

TOP 10 de factores que obstaculizan la mejora de los procesos de verificación y validación en organizaciones intensivas en software

Javier García, Antonio de Amescua, Manuel Velasco
Departamento de Informática
Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid
Avda. de la Universidad, 30, 28911 Leganés (Madrid)
{jgarcia, amescua}@inf.uc3m.es, velasco@ia.uc3m.es

Abstract

In spite of the potential benefits that the correct application of software verification and validation processes, techniques and tools can provide; the institutionalized use of them in the software industry does not reach the minimum capability levels required to gain the mentioned benefits. Moreover this circumstance is aggravated in the small and medium software intensive organizations due to the lack of available human and economic resources.

In this paper, the 10 more important factors that prevent the correct institutionalization of the software verification and validation efficient practices are presented. These factors are obtained from the authors' experience in several software process improvement initiatives related to software verification and validation processes.

Resumen

A pesar de los beneficios que se pueden obtener de la correcta aplicación de los procesos, técnicas y herramientas de verificación y validación de software, la utilización institucionalizada de los mismos en la industria, sobre todo en las pequeñas y medianas organizaciones de desarrollo de software, no alcanza los niveles mínimos para el logro de los beneficios potenciales.

En este artículo se presentan los 10 factores más importantes que impiden la correcta aplicación de las prácticas eficientes de verificación y validación de software, a partir de la experiencia recogida en los numerosos programas de mejora de procesos software en los que han participado los autores.

Palabras clave: Verificación, Validación, Pruebas de Software, Gestión del Cambio, Mejora de Procesos

1. Introducción

Se ha reportado en numerosos estudios [1] relativos al beneficio obtenido a raíz de procesos de mejora que la implantación de un proceso formal de verificación y validación supone importantes beneficios para las organizaciones software:

- Se produce un incremento de la satisfacción del cliente al utilizar un software con una cantidad de errores inferior.
- Se incrementa la eficiencia del proceso de desarrollo.
- Se facilita la definición y cumplimiento de los objetivos de calidad.
- Se incrementa la satisfacción de los trabajadores debido a que se proporcionan herramientas y recursos apropiados para la realización eficiente del trabajo.

Además, las empresas participantes en los mencionados estudios han reportado la consecución de beneficios económicos asignables a las actividades de mejora del proceso de verificación y validación de software son los siguientes:

- Reducción de un 20% en los errores en el software entregados al cliente (BKIN Software).
- El esfuerzo en pruebas de software se redujo desde el 25% al 20% del esfuerzo total del proyecto (BKIN Software).
- El número de errores detectados en las pruebas de aceptación es menor del 12% de los errores detectados en las pruebas de integración. El valor anterior era del 37%. (BKIN Software).
- Los errores informados por el cliente/usuarios se han reducido en un 77% (Archetypon).
- 30% de reducción en los costes de ejecución (IMB SEMEA SUD).
- Reducción en el tiempo de entrega e incremento en la eficiencia de las pruebas (Nokia – Network Management Systems).



Figura 1. Beneficios en la mejora de los procesos de verificación y validación software

Sin embargo, a pesar de los beneficios que una aplicación institucionalizada de procesos de verificación y validación de software, según el perfil de madurez mundial de las organizaciones intensivas en software [2] elaborado por el Software Engineering Institute (SEI), de aquellas organizaciones (402 en 2006) que evaluaron sus procesos con respecto al nivel 2 de capacidad establecido por el CMMI para el Proceso de Verificación, solo el 2,98% de las organizaciones (12) lograron satisfacer totalmente ese nivel, mientras que el 7,96% organizaciones (32) lo lograron satisfacer parcialmente es decir, no en la totalidad de los requisitos marcados por el CMMI).

Por otra parte, para aquellas organizaciones (45 en lo que llevamos de 2006) que evaluaron sus procesos con respecto al nivel 1 de capacidad establecido por el CMMI para el Proceso de Verificación, solo el 8,88% de las organizaciones (4) lograron satisfacer totalmente ese nivel, mientras que el 40% de las organizaciones (18) lo lograron satisfacer parcialmente.

