntos función, etc.)
- **el tiempo medio de fallo:** mide el tiempo que transcurre entre la detección de fallos

Otras métricas importantes son:

- **El índice de defectos de un producto** o el número esperado de defectos en un determinado periodo de tiempo es importante para estimar el coste y recursos de la fase de mantenimiento del ciclo de vida del software.
- **Problemas encontrados por el cliente** al utilizar el producto y que por lo tanto refleja el grado de satisfacción que tienen.
- La **satisfacción del cliente**, normalmente, se mide mediante encuestas realizadas al cliente. Algunos de los parámetros que se evalúan en las encuestas de satisfacción del cliente son: capacidad, funcionalidad, usabilidad, rendimiento, fiabilidad, mantenibilidad, documentación/información y servicio.

Métricas de mantenimiento de software

Todas las métricas que se mencionaron en el apartado anterior están relacionadas con el producto final, pero cuando finaliza el desarrollo de un producto software y se lanza al mercado, comienza la **fase de mantenimiento** dentro del ciclo de vida del producto.

Existen métricas como la **llegada de defectos por intervalo de tiempo** o las **incidencias del cliente** (que pueden ser defectos o no) **por intervalo de tiempo** que se toman en un momento en el que ya no se puede hacer mucho para alterar la calidad del producto en esa fase. Por tanto, estas dos métricas, aunque son importantes, no reflejan la calidad del mantenimiento del software.

Lo que se debe hacer en esta fase de mantenimiento es **corregir los defectos** lo antes posible y **hacerlo con buena calidad**. Estas acciones, aunque no pueden mejorar el índice de defectos de un producto, pueden **mejorar en gran medida la satisfacción del cliente**. En este sentido, las siguientes métricas de mantenimiento son muy importantes.

- **Tiempo de respuesta en las correcciones:** En muchas organizaciones de desarrollo de software, se establecen guías sobre el tiempo límite en el que las correcciones de los defectos registrados deben estar disponibles. La métrica de tiempo de respuesta en las correcciones se calcula para todos los problemas, según su nivel de severidad, como el tiempo medio desde que se registra un problema hasta que se cierra.
- **Porcentaje de correcciones atrasadas:** Una corrección se clasifica como atrasada si el tiempo empleado en ella supera el tiempo de respuesta requerido.
- **Calidad de las correcciones:** La calidad de las correcciones o el número de correcciones defectuosas es otra métrica importante de calidad para la fase de mantenimiento. Desde la perspectiva del cliente, es malo encontrar defectos funcionales en el software pero es peor aún si las correcciones de estos defectos no solucionan el problema registrado, o lo solucionan pero introducen un nuevo defecto.

La métrica del porcentaje de correcciones defectuosas es simplemente el porcentaje de todas las correcciones en un intervalo de tiempo que son defectuosas.

Buenas prácticas

En un mercado en continuo cambio como es el de TI, las organizaciones necesitan tomar las decisiones adecuadas y a tiempo para tener éxito en los proyectos y sistemas de la organización. Con este panorama, la información objetiva es un requisito para la toma de decisiones críticas y basadas en hechos.

La implementación de un buen proceso de medición y análisis apoyado por una herramienta que lo **automatice** permitirá a la organización tomar decisiones rápidas y adecuadas en áreas competitivas.

A continuación, se exponen algunas guías para obtener beneficios de la implementación de un sistema de medición exitoso:

- **Utilizar los resultados:** la información medida debe ayudar a los encargados de la toma de decisiones a entender los problemas de los proyectos y de la organización, evaluarlos y actuar en consecuencia.
- **Empezar poco a poco:** no intentar hacer demasiado en poco tiempo. Empezar con un conjunto de mediciones pequeño, evaluar estas mediciones y el proceso, e intentar evolucionar el programa con el tiempo. Como los procesos de TI están bastante interrelacionados, a veces, un número pequeño de mediciones puede solventar un amplio conjunto de necesidades de información.
- **Proporcionar formación adecuada:** todos los usuarios deben entender lo que representan los datos medidos y cómo interpretar los resultados. Se recomienda ofrecer formación tanto en la metodología como en las herramientas para obtener un resultado efectivo.
- **Minimizar costes:** un proceso de medición debe ser efectivo en costes para considerarse exitoso. Recoger sólo los datos necesarios, de acuerdo a los objetivos de medida y necesidades clave de información. Automatizar el proceso siempre que sea posible.
- **Adoptar una orientación a la acción:** en las primeras fases de planificación de la medición, seleccionar medidas alineadas con las necesidades clave de información tanto a nivel de la organización como a nivel de proyectos. La información se debe

obtener de forma temprana para reducir riesgos y poder corregir posibles problemas a tiempo. El programa de medición debe estar integrado en las prácticas del negocio de la organización, no debe ser tratado como un proceso añadido y aislado del resto.

