

Revista
Española de
Innovación,
Calidad e
Ingeniería del Software

Volumen 1, No. 2, diciembre, 2005

Web de la editorial: www.ati.es

E-mail: reicis@ati.es

ISSN: 1885-4486

Copyright © ATI, 2005

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada, o transmitida por ningún medio (incluyendo medios electrónicos, mecánicos, fotocopias, grabaciones o cualquier otra) sin permiso previo escrito de la editorial.

Publicado por la Asociación de Técnicos en Informática

Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software (REICIS)

Editores

Dr. D. Luís Fernández Sanz

Departamento de Sistemas Informáticos, Universidad Europea de Madrid

Dr. D. Juan José Cuadrado-Gallego

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad de Alcalá

Miembros del Consejo Editorial

Dr. Dña. Idoia Alarcón

Depto. de Informática
Universidad Autónoma de Madrid

Dr. D. José Antonio Calvo-Manzano

Depto. de Leng y Sist. Inf. e Ing. Software
Universidad Politécnica de Madrid

Dña. Tanja Vos

Instituto Tecnológico de Informática
Universidad Politécnica de Valencia

D. Raynald Korchia

InQA.labs

D. Rafael Fernández Calvo

ATI

Dr. D. Oscar Pastor

Depto. de Sist. Informáticos y Computación
Universidad Politécnica de Valencia

Dra. Dña. María Moreno

Depto. de Informática
Universidad de Salamanca

Dr. D. Javier Aroba

Depto de Ing.El. de Sist. Inf. y Automática
Universidad de Huelva

D. Antonio Rodríguez

Telelogic

Dr. D. Javier Tuya

Depto. de Informática
Universidad de Oviedo

Contenidos

REICIS

Editorial	4
<i>Luís Fernández Sanz, Juan J. Cuadrado-Gallego</i>	
Presentación	5
<i>Luis Fernández</i>	
La mejora de procesos de software en las pequeñas y medianas empresas. Un nuevo modelo y su aplicación a un caso real	7
<i>Antonia Mas, Esperanza Amengual</i>	
¿Cuál es la madurez que necesitarían los procesos para el desarrollo de sistemas de software crítico?	31
<i>Patricia Rodríguez, Josefina Alonso, José C. Sánchez</i>	
Un sondeo de la práctica actual de pruebas de software en España	43
<i>Luis Fernández</i>	

La mejora de los procesos de software en las pequeñas y medianas empresas (pyme). Un nuevo modelo y su aplicación a un caso real

Antònia Mas, Esperança Amengual

Departament de Ciències Matemàtiques i Informàtica, Universitat de les Illes Balears

{antonia.mas, eamengual}@uib.es

Abstract

Interest in SMEs (*Small and Medium Enterprise*) sector has become widely known around the World. In consequence some works dealing with the application of software process improvement activities in this kind of companies have already been published. This article discusses the similarity between large organizations and small companies. A very exhaustive study about software process improvement and assessment models has been performed and it has been applied to the software SMEs sector in particular. The article presents a summary of adaptations made on the well-known models as well as on SMEs specially developed models. Moreover, the paper exposes a new SPICE (*Software Process Improvement and Capability dEtermination*) based model for a Quality Management System implementation on software SMEs and its application to some software SMEs in the Balearic Islands.

Resumen

El interés por el sector de las pymes se ha generalizado en todo el mundo y se pueden encontrar ya algunos trabajos que relatan la aplicación de actividades relacionadas con la mejora de los procesos de software a este tipo de empresas. En este artículo se debate en primer lugar sobre la coincidencia de las características de las grandes organizaciones con las de las pequeñas empresas.

Se ha realizado un estudio muy exhaustivo sobre los modelos de evaluación y mejora de los procesos de software, se ha revisado cómo ha sido su aplicación en el caso particular de las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software, y se ofrece en el artículo un resumen, tanto de las adaptaciones que se han hecho de los modelos más conocidos, como de los que han sido desarrollados específicamente para este sector.

Además, se presenta un nuevo modelo para la implantación de un Sistema de Gestión de Calidad en Pymes de Desarrollo de Software basado en SPICE y se detalla su aplicación a un conjunto de pymes de las Islas Baleares.

Palabras clave: Mejora de procesos de software (SPI), CMM, SPICE (ISO/IEC 15504), Calidad de proceso software, Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), ISO 9001:2000, Pyme, Certificación.

1. Las características de las pymes

1.1. Estudios realizados en pymes

Aunque hay un consenso generalizado en la literatura sobre la existencia de diferencias operacionales entre las grandes y las pequeñas empresas, no se han llevado a cabo iniciativas para verificarlo. En [6] se realiza un interesante estudio con el objetivo de determinar si el tamaño de una organización puede afectar a la estrategia de implantación de un programa de mejora de procesos y al grado de éxito que se alcance. Se selecciona una muestra muy amplia de empresas y de personal de las TIC (Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones) de Noruega, se debate sobre el tipo y el tamaño de la muestra, para poder extraer resultados extrapolables estadísticamente. Se describen las variables, las medidas aplicadas, los cuestionarios de evaluación, los procedimientos de recolección de datos y las técnicas de análisis de datos utilizadas.

Se analizan los resultados y se concluye que hay diferencias fundamentales entre las grandes empresas (más de 200 desarrolladores) y las pymes (menos de 30 desarrolladores):

- Con respecto al rendimiento general, las grandes empresas obtuvieron niveles más altos de éxito en la implantación de programas de SPI que las pequeñas, algo que era de esperar, pero alcanzaron valores similares en cuanto al éxito empresarial.
- La diferencia fundamental se halló en las respectivas aproximaciones o visiones de los programas de SPI que se llevan a cabo en cada uno de los dos tipos de empresas. Mientras las grandes compañías despliegan sus buenas prácticas a través del establecimiento de modelos de procesos, procedimientos formales, guías, reglas, etc., las pequeñas obtienen sus mejores resultados derivados de la creatividad y de la dedicación de los recursos humanos implicados en el proyecto de mejora. Esto significa que para que las pequeñas

empresas puedan implantar programas de mejora de manera tan eficiente como las grandes, deben dedicar todo su esfuerzo en conseguir la participación de los empleados y en la exploración de nuevo conocimiento. En resumen, los procesos formales de las grandes organizaciones se suplen con la relación informal e interpersonal que se realiza en las pequeñas.

A pesar de estas diferencias, se ha podido demostrar cuantitativamente, a partir de todas las medidas de rendimiento realizadas durante el estudio, que las empresas de cualquier tamaño mejoran su rendimiento introduciendo programas de mejora de procesos. Es decir, en definitiva, el tamaño de una empresa no limita el éxito de los programas de mejora.