Ante estas cifras tan bajas, es necesario que se analicen los factores que impiden que las prácticas eficientes relativas a la verificación y validación se introduzcan, asimilen y apliquen de manera institucionalizada y efectiva en organizaciones software de todo tipo.

2. Modelo de referencia para clasificar los factores que obstaculizan la mejora de los procesos de verificación y validación de software

El modelo IDEAL [3], como otras aproximaciones para la introducción de mejoras en el proceso productivo de una organización (i.e. Plan-Do-Check-Act, PDCA), tiene como propósito establecer los mecanismos para facilitar la realización de programas de mejora continua en organizaciones, aunque el modelo IDEAL está especialmente orientado a las mejoras en organizaciones intensivas en software. Estos modelos de mejora definen las siguientes fases para la realización de un programa de mejora de procesos:

1. **Obtención del compromiso**, cuyo propósito consiste en establecer los objetivos que se deberán alcanzar con la utilización sistemática de la mejora, en este caso en el proceso de verificación y validación, desarrollar el plan para la realización de las mejoras y la obtención del compromiso requerido en cuanto a los objetivos, actividades, calendario y recursos disponibles para el programa de mejora.

2. **Diagnos**, cuyo objetivo consiste en establecer las prácticas eficientes ya existentes en la organización e identificar las necesidades y oportunidades concretas, en este caso, relativas a la mejora de los procesos de verificación y validación.
3. **Definición**, que persigue la definición del proceso y de todas las guías que permitan adaptar el proceso general definido a cada uno de los tipos de trabajos realizados por la organización.
4. **Implantación**, cuyo propósito es el logro de la utilización generalizada en todos los trabajos de la organización del proceso mejorado.
5. Por último, la fase de **análisis de resultados** tiene como propósito cuantificar las mejoras logradas con la introducción del nuevo proceso y determinar los próximos objetivos de mejora a satisfacer.

Por otra parte, para poder aplicar convenientemente cualquiera de los modelos de mejora es necesario que se aplique un modelo de referencia que establezca los objetivos de los procesos de verificación y validación, así como las actividades y tareas que permiten conseguir eficientemente el propósito de los mismos.

A lo largo de varios programas de mejora de los procesos de verificación y validación de software, se han detectado diferentes dificultades que se repiten en todos ellos. Estas dificultades se han clasificado según la fase del modelo IDEAL en la cual se manifiestan. Para cada uno de los problemas reflejados se presenta su enunciado, su descripción detallada y la solución que los autores de la ponencia han aplicado con éxito.

3. Descripción de las organizaciones de desarrollo de software consideradas en el ámbito de este trabajo

Los factores para la mejora de los procesos de verificación y validación en organizaciones intensivas en software que se presentan en este trabajo, se han identificado a partir de las lecciones aprendidas que los autores han recopilado a lo largo de las 10 actividades de mejora de procesos de software en las que han participado. En la tabla 1 (anexo 1), se muestran las características que identifican la tipología de las organizaciones consideradas en el ámbito de este trabajo. Debido a restricciones contractuales, los autores de este trabajo no están autorizados a divulgar los nombres de las organizaciones participantes en las mencionadas actividades de mejora de procesos software.

4. Lista de factores que obstaculizan la mejora de los procesos de verificación y validación de software

A continuación se presentan los factores identificados, teniendo en cuenta en que éstos NO están ordenados por orden de importancia o relevancia.

4.1 Factores relativos a los modelos de referencia

En la actualidad existen distintos modelos de referencia (ISO 12207 [5], CMMI [6] e IEE1074 [7] entre otros) que describen los procesos de verificación y validación de sistemas informáticos (y por inclusión, aquellas actividades relativas a verificación y validación de software), sus objetivos y prácticas eficientes. Sin embargo, existen distintos problemas que dificultan su uso para determinar las prácticas eficientes, necesidades y oportunidades de mejora durante la fase de diagnóstico de la mejora, así como su uso como guía para la mejora en la organización.