- **Comunicar:** la buena comunicación mejora la comprensión por todas las partes involucradas y conduce a una situación exitosa. La comunicación es esencial y la actualidad de los datos es crítica.

Otro punto importante a recordar es que las métricas consumen tiempo y esfuerzo e intentar medir demasiadas cosas puede ser algo contraproducente. Para organizaciones que se inician en la práctica de toma de métricas, se recomienda seguir pasos como los siguientes:

- Identificar pocas métricas y simples que ayuden al trabajo de la gestión de proyectos.
- Recoger métricas identificadas de una forma disciplinada.
- Calcular métricas que faciliten el entendimiento del producto, proyecto y del proceso y usar estas métricas para una gestión de proyectos efectiva, como por ejemplo la densidad de defectos.
- Almacenar todas las métricas en una base de datos de histórico.

Además, dentro del proceso de medición y análisis, los siguientes puntos son clave:

Tabla 8. Buenas prácticas durante el proceso de medición y análisis

Fases del proceso de medición y análisis	Buenas prácticas
Identificar necesidades de información	<p>Alinear todas las perspectivas de las necesidades de información.</p> <p>Diseñar el proceso de medición de tal manera que reaccione a cambios.</p> <p>Un programa de medición exitoso debe integrar las necesidades de información de todos los involucrados en tomas de decisiones.</p>
Definir objetivos de medición	<p>Asegurarse que los objetivos de distintos grupos dentro de una organización estén siempre alineados de tal forma que no resulten contradictorios.</p>
Definir métricas	<p>Asegurarse de que las métricas:</p> <p>Estén conectadas con las metas y objetivos</p> <p>Estén conectadas con los procesos que impactan a las metas y objetivos</p>

	<p>No son ambiguas y estén claramente definidas. Para asegurar consistencia proporcionar métricas base bien definidas.</p> <p>Con una definición operativa para las mediciones/datos</p> <p>Sencillas de entender e implementar</p> <p>Presentar la información en un formato que es fácil de entender por el que ha de tomar decisión. En general, la gente que hace la medición no es la que toma las decisiones. Es importante presentar la información de forma clara y concisa.</p> <p>Establecer medidas requiere entre 6 y 9 meses:</p> <p>El enfoque inicial está sobre la provisión de datos</p> <p>Luego sobre problemas con los datos</p> <p>Cuando estos estén resueltos, el enfoque se mueve sobre temas de rendimiento</p> <p>No hay que olvidar que lo que se pretende es conseguir métricas útiles y prácticas.</p>
<p>Recoger, validar y almacenar métricas</p>	<p>Comprobar la validez de los datos recogidos: que son correctos, precisos, íntegros, consistentes y completos.</p>
<p>Analizar métricas</p>	<p>Analizar las métricas inmediatamente después de calcularlas y compararlas con las metas u objetivos fijados. El análisis de los datos es más fructífero cuando conduce a un proceso de mejora continua. Las medidas deben mostrar un aumento en la estabilidad, una reducción en la desviación, una mejora en la media del rendimiento. Si el análisis de los datos sólo se utiliza para mostrar lo que hemos hecho, puede ser informativo, pero no será más útil que leer el periódico del día anterior.</p>
<p>Utilizar resultados</p> <p>Utilizar los resultados de la medición para tomar acciones correctivas y preventivas. Si hay alguna desviación sobre la meta o la meta no se alcanza, se deben iniciar acciones correctivas y preventivas.</p> <p>La medición y análisis es un proceso iterativo. Tanto el proceso como las medidas deben ser revisados y mejorados periódicamente. Las medidas se deben refinar cuando cambien las necesidades de información y la organización implemente acciones de mejora.</p>	

Lecciones aprendidas

Al comenzar a medir los procesos y productos software y sistemas de ingeniería, obtener unos resultados de medición útiles puede ser un desafío. La parte positiva es que la mayoría de programas de medición exitosos están basados en pocos conceptos básicos que forman la base de un programa de medición efectivo y un enfoque efectivo en costes y flexible para alcanzar las necesidades de información identificadas, incluso en los entornos más complejos.