Según [27], el mayor error en la implantación de programas de SPI en pymes se da por la falta de seguimiento de los planes de acción y de los planes de implantación, debido fundamentalmente a que estas actividades son muy costosas de realizar en todos los sentidos, ya que consumen mucho tiempo y recursos. Como dice [28], un ciclo completo de SPI puede llevar entre 18 y 24 meses, demasiado tiempo para una pequeña empresa.

Otro problema añadido para las pymes y, que se menciona en [4], es que, aunque el retorno de la inversión de un programa de SPI está previsto que alcance entre 4 y 9 veces la inversión inicial, éste no se produce hasta un medio largo plazo, nuevamente demasiado para una pyme. Así pues, la dificultad de aplicación de los grandes modelos de SPI a las pymes es debido fundamentalmente a los costes asociados a su aplicación y al largo plazo de espera necesario para la observación de resultados.

Según [15] y [16], las pymes europeas, en general, no pueden permitirse grandes inversiones en sus procesos y lo que necesitan son aproximaciones que posibiliten un alineamiento de la mejora de sus procesos de software con sus objetivos de negocio.

Según estos autores, las pequeñas empresas:

- Son flexibles en su organización interna frente a la rigidez que suele acompañar a las grandes compañías.
- Tienen un estilo de gestión muy diferente de las grandes.
- No tienen departamentos especiales que les permitan realizar tareas complejas. Es decir, no disponen de especialistas en temas concretos.
- Gozan de recursos financieros limitados. No pueden permitirse el lujo de comprar o contratar todo lo que necesitan.

- Necesitan personal específico y especialmente formado para los programas de mejora de los procesos de software. También necesitan asesores, que son un personal muy costoso.

Según [26], para las pequeñas empresas el reto más difícil es ir modificando los procesos para ir adaptándose a las circunstancias cambiantes. Para que una pyme pueda gestionar un cambio de crecimiento inducido en sus procesos de desarrollo del producto, manteniendo al mismo tiempo la suficiente continuidad para que sigan siendo mínimamente predecibles y posibilitar la planificación, deben observarse ciertos aspectos:

- Un proceso es una herramienta más que un fin en sí mismo. Ningún proceso por sí solo puede transformar una organización indiferente en una organización efectiva.
- Los procesos deben ser simples. Los procesos complejos son difíciles de establecer, mantener y actualizar.
- Los procesos deben ser robustos, es decir, fáciles de aplicar y debe ser difícil equivocarse durante su aplicación.
- Los procesos deben adaptarse al entorno cambiante.

1.2. Características diferenciadoras de las pymes

A partir de todos los estudios analizados, hemos podido observar que estas características diferenciadoras de las pequeñas organizaciones son debidas, entre otros factores a:

- **Los recursos humanos.**
 - Los equipos y el tamaño de los equipos. El número de empleados suele ser pequeño. Muchos de los empleados pertenecen simultáneamente a los diferentes grupos o equipos: de dirección, de gestión, de desarrollo, de SPI.
 - Los roles. No existe una especialización. La misma persona tiene que estar capacitada para llevar a cabo una gran variedad de actividades de desarrollo de software.
 - Las responsabilidades no suelen estar bien definidas.
 - Gran dependencia de los individuos [11]. Se refuerza la tarea individual y en muchos casos no hay una diferenciación clara de las funciones de cada

empleado. Los “héroes” tienen mucho protagonismo en este tipo de empresas.

- El esfuerzo estimado para la aplicación de grandes modelos de mejora es aproximadamente de una persona/mes dedicada al proyecto [9]. Este coste es difícilmente asumible en una pequeña empresa.
- Falta de formación de los empleados en los modelos.
- Desconocimiento por parte del líder de los beneficios que podría suponer la implantación de un programa de mejora. Falta de motivación.
- **Los aspectos económicos.**
 - En una pequeña empresa prima más la obtención de beneficios a corto que a largo plazo. Por otra parte, es muy importante que las medidas establecidas sean de aspectos tangibles y vitales para la empresa.
 - Los costes derivados de las auditorías externas, que se realizan normalmente con varios auditores, acostumbran a ser económicamente inviables para las pymes.
 - Una pyme dedica pocos recursos a programas de I+D. Concretamente las inversiones en SPI suelen ser pequeñas.
- **Los procesos.**
 - Es muy costoso para una pyme desarrollar y reflejar los resultados de la implantación de programas de mejora de procesos de software con el nivel de detalle y formalidad que acostumbran a exigir los grandes modelos.
 - Los resultados de las evaluaciones se expresan habitualmente en términos generales [28], esto significa que no pueden ser directamente traducibles a recomendaciones. Para las grandes empresas, puede ser posible realizar estas tareas, pero para las pequeñas, en muchas ocasiones, representa un esfuerzo imposible de asumir.
- **Los proyectos.**
 - Una pequeña empresa acostumbra a trabajar con proyectos no demasiado grandes y que no se extienden mucho en el tiempo. De la misma forma, suele también fijar sus objetivos. El trabajo, las previsiones, la situación a medio largo plazo, no es tan popular en las pymes como en las grandes compañías.

- El número de proyectos que suele manejar de manera simultánea una pequeña empresa acostumbra a ser pequeño. Si tiene problemas con alguno de ellos, representa problemas en un porcentaje muy alto del trabajo.

En resumen, se puede afirmar que casi todos los autores están de acuerdo en que las características especiales de las pequeñas empresas hacen que los programas de mejora de procesos deban aplicarse de un modo particular y visiblemente diferente a cómo se hace en las grandes organizaciones y que no es tan sencillo como considerarlas pequeñas versiones a escala de las grandes compañías [22]. El acuerdo ya no existe a la hora de afirmar si es mejor adaptar uno de los grandes modelos o es mejor utilizar uno diseñado específicamente para este sector.

Paulatinamente, las actividades de mejora de los procesos de software han ido penetrando en las empresas de tamaño mediano que, a efectos estadísticos, se incluyen bajo el nombre de pymes por el número de empleados que tienen, pero que difieren mucho de la estructura y funcionamiento de las empresas pequeñas o microempresas [5]. De las microempresas en general, podemos afirmar que no les ha llegado aún dicha inquietud por la mejora de sus procesos ya que, en muchos casos, incluso desconocen su existencia.

2. Modelos de mejora de procesos aplicados a pymes

Los modelos más conocidos, CMM (*Capability Maturity Model*) y SPICE, han sido creados y tradicionalmente aplicados a las grandes compañías, con algunas iniciativas puntuales de adaptación de un cierto modelo a las pequeñas y medianas empresas. No se han encontrado apenas modelos basados en SPICE y especialmente adaptados a las necesidades de las pymes, pero sí diferentes iniciativas de aplicación del modelo SPICE en pequeñas empresas de desarrollo de software. Se han encontrado algunas adaptaciones realizadas a partir del modelo CMM, así como diversas aplicaciones efectuadas en pequeñas organizaciones.