FACTOR 1	
Enunciado	Los modelos de referencia que definen las prácticas de verificación y validación no son fáciles de usar
Descripción	<p>Todo el mundo entiende que los modelos de referencia son difíciles de entender porque:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizan terminología que, en numerosos casos, no es conocida por el personal de las organizaciones. ▪ Asimismo, la terminología utilizada en la organización no es conocida por los consultores que ayudan a la organización en la mejora de los procesos de verificación y validación. ▪ Son documentos muy densos que suelen comprimir en muy pocas páginas gran cantidad de conceptos en frases condensadas, lo que dificulta su comprensión.
Solución aplicada	<p>Los equipos de mejora deben estar conformados por personas que tengan distintos perfiles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Expertos en el modelo de referencia de procesos a implantar, en técnicas de revisión y en pruebas. ▪ Jefes de Proyecto con visión global de todos los tipos de trabajo de la organización. ▪ Personal con gran experiencia y bagaje en el diseño, construcción, prueba y gestión de los proyectos de la organización.
FACTOR 2	
Enunciado	Los modelos de referencia no proporcionan la cohesión necesaria entre los procesos de verificación y validación con el resto de procesos de ingeniería¹ necesarios para desarrollar software
Descripción	<p>Los modelos de referencia considerados realizan una descripción detallada de las actividades de cada proceso de verificación y validación. Sin embargo, es conocido que las actividades de estos procesos deben ejecutarse sincronizadamente con otras actividades de ingeniería y gestión propias del proyecto. Estas interacciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ No se describen en detalle en los modelos de referencia de procesos software. ▪ En caso de que se describan, solamente se realizan mediante la inclusión de una referencia al proceso con el que se debe interactuar, sin indicar cómo se deben sincronizar ni la información que debe ser proporcionada/usada por cada uno de los procesos sincronizados. <p>Por tanto, es necesario realizar un trabajo adicional que permita establecer colaboraciones eficientes entre las actividades de los procesos de verificación y validación con las actividades de ingeniería.</p>

¹ Se utiliza la expresión “procesos de ingeniería” para hacer referencia a los procesos de especificación de requisitos, análisis, diseño, construcción, despliegue y mantenimiento de sistemas de información.

Solución aplicada	<p>A lo largo de los programas de mejora realizados en las organizaciones indicadas en la sección 3, los autores han desarrollado dos tipos de soluciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mapas de los modelos de referencia para los procesos de verificación y validación, que enriquecen la información proporcionada por los modelos de referencia con: perfiles que deben interactuar y para cada práctica o actividad que requiere la interacción con cada proceso, se especifica la información que se debe proporcionar o utilizar. ▪ Definición de guía por perfiles, en las que para cada uno de los perfiles que intervienen, se establecen las actividades de verificación y validación y de otros procesos estableciendo el flujo de trabajo normal desde que se comienza un trabajo hasta que se finaliza.
--------------------------	--

Tabla 1. Problemas relativos a los modelos de referencia.

4.2. Obtención del compromiso para la definición o mejora del proceso de verificación y validación

Una de las principales dificultades de cualquier proceso de mejora consiste en la obtención del soporte y patrocinio necesario para la organización, así como el logro de los compromisos necesarios entre los objetivos de mejora y los recursos y plazos disponibles. Estos factores se ven incrementados cuando se intenta mejorar cualquier proceso relacionado con las pruebas, los más destacados se muestran en la tabla 3.

