

Validación de un modelo para el aseguramiento de la calidad del software en MIPYMES que desarrollan software en el Eje Cafetero^{1,2}

Validation of a model for quality assurance of software in MSMEs that develop software in the Coffee Axis

Validação de um modelo para o asseguramento da qualidade do software em MIPYMES que desenvolve o software em el Eje Cafetero

A. Toro y L. E. Peláez

Recibido: septiembre 9 de 2017 - Aceptado: enero 15 de 2018

Resumen— El presente artículo pretende dar cuenta de la validación de un modelo, que en forma de metodología, se ha propuesto para que las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES) de la industria del software del Eje Cafetero y de Colombia, puedan mejorar la calidad del proceso y del producto. Se presentan entonces en este documento algunos de los aspectos metodológicos, procedimentales y evaluativos que han sido desarrollados y aplicados para validar la propuesta, así como los principales resultados obtenidos del proceso. La validación consiste en el desarrollo de un grupo de aplicativos

software en algunos sectores: educación, servicios, industria y comercio, en los cuales se empleen los lineamientos de desarrollo y gestión propuestos por el modelo. Una vez terminados los mismos, se compara su calidad con productos análogos en su funcionamiento que hayan sido desarrollados aplicando otra metodología, o sin aplicar ninguna de ellas, de tal forma que se pueda concluir sobre la efectividad o no del nuevo modelo.

Palabras clave— Desarrollo y gestión de software, ingeniería del software, SQA.

Abstract—This article aims to explain the validation of a model, which considered as a methodology, has been proposed to improve the quality of the process and the product in the Colombian software industry, which has been developed by MSMEs. Some of the methodological, procedural and evaluative aspects that have been developed and applied to validate the proposal, as well as the main results of the process, are presented in this paper. Such validation consists on the development of a group of software applications in certain sectors: education, services, industry, and trade; in which the development and management guidelines given by the model could be applied. After finishing them, its quality is compared to other analogous products in its functioning, which have been developed using another methodology or without applying any of them, so that the effectiveness or ineffectiveness of the new model could be compared and concluded.

Keywords—Software development and management, software engineering, SQA.

Resumo— O presente artigo pretende dar conta da validade de um modelo, que em forma de metodologia, foi proposto pra as micro, pequenas e medianas empresas (MIPÍMENOS) da indústria do software colombiana pra melhoram a qualidade do processo e do produto. E apresentado neste documento, alguns dos aspectos metodológicos, processuais procedentes e avaliadores que foram desenvolvidos e aplicados para validar a proposta, assim como os principais resultados obtidos do

¹Producto derivado del proyecto de investigación “Validación de un modelo para el aseguramiento de la calidad del software en mipymes que desarrollan software en el eje cafetero”. Presentado por el Grupo de Investigación Entre Ciencia e Ingeniería, antes Grupo de Investigación e Innovación en Ingeniería (GIII-UCP), de la Universidad Católica de Pereira.

²El modelo, propuesto por el investigador Luis Eduardo Peláez Valencia es producto del proyecto de investigación “Propuesta metodológica para estandarizar el proceso de construcción y evaluación del producto software que permita a las pymes medir la calidad del software”, del Grupo de Investigación “Entre Ciencia e Ingeniería”.

A. Toro, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia, email: alonso.toro@ucp.edu.co.

L. E. Peláez, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia, email: luis.pelaez@ucp.edu.co.

Como citar este artículo: Toro, A. y Peláez, L. E. Validación de un modelo para el aseguramiento de la calidad del software en MIPYMES que desarrollan software en el Eje Cafetero, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 12, no. 23, pp. 84-92, enero - junio, 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.31908/19098367.3707>



proceso. La validación consiste em desenvolvimento de um grupo de aplicativos software em alguns sectores: educação, serviços, indústria e comércio; em el quais se empregam os lineamentos de desenvolvimento e gestão propuestos para o modelo. Uma vez terminados os mesmos, se compara a qualidade com produtos análogos em seu funcionamento que foram desenvolvidos aplicando outra metodologia ou sem aplicar nenhuma de elas, de tal forma e se pode concluir sobre a efetividade ou não do novo modelo.

Palavras chave—Desenvolvimento e gestão de software, engenharia de Software, SQA.

I. NOMENCLATURA

MIPYMES: Micro, Pequeñas y Medianas Empresas.

SQA: Aseguramiento de la Calidad del Software.