Por otra parte, se han producido algunas aportaciones de métodos propios, algunos basados en un modelo ya existente y otros creados específicamente para el sector de las pymes.

En la tabla 1 se presenta un resumen de las aplicaciones realizadas de los diferentes modelos de mejora de procesos de software al caso específico de pymes.

Año	Organismo/Autor	Iniciativa/proyecto	Descripción
1993	<p>ESSI (<i>European Software and System Initiative</i>) Desde que se inició la fase piloto en 1993 [8], la ESSI ha promovido más de 450 proyectos relacionados con SPI, todos ellos dirigidos a estimular el desarrollo, a experimentar y difundir conceptos, buenas prácticas, métodos, etc. que permitan la mejora de los procesos de software y que estimulen su aplicación en las empresas de desarrollo del software de toda Europa.</p>	<p>Marco ESPRIT (<i>European Commission's Research and Development Programme for Information Technologies</i>)</p> <p>Esprit Project 23873 - SPIRE (<i>Software Process Improvement in Regions of Europe</i>) [24]</p>	<p>Ayudar a las pequeñas empresas y unidades de desarrollo de software con un máximo de 50 empleados, a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejorar sus procesos de software. ✓ Obtener beneficios tangibles a partir de las inversiones en programas de SPI. ✓ Formar a sus empleados en todos los aspectos de SPI. ✓ Compartir las experiencias del proyecto con otras empresas de las mismas características.
1997	<p>Grünbacher, P. [9]</p>	<p>Un proceso de evaluación basado en CMM y adaptado a pymes</p>	<p>Grünbacher describe un proceso de evaluación basado en CMM y adaptado a pequeñas empresas de desarrollo de software, utilizando una herramienta de soporte a la evaluación.</p>
1999	<p>ESSI (<i>European Software and System Initiative</i>) Con el fin de estimular, soportar y coordinar todo el esfuerzo llevado a cabo en estos experimentos, la Comisión Europea dentro del programa ESPRIT-ESSI estableció una red de 18 participantes-socios denominada ESSI PIE Nodes, denominándose también proyectos ESPINODE [7].</p>	<p>TOPS (<i>Toward Organised Software Processes in SMEs</i>) [25]</p>	<p>Es el ESPINODE que promovió la iniciativa de mejora de procesos en pymes de desarrollo de software en el Centro de Italia. Se ofrecieron evaluaciones de los procesos gratuitas para todas las empresas que se adscribieron al proyecto. Esto permitió recopilar una gran cantidad de datos derivados de estas evaluaciones y elaborar un informe sobre la madurez de los procesos en las pymes italianas.</p>
1999	<p>NRC (<i>Norwegian Research Council</i>)</p>	<p>SPIQ (<i>Software Process Improvement for better Quality</i>)</p>	<p>En [18] se describe una experiencia de mejora de procesos llevada a cabo en una compañía noruega, dentro del programa SPIQ subvencionado por el NRC, con el objetivo principal de definir un marco genérico y sistemático para la mejora del proceso de software que conduzca a un incremento de competitividad de las empresas noruegas.</p>
1999	<p>Calvo-Manzano, J. [3]</p>	<p>MESOPYME (<i>Método/Modelo de mEjora del proceso SOftware orientado a la Pequeña Y Mediana Empresa</i>)</p>	<p>MESOPYME proporciona un Método de mejora formado por 5 fases y un paquete de actuación, que es un conjunto de componentes organizativos, técnicos y de gestión que ayudan a dar una solución concreta a un problema software bien definido.</p>

Año	Organismo/Autor	Iniciativa/proyecto	Descripción
			Esta arquitectura proporciona una guía para soportar, analizar, diseñar y gestionar los procesos software, de forma que sean consistentes con CMM, ISO/IEC 15504 o el modelo de procesos de referencia elegido.
2000	SEI (Software Engineering Institute)	IDEAL (Initiating, Diagnosing, Establishing, Acting, Leveraging) [20]	En [14] se describe la investigación realizada para determinar la aplicabilidad del modelo a pequeñas empresas, así como las adaptaciones que han sido realizadas en cada una de las cinco fases del modelo IDEAL para posibilitar su uso en empresas danesas.
2000	Batista, J., Dias de Figueiredo, A. [1]	Aplicación del modelo CMM a una pyme portuguesa	Se describe la aplicación del modelo CMM a una empresa portuguesa con un equipo inferior a 10 personas y con unos recursos muy limitados. El principal objetivo del estudio era ver si el modelo podía ser aplicado, utilizado y adaptado para conseguir la mejora real de los procesos de software en equipos muy pequeños.
2000	Horvat, R.V., Rozman, I. and Gyorkos, J. [11]	PROCESSUS	Formado por un conjunto de Procedimientos Estándares y otro de Documentos Estándares junto con una metodología que nace de la integración del modelo CMM y de las Normas ISO 9001:1994 e ISO 9000-3:1997, todo ello orientado a la aplicación de la mejora de procesos de software en pequeñas empresas.
2001	Leung, H., Yuen, T. [17]	Small process o Small Project lifecycle	Se muestra el desarrollo de un modelo, denominado <i>Small process o Small Project lifecycle</i> , basado en ocho áreas clave de proceso de CMM y especialmente creado para la aplicación a pequeños proyectos. Un Proyecto pequeño es aquel cuyo esfuerzo es inferior o igual a 3 personas/mes, considerando asimismo que a mayor número de miembros del equipo, mayor incremento del esfuerzo en la comunicación.
2002	Richardson, Ita [23]	SPM (Software Process Matrix)	Es un modelo adaptado a pequeñas empresas de desarrollo de software denominado basado en QFD (<i>Quality Function Deployment</i>). Existen algunas variantes del modelo QFD, pero el <i>Tour-phase model</i> , adaptado

Año	Organismo/Autor	Iniciativa/proyecto	Descripción
			por el <i>American Standards Institute</i> y que contiene cuatro matrices, es el más utilizado.
2003	Beecham, S., Hall, T., Rainer, A. [2]	<i>Mejora del proceso de software. Problemas en doce compañías. Un análisis empírico.</i>	Se realiza el estudio de los problemas detectados durante la implantación de un programa de mejora de procesos según el modelo CMM en 12 empresas de desarrollo de software. En este trabajo se observa que hay una gran relación entre el nivel de madurez de la empresa y los tipos de problemas encontrados
2004	Guerreo, F., Eterovic, Y. [10]	<i>Los 10 factores de éxito para una pyme</i>	Se describe una iniciativa de aplicación del modelo CMM a una empresa chilena de desarrollo de software, basada en considerar los 10 factores relacionados con el entorno organizacional que pueden contribuir al éxito de un programa de SPI en una pyme.