FACTOR 3	
Enunciado	Es difícil estimar el ROI esperado de la mejora en el proceso de verificación y validación y las estimaciones obtenidas suelen ser poco fiables
Descripción	Cuando se evalúa la conveniencia, necesidad y oportunidad de emprender un programa de mejora, la alta dirección necesita conocer cual será el retorno previsible de la inversión que se realice. Para ello, es necesario estimar los costes del programa de mejora (que pueden ser estimados a priori por expertos con poco margen de error [8]) y también hay que cuantificar los resultados obtenidos, tarea para la cual aún no existe ningún modelo experimentado con éxito.
Solución aplicada	<p>Para estimar el coste de la calidad y la no calidad, en algunos proyectos de mejora, los autores han aplicado el siguiente modelo lineal computado a partir de los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El coste asociado a cada uno de los errores o no conformidades detectados en el proyecto y del retraso con respecto al inicio con se producen, de tal manera que se asigna un multiplicador de esfuerzo distinto a cada error que aumenta según avanza el tiempo desde el inicio del proyecto. Además este multiplicador ha sido distinto en cada una de las organizaciones en las que se ha aplicado esta solución. ▪ El coste requerido para hacer todas las revisiones y pruebas que ha sido registrado en los ficheros de esfuerzo de la organización. <p>Este modelo está aún en investigación y se ha aplicado con desigual resultado. Asimismo, se está comenzando a trabajar en la compilación y estandarización de un conjunto de casos de estudio y en un modelo que permita la comparación de estos casos de estudio con las características de una organización que pretenda mejorar el proceso de verificación y validación.</p>
FACTOR 4	
Enunciado	El coste estimado de las acciones de mejora del proceso de verificación y validación es tan elevado que la organización (sobre todo las pequeñas y medianas) no se lo pueden permitir, aunque los beneficios pudieran llegar a ser muy espectaculares
Descripción	<p>El coste para la mejora de los procesos de verificación suele incluir el valor económico del tiempo que el personal de la organización dedica a la mejora, el coste del equipo de consultores externos que suele participar para guiar en el proceso de mejora, así como el coste asociado a las nuevas herramientas que se introducen en la organización para automatizar los procesos de verificación y validación definido.</p> <p>La inversión inicial puede llegar a ser tan elevada que la organización que deba hacerla</p>

	no pueda permitírsela, de tal manera que el potencial beneficio aunque pueda llegar a ser muy alto no podrá ser alcanzado por la organización.
Solución aplicada	<p>La solución propuesta por los autores está basada en:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La definición de patrones [9] de verificación y validación. Estos patrones, desarrollados por los autores de la referencia citada, son soluciones prefabricadas para aplicar los mencionados procesos bajo distintos tipos de desarrollo. Estos patrones proporcionan información relativa a: Nombre, Patrones relacionados, Contexto inicial, Contexto de resultado, Problema, Solución, Entradas y Salidas. ▪ Recursos formativos y guías electrónicas que proporcionan instrucciones técnicas acerca de cómo utilizar un patrón de verificación y validación con un conjunto de herramientas específicas para el control de defectos, revisiones y pruebas. ▪ Modelos de negocio que permiten la publicación y adquisición de patrones y guías electrónicas, de tal manera que varias organizaciones puedan compartir el uso y el pago de los costes de los mismos. <p>Estas soluciones reducen la inversión inicial requerida, permitiendo a pequeñas y medianas organizaciones de desarrollo software compartir los costes para la mejora de los procesos software y, en concreto, los relativos a la verificación y validación.</p>

Tabla 2. Problemas relativos a la obtención del patrocinio de la dirección.

4.3. Diagnósis de la situación actual

Una vez que se han conseguido los propósitos de la fase de establecimiento de compromiso, es necesario determinar la situación actual que suele ser considerada muy negativamente por el personal de una organización que participa por primera vez en un programa de mejora. Este problema se describe en detalle en la tabla 4.

FACTOR 5	
Enunciado	La fase de diagnóstico de la situación actual del proceso de verificación y validación (incluyendo las pruebas) es una pérdida de tiempo y dinero, ya sabemos que no tenemos un proceso común
Descripción	Normalmente la fase de diagnóstico está dirigida a detectar las carencias de las prácticas actuales de verificación y validación realizadas por la organización e identificar los aspectos que deben ser mejorados. Esta información no es reconocida como valiosa como numerosos miembros de la organización, lo que puede suponer un rechazo acerca del programa de mejora.
Solución aplicada	<p>La solución planteada por los autores se centra en que el producto final de la fase de diagnóstico es la definición del proceso actual identificando aquellas prácticas que ya son ejecutadas por una minoría, se pueden generalizar para mejorar el desempeño de la organización.</p> <p>Este plan de acción está compuesto de los siguientes tipos de actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación de un patrón de procesos ▪ Adaptación de un patrón de procesos existente ▪ Creación de plantillas con la estructura de los productos generados / utilizados por un patrón ▪ Creación de una instrucción técnica para un patrón ▪ Adquisición o creación de ejemplos de aplicación de patrones y de los productos generados por los mismos. ▪ Realización de actividades de soporte para ayudar al personal a aprender a usar los activos (patrones, guías y plantillas) definidos. ▪ Realización de actividades de monitorización de la utilización de los activos definidos. ▪ Dotación de la infraestructura requerida para implantar las mejoras definidas. <p>Este plan de acción, además de una reducción de trabajo en futuras actividades, supone un aumento de la motivación del personal de la organización aumentando su implicación en las actividades de mejora, factor crítico de éxito para la consecución de sus objetivos.</p>

Tabla 3. Problemas relativos a la determinación de la situación actual.