A continuación, se exponen unas **lecciones aprendidas** de programas de medición llevados a cabo con éxito:

- **La medición es un proceso consecuente pero flexible** que debe ser adaptado a las necesidades de información y características de un proyecto particular u organización. Las mediciones deben cambiar a medida que el entorno y las necesidades de información cambian. La medición no es una lista de medidas a tomar sino un proceso para refinar los datos que nos proporcionan información relativa a las necesidades de información cambiantes.

Se debe permitir ajustar las definiciones de las métricas a las necesidades de información. En caso de modificar las definiciones originales de las métricas, se ha de especificar cómo se van a agregar los datos y los resultados de análisis.

- **Los responsables de la toma de decisiones deben comprender lo que se está midiendo.** La comunicación adecuada de los resultados de las mediciones a los gerentes, tanto de negocio como técnicos, fomenta la toma de decisiones en el momento adecuado.
- **Las mediciones se deben utilizar para que sean efectivas.** El programa de medición debe jugar un papel importante a la hora de ayudar a los responsables de la toma de decisiones a optimizar el rendimiento, a gestionar su negocio. Las organizaciones con éxito utilizan los resultados de las mediciones de forma regular para la toma de decisiones.

Los datos hay que proporcionarlos suficientemente pronto para que los gerentes puedan definir acciones. No hay que esperar a obtener datos perfectos para tomar decisiones pero

hay que basarse en datos correctos, acompañados de una gestión de riesgos e información contextual.

Como la mayoría de organizaciones se componen de una cartera de diversos proyectos, la información obtenida a nivel de proyecto debe ser agrupada en los niveles apropiados de la organización para poder ser utilizada de forma efectiva.

Enfoque modelos

Existen diferentes modelos que contemplan la medición y análisis. En este apartado vamos a ver el enfoque que dos importantes modelos de mejora de procesos como son CMMI y SPICE dan al proceso de medición y análisis.

CMMI

CMMI® es un modelo de madurez de mejora de procesos para el desarrollo y mantenimiento de productos y servicios. Consiste en una serie de mejores prácticas que dirigen las actividades de desarrollo y mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto. CMMI está estructurado en tres constelaciones.

El **objetivo principal** del área de proceso Medición y Análisis (MA) en el modelo CMMI-DEV es desarrollar y poner en marcha el sistema de medición de la organización de manera que pueda satisfacer sus propias necesidades de información. Esto implica:

- La especificación de los objetivos de MA de forma que estén alineados a las metas y necesidades de información.
- La especificación de métricas, técnicas de análisis y mecanismos para la recolección, almacenaje, reporte y retroalimentación de la información para su posterior implementación.
- Dar resultados objetivos que puedan ser utilizados para tomar decisiones informadas y tomar acciones correctivas.

El área de proceso MA es de la categoría Soporte, es decir, las prácticas de MA se utilizan para satisfacer las necesidades de información de los proyectos, de los productos, de la organización y las relacionadas con el desempeño de los procesos.

El área de proceso tiene dos metas específicas y prácticas específicas asociadas a cada una de las metas:

Tabla 9. Área de proceso MA

Meta específica	Prácticas específicas
SG1 Alinear las Actividades de Medición y Análisis Los objetivos y actividades de medición están alineados con las metas y necesidades de información identificadas.	SP1.1 Establecer objetivos de medición
	SP1.2 Especificar mediciones
	SP1.3 Especificar procedimientos de recogida y almacenamiento de datos
	SP1.4 Especificar procedimientos de análisis
SG2 Proporcionar Resultados de la Medición Los resultados de las mediciones, las cuales soportan las metas y necesidades de información, son proporcionados.	SP2.1 Recolectar datos para las mediciones
	SP2.2 Analizar datos de las mediciones
	SP2.3 Almacenar datos y resultados
	SP2.4 Comunicar resultados

Las relaciones entre las prácticas específicas están demostradas en el siguiente gráfico:

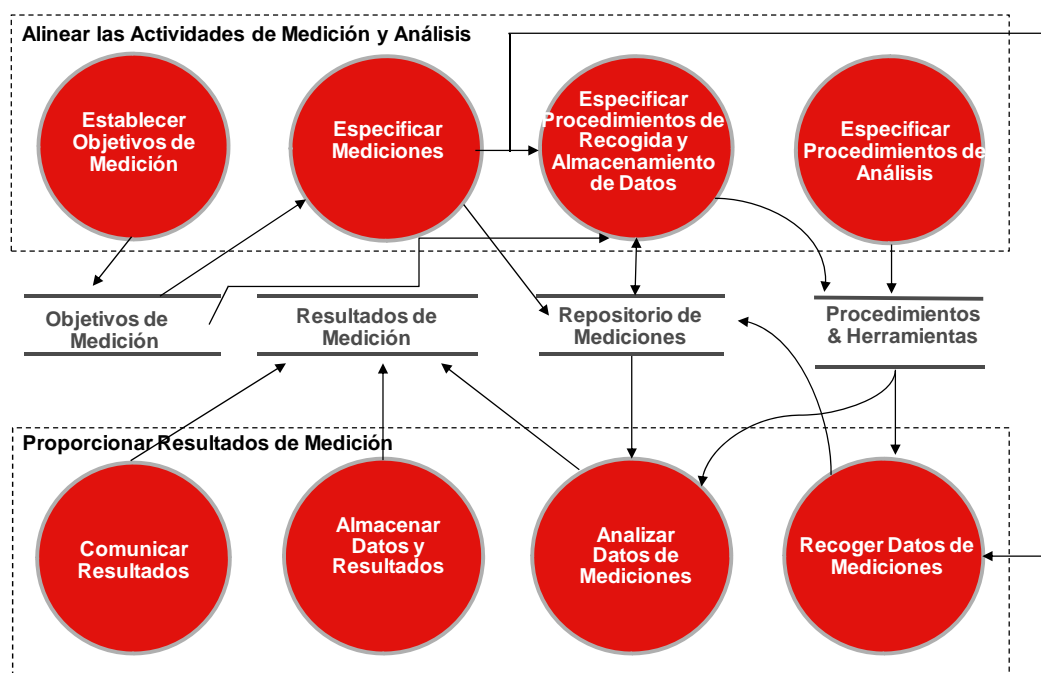


Figura 21. Diagrama de contexto de MA

Además de las metas y prácticas específicas, el área de proceso MA contiene también metas y prácticas genéricas que representan diferentes niveles de institucionalización del proceso en una organización.

ISO/IEC 15504

El estándar internacional **ISO/IEC 15504 (SPICE)** describe los procesos que una organización debe ejecutar para adquirir, proveer, desarrollar, operar, evolucionar y dar soporte al software, y las prácticas genéricas que caracterizan la capacidad de esos procesos.

Cada proceso del modelo se describe en términos de prácticas básicas, que son las actividades esenciales de un proceso específico. El modelo clasifica los procesos en cinco categorías que son:

- Cliente-Proveedor
- Ingeniería
- Gestión de Proyectos
- Soporte
- Organización

Dentro de la categoría **Gestión de Proyectos** entra el proceso relacionado con la medición. El propósito de este proceso, que se representa como **MA.6**, es recoger y analizar datos relacionados con los productos desarrollados y los procesos implementados en la organización y sus proyectos. Su objetivo principal es gestionar de forma efectiva los procesos y demostrar de forma objetiva la calidad de los productos.

Las prácticas del proceso se presentan a continuación:

- **BP1:** Establecer el compromiso de la organización para medición.
El compromiso de la Dirección y del personal se establece, mantiene y comunica a la organización.
- **BP2:** Desarrollar una estrategia de medición.

Definir una estrategia apropiada para identificar, realizar y evaluar las actividades y los resultados de medición, basándose en las necesidades de información de la organización.

- **BP3:** Identificar las necesidades de información a medir.

Identificar las necesidades de los procesos organizacionales de información a medir.

- **BP4:** Especificar medidas.

Identificar y desarrollar un conjunto de métricas que correspondan a las necesidades de información.

- **BP5:** Recoger y almacenar datos de medición.

Identificar, recoger y almacenar datos, incluyendo información contextual necesaria para verificar, entender o evaluar los datos.

- **BP6:** Analizar los datos medidos.

Analizar e interpretar los datos medidos y desarrollar productos informativos.

- **BP7:** Utilizar los productos de información medida para tomar decisiones.

Hacer los productos informativos accesibles para todos los procesos de toma de decisiones para los que la información sea relevante.

- **BP8:** Comunicar los resultados de medición.