II. INTRODUCCIÓN

EN un mercado globalizado como el de hoy, donde las empresas deben innovar y mejorar continuamente para crecer y ser más competitivas, la Calidad del Software es un factor fundamental para el desarrollo de las mismas. Como se expresa en [1]: “*La industria del software está directamente relacionada con la globalización, proporcionando a las empresas herramientas para dar cuenta de los desafíos de la internacionalización de la economía, tales como la innovación, el control logístico, la transformación productiva, la posibilidad de comunicarse rápidamente con todo el mundo, la necesidad de asegurar la calidad de productos, entre otros.*”

De acuerdo con lo anterior, y si se considera que la Calidad del Software es: “*La concordancia con los requerimientos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo documentados y con las características implícitas que se esperan de todo software desarrollado profesionalmente*” [2], o como lo define [3] en su estándar 610-1990: “*El concepto de calidad en el software es el grado con el que un sistema, componente o proceso cumple los requerimientos especificados y las necesidades o expectativas del cliente o usuario*”, se infiere que para que un proyecto software tenga éxito, es necesario que el resultado cuente con la calidad esperada por el cliente o los usuarios. De esta manera, la calidad del proyecto se deberá definir en términos de prestaciones, respuestas esperadas a determinadas acciones, o accesibilidad del producto en diferentes condiciones para poder probarla posteriormente mediante el uso de pruebas de software específicas.

La calidad del software es un tema cada vez más importante y al que se presta mayor atención, no solo desde el punto de vista investigativo, sino también desde el punto de vista empresarial, puesto que cada vez más las empresas buscan ofrecer a sus clientes productos y servicios que les permitan diferenciarse de sus competidores por la calidad de los mismos [4]. Es por este motivo y tratando de satisfacer las exigencias de una sociedad cada vez más globalizada y competitiva, que la calidad en el desarrollo y mantenimiento del software se ha convertido en uno de los pilares estratégicos de las organizaciones [5][6]. Sin embargo, pese a los esfuerzos por fortalecer dichos aspectos, se sigue

teniendo una situación preocupante dado que la calidad del software está todavía en un nivel inferior al que debería, de acuerdo con la importancia de su uso [7][8].

Al respecto [9], estima que la dificultad de gestionar el proceso de desarrollo de software conlleva a:

- El 15% de todo el esfuerzo de desarrollo de software se desperdicia debido a la cancelación de proyectos (a nivel mundial).
- El 50% de los proyectos de gran dimensión sobrepasa el presupuesto o se retrasa en su plazo de entrega.
- La mayoría de los proyectos de pequeña dimensión sobrepasan su presupuesto y sufren el retraso de un 20% en los plazos de entrega.
- La cantidad de trabajo en productos de software se duplica cada dos años.
- El 75% de los sistemas de gran dimensión tienen problemas de funcionamiento.

Las debilidades más preocupantes del proceso de desarrollo de software podrían enumerarse en:

- Alta dependencia de la mano de obra.
- Altos costos, debido a los largos plazos de entrega.
- Calidad insuficiente.
- Procesos escasamente repetibles.
- Modelos de gestión organizacional apenas desarrollados.
- Estructura reducida y carencias de personal cualificado en gestión empresarial.

Con el ánimo de superar estas dificultades, se ha desarrollado a nivel mundial una serie de normas, metodologías, modelos y certificaciones que pretenden mejorar los procesos de gestión y desarrollo de software, buscando que el producto resultante revista un alto grado de calidad. Estas buenas prácticas en la industria del software ayudan a las empresas a ser más productivas, disminuyendo costos y tiempo en sus desarrollos, a la vez que incrementan su competitividad en un mercado cada vez más exigente. A continuación, algunas de las que hoy están disponibles y pretenden medir y mejorar la calidad del producto.

El modelo ISO/IEC 9126 [10], para la **calidad del producto** software, publicado en 1991 y revisado en 2001, está siendo incorporado en la nueva serie ISO/IEC 25000 (SQuaRe). Esta serie de estándares interpretan la calidad de un sistema software como el grado en que el sistema satisface las necesidades implícitas y explícitas de sus diferentes usuarios (stakeholders). Estas necesidades se representan dentro de SQuaRe en varios modelos: el modelo de calidad del producto de software, el modelo de calidad de datos y el modelo de calidad en el uso del sistema.