4.4. Definición de procesos eficientes y optimizados

La definición del nuevo proceso de verificación y validación, así como su adaptación es una de las fases más problemáticas de la mejora por las discusiones y conflictos que se producen a lo largo de las tareas en grupo. Los principales problemas que suelen aparecer durante este trabajo se describen en la tabla 5.

FACTOR 6	
Enunciado	¿Qué es primero: el nuevo proceso de pruebas o las herramientas que permiten su automatización?
Descripción	En muchas organizaciones, la mejora de las actividades para la prueba de software se produce como consecuencia a la adquisición de una herramienta para la automatización de este tipo de actividades, lo que supone que las mejoras del proceso se restrinjan única y exclusivamente a las prestaciones proporcionadas por la herramienta en cuestión, lo que suele limitar la capacidad de mejora.
Solución aplicada	<p>La primera actividad de la definición del nuevo proceso de verificación y validación debe ser identificar la configuración de actividades. En ese momento, antes de definir el procedimiento detallado, se debe producir la selección de la herramienta que permita automatizar las actividades definidas con mayor eficacia y ahorro de costes.</p> <p>Posteriormente, y en colaboración con los expertos en la herramienta, se elaborarán los procedimientos e instrucciones para la ejecución eficiente, con la herramienta, de las actividades del proceso de verificación y validación.</p> <p>Es necesario indicar que las herramientas que se han introducido en primer lugar en todas las organizaciones estudiadas están dirigidas a la gestión de los defectos detectados durante las revisiones y pruebas de software.</p> <p>Asimismo, en casi todas las organizaciones se han implantado herramientas de uso libre para la automatización de las pruebas unitarias (NUnit y JUnit).</p> <p>En ninguna de las organizaciones se ha adquirido a nivel organizativo herramientas específicas para la prueba de rendimiento y carga de un sistema o para la automatización de las pruebas de aceptación de un sistema.</p>
FACTOR 7	
Enunciado	El establecimiento de revisiones técnicas, por pares o mediante inspecciones formales supone una sobrecarga de trabajo que no podemos asumir
Descripción	Personal participante en numerosas actividades de mejora de proceso, cuando se plantea la inclusión de actividades y técnicas para la realización de revisiones técnicas, por pares o mediante inspecciones formales, de los productos de análisis y diseño, aducen que este tipo de tareas es muy eficaz desde el punto de vista teórico, pero, en la práctica, producen un sobrecoste y una sobrecarga de trabajo la organización no puede asumir.
Solución aplicada	<p>Las soluciones aplicadas por parte de los autores en las organizaciones consideradas se centran en los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se han proporcionado listas de verificación adaptadas a los tipos de software elaborados y a las actividades realizadas (nuevos proyectos, mantenimientos adaptativos, correctivos, perfectivos o preventivos), de tal manera que los revisores tienen unas guías que les ayudan en la realización de las revisiones y en la detección de defectos más comunes. ▪ Introducción de métricas, basadas en los datos proporcionados por las listas de verificación, que permitan mostrar a los equipos de desarrollo la efectividad de las revisiones. Entre las métricas utilizadas son: tasa de errores detectados por cada revisión, esfuerzo medio requerido en realizar cada tipo de revisión y estudio de la evolución de las correcciones solicitadas por los usuarios para los productos entregados antes y después de aplicar las revisiones técnicas. ▪ Motivación mediante la proyección del coste de la calidad y la no calidad utilizando el modelo experimental presentado en la descripción de la solución del problema 4 e introducción de actividades de revisión con una exigencia menor de la indicada por los modelos de referencia, que se incrementa en sucesivas acciones de mejora.

