

Medidas para estimar el rendimiento y capacidad de los procesos software de conformidad con el estándar ISO/IEC 15504-5:2006

Francisco J. Pino

Grupo IDIS, Facultad de Ing. Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca

fjpino@unicauca.edu.co

Félix García, Manuel Serrano, Mario Piattini

Grupo Alarcos, Escuela Superior de Informática, Universidad Castilla-La Mancha

{Felix.Garcia, Manuel.Serrano, Mario.Piattini}@uclm.es

Abstract

At the moment is important to have got a set of metrics which measures the improvements brought in by efforts to make software processes better. It is often the case that these improvements are measured using informal and subjective processes based on the perception of employees and/or auditors. Bearing all this in mind, this work presents a set of measurements for gauging the performance and capability of software processes, based on the international standard ISO/IEC 15504. This set of metrics aims to lower the level of subjectivity of people when measuring the processes. A more objective and hence more formal evaluation is thus achieved.

Resumen

Actualmente es importante tener un conjunto de medidas para medir las mejoras introducidas por esfuerzos de mejora de procesos de software y que en muchas ocasiones estas mejoras se miden a través de procesos informales y subjetivos basados en la percepción de los empleados y/o auditores. En este trabajo se presenta un conjunto de medidas para medir el rendimiento¹ y la capacidad de los procesos software basados en el estándar internacional ISO/IEC 15504. Este conjunto de medidas tienen como objetivo disminuir la subjetividad de las personas al hacer la medición de procesos, de tal manera que permita realizar la evaluación de manera más formal y objetiva.

Palabras clave: Mejora de procesos software, Medición de procesos, Capacidad del proceso, Rendimiento del proceso, ISO/IEC 15504.

¹ Hace referencia a la palabra en inglés “performance” utilizada por el estándar ISO/IEC 15504-5:2006

1 Introducción

Actualmente, es importante resaltar que las organizaciones de software en general han comprendido que la clave de una entrega exitosa de un producto (en tiempo, en presupuesto, con la expectativa de calidad) radica en una efectiva gestión de su proceso software [2]. La gestión de procesos software identifica cuatro responsabilidades clave que son (i) definir el proceso, (ii) medir el proceso, (iii) controlar el proceso, y (iv) mejorar el proceso [5].

Una de las razones principales del incremento masivo en el interés de medición del proceso software (que es una responsabilidad clave) ha sido la percepción de que las medidas son necesarias para la mejora de la calidad del proceso [3]. Para ello, es necesario llevar a cabo un proceso de medición cuyos objetivos fundamentales son: (i) ayudarnos a entender que ocurre durante el desarrollo y mantenimiento, (ii) permitirnos controlar que es lo que ocurre en nuestros proyectos, y (iii) poder mejorar nuestros procesos y nuestros productos [4].

Sin embargo a nivel de la responsabilidad de medir de proceso se puede afirmar que en general las mediciones se realizan sobre productos y son escasas las medición de procesos [6]. Entonces es importante dedicar esfuerzos de investigación acerca de la responsabilidad de medición del proceso software ya que es una actividad neurálgica para el éxito de la Mejora y Gestión de Procesos Software, ya que las actividades de control y mejora que realimentan al proceso dependen de medir adecuada y objetivamente el proceso.

Por otra parte, el énfasis en el proceso y en la gestión del proceso proporciona la principal justificación de muchas iniciativas de estandarización para la mejora de procesos, así como de los esfuerzos de medir capacidad del proceso, tales como CMM, Bootstrap o SPICE [2]. Además, a partir de la capacidad de los procesos se determina la madurez de la organización. En la actualidad existen estándares internacionales ampliamente utilizados para la mejora de procesos como CMMI [13] ó ISO 15504 [9] [10] que pretenden medir la capacidad de los procesos software de una empresa y así determinar su madurez organizacional.