Por otro lado, para la **calidad del proceso** software, CMMI (Capability Maturity Model Integration) [11], define las prácticas que los negocios han implementado en el proceso para alcanzar el éxito y proporciona una orientación sobre el modo de hacerse control de los procesos de planificación, desarrollo, pruebas y mantenimiento de software, a la vez que logra una evolución hacia la cultura de la ingeniería y una mejora continua [12][13]. Sin embargo,

debido a los altos costos de su implementación, este modelo no es aplicable para las MIPYMES, por lo que fue tomado por el European Software Institute (ESI)[14] como núcleo para el desarrollo del modelo IT-MARK, el cual sí puede ser aplicado a MIPYMES de desarrollo de software.

A diferencia del modelo CMMI, que establece cinco niveles de madurez en los procesos de desarrollo de software, IT-MARK distingue tres categorías (Elite, Premium e IT-MARK), en función de la madurez demostrada en los procesos de cada PYME. El servicio define también acciones de mejora y busca poner en marcha en las PYME, un proceso de mejora continua totalmente compatible con el modelo CMMI.

Colombia, un país donde las pequeñas y medianas empresas (PYMES) desarrolladoras de software tienen una alta representación del sector comercial y ofrecen soluciones innovadoras, creativas e inteligentes, podrían aumentar su nivel de efectividad y de calidad si contarán con las herramientas suficientes para asegurar la calidad de sus productos sin tener que sacrificar variables como el costo, el tiempo y el esfuerzo [15].

Así pues, es importante el interés que está brindando el Estado colombiano para impulsar la investigación e innovación en el país, buscando lograr una mayor competitividad y avance tecnológico conforme al entorno internacional. En esta misma línea, la universidad como institución que busca pertinencia social con la región, debe intervenir y ofrecer soluciones que ayuden a superar los obstáculos que separan al software de ser un producto de alta calidad.

III. PROYECTOS ANTERIORES

La línea de investigación en Ingeniería del Software del Grupo Entre Ciencia e Ingeniería de la Universidad Católica de Pereira, antes denominado GIII, tiene una trayectoria de más de ocho (8) años en el desarrollo de proyectos relacionados con Desarrollo de software, Ingeniería de Software y Calidad de software. Por tal razón, y en su afán por alcanzar el objetivo de “lograr la apropiación del conocimiento en temas relacionados con la Ingeniería del software como disciplina [16], así como de las metodologías y modelos de desarrollo y gestión de software que permitan la implementación de buenas prácticas [17] de ingeniería para asegurar la calidad en el proceso y en el producto, con el fin de fortalecer la industria del software en la región y en el país”, ha formulado y ejecutado varios proyectos, entre los que se encuentran los mencionados a continuación:

- Propuesta metodológica para estandarizar el proceso de construcción y evaluación del software que permita a las PYMES medir la calidad del producto [18].
- Estado del arte de la ingeniería del software en el ámbito nacional e internacional de acuerdo con organizaciones que tratan la disciplina [19].
- Caracterización de las metodologías de desarrollo de software [20].
- Caracterización de la calidad del proceso de desarrollo de software según los productores de Colombia [7].

- Caracterización de la calidad según los usuarios del producto software fabricado [8].
- Procedimiento para la especificación y validación de requisitos de software en MiPymes desarrolladoras de software de la ciudad de Pereira [21] [22].
- Validación de un modelo para el aseguramiento de la calidad del software en MIPYMES que desarrollan software en el Eje Cafetero [23][24].

Los proyectos anteriores permitieron la formulación del Modelo de Desarrollo y Gestión de software para que las PYMES colombianas mejoraran la calidad de sus productos software, así como su validación y planteamiento de nuevas líneas de trabajo e investigación.

IV. EL MODELO DE REFERENCIA

El modelo para el Desarrollo y Gestión de proyectos de software está basado entre otros, en modelos internacionales como PSP [25], TSP [26][27], SCRUM [28], Métrica [29], MoProSoft [30], MPS-BR [31][32], PMBOK [33], que han servido como soporte para la formulación del modelo propio en forma de metodología. El enfoque metodológico a través del cual se hace despliegue durante todo el proceso -tanto de desarrollo como de gestión- se muestra en la Fig. 1.