Tabla 1. Resumen de la aplicación de modelos de SPI a pymes.

3. Modelo

En [19] se presenta un nuevo modelo para la implantación de un sistema de gestión de calidad que soporta todo el proceso de mejora y que está orientado específicamente a las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software. La aportación en este caso reside, en que se trata de una adaptación para pymes de la Norma internacional ISO/IEC 15504 [13], que lidera junto con el modelo CMM-SW [21] el sector de la mejora de procesos de software.

En el modelo se recogen todas las actividades relacionadas con la gestión de la calidad en una pyme de desarrollo de software, para que pueda utilizarse como marco de referencia en cualquier empresa interesada en la calidad desde el punto de vista del proceso.

En el modelo, se propone un método formado por un conjunto de actividades que, a su vez, se dividen en tareas. Para cada tarea, y siguiendo la estructura de la Metodología MÉTRICA V.3, se identifican los productos de entrada y los productos de salida. También se establecen las técnicas y prácticas útiles en el desarrollo de cada tarea así como los participantes en la misma.

El método propuesto divide las actividades de gestión de la calidad en dos grandes grupos:

3.1. Actividades de Implantación del SGC

- Este primer grupo engloba las actividades relacionadas con el establecimiento del SGC una vez que la empresa ha decidido iniciarse en el camino de la mejora de sus procesos. En este primer grupo pueden diferenciarse tres bloques:
- El primero está compuesto por actividades orientadas a iniciar e implicar a toda la empresa hacia la mejora continua. Por una parte, dicho bloque está dedicado a establecer los parámetros generales del Sistema de Gestión de Calidad, desde la definición de la política, objetivos y plan de calidad de la empresa, hasta el establecimiento de los estándares de trabajo. Por la otra, se ha considerado que la motivación a todo el personal de la empresa y la formación específica para el grupo de calidad son actividades esenciales que deben realizarse en la primera fase de Implantación del SGC.
- En un segundo bloque, se incluyen un conjunto de actividades que concentran todas las tareas propias de la realización de una evaluación y mejora. Se realiza la identificación, el análisis y el estudio detallado de todos los procesos de la empresa, así como el cálculo de la capacidad de los mismos. Posteriormente, se mejoran los procesos seleccionados y una vez comunicada la mejora se procede a su implantación.
- En el tercer y último bloque, se incluyen las actividades de auditoría de la mejora. Se recogen todas las tareas necesarias para la certificación de la empresa según la Norma ISO 9001:2000 [12] y todas las relacionadas con la realización de una segunda evaluación de los procesos específicos del ciclo de vida del software según SPICE.

3.2. Actividades de Mantenimiento del SGC

En el segundo grupo se recogen todas las actividades relacionadas con el mantenimiento del sistema implantado y con la mejora de los procesos. Se trata de actividades de seguimiento y control del plan de mejora continua establecido en la empresa.

4. Aplicación del modelo a un caso real: QuaSAR

Dentro del ámbito del trabajo presentado en [19] se ha llevado a cabo el proyecto QuaSAR (*Qualitat de Software a les baleARs*), iniciativa que ha partido de la UIB (*Universitat de les Illes Balears*) y que ha permitido realizar un estudio de la situación actual del sector de las empresas de desarrollo de software en el entorno Balear, además

de ofrecer soporte en el camino hacia la mejora de sus procesos de software y hacia la certificación según la Norma ISO 9001:2000. El proyecto QuaSAR también ha permitido aplicar los resultados de esta investigación y así refinar el método genérico para la implantación de un SGC en pymes, a partir de los puntos débiles que se han detectado en su primera aplicación.

4.1. Participantes de QuaSAR

En una fase previa al inicio del proyecto QuaSAR, y como punto de partida del mismo, se iniciaron los contactos con el Departamento de calidad del IDI (*Institut d'Innovació Empresarial de les Illes Balears*), organismo público cuya misión es fomentar la calidad en las empresas y organizaciones de las Baleares, para que actuara como intermediario entre nuestro grupo de investigación de la UIB y las empresas de desarrollo de software que pudieran tener inquietudes de mejora de sus procesos.

Una parte importante del éxito que tuvo el proyecto QuaSAR es gracias a sus participantes, que provinieron de entidades bien diferentes y con motivaciones completamente distintas. Así pues, además de la UIB, que actuó como promotor del proyecto, los participantes fueron:

1. **El IDI, organismo público** que actuó como entidad coordinadora y de soporte logístico entre todas las partes implicadas. También se encargó de gestionar todos los aspectos económicos, incluyendo la petición de subvenciones a través de proyectos financiados por el *Govern de les Illes Balears*.
2. Una **asociación**, GRUPSoftBALEAR que agrupaba a todas estas empresas y que debería actuar como motor de difusión de las buenas prácticas en futuras actuaciones entre las otras empresas asociadas, pero que en esta ocasión no se habían sumado al proyecto.
3. **Pymes de desarrollo de software** que deseaban tanto obtener una certificación según la Norma ISO 9001 para que les ofreciera una ventaja competitiva, como una mejora de los procesos de desarrollo de software. En el inicio del proyecto QuaSAR no había ninguna empresa del sector que gozara de este reconocimiento en Baleares. Las 7 empresas privadas participantes en el proyecto son pequeñas compañías que tienen entre 5 y 30 empleados dedicados al desarrollo de software. Están principalmente orientadas al desarrollo de aplicaciones a medida para el sector servicios o

para el sector turístico, muy presente en la economía Balear, y algunas de ellas están especializadas en los sectores hotelero y de restauración. También participó en el proyecto una empresa pública.

4. **Una empresa externa de consultoría** experta en la implantación de ISO 9001:2000 en empresas de desarrollo de software.
5. **Becarios.** Alumnos de último curso de la Ingeniería Superior en Informática de la *Universitat de les Illes Balears*, dando soporte tanto a la implantación del sistema de gestión de calidad como participando en las mejoras de los procesos propios de software.
6. **Una entidad de certificación.**

4.2. Bloque inicial de actividades

El primer bloque está compuesto por actividades orientadas a iniciar e implicar a toda la empresa hacia la mejora continua. Comprende las actividades GC 1 *Establecimiento de los parámetros generales del Sistema de Gestión de Calidad* y GC 2 *Formación*.

Se establecieron unos estándares de trabajo comunes a todo el proyecto QuaSAR que serían adoptados por todas las empresas participantes en el mismo.

En cada empresa se constituyó el equipo de trabajo y se determinó el plan de calidad específico para la organización. Las empresas que no tenían fijados la política y los objetivos de calidad los establecieron. En cada una de ellas se determinaron los sistemas de información que serían objeto de la gestión de calidad.