FACTOR 8	
Enunciado	La definición de los casos de prueba de sistema es una actividad innecesaria y burocrática
Descripción	La definición detallada de los casos de prueba de sistema, indicando todos los pasos se suele considerar una tarea burocrática que requiere mucho esfuerzo y que no tiene un beneficio claro, porque en muchos casos, la persona que escribe los casos es el que ejecuta la prueba.
Solución aplicada	<p>La solución propuesta tiene una doble vertiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Por un lado, los autores han aplicado con éxito plantillas de casos de pruebas con campos precargados en los que los pasos se pueden especificar mediante un seudocódigo (lenguaje común) conocido por los miembros de la organización. Asimismo, se han proporcionado ejemplos de casos de prueba que se depositaban en una carpeta compartida. Los contenidos de esta carpeta compartida se enriquecen paulatinamente mediante la incorporación de los casos de prueba elaborados por los equipos de desarrollo una vez introducida la técnica. En todas las organizaciones, se ha determinado necesario, proporcionar mecanismos de búsqueda que faciliten la localización de aquellos casos de prueba que pueden ser reutilizados en otros trabajos. ▪ Por otra parte, es necesario cuantificar la reducción del coste de la construcción de los casos en las pruebas de regresión consecuencia de un mantenimiento utilizando una especificación que exista previamente, lo cual se puede conseguir con un pequeño experimento. <p>Además, dependiendo de las características organizativas, se pueden aplicar iniciativas de rotación de personal, siempre y cuando se disponga de personal capacitado para desempeñar distintos roles en un proyecto de desarrollo de software</p>

Tabla 4. Problemas relativos a la definición del nuevo proceso de verificación y validación.

4.5. Implantación de los procesos mejorados

Los riesgos no se han acabado una vez que se ha logrado definir un proceso de verificación y validación que sea eficiente y cumpla las expectativas de la organización, es necesario capacitar a los ingenieros del software usuarios del proceso. Por otra parte, también es necesario lograr el soporte por parte de todos los afectados de que las actividades de verificación y validación no sean las primeras sacrificadas una vez que se producen retrasos en el proyecto. Estos problemas se describen en detalle en la tabla 6.

FACTOR 9	
Enunciado	Es escasa la formación práctica de los ingenieros de software acerca de las actividades de revisión, inspección y pruebas de software
Descripción	Uno de las principales dificultades de la implantación eficaz de un nuevo proceso de verificación y validación consiste en que muchos de sus usuarios no conocen o recuerdan los conocimientos teóricos imprescindibles para realizar una eficaz revisión del contenido de un análisis o diseño o una prueba fiable de una función, clase, módulo o componente software.
Solución aplicada	<p>La formación previa a la implantación de la mejora no debe ceñirse al aprendizaje de la utilización de una herramienta de pruebas de software concreta, sino que debe incluir recordatorios o sesiones de técnicas de pruebas estructurales y funcionales, así como la realización práctica de inspecciones formales o revisiones por pares (dependiendo de las técnicas que se implanten en cada organización).</p> <p>Además, existen programas continuados de formación con la siguiente estructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En primer lugar, se ha elaborado un índice de las habilidades requeridas para la aplicación efectiva de los procesos de verificación y validación. ▪ Posteriormente, el personal ha asistido a sesiones de formación intensiva ($\approx 20 - 30$ horas) para conocer los procesos de verificación y validación definidos, así como los fundamentos de las técnicas básicas requeridas. ▪ Por último, se ha acordado celebrar sesiones de refresco o recordatorio para reforzar aspectos más controvertidos o difíciles en los procedimientos definidos.

FACTOR 10	
Enunciado	El tiempo de retraso de un proyecto es directamente proporcional a la disminución de tiempo y esfuerzo dedicado a la actividades de verificación y validación y, más específicamente, a las actividades de prueba de software
Descripción	Normalmente, cuando se retrasan los plazos de tiempo la dirección de la organización opta por aumentar el tiempo de desarrollo y recortar el tiempo de pruebas, asumiendo los posibles costes asociados a la realización de mantenimientos correctivos posteriores. Este fenómeno, a parte de tener un impacto negativo en la imagen de la organización, también mina la motivación del personal de la organización para aplicar sistemáticamente las mejoras introducidas.
Solución aplicada	La única solución a este problema reside en que la dirección de la organización manifieste su compromiso con la entrega de productos de calidad y establezca las acciones correctivas necesarias para la correcta verificación y validación de todo aquel software que se entregue, renegociando los compromisos en cuanto a plazos o alcance de la entrega.