Fig. 1. Modelo para el Desarrollo y Gestión de Proyectos de Software.^{LEPV}

El modelo se compone de fases y procesos que rigen el desarrollo del producto, apoyados en todo momento por el proceso de gestión. Es importante tener en cuenta que los procesos de desarrollo y gestión se realizan de forma paralela, retroalimentando constantemente la aplicación y ejecución de las diferentes fases. Un tercer proceso que hace referencia al Mantenimiento del producto se presenta de manera separada, puesto que se considera importante y se proponen actividades, pero no hace parte del proceso de desarrollo propiamente, sino que se presenta en etapas anteriores. A continuación se presenta una breve descripción de los procesos antes relacionados tenidos en cuenta al momento de desarrollar los aplicativos:

A. Proceso de gestión

Planificación y estimación (fase de inicio): para cada proyecto se llevan a cabo las siguientes actividades:

Iniciación y alcance del proyecto: en este punto se

elabora el Acta de constitución del proyecto (Project charter o carta del proyecto), se hace un estudio de viabilidad, se definen los alcances y se determinan los objetivos. Se tienen en cuenta además aspectos tales como riesgos, entregables, responsables del proyecto e identificación de interesados (stakeholders), entre otros.

Planificación del proyecto: se realiza la estimación de costos, tiempo y esfuerzo. Es importante tener en cuenta que para este proceso ya deben tenerse claros los objetivos, los requerimientos deben estar especificados y toda la información necesaria para el desarrollo del proyecto debe estar disponible. Se contemplan además diferentes métodos y técnicas de estimación -recomendadas por el modelo- que permitan realizar las proyecciones correspondientes, razón por la cual es conveniente utilizar el que más se acomode al contexto del proyecto y las variaciones que el mismo pueda presentar.

Aseguramiento de la calidad del Software (SQA) (fase de planificación): o garantía de la calidad, es una práctica sistemática y planificada que se aplica a lo largo de todo el desarrollo, con el fin de asegurar que tanto el proceso de construcción como el producto software cumplan con los requerimientos técnicos y de calidad establecidos. Así pues, se considera que “la calidad de un producto viene en gran medida determinada por la calidad de sus procesos” [29], y por tal motivo se tiene presente durante el proceso de construcción del software.

Configuración de versiones (fase de ejecución): se considera en esta etapa la aplicación de diversos procedimientos para gestionar la evolución del software, tales como registro y procesamiento de cambios, generación de versiones para los diferentes componentes del sistema, el producto final a entregar y los diferentes elementos que van resultando de aplicar la ingeniería de software: código fuente, documentación, especificaciones, diagramas, scripts de bases de datos, notas técnicas, entre otros. Es importante mencionar que en este proceso se define qué es lo que se debe gestionar, quién será el responsable de dicho procedimiento y las políticas de gestión de la configuración, entre otros.

Gestión de incidencias y requisitos (fase de monitoreo y control): en esta etapa se ejecuta una revisión y evaluación del producto mediante la validación (proceso de pruebas) y verificación del cumplimiento de los requisitos. Lo anterior permite controlar la correcta ejecución del proceso y tomar decisiones respecto a algún cambio al producto o a la planificación inicial. Comprende la elaboración de un plan de pruebas, el diseño de casos de prueba y la gestión de incidencias, entre otros.

Documentación (fase de cierre): en esta actividad se lleva a cabo el registro de los diferentes procesos ejecutados, con la finalidad de tener los soportes y la información correspondientes al desarrollo y ejecución del proyecto. Hacen parte de este proceso ejecutado de manera transversal documentos como: planes (plan de implantación, por ejemplo), identificación de requisitos, manuales de configuración/instalación/usuario, evaluaciones realizadas, actas de reunión y de cierre, entre otras.

B. Proceso de desarrollo

Requerimientos: en esta fase se lleva a cabo el proceso de educación de requerimientos, el cual consiste en la aplicación de diferentes técnicas para obtener los requisitos con los cuales el sistema debe cumplir. Los mismos se entienden como: “La propiedad que un software desarrollado o adaptado debe tener para resolver un problema concreto” [4]. Una vez obtenidos, los requerimientos se someten a una etapa de análisis en la que se clasifican, ponderan y priorizan; cuando se encuentran definidos y documentados en el formato correspondiente, pasan por una etapa de verificación donde son validados y aprobados por el cliente.

En caso de requerir algún cambio o retroalimentación se realiza el mantenimiento correspondiente y se inicia nuevamente el ciclo de vida del requerimiento. De esta manera se busca obtener una correcta definición de los requisitos del proyecto, pues se considera que es una de las etapas fundamentales en el proceso de desarrollo y uno de los mayores factores de éxito del mismo.