Actualmente muchas de las mejoras introducidas por esfuerzos de mejora de procesos de software se miden a través de procesos informales y subjetivos basados en la percepción de los empleados y/o evaluadores y no a través de procesos formales de medición [11]. En

este trabajo se presenta un conjunto de medidas para estimar el rendimiento y la capacidad de los procesos software basados en el estándar internacional ISO/IEC 15504. Este conjunto de medidas puede ser usado por las personas encargadas del proceso de evaluación y pretende ayudar a disminuir la subjetividad de las personas al hacer la medición de procesos, de tal manera que permita realizar la evaluación de manera más formal y objetiva.

Además de esta introducción el artículo presenta en la sección 2 el entorno para la definición de las medidas. En la sección 3 y 4 se introduce la definición de las medidas de rendimiento y capacidad del proceso, respectivamente. La sección 5 describe brevemente una herramienta de soporte a las medidas y finalmente la sección 6 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

2 Entorno para la definición de las medidas

Los estándares internacionales relacionados con métodos de evaluación, definen el marco general para realizar la evaluación y también definen indicadores a tener en cuenta cuando se realiza una evaluación, sin embargo no definen medidas explícitas que ayuden a determinar un valor del rendimiento o capacidad de un proceso. Este valor es muy importante a la hora de determinar si una empresa es madura o no, debido que la madurez organizacional esta estrechamente ligada con la capacidad de los procesos de la organización.

El alcance del presente trabajo se establece a continuación:

- Con respecto al método para la construcción de las medidas, se utilizó el método propuesto en [14].
- Con respecto al método de evaluación de procesos software el alcance son los niveles de capacidad 1 (rendimiento) y 2 (gestionado) del estándar internacional ISO/IEC 15504 (ver figura 1).
- Con respecto al modelo de referencia de procesos el alcance son el conjunto de procesos definidos por Light MECPDS en [12] el cual está basado en el estándar internacional ISO/IEC 12207:2004 [8], (ver figura 1).

- Las medidas definidas serán adoptadas por el método de evaluación Light MECPDS, pero además pueden ser adoptadas por cualquier método de evaluación basado en ISO/IEC 15504.

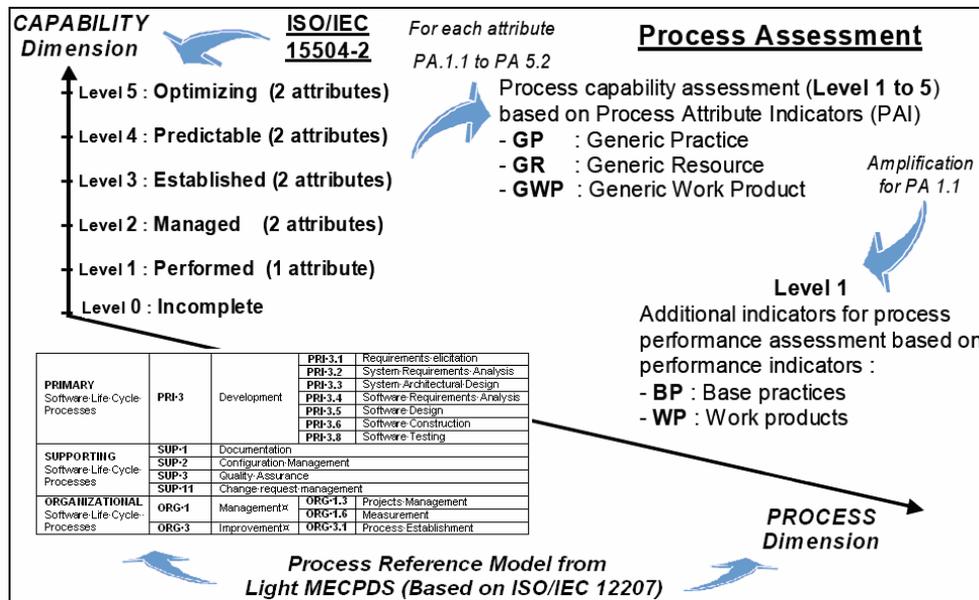


Figura 1. Estructura e indicadores para la definición de las medidas

De la figura anterior se puede observar que se definen dos tipos de medidas:

- El primer tipo de medidas está relacionado con la dimensión de la capacidad, y su objetivo es medir la capacidad de un proceso teniendo en cuenta los atributos de proceso de los niveles de capacidad definidos por el método de evaluación ISO/IEC 15504. Por cada atributo de proceso, la “medida de capacidad” se basa en la medición de los indicadores de: (i) las prácticas genéricas realizadas, (ii) los recursos genéricos utilizados y (iii) los productos de trabajo genéricos obtenidos en el proceso. Estos indicadores se toman de la norma ISO/IEC 15504-5.
- El segundo tipo se relaciona con la dimensión del proceso, y su objetivo es medir el rendimiento de un proceso teniendo en cuenta las características de los procesos definidos por el modelo de referencia de procesos de Light MECPDS. Para cada proceso la “medida de rendimiento” se basa en la medición de los indicadores de: (i) las practicas base realizadas y (ii) los productos de trabajo obtenidos en el proceso. Estos indicadores se toman de la norma ISO/IEC 15504-5 e ISO/IEC 12207.

2.1 Necesidad de información

Para la realización de una evaluación de procesos en una organización es necesario seguir un método de evaluación que produzca resultados cuantitativos que caractericen el rendimiento y la capacidad del proceso (o la madurez de la organización) [7], estos resultados ofrecen información que permite determinar el estado actual de los procesos software (fortalezas, debilidades y riesgos) que sirven para definir estrategias para la ejecución de la mejora de procesos.

Para ayudar a obtener información relevante acerca del rendimiento y la capacidad del proceso es necesario proporcionar un conjunto de medidas que sean utilizadas en la actividad de evaluación de procesos con el objetivo de conseguir datos más representativos y objetivos de éste.

2.2 Objetivo de las medidas

Para definir claramente el objetivo que queremos alcanzar con las medidas propuestas se ha utilizado el método GQM. La siguiente tabla describe el objetivo.

| Objetivo | |
|-----------------------------------|--|
| <i>Analizar</i> | El proceso software |
| <i>Con el propósito de</i> | Evaluar |
| <i>Con respecto a</i> | Rendimiento y capacidad |
| <i>Desde el punto de vista de</i> | El grupo de mejora de procesos |
| <i>En el contexto de</i> | Estándar internacional ISO/IEC 15504-5:2006(E) |

Tabla 1. Definición del objetivo

3 Definición de la medida de rendimiento del proceso

Para definir las medidas en el nivel 1 o nivel del rendimiento del proceso se analiza un proceso presentado en el estándar ISO/IEC 15504-5:2006 [10], como todos los procesos de la norma tienen la misma estructura a partir de definir las medidas para un proceso se puede construir las medidas de los demás procesos del modelo de referencia (véase figura 2).