Tabla 5. Problemas relativos a la obtención del patrocinio de la dirección.

5. Conclusiones

En este artículo se han presentado los beneficios que la mejora en el proceso de verificación y validación (y por tanto de pruebas de software) puede proporcionar para una organización intensiva en software, pero que, mundialmente, son pocas las organizaciones que han logrado la capacidad suficiente para que se logren en toda su expresión los beneficios esperados de estos procesos.

Asimismo, se han enumerado 10 factores más relevantes que impiden el logro de la madurez requerida, estableciendo posibles soluciones a los mismos basadas en la experiencia práctica de los autores de este trabajo en experiencias de mejora de los procesos de verificación y validación en organizaciones intensivas en software. Además, estas soluciones suponen líneas de investigación que están comenzando a ser abordadas por el grupo de Ingeniería del Software del Departamento de Informática de la Universidad Carlos III de Madrid. Estas líneas están relacionadas con:

- Métodos de estimación para el cálculo del ROI de la mejora de los procesos de verificación y validación.
- Métodos de estimación de los costes relativos a la mejora de los procesos software y, en concreto, los relativos a la verificación y validación.
- Definición de recursos y modelos de negocio que permitan a pequeñas y medianas organizaciones de desarrollo software compartir los costes para la mejora de los procesos software y, en concreto, los relativos a la verificación y validación.
- Definición de modelos cuantitativos que permitan calcular el valor añadido y el beneficio que cada acción de mejora de los procesos de verificación y validación supone sobre los resultados obtenidos por la organización.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido apoyado por el Ministerio de Educación y Ciencia dentro del proyecto TIN2005-24792-E (REPRIS).

Referencias

- [1] SPIRE Cases Studies. *Software Process Improvement in Regions of Europe*. ESSI project 23873 SPIRE. (<http://www.cse.dcu.ie/spire/main.html>)
- [2] *CMMI Maturity Profile March 2006 Report*. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, March 2006 (<http://www.sei.cmu.edu/appraisal-program/profile/pdf/CMMI/2006marCMMI.pdf>)
- [3] B. McFeeley, *IDEAL: A User's Guide for Software Process Improvement, tech. report* CMU/SEI-96-HB-001, Software Eng. Inst., 1996.
- [4] Deming, WE *The New Economics: for industry, government, education*. 1994 MIT CAES, Cambridge
- [5] Paulk, M.C.; Curtis, B.; Chrissis, M.B.; Weber, C.V. *CMMISM Product Suite*, www.sei.cmu.edu/cmmi/products/products.html, Sept. 2001.
- [6] ISO 12207.0-1995, Industry Implementation of International Standard ISO/IEC 12207: 1995 (ISO/IEC 12207) *Standard for Information Technology, Software life cycle processes IEEE/EIA 12207.0-1996* (A Joint Standard Developed by IEEE and EIA), March 1998.
- [7] IEEE Std 1074-1997. *IEEE Standard for Developing Software Life Cycle Processes*. Institute of Electronics Engineers. 1997.
- [8] Rico, D.F., *ROI of Software Process Improvement: Metrics for Project Managers and Software Engineers*, J. Ross Publishing, Inc., February 2004
- [9] Antonio Amescua, Javier García, Maria-Isabel Sánchez-Segura, Fuensanta Medina-Domínguez, *A pattern-based solution to bridge the gap between theory and practice in using process models*, International Software Process Workshop and International Workshop on Software Process Simulation and Modeling, SPW/ProSim 2006, Shanghai, China, May 20-21, 2006, Proceedings Series: Lecture Notes in Computer Science, Vol. 3966