Arquitectura: en esta etapa del proyecto se establece el marco estructural del sistema con sus componentes, las relaciones entre estos y su entorno, así como los principios que guían el diseño e implementación de la solución propuesta. Se describen además los actores del sistema, se identifican los requerimientos de hardware y de software, la especificación de la interacción con la tecnología, los procesos, subprocesos y actividades a que haya lugar. Para tal fin, se emplea el uso de diferentes modelos y diagramas que permitan especificar de manera clara y detallada el sistema a desarrollar. Algunos de los que se emplearon en cada uno de los aplicativos desarrollados fueron los siguientes:

- Diagramas de requerimientos.
- Diagramas de actividades.
- Diagramas de secuencia.
- Diagramas de clases.
- Diagrama de navegación.
- Diseño de entradas.
- Diseño de salidas.
- Modelos de casos de uso.
- Interfaces de usuario.
- Otros...

Construcción: en esta etapa se llevan a cabo un conjunto de actividades y procedimientos que permiten la construcción o implementación del sistema software, como la codificación, verificación de código (normalmente a través de listas de chequeo), compilación, depuración, documentación del código, aplicación de estándares de codificación y algunas pruebas unitarias, así como la implementación de bases de datos cuando así lo requiere la solución.

Pruebas: se realiza el proceso orientado a comprobar la calidad del software previamente codificado mediante la identificación y corrección de la mayor cantidad posible de fallos, revisando tanto el producto como el proceso de generación del mismo. Para ello, es indispensable la elaboración de un plan de pruebas que guiará el proceso, un diseño de casos de prueba a ejecutar, un formato o

herramienta de reporte y control de incidencias, un informe de cierre y una carta de aceptación por parte del cliente.

Implantación: consiste en la transferencia del software desarrollado al entorno específico para el cual fue propuesto, teniendo en cuenta el equipo que va a llevar a cabo la implantación, la configuración previa del ambiente donde se va a implantar la solución, la capacitación de los usuarios, administradores y equipo técnico, migración o conversión de datos si fuera necesario, configuraciones iniciales, convivencia con otros módulos o sistemas y demás aspectos necesarios para la correcta puesta en operación del nuevo producto. También se llevan registros de las actividades y se documenta el proceso.

C. Mantenimiento del producto

Para el modelo propuesto, el Mantenimiento es un proceso independiente que debe ser considerado aparte de los procesos de desarrollo y gestión, puesto que sus actividades se realizan después de haber terminado y entregado el producto. Sin embargo, se tiene en cuenta una serie de actividades y elementos post entrega donde se pueden realizar cambios al producto inicialmente solicitado, o soportes que tengan como propósito corregir fallos, mejorar su rendimiento o realizar modificaciones. Entre las actividades que se proponen están las relacionadas con entender los cambios que se deben realizar, generar un plan de mantenimiento, un plan de mejoramiento, proponer alternativas de innovación, realizar las modificaciones a que haya lugar, actualizar la documentación y realizar pruebas, entre otros.

V VALIDACIÓN DEL MODELO

La validación del modelo de desarrollo y gestión de software propuesto consiste en desarrollar un conjunto definido de aplicativos siguiendo las instrucciones del modelo, evaluar una serie de atributos de calidad tanto en el proceso como en el producto, a través de un instrumento de medición elaborado con base en modelos de calidad y documentos emitidos por la IEEE y las normas ISO/IEC 9126, entre otros; para posteriormente contrastar los resultados con la medición de calidad realizada con el mismo instrumento, a productos análogos que hayan sido desarrollados siguiendo otros modelos, o sin seguir alguno de ellos.

Los resultados permitirán concluir acerca de la validez del modelo y aportarán resultados que serán importantes para el refinamiento y mejora del mismo, de tal manera que se contribuya a optimizar tanto en los procesos de desarrollo y gestión de software, como en el producto desarrollado, en las MIPYMES de Colombia que construyen software.

A. Metodología

Siendo el propósito de este trabajo la validación de un modelo de aseguramiento de calidad del software, la metodología deberá estar rígidamente asociada a las exigencias del mismo. Se convierte entonces en un trabajo de investigación aplicada mediante la implantación de condiciones y observación de resultados.