Una vez realizado todo el proceso de selección, tanto de la empresa consultora como de los becarios, para cada una de las empresas adscritas al proyecto, se inició la actividad de formación que cubrió los aspectos siguientes:

- ✓ Motivación a todo el personal de la organización, que se realizó de manera conjunta para las 8 empresas participantes.
- ✓ Formación a los responsables de calidad y a los becarios en los procesos del ciclo de vida del software y en las bases del modelo SPICE. También se realizó de forma agrupada.

4.3. Segundo bloque: evaluación y mejora de los procesos

Este segundo bloque cubre las actividades orientadas a la evaluación y mejora de los procesos de la empresa, tanto en el ámbito de la gestión como en el de los procesos específicos. Comprende las actividades GC 3 *Realización de la primera evaluación SPICE*, GC 4 *Análisis y documentación de los procesos* y GC 5 *Mejora de los procesos*.

4.3.1. Realización de la primera evaluación SPICE

Para conocer el estado actual de cada empresa y poder efectuar las evaluaciones que se utilizarían como línea de base para medir su progreso se realizó, por parte de la empresa consultora, una valoración de la gestión empresarial y, por parte de la Universidad, una evaluación de la capacidad de los procesos del ciclo de vida del software.

Las evaluaciones SPICE se realizaron según las tareas descritas en la actividad GC 3 del método propuesto en [19]. Una vez establecido el calendario de las evaluaciones, se mantuvieron sesiones de trabajo de unas 4 horas de duración con cada una de las empresas participantes con la finalidad de recoger los datos sobre el estado de todos sus procesos ya que la evaluación se realizó a nivel global y no para un subconjunto determinado de procesos.

Como resultado de esta primera evaluación se emitió un informe sobre la situación de todos los procesos contemplados por la Norma ISO/IEC 15504, con el valor y el nivel de capacidad alcanzados, para cada una de las empresas participantes en el proyecto.

En el informe se sugirieron propuestas de mejora para los indicadores de realización (Nivel 1 de capacidad) que habían obtenido un valor inferior al 50%. Se definieron claramente los objetivos de la mejora y se indicaron las actividades concretas a realizar para alcanzar dichos objetivos. También se proporcionó una planificación detallada con hitos bien definidos. Se necesitó en este punto una fuerte colaboración de la empresa, tanto para mostrar el acuerdo con las puntuaciones obtenidas en la evaluación, como para seleccionar y priorizar las mejoras, pues no es realista pensar que pueden abordarse todas ellas de manera simultánea.

4.3.2. Presentación de resultados y priorización de procesos a mejorar

A partir de este informe de evaluación cada empresa seleccionó 3 procesos para su mejora. La coincidencia entre las 8 empresas participantes fue casi plena ya que, entre todas ellas, se seleccionaron los siguientes 5 procesos:

- **El proceso de pruebas.** Lo que la empresa denomina de manera genérica “pruebas del software” abarca todas las pruebas realizadas durante el desarrollo de un proyecto software, desde las pruebas unitarias hasta las pruebas del sistema una vez integrado con el hardware.
- **El proceso de gestión de la configuración.**
- **Los procesos de análisis y diseño.**

- **El proceso de gestión de proyectos.**
- **El proceso de medición, análisis y mejora.**

4.3.3. Análisis y documentación de los procesos

Para implantar el sistema de gestión de calidad marcado por la Norma ISO 9001:2000 se definieron el Catálogo de procesos, la Matriz de procesos de la empresa y la Ficha de cada proceso. Al mismo tiempo que se iban inventariando los procesos reales que había establecidos en ese momento en la empresa, se iban introduciendo todas las mejoras que eran aplicables a corto plazo. Hay que recordar que el proceso que se describe es el que se somete a la revisión de los auditores de certificación. Una empresa no puede superar con éxito una auditoría si no tiene definidos sus procesos principales, si bien, la descripción de un proceso no debe mostrar intenciones sino realidades.

Debido a que la obtención de la certificación está ligada a la implantación de los procesos, la empresa empezó a trabajar en este sentido. La implantación en proyectos reales de la empresa resultó la más costosa del proyecto

4.3.4. Mejora de los procesos seleccionados

Por razones temporales se creyó conveniente centrar la mejora únicamente en tres procesos y los 5 procesos citados anteriormente se sometieron a votación entre las 8 empresas participantes.

- El primer lugar, con 7 votos, lo obtuvo el proceso de pruebas.
- El segundo lugar, con 6 votos, fue ocupado por el proceso de medición, análisis y mejora.
- El tercer lugar, con 4 votos, fue para el de gestión de la configuración.

Se planificaron y llevaron a cabo tres sesiones de mejora de procesos. La Universidad fue la encargada de organizar cada una de estas jornadas. El objetivo principal era, además de transmitir a la empresa los conocimientos necesarios para posibilitar la mejora del proceso, poder ofrecer una visión práctica de su implantación: tratamiento real seguido en otras empresas, aplicaciones informáticas de soporte al proceso existentes en el mercado, etc.

Una vez establecido el contacto con profesionales especialistas en cada una de las áreas y de fijar el calendario, se procedió a la celebración de las sesiones en las que participó el personal que creyó conveniente cada empresa.

Así pues, en realidad, paralelamente a la implantación marcada por la Norma, se trabajó en la mejora de los procesos, algunos de ellos totalmente nuevos para las

empresas. Fueron especialmente útiles tanto las indicaciones sugeridas a partir de la evaluación SPICE, como las derivadas de las sesiones de mejora realizadas. Las empresas redefinieron los procesos y establecieron al mismo tiempo una planificación para su puesta en marcha.

4.4. Tercer bloque: auditoría de la mejora

Este último bloque cubre las actividades destinadas a comprobar que se ha realizado una mejora de los procesos de la empresa. Comprende las actividades GC 6 *Certificación según la Norma ISO 9001:2000* y GC 7 *Segunda evaluación SPICE*.

El IDI fue la entidad encargada de gestionar todo el proceso de selección y contratación de la certificadora. Se establecieron unos contactos iniciales con un conjunto de empresas certificadoras que realizaron una oferta económica para abaratar notablemente los costes del proceso de certificación de cada empresa, en el caso de que se contratara el servicio para las ocho empresas. A partir de todas las propuestas y de mutuo acuerdo entre todas las pymes participantes, se seleccionó una empresa para la realización de la certificación.