Difundir los productos informativos a todas las personas que los van a utilizar y recoger comentarios para evaluar si están adecuados para su uso previsto.

- **BP9:** Evaluar y comunicar los productos informativos y las actividades de medición a los propietarios de los procesos.

Evaluar los productos informativos y las actividades de medición contra las necesidades de información y la estrategia de medición, identificar mejoras potenciales en las mediciones y comunicar cualquier mejora potencial de los procesos a sus propietarios.

La medición es una actividad que está presente en las **prácticas genéricas** que determinan el nivel de capacidad de un proceso. Así, tenemos que:

En el **nivel 2** de capacidad: Planificado y Controlado, dentro de la característica común 2.4: Control de la ejecución, se encuentra la práctica genérica:

- Control con mediciones, cuyo propósito es controlar el estado del progreso contra el plan usando mediciones. El uso de mediciones implica que éstas han sido definidas y seleccionadas y que los datos han sido recogidos.

En el **nivel 4** de capacidad: Controlado Cuantitativamente, dentro de la característica común 4.1: Establecer unas metas de calidad medibles, se encuentra la práctica genérica:

- Establecer metas de calidad, cuyo propósito es establecer unas metas de calidad medibles para los productos/entregables generados por los procesos estándar de la organización. Estas metas de calidad deben estar alineadas con las metas estratégicas de calidad de la organización, las necesidades particulares y prioridades del cliente y las necesidades tácticas del proyecto.

En el **nivel 5** de capacidad: Mejora Continua, dentro de la característica común 5.1: Mejorar la capacidad de la organización, se encuentra la práctica genérica:

- Establecer metas de efectividad de proceso, cuyo propósito es establecer metas cuantitativas para mejorar la efectividad de los procesos estándar de la organización, basadas en las metas de negocio de la organización y la capacidad actual de los procesos.

Escenario de clausura

El director se reúne con el jefe de proyecto antes de que éste comience con el proyecto.



Figura 22. Escenario de clausura I

El jefe de proyecto informa al director sobre lo que ha planificado para conocer su opinión. Le dice que ha pensado que, al ser un proyecto pequeño y al no estar avanzados en el campo de la medición, seleccionará un número limitado de métricas útiles en su proyecto.



Figura 23. Escenario de clausura II



Figura 24. Escenario de clausura III

Enlaces

Página oficial de PSM (*Practical Software and Systems Measurement*):
<http://www.psmc.com/>

Pasos para implementar un programa exitoso de medición, *Implementing a Successful Measurement Program: Tried and True Practices and Tools*:
http://www.psmc.com/Downloads/Other/Implementing_a_SuccessfulMeasurementProgram.pdf

Técnicas de métricas de software: <http://www.softwaremetrics.com/>

Glosario

- **Atributo:** Propiedad mensurable, física o abstracta que comparten todas las entidades de una categoría de entidad.
- **Concepto medible:** El concepto medible es una percepción sobre las entidades que deberían ser medidas con el objetivo de satisfacer una determinada necesidad de información.
- **Construcción de medición:** La construcción de medición describe cómo los atributos de software relevantes son cuantificados y convertidos en indicadores que proporcionan una base para tomar decisiones.
- **Entidad:** Objeto que va a ser caracterizado mediante una medición de sus atributos [ISO- 15939].
- **Métrica:** Una forma de medir y una escala, definidas para realizar mediciones de uno o varios atributos.
- **Métrica directa:** Métrica de la cual se pueden realizar mediciones sin depender de ninguna otra métrica.
- **Métrica indirecta:** Métrica cuya forma de medir es una función de cálculo, es decir, las mediciones de dicha métrica utilizan las medidas obtenidas en mediciones de otras métricas directas o indirectas.
- **Medida:** Resultado de una medición.
- **Necesidad de información:** Las necesidades de información de una organización pueden ser, por ejemplo, la información necesaria para gestionar un proyecto, es decir, sus objetivos, hitos, riesgos y problemas.
- **Plan de medición:** Documento que recoge todas las necesidades de información, las construcciones y los procedimientos de medición.
- **Proceso de medición:** Un proceso de medición combina distintos datos objetivos y subjetivos en productos de información integrados que dirigen directamente las necesidades de información del proyecto ya definidas.

- **Productos de información:** Los productos de información son un conjunto de indicadores, interpretaciones y recomendaciones proporcionadas a la persona encargada de tomar la decisión como salida del proceso de medición.