Como se mencionó anteriormente, la metodología

planteada al inicio consta de seis (6) fases en las que se definen -a grandes rasgos- las actividades a realizar para la validación del modelo propuesto. Las mismas se han ejecutado de manera consistente y en el orden de desarrollo propuesto. Así, la metodología de trabajo corresponde a las fases siguientes:

- FASE 1: con el acompañamiento de las cámaras de comercio de la región, elegir tres MIPYMES que sean candidatas a resolver problemas de gestión de información o gestión de procesos a través de una nueva solución computacional –software-.
- FASE 2: socializar con las MIPYMES el modelo que se seguirá en la solución de los problemas detectados.
- FASE 3: iniciar el proceso de desarrollo y el proceso de gestión del proyecto software a partir de lo estipulado por el modelo. Esta fase es paralela en las tres organizaciones elegidas.
- FASE 4: monitorear y valorar el comportamiento de las organizaciones frente a la aplicación del modelo. Lo que servirá para retroalimentar el proceso entre las mismas MIPYMES.
- FASE 5: evaluar el producto desarrollado mediante la implementación del modelo, frente a otros productos generados sin haber aplicado el mismo.
- FASE 6: proceso de divulgación de resultados.

B. Instrumento de medición de la calidad

Para llevar a cabo la medición de la calidad, tanto de los productos desarrollados con el modelo propio, como de los productos análogos en funcionamiento, se desarrolló por parte del grupo de investigación un instrumento que permitiera lograr dicho propósito con un alto nivel de confianza.

La medición se realizó a través del análisis de diferentes factores, atributos y características de calidad que deberán estar presentes en el software con el fin de asegurar su calidad. Se midieron entonces aspectos como: funcionalidad, fiabilidad, capacidad de uso, eficiencia, capacidad de mantenimiento, capacidad de traslado y calidad de uso, entre otros atributos relacionados con la capacidad del software. Asimismo, se calificó el nivel de funcionalidad de actividades como el uso de planes de sistemas de información, la gestión de requerimientos, la participación del cliente en el proyecto, uso de herramientas CASE que acompañen el proceso, aplicación o seguimiento de metodologías de ingeniería de software, documentación y aplicación de pruebas de software (tipos de prueba e intensidad), entre otros aspectos.

También se midieron actividades relacionadas con la gestión del proyecto: gestión de la integración, gestión del alcance, gestión de tiempo, costo, riesgos, documentación, gestión de la calidad y gestión de la configuración, entre otras características importantes. Según el instrumento, debe seleccionarse una única respuesta entre el intervalo que hay de 1-5, la capacidad que tiene el software que se esté evaluando para cumplir con cada una de las características antes mencionadas, siendo 5 la mejor capacidad y 1 la imposibilidad completa para cumplirla.

TABLA I
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD UTILIZADO

Características	Calificación					
	NA	1	2	3	4	5
Calidad interna del software						
Funcionalidad						
Apropiado para el uso						
Exactitud						
Interoperabilidad						
Seguridad de acceso						
Cumplimiento funcional						
Fiabilidad						
Madurez						
Tolerancia a fallas						
Capacidad de recuperación						
Cumplimiento de la fiabilidad						
Capacidad de uso						
Capacidad de entendimiento						
Capacidad de aprendizaje						
Capacidad de operabilidad						
Capacidad de atracción						
Cumplimiento de la capacidad de uso						
Eficiencia						
Comportamiento temporal						
Utilización de recursos						
Cumplimiento de la eficiencia						
Capacidad de mantenimiento						
Capacidad de análisis						
Capacidad de modificación						
Estabilidad						
Capacidad de prueba						
Cumplimiento de la capacidad de mantenimiento						
Capacidad de traslado						
Adaptabilidad						
Capacidad de instalación						
Coexistencia						
Capacidad de reemplazo						
Cumplimiento de la capacidad de traslado						
Calidad externa de software en uso						
Calidad en uso						
Eficacia						
Productividad						
Seguridad						
Satisfacción						

En caso de que alguna de las características no sea clara, el instrumento presenta un glosario de términos relacionados con cada una de ellas. La Tabla I muestra parte del instrumento utilizado para medir la calidad de los sistemas desarrollados y sus análogos, con el fin de comparar el cumplimiento de las características de calidad mencionadas anteriormente.

De igual forma, se preguntó por el nivel de funcionalidad que tienen las actividades mencionadas, siendo 1 la peor calificación y 5 la mejor; en caso de que la actividad sea "otra", se presenta un espacio para especificarla. En la Tabla II se presentan las actividades mencionadas.