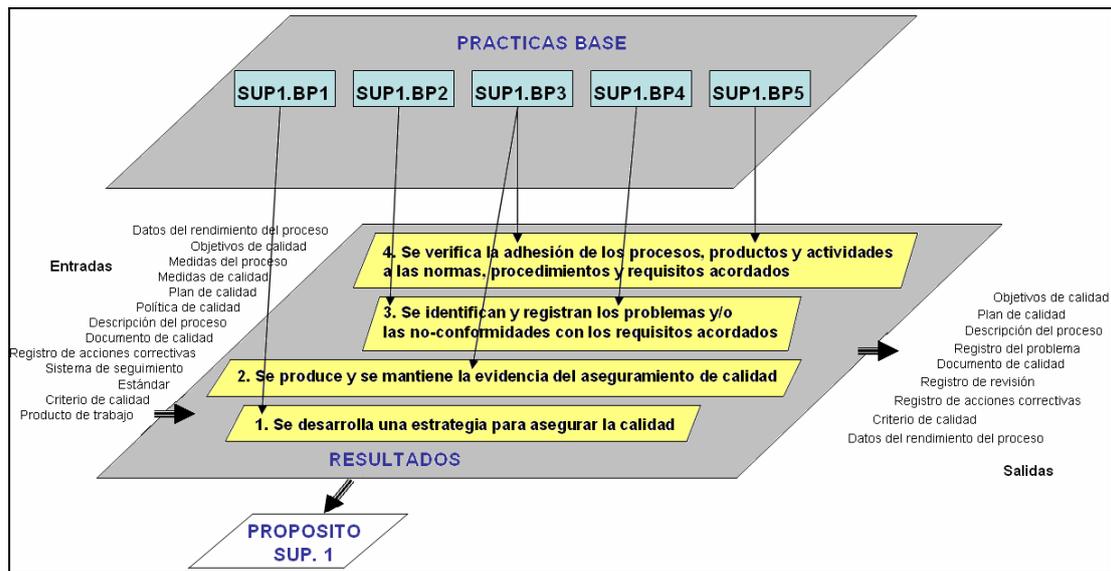


Figura 2. Estructura del proceso de Aseguramiento de la Calidad en ISO/IEC 15504-5:2006

La figura 2 muestra la estructura del proceso de aseguramiento de la calidad, el cual ha sido tomado como base para la construcción de las medidas del rendimiento del proceso.

3.1 Hipótesis y preguntas

Como un punto de partida en el proceso de definición de la medida de rendimiento, se presenta un conjunto de hipótesis sobre los procesos software. Se definen estas hipótesis como preguntas que se pretende responder para obtener un conjunto válido de medidas del proceso software. Las hipótesis se presentan a continuación:

- ¿Los resultados de un proceso influyen en el rendimiento del proceso software?
- ¿La realización de las prácticas base influye en los resultados del proceso software?
- ¿Los productos de trabajo de entrada influyen en los resultados del proceso software?
- ¿Los productos de trabajo de salida influyen en los resultados del proceso software?

3.2 Definición de la medida

Siguiendo el esquema del estándar ISO/IEC 15504-5:2006, el rendimiento de un proceso se puede medir por la implementación exitosa de los resultados. Y los resultados están relacionados con las prácticas base y productos de trabajo.

Las medidas a nivel del rendimiento del proceso han sido definidas con el objetivo de evaluar el grado de cumplimiento de un proceso en relación con un proceso de referencia

definido por un modelo de evaluación. La definición de estas medidas se muestra en la tabla 2.

Como los resultados de los procesos en el estándar ISO/IEC 15504-5, están relacionados por una parte con las prácticas base y por otra con los productos de trabajo, entonces para obtener una medida del rendimiento del proceso consolidada se tiene en cuenta el peso de cada una de éstas. Actualmente se considera que tanto practicas base como productos de trabajo tienen el mismo peso, sin embargo un trabajo de investigación a futuro es definir el valor “más aproximado” al real de éste peso. La medida global de rendimiento del proceso se muestra en la tabla 3.