ANEXO 1

	Unidad de Desarrollo 1	Unidad de Desarrollo 2	Unidad de Desarrollo 3	Unidad de Desarrollo 4	Unidad de Desarrollo 5	Unidad de Desarrollo 6	Unidad de Desarrollo 7	Unidad de Desarrollo 8	Unidad de Desarrollo 9	Unidad de Desarrollo 10
Tamaño	≈ 30	≈ 50	≈ 25	≈ 10	≈ 35	≈ 100	≈ 100	≈ 100	≈ 100	≈ 100
Tipo de software que desarrolla	Software de gestión en entorno web y cliente/ servidor en Windows	Software de gestión en entorno web y cliente/ servidor en Windows	Software integrado en dispositivos hardware para medición	Software para proyectos de investigación e innovación en las TIC	Software de gestión en entorno host e interfaces web para el mismo	Implantación y adaptación de sistemas ERP	Implantación de soluciones comerciales para gestión de conocimiento	Implantación y adaptación de sistemas comerciales para comercio electrónico	Adaptación de herramientas de soporte para desarrollo de software	Implantación y adaptación de sistemas comerciales para gestión de logística
Tipos de trabajos realizados	Desarrollo de nuevas soluciones y mantenimiento de las mismas	Desarrollo de nuevas soluciones y mantenimiento de las mismas	Desarrollo de nuevas soluciones y mantenimiento de las mismas	Desarrollo de nuevos componentes software	Desarrollo de nuevas soluciones y mantenimiento de las mismas	Adaptación de soluciones comerciales existentes	Adaptación de soluciones comerciales existentes	Adaptación de soluciones comerciales existentes	Adaptación de soluciones comerciales existentes	Adaptación de soluciones comerciales existentes
Tecnologías de base utilizadas	Windows, NET y SQLServer	Windows, PLSQL, Java y Oracle	Windows, Linux, Java, .NET	Windows, Linux, Java, .NET, RFID, SQLServer, Oracle, etc.	AS/400, PDM, Java, WASAD y DB2	Windows, Linux, Java, .NET, lenguajes propietarios	Windows, Linux, Java, .NET, lenguajes propietarios	Windows, Linux, Java, .NET, lenguajes propietarios	Windows, Linux, Java, .NET, lenguajes propietarios	Windows, Linux, Java, .NET, lenguajes propietarios
Herramientas de pruebas usadas	Herramientas de gestión de defectos propia y NUnit	Herramientas de gestión de defectos propia y JUnit	JUnit y NUnit	JUnit, Nunit y herramientas de gestión de defectos para cada proyecto	Sin herramientas	JUnit y Nunit	JUnit y Nunit	JUnit y Nunit	JUnit y Nunit	JUnit y Nunit
Rotación de personal	Baja – Grupos de trabajo estables	Baja – Grupos de trabajo estables	Baja – Grupos de trabajo estables	Alta – Grupos de trabajo que cambian semestralmente	Muy Baja – Grupos de trabajo estables	Muy Alta – Distintos para cada trabajo	Muy Alta – Distintos para cada trabajo	Muy Alta – Distintos para cada trabajo	Muy Alta – Distintos para cada trabajo	Muy Alta – Distintos para cada trabajo
Objetivo para iniciar la actividad de mejora	Instauración de un proceso eficiente y guías de adaptación a los distintos trabajos	Instauración de un proceso eficiente y guías de adaptación a los distintos trabajos	Instauración de un proceso eficiente y guías de adaptación a los distintos trabajos	Instauración de un proceso eficiente y guías de adaptación a los distintos trabajos	Obtención de un certificado ISO 9001:2000 para desarrollo de software	Nivel 2 de capacidad según CMMI de procesos de desarrollo y gestión de proyectos	Nivel 2 de capacidad según CMMI de procesos de desarrollo y gestión de proyectos	Nivel 2 de capacidad según CMMI de procesos de desarrollo y gestión de proyectos	Nivel 2 de capacidad según CMMI de procesos de desarrollo y gestión de proyectos	Nivel 2 de capacidad según CMMI de procesos de desarrollo y gestión de proyectos

Tabla 6. Características de las organizaciones de las que se han obtenido experiencias de mejora de los procesos de verificación y validación.