Todas las empresas adheridas al proyecto QuaSAR optaron por la realización de una **auditoría previa** a la auditoría de certificación. En esta visita previa habitualmente el auditor revisa la documentación del Sistema de Gestión de la Calidad, audita un proyecto de desarrollo de software y se reúne con la dirección de la empresa, tanto para presentar al futuro equipo auditor como para conocer y comprobar el grado de implicación de la dirección con el sistema, que es uno de los requisitos de la Norma. Con ello el auditor comprueba que la empresa está preparada para pasar la auditoría. En general, el resultado de estas visitas fue satisfactorio. El auditor sólo detectó no-conformidades menores y dio el visto bueno para la auditoría. Además, como la visita previa no se considera formalmente como una auditoría, el auditor pudo realizar actividad de consultoría y propuso soluciones a los problemas detectados.

4.4.1. Auditoría de certificación según la Norma ISO 9001:2000

En la auditoría de certificación se audita el cumplimiento de todos los puntos de la Norma. En las posteriores, las auditorías de mantenimiento, ya no es necesario revisarlos todos.

Hay una serie de puntos que se deben verificar en todas las auditorías de forma obligatoria, mientras que el resto de puntos únicamente se revisan si el auditor lo cree conveniente. La primera tarea a realizar en una auditoría es la planificación de la misma.

Se realiza una reunión con el responsable de calidad para acordar cuándo se auditará cada punto de la Norma y para saber cuál será el personal que se verá afectado. Durante la auditoría la empresa no debe detener su funcionamiento. El auditor tiene que adaptar su planificación a la disponibilidad del personal.

En promedio, la auditoría se realizó en tres días y fue realizada por un único auditor. La duración de una auditoría es directamente proporcional al número de empleados afectados por el SGC.

- El primer día, se realizó la reunión de planificación entre el auditor y el responsable de calidad. Ese mismo día, el auditor comprobó el punto 4 *Sistema de gestión de la calidad*, el punto 5 *Responsabilidad de la dirección* y los procesos de comercialización junto con el personal de calidad: el directivo responsable de calidad y los otros dos miembros del departamento de calidad.
- El segundo día, el auditor revisó cinco proyectos de la empresa. Los proyectos fueron seleccionados de forma que hubiera como mínimo un proyecto de cada departamento. Para cada proyecto, el auditor entrevistó al jefe del proyecto en su puesto de trabajo. En cada proyecto se revisaron una serie de aspectos para comprobar el punto 7 de la norma *Realización del producto*, que fueron:
 - Los Requisitos del proyecto. Se revisó tanto su correcta especificación como el control de los cambios en los requisitos. La revisión afectó a los requisitos funcionales y también a restricciones o requisitos de sistema.
 - La Gestión de los proyectos. La revisión afectó tanto a los aspectos de planificación: tareas a realizar, plazos, personal encargado de realizarlo, recursos utilizados, como a los de seguimiento.
 - La Gestión de la configuración de los proyectos.
 - Los aspectos de Verificación de requisitos. Se comprobó que se realiza la verificación de que el producto desarrollado cumple con sus requisitos y que no tiene errores antes de la entrega al cliente.
- El último día se auditó el punto 8 *Medición, análisis y mejora*. El auditor comprobó los temas referentes a la satisfacción de cliente y a las acciones de mejora. La satisfacción de los clientes se midió utilizando encuestas. Ese mismo día el auditor redactó el informe de auditoría y dio lectura al informe en una reunión con el director general y el personal de calidad de la empresa. El resultado fue, en general, muy satisfactorio, únicamente aparecieron

diversas no-conformidades menores que afectaban a diversos departamentos de las distintas empresas auditadas.

Una vez finalizada la auditoría y entregado el informe, la empresa certificadora dio un plazo de dos meses a las empresas para que realizaran las acciones correctoras que se habían propuesto y para que enviaran el informe de dichas acciones. En este informe, cada empresa debería comunicar las acciones que se habían llevado a cabo para solucionar las no-conformidades detectadas o para evitar que se volvieran a producir. En el caso de no-conformidades graves, en el informe se deberían incluir los documentos del SGC que probaran su corrección.

Las no-conformidades detectadas en la auditoría se solucionaron y se envió el informe de acciones correctoras junto con la documentación administrativa necesaria. El informe fue revisado en primer lugar por el mismo auditor que visitó la empresa. Una vez que dio su visto bueno, el informe de auditoría y el informe de acciones correctoras fueron analizados por un comité de la empresa certificadora. Este comité fue el que al final concedió el certificado a cada una de las empresas.

4.5. Resultados obtenidos

Una vez finalizado el proyecto QuaSAR se han analizado los resultados de la evaluación en las 8 empresas, se han extraído conclusiones sobre el grado de madurez de los procesos evaluados y se han realizado comparativas entre los datos obtenidos. Para facilitar la exposición e interpretación de los resultados, se ha dividido el análisis derivado de las evaluaciones realizadas en estas 8 empresas en diferentes apartados.

4.5.1. Procesos que han obtenido nivel 1, candidatos a evaluar según niveles superiores

Procesos de la empresa		E1	E2	E3	E4	E5
CUS.1.1	Proceso de preparación de la adquisición				X	X
CUS.1.2	Proceso de selección del proveedor					X
CUS.1.4	Proceso de aceptación del cliente	X				
CUS.2	Proceso de suministro		X	X		X
CUS.3	Proceso de obtención de requisitos	X				X
ENG.1.1	Proceso de análisis y diseño de requisitos de sistema					X
ENG.1.2	Proceso de análisis de requisitos del software					X
ENG.2	Proceso de mantenimiento del software y del sistema					X
SUP.1	Proceso de documentación					X
SUP.2	Proceso de gestión de la configuración					X

Tabla 2. Matriz de procesos – empresas evaluables a nivel 2

La tabla 2 muestra los procesos que han obtenido una puntuación superior al 85% en la evaluación del atributo de realización del proceso y que son candidatos a ser evaluados según el nivel 2 de SPICE.

Si se analiza la tabla por columnas, se puede observar como la empresa E5 destaca en todas sus puntuaciones, que son superiores al 85% para todos los procesos evaluados, excepto para *CUS.1.4 Proceso de aceptación del cliente*. Las empresas que no aparecen en la tabla no tienen ningún proceso a nivel 1 (Proceso realizado).

4.5.2. Los dos procesos con mayor puntuación

Como se puede apreciar en el gráfico de la figura 1, *CUS.2 Proceso de suministro* y *CUS.3 Proceso de obtención de requisitos*, son los dos procesos que han obtenido mayor puntuación. El primero de ellos, *CUS.2*, se encarga de suministrar el software al cliente, mientras que el segundo, *CUS.3*, es el *proceso de identificación y seguimiento de requisitos*. Puesto que el objetivo principal de toda empresa es satisfacer a sus clientes, no es de extrañar que estos procesos, que implican al cliente de manera directa, se consideren esenciales y, como consecuencia de ello, hayan obtenido una mayor puntuación con respecto a los demás procesos evaluados.