| Medida de rendimiento del proceso | |
|--|--|
| 1. Basado en prácticas base | |
| Medida | Definición |
| NRP_std | Número de resultados (definidos en ISO/IEC 15504-5) del proceso software a ser evaluado. |
| NBPri_std | Número de prácticas base (definidas en ISO/IEC 15504-5) las cuales contribuyen al logro del resultado <i>i</i> del proceso software a ser evaluado. |
| WRP | Peso de cada resultado del proceso software a ser evaluado. WRP = 1 / NRP_std |
| VBPri_ro | Valor de la práctica base realizada por la organización para el logro del resultado <i>i</i> . <i>Se obtiene utilizando una herramienta de recolección de información, que se aplique a la organización.</i> |
| DFRi (BP) | Grado de cumplimiento del resultado <i>i</i> de acuerdo a las prácticas base. DFRi (BP) = VBPri_ro / NBPri_std |
| DPP (BP) | Grado de rendimiento del proceso en relación a las prácticas base. DPP (BP) = WRP * $\sum_{i=1}^n$ DFRi (BP) |
| 2. Basado en productos de trabajo | |
| Medida | Definición |
| NIWPri_std | Número de productos de trabajo de entrada del proceso software a ser evaluado (definidos en ISO/IEC 15504-5) relacionados con el resultado <i>i</i> . |
| NOWPri_std | Número de productos de trabajo de salida del proceso software a ser evaluado (definidos en ISO/IEC 15504-5) relacionados con el resultado <i>i</i> . |
| TNWP_Ri | Número total de productos de trabajo del resultado <i>i</i> . TNWP_Ri = NIWPri_std + NOWPri_std |
| NWPri_ro | Número de productos de trabajo realizados por la organización para el logro del resultado <i>i</i> . <i>Se obtiene utilizando una herramienta de recolección de información, que se aplique a la organización.</i> |
| DFRi (WP) | Grado de cumplimiento del resultado <i>i</i> de acuerdo a los productos de trabajo. DFRi (WP) = NWPri_ro / TNWP_Ri |
| DPP (WP) | Grado de rendimiento del proceso en relación a las prácticas base. DPP (WP) = WRP * $\sum_{i=1}^n$ DFRi (WP) |

Tabla 2. Medidas a nivel del rendimiento del proceso

| Medida del rendimiento del proceso | |
|---|--|
| Basado en practicas base y productos de trabajo | |
| Medida | Definición |
| GPPM | Medida de rendimiento de proceso global. $GPPM = DPP (BP) * 0.5 + DPP (WP) * 0.5$ |

Tabla 3. Medida del rendimiento del proceso global

4. Definición de la medida de capacidad del proceso

Para definir las medidas en el nivel 2 o nivel de capacidad del proceso se analiza un nivel de capacidad presentado en el estándar ISO/IEC 15504-5:2006 [10]. Como todos los niveles de capacidad de la norma tienen la misma estructura, a partir de definir las medidas para este nivel de capacidad se puede construir las medidas de los demás. El nivel de capacidad seleccionado es el Nivel 2 – Proceso Gestionado. La figura 3 muestra la estructura de este nivel de capacidad.