TABLA II
ACTIVIDADES CALIFICADAS

Actividades	Calificación					
	NA	1	2	3	4	5
Plan de sistemas de información						
Requerimientos						
Participación del cliente en el proyecto						
Herramientas CASE						
Metodologías						
Metodología de ingeniería de Software ¿Cuál?						
Propia						
Documentación						
Talento humano						
Pruebas						
Intensidad de pruebas						
Unitarias						
Funcionales						
De Regresión						
De Aceptación						
De Integración						
Propias						
Gestión de proyectos						
Gestión de integración						
Gestión del alcance						
Gestión del tiempo						
Gestión del costo						
Gestión del riesgo						
Gestión de la documentación						
Gestión de la calidad						
Gestión de la configuración						

VI. RESULTADOS

Como resultados del proyecto se tienen cuatro (4) productos software desarrollados, las mediciones realizadas tanto a los aplicativos anteriores como a los productos análogos seleccionados, publicaciones y algunos productos adicionales. Los mismos se mencionan brevemente a continuación:

A. Productos desarrollados

TABLA III
PRODUCTOS SOFTWARE DESARROLLADOS

Sistema	Descripción
Sistema para la generación de certificados de Paz y Salvo.	Solución que posibilita la gestión de paz y salvos en instituciones educativas que lo requieren, permitiendo el manejo de la información y documentos en la nube. El sistema se basa en el concepto de gestión documental entendido como el conjunto de actividades para coordinar y controlar aspectos como la creación, recepción y acceso de documentos.
Sistema para la expedición genérica de certificados en universidades y otras entidades.	El sistema permite la generación de diferentes tipos de certificados por parte de los estudiantes de la Universidad Católica de Pereira, o cualquier empresa que así lo requiera, puesto que la solución es genérica y puede fácilmente adaptarse para solucionar problemas informáticos de distintas organizaciones, relacionados con la generación de varios tipos de certificaciones, entre las que se encuentran por ejemplo, certificados de salud y EPS, de estudio, de promedio de semestre y promedio acumulado, entre otros.
Sistema para la gestión de planes estratégicos.	La aplicación desarrollada permite hacer el seguimiento detallado, manejo y gestión de los proyectos y demás componentes que forman parte de un Plan Estratégico de Desarrollo que tenga propuesto lograr alguna organización. Para el caso específico de este proyecto, se trabajó con el PED de la Universidad Católica de Pereira.
Sistema para la administración del escalafón docente.	Permite la sistematización de procesos relacionados con el registro, actualización, consulta y evaluación de información del escalafón docente, facilitando el cumplimiento de criterios que al respecto establece la Universidad Católica de Pereira en el reglamento del escalafón docente y permitiendo llevar a cabo un seguimiento ordenado y sistematizado de la información (conocimiento y formación, producción académica, desarrollo docente) que un profesor genere en el desarrollo de su profesión, convirtiéndola en información accesible tanto para los mismos docentes como para el comité de escalafón y demás personas involucradas con su administración y evaluación.

B. Evaluación y Resultados principales

Las evaluaciones se realizaron mediante el instrumento de medición comentado anteriormente y fueron llevadas a cabo por las personas encargadas del desarrollo, administración u operación de cada uno de los sistemas. La Tabla IV presenta los aplicativos a los cuales se aplicó la medición de calidad.

Al realizar un análisis de los resultados obtenidos en la medición de las diferentes características pertenecientes a los procesos de desarrollo y gestión, se encontró que en ambos factores los sistemas desarrollados obtuvieron

mejores resultados a los obtenidos por los sistemas análogos, en especial en lo que a gestión de proyectos se refiere. Un resumen de los puntajes alcanzados se presenta a continuación en la Fig. 2.

TABLA IV
PRODUCTOS SOFTWARE EVALUADOS

Producto A (Modelo propio)	Producto B (Sistema análogo)
Sistema para la generación de certificados de Paz y Salvo.	Sistema de expedición de Paz y Salvos de la Universidad de Antioquia.
Sistema para la expedición genérica de certificados en universidades y otras entidades.	Sistema de generación de certificados de la Universidad Católica de Pereira.
Sistema SIGEP para la gestión de planes estratégicos.	Sistema eTask para automatización de proyectos usado por el departamento de Planeación de la Universidad Católica de Pereira.
Sistema para la gestión del escalafón docente de la Universidad Católica de Pereira.	Sistema SAED, actual aplicativo para la administración del escalafón docente de la Universidad Católica de Pereira.