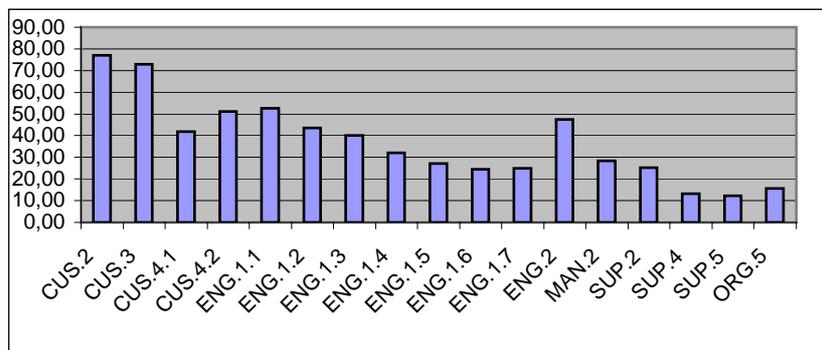


Figura 1. Puntuaciones medias obtenidas

Tomemos *CUS.3* como ejemplo de proceso del que en general se ha obtenido una buena puntuación. Nos interesa priorizar este proceso *CUS.3*, por encima de *CUS.2*, porque es con el que se inicia el desarrollo de un nuevo producto software y por tanto condiciona todas las etapas del ciclo de vida. El gráfico de la figura 2 muestra las puntuaciones obtenidas para el proceso *CUS.3* en cada una de las empresas evaluadas.

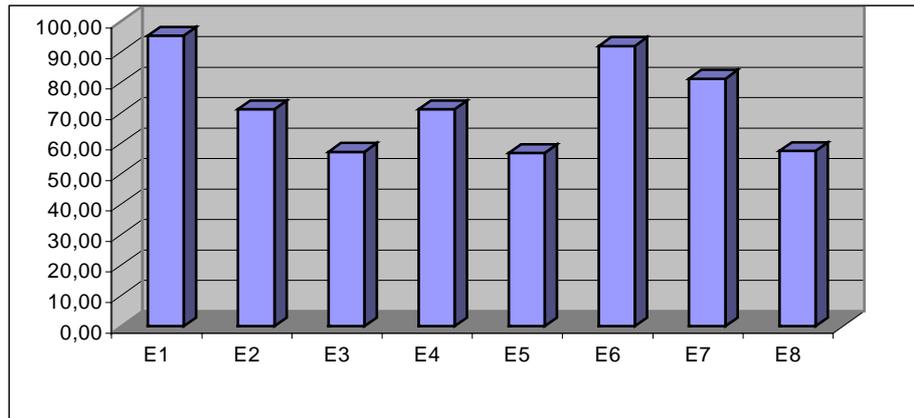


Figura 2. Puntuaciones obtenidas para el proceso CUS. 3, Proceso de Obtención de requisitos

Tal y como se muestra en la figura 2, todas las empresas han obtenido una puntuación superior al 50% para el proceso *CUS.3*. En dos de ellas, en E1 y en E6, la puntuación obtenida es superior al 85%, lo cual significa que solamente en estas dos empresas se podría realizar una evaluación de nivel 2. E2, E4 y E7 han obtenido puntuaciones superiores al 70%. En estas tres empresas una pequeña mejora les permitiría optar a la evaluación de nivel 2. Las empresas E3 y E5, con puntuaciones inferiores al 60%, deberían plantearse la mejora de este proceso.

4.5.3. Procesos seleccionados para la mejora

Tal y como ya se ha mencionado en el apartado 4.3.4 de este artículo, como resultado de las votaciones entre todas las empresas participantes en el proyecto QuaSAR, se eligieron tres procesos a mejorar: el proceso de Pruebas, el proceso de Medición análisis y mejora y el proceso de Gestión de la configuración.

Tomemos el proceso de Pruebas, que según SPICE, abarca los procesos:

- ENG.1.6 Proceso de pruebas de software.
- ENG.1.7 Proceso de pruebas e integración del sistema.
- SUP.4 Proceso de verificación.
- SUP.5 Proceso de validación.

El gráfico de la figura 3 muestra las puntuaciones obtenidas en cada empresa para el proceso de pruebas, considerado éste como la suma de los cuatro procesos de SPICE mencionados anteriormente. Se puede observar que las puntuaciones obtenidas para los dos procesos de Soporte, *SUP.4* y *SUP.5* son inferiores a las obtenidas para los dos procesos de la categoría de Ingeniería, *ENG.1.6* y *ENG.1.7*.

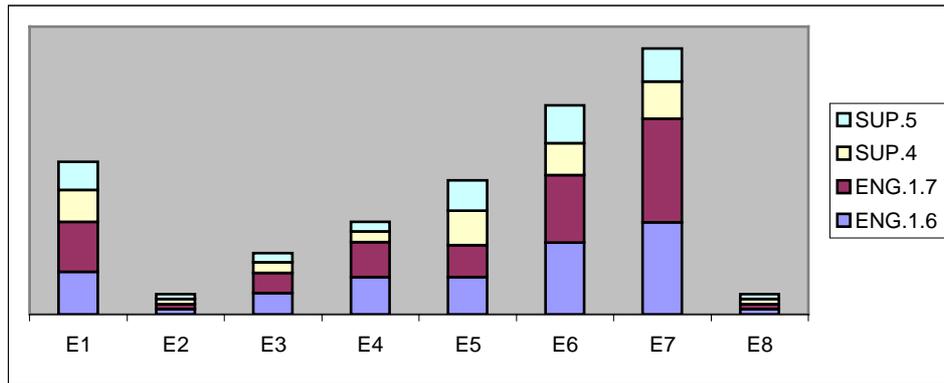


Figura 3. Puntuaciones obtenidas para cada proceso del proceso de pruebas

4.6. Conclusiones del proyecto QuaSAR

Una vez concluido el proyecto podemos afirmar que se han cumplido todos los objetivos previstos al inicio del mismo y que cada una de las partes integrantes ha obtenido un resultado positivo y ha alcanzado sus expectativas.

- Todas las empresas han implantado un sistema de gestión de calidad y han obtenido la certificación según la Norma ISO 9001:2000. Este hecho les ha permitido una mejora a corto plazo de algunos de sus procesos, así como la identificación y planificación de futuras mejoras en otros procesos de la organización, iniciando de esta manera el camino hacia la mejora continua.
- El *Institut d'Innovació Empresarial de les Illes Balears*, ha conseguido fomentar la calidad en empresas del sector específico de desarrollo del software, iniciando una primera experiencia que esperamos haya servido de modelo para futuras colaboraciones, tanto en las *Illes Balears* como en otras comunidades autónomas.
- La empresa de consultoría externa, ha participado en un proyecto innovador en el territorio español y se ha abierto mercado en las Islas.
- Los becarios han tenido la oportunidad de adquirir conocimientos sobre gestión de calidad y de vivir la realidad empresarial. Además, algunos han realizado el proyecto de final de carrera en temas relacionados con la calidad de software y otros han continuado con contrato laboral en la empresa que los acogía como becarios.
- Las participantes de la UIB hemos podido aplicar nuestras investigaciones a un caso real, lo que nos ha permitido refinar los resultados y adaptarlos a la realidad de las pymes.