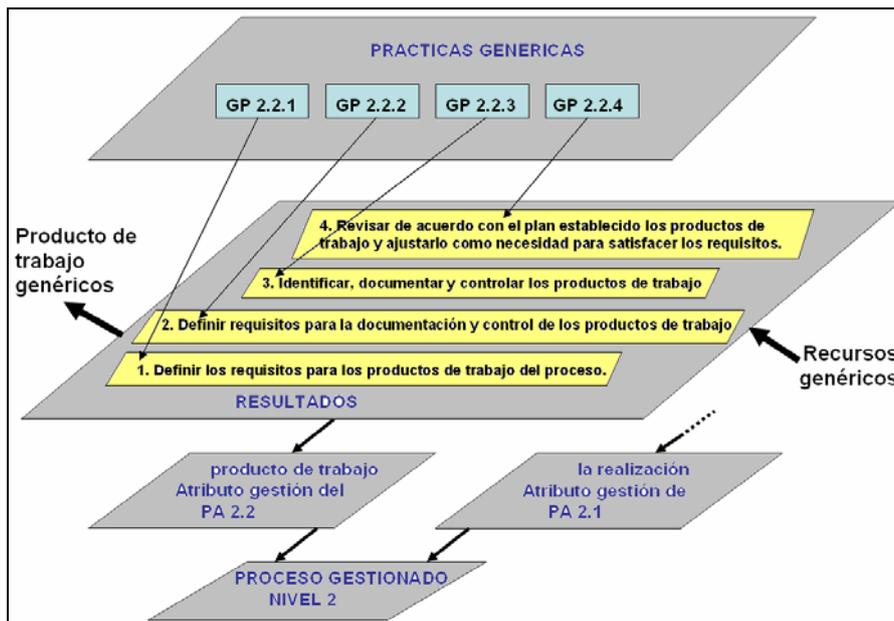


Figura 3. Estructura del Nivel 2 de Capacidad en ISO/IEC 15504-5:2006

Es importante resaltar que cada uno de los resultados del atributo de proceso tiene asociado una única práctica genérica, además los recursos genéricos y los productos de trabajo genéricos están relacionados con estos resultados.

4.1 Hipótesis y preguntas

Como punto de partida en el proceso de definición de la medida de capacidad, se presenta un conjunto de hipótesis sobre los procesos software. Se definen estas hipótesis como preguntas que se buscan responder para obtener un conjunto válido de medidas del proceso software. Las hipótesis se presentan a continuación:

- ¿Los atributos de proceso influyen en el logro de la capacidad del proceso software?
- ¿Los resultados de un atributo de proceso influyen en la capacidad del proceso software?
- ¿La realización de prácticas genéricas influye en los resultados de un atributo de proceso?
- ¿Los recursos genéricos influyen en los resultados de un atributo de proceso?
- ¿Los productos de trabajo genéricos influyen en los resultados de un atributo de proceso?

4.2 Definición de la medida

Siguiendo el esquema del estándar ISO/IEC 15504-5:2006, la capacidad de un proceso se puede medir por la implementación exitosa de sus atributos de proceso. Y los atributos de proceso se pueden medir por la implementación exitosa de sus resultados. Además los resultados están relacionados con prácticas genéricas, los recursos genéricos y productos de trabajo genéricos.

Estas medidas (ver definición en Tabla 4) han sido definidas con el objetivo de evaluar el nivel de capacidad de un proceso en relación con un modelo de capacidad.

| Medida del atributo de capacidad del proceso | |
|---|--|
| Medida | Definición |
| 1. Basado en prácticas genéricas | |
| NARP_std | Número de resultados del atributo de proceso (definidos en ISO/IEC 15504-5) a ser evaluado. |
| NGPRI_std | Número de prácticas genéricas (definidas en ISO/IEC 15504-5) las cuales contribuyen al logro del resultado <i>i</i> del atributo de proceso a ser evaluado. |
| WRAP | Peso de cada resultado del atributo de proceso a ser evaluado. WRAP = 1 / NARP_std |
| VGPRi_ro | Valor de la práctica genérica realizada por la organización para el logro del resultado <i>i</i> . <i>Se obtiene utilizando una herramienta de recolección de información.</i> |
| DFRi (GP) | Grado de cumplimiento del resultado <i>i</i> de acuerdo a las prácticas genéricas DFRi (GP) = VGPRi_ro / NGPRI_std |
| DPAF (GP) | Grado de cumplimiento del atributo de proceso basado en las prácticas genéricas. |

| | |
|--|---|
| | $\text{DPAF (GP)} = \text{WRAP} * \sum_{i=1}^n \text{DFRi (GP)}$ |
| 2. Basado en recursos genéricos | |
| NGRRi_std | Número de recursos genéricos (definidos en ISO/IEC 15504-5) relacionados con el resultado <i>i</i> del atributo de proceso a ser evaluado. |
| NGRRi_ro | Número de recursos genéricos los cuales están disponibles en la organización para el logro del resultado <i>i</i> . <i>Se obtiene utilizando una herramienta de recolección de información, que se aplique a la organización.</i> |
| DFRi (GR) | Grado de cumplimiento del resultado <i>i</i> de acuerdo a los recursos genéricos. $\text{DFRi (GR)} = \text{NGRRi_ro} / \text{NGRRi_std}$ |
| DPAF (GR) | Grado de cumplimiento del atributo de proceso basado en recursos genéricos. $\text{DPAF (GR)} = \text{WRAP} * \sum_{i=1}^n \text{DFRi (GR)}$ |
| 3. Basado en productos de trabajo genéricos | |
| NGWPRI_std | Número de productos de trabajo genéricos (definidas en ISO/IEC 15504-5) los cuales contribuyen al logro del resultado <i>i</i> del atributo de proceso a ser evaluado. |
| NGWPRI_ro | Número de productos de trabajo genéricos realizados por la organización para el logro del resultado <i>i</i> . <i>Se obtiene utilizando una herramienta de recolección de información.</i> |
| DFRi (GWP) | Grado de cumplimiento del resultado <i>i</i> de acuerdo a los productos de trabajo genéricos. $\text{DFRi (GWP)} = \text{NGWPRI_ro} / \text{NGWPRI_std}$ |
| DPAF (GWP) | Grado de cumplimiento del atributo de proceso basado en productos de trabajo genéricos. $\text{DPAF (GWP)} = \text{WRAP} * \sum_{i=1}^n \text{DFRi (GWP)}$ |

Tabla 4. Medidas del atributo de capacidad del proceso

Como los resultados del atributo del proceso en el estándar ISO/IEC 15504-5, están relacionados con las prácticas genéricas, los recursos genéricos y los productos de trabajo genéricos, entonces para obtener una medida de la capacidad del proceso consolidada se tiene en cuenta el peso de cada uno de estos indicadores, como se muestra en la tabla 5. Un trabajo de investigación a futuro es definir el valor “más aproximado” al real de estos pesos.

| Medida de capacidad del proceso | |
|---------------------------------|---|
| Basada en atributos de proceso | |
| Medida | Definición |
| GCPM | Medida global de la capacidad del proceso. $\text{GCPM} = \text{DPAF (GP)} * 0.4 + \text{DPAF (GR)} * 0.3 + \text{DPAF (GWP)} * 0.3$ |

Tabla 5. Medida global de la capacidad del proceso

5. Herramienta de soporte a las medidas

Una vez definidas las medidas del rendimiento y de la capacidad del proceso software, se desarrolló una herramienta para la recolección de la información y el cálculo automático de éstas medidas, basada en Redes Bayesianas y soportada en la herramienta Elvira [1]. La

5:2006(E). Este trabajo es complementario al estándar. El estándar ofrece a través del *framework* de medida una visión horizontal del proceso de medición, ya que ofrece las líneas generales para evaluar y medir procesos software. Sin embargo el trabajo presentado aquí es vertical al proceso de medición, ya que ofrece las medidas y una herramienta de recolección de información para tratar de evaluar el proceso software de manera menos subjetiva.

Hay que tener en cuenta que los estándares internacionales relacionados con métodos de evaluación, definen el marco general para realizar la evaluación y también definen indicadores a tener en cuenta cuando se realiza una evaluación, sin embargo no definen medidas explícitas que ayuden a determinar un valor del rendimiento o capacidad de un proceso. Este valor es muy importante a la hora de determinar si una empresa es madura o no, debido que la madurez organizativa está estrechamente ligada con la capacidad de los procesos de la empresa.

Una organización software que busca la madurez debe realizar la disciplina de medición del software. Y no solo debe medir el producto sino también debe ser capaz de medir sus procesos para incrementar la calidad del producto, si utiliza el enfoque orientado a procesos. Ya que el fin último es mejorar la calidad del producto software construido por la organización, incrementando la eficiencia y eficacia en los procesos organizacionales, para contribuir a su competitividad en el mercado global. Para la mejora de procesos es fundamental llevar a cabo un adecuado proceso de medición. Con este trabajo se pretende que las organizaciones software lleven a cabo, de manera más fácil y con un objetivo más claro, la medición de procesos al interior de una evaluación de procesos software.