5 Conclusiones

En este artículo se han descrito un conjunto de características que diferencian las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software de las grandes compañías. Se ha presentado un resumen de las principales aportaciones habidas en el campo de la evaluación y mejora de procesos de software a las pymes y se ha descrito la aplicación de un modelo propio, específico para pymes y basado en SPICE, a un conjunto de 8 pymes de Baleares.

Agradecimientos

Este trabajo cuenta con el soporte de los proyectos:

- ✓ CICYT TIC2001-1143-C03-01 "Mejora de los procesos para la toma de decisiones en la gestión de proyectos de ingeniería del software" ARGO.
- ✓ CICYT TIN2004-06689-C03 "Innovación e Integración de Métodos para el Desarrollo y Gestión Cuantitativa de Proyectos Software" IN2GESOFT.

Referencias

- [1] Batista, J., Dias de Figueiredo, A. "SPI in a Very Small Team: a Case with CMM". *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 5, nº 4, diciembre 2000, pp. 243-250.
- [2] Beecham, S., Hall, T., Rainer, A. "Software Process Improvement Problems in Twelve Software Companies: An Empirical Analysis". *Empirical Software Engineering*, vol. 8, nº 1, marzo 2003, pp. 7-42. Kluwer Academic Publishers.
- [3] Calvo-Manzano, J. A. Método de mejora del proceso de desarrollo de sistemas de información en la pequeña y mediana empresa. Ph. D. Thesis, Universidad de Vigo, 1999.
- [4] Calvo-Manzano, J. A., Cuevas, G., San Feliu, T., De Amescua, A. Pérez, M. "Experiences in the Application of Software Process Improvement in SMES". *Software Quality Journal*, vol. 10, nº 3, noviembre 2002, pp. 261-273. Kluwer Academic Publishers.
- [5] Cuevas, G., Amescua, A., San Feliu, T., Arcilla, M., Cerrada, J. A., Calvo-Manzano, J. A., García, M. *Gestión del Proceso Software*. Centro de Estudios Ramón Areces, 2003.
- [6] Dyba, T. "Factors of Software Process Improvement Success in Small and Large Organizations: An Empirical Study in the Scandinavian Context". *Proceedings of the European Software Engineering Conference and ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering, 2003*, pp. 148-157.

- [7] *ESPINODE: ESSI (European Software and System Initiative) PIE (Process Improvement Experiments) Nodes.* <<http://www.cordis.lu/esprit/src/stessi.htm>>
- [8] *ESSI: European Software and System Initiative.*
<http://www.cordis.lu/esprit/src/essi.htm#ch1_1>
- [9] Grunbacher, P. “A software assessment process for small software enterprises”. *Proceedings of the EUROMICRO 97: New Frontiers of Information Technology, conference*, septiembre 1997, pp. 123-128.
- [10] Guerreo, F., Eterovic, Y. “Adopting the SW-CMM in a Small IT Organization”. *IEEE Software*, vol. 21, nº 4, julio-agosto 2004, pp. 29-35.
- [11] Horvat, R.V., Rozman, I. and Gyorkos, J. “Managing the Complexity of SPI in Small Companies”. *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 5, nº 1, marzo 2000, pp. 45-54.
- [12] UNE-EN ISO 9001:2000. *Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.* AENOR, 2000.
- [13] ISO/IEC 15504:2004. *Information technology – Process assessment –* International Organisation for Standardization.
- [14] Kautz, K., Westergaard, H. Thaysen, K. “Applying and Adjusting a Software Process Improvement Model in Practice: The Use of the IDEAL Model in a Small Software Enterprise”. *Proceedings of the International Conference on Software Engineering*, junio 2000, pp. 626-633.
- [15] Kilpi, T. “Product management challenge to software change process: preliminary results from three SMEs experiment”. *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 3, nº3, septiembre 1997, pp. 165-175.
- [16] Kuvaja, P., Messnarz, R. “BootStrap – a modern software process assessment and improvement methodology”, *Proceedings of the Fifth European Conference on Software Quality*, septiembre 1996, pp. 194-207.
- [17] Leung, H., Yuen, T. “A Process Framework for Small Projects”. *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 6, nº 2, junio 2001, pp. 67-83.
- [18] Lied, H. J. “Experience from process improvement in a SME”. *Proceedings of the European Software Process Improvement conference*, octubre 1999.
- [19] Mas, A. Un Nuevo Modelo para la Implantación de un Sistema de Gestión de Calidad en Pymes de Desarrollo de Software basado en SPICE (ISO/IEC 15504). Ph. D. Thesis, Universitat de les Illes Balears, 2005.

- [20] McFeeley, Bob. *IDEALSM: A User's Guide for Software Process Improvement*. Software Engineering Institute, CMU/SEI-96-HB-001, febrero 1996.
- [21] Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., Weber, C. *Capability Maturity Model for Software, Version 1.1*. Software Engineering Institute, CMU/SEI-93-TR-24, febrero 1993.
- [22] Richardson, Ita. "Software Process Matrix: A Small Company SPI Model". *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 6, n° 3, septiembre 2001, pp. 157-165.
- [23] Richardson, Ita. "SPI Models: What Characteristics are Required for Small Software Development Companies?". *Software Quality Journal*, vol. 10, n° 2, septiembre 2002, pp. 101-114. Kluwer Academic Publishers.
- [24] *Software Process Improvement in Regions of Europe, SPIRE*.
<<http://www.cse.dcu.ie/spire>>
- [25] TOPS: Toward Organised Software Processes in SMEs. 27977 TOPS – ESPINODE for Central Italy. "Rapid Software Process Assessment to Promote Innovation in SME's".
- [26] Ward, R. P., Fayad, M. E., Laitinen, M. "Software Process Improvement in the Small". *Communications of the ACM*, vol. 44, n° 4, abril 2001, pp. 105-107.
- [27] Wiegers, Karl E. Sturzenberger, D. C. "A Modular Software Process Mini-Assessment Method", *IEEE Software*, vol. 17, n° 1, enero/febrero 2000, pp. 62-69.
- [28] Zahran, S. *Software Process Improvement. Practical guidelines for Business Success*. Addison-Wesley, 1998.