En el presente trabajo también se han desarrollado formularios de recolección de información sencillos. A través de ellos se obtiene información muy importante para asignar un valor de rendimiento o capacidad al proceso evaluado. Además se ha construido una herramienta basada en Redes Bayesianas para facilitar la recolección de información y cálculo del valor de las medidas.

A partir del presente trabajo se ha visualizado diferentes líneas de trabajo futuro, los cuales se presentan a continuación:

- Definir el peso de los porcentajes de la medida de rendimiento del proceso para las prácticas base y los productos de trabajo, a partir de estudios realizados en el área.

- Definir el peso de los porcentajes de la medida de capacidad del proceso para las prácticas genéricas, recursos genéricos y productos de trabajo genéricos, a partir de estudios realizados en el área.
- Analizar la relación entre prácticas base y productos de trabajo en la norma ISO/IEC 15504:2006.
- Hacer la validación teórica y empírica de las medidas.

Actualmente éstas medidas se están aplicando en dos programas de mejora de software llevadas a cabo por dos pequeñas empresas desarrolladoras de software del suroccidente Colombiano, para su correspondiente validación y refinamiento.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos: MECENAS (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Educación y Ciencia, PBI06-0024) y COMPETISOFT (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED –, 506PI0287).

Referencias

- [1] *Proyecto Elvira*. 2005. Disponible on: <http://www.ia.uned.es/investig/proyectos/elvira/>. Visitado: January, 2007.
- [2] Derniame, J.-C., Kaba A.B, and Warboys B., *The Software Process: Modelling and Technology*, in *Software process: principles, methodology, and Technology*, C. Montenegro, Editor. 1999, Springer: Germany. p. 1-12.
- [3] Fenton, N., "Metrics for Software Process Improvement"., en *Software Process Improvement: Metrics, Measurement and Process Modelling*, Haug M., Olsen, E.W. and Bergman L. (eds) Springer. p. 34-55, 2001.
- [4] Fenton, N. and Pfleeger S., *Software Metrics: A Rigorous Approach*. Chapman & Hall. 1997.
- [5] Florac, W.A., R.E. Park, and A.D. Carleton, *Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement*. 1997, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University pp. 1-12.

- [6] Gómez, O., Oktaba H., Garcia F. y Piattini M.. *A systematic review measurement in Software Engineering: State-of-the-art in measures*. 2006. First International Conference on Software and Data Technologies (ICSOF 2006). Setúbal, Portugal. pp. 224-231.
- [7] IEEE, C.S., *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge - SWEBOOK*. IEEE Computer Society, 2004, pp. 119-146.
- [8] ISO_12207. *ISO/IEC 12207:2002/FDAM 2. Information technology - Software life cycle processes*. International Organization for Standardization. 2004.
- [9] ISO_15504-2. *ISO/IEC 15504-2:2003/Cor.1:2004(E). Information technology - Process assessment - Part 2: Performing an assessment*. International Organization for Standardization. 2004.
- [10] ISO_15504-5. *ISO/IEC 15504-5:2006(E). Information technology - Process assessment - Part 5: An exemplar Process Assessment Model*. International Organization for Standardization. 2006.
- [11] Pino, F., Garcia, F. y Piattini M., *Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas*. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software (REICIS), 2006. Vol. 2(1) Abril pp. 6-23.
- [12] Pino, F., Garcia F., Ruiz F.y Piattini M.. *A Lightweight Model for the Assessment of Software Processes*. 2006. European Systems & Software Process Improvement and Innovation (EuroSPI 2006). Joensuu, Finland. pp. 7.1-7.12.
- [13] SEI. *CMMI for Systems Engineering/Software Engineering, Version 1.1*. Software Engineering Institute (SEI). 2002. Disponible en: <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>
- [14] Serrano, M., Calero C., and Piattini M., *Metrics for Data Warehouse Quality*, en *Encyclopedia of Information Science and Technology (IV)*. 2005. p. 1938-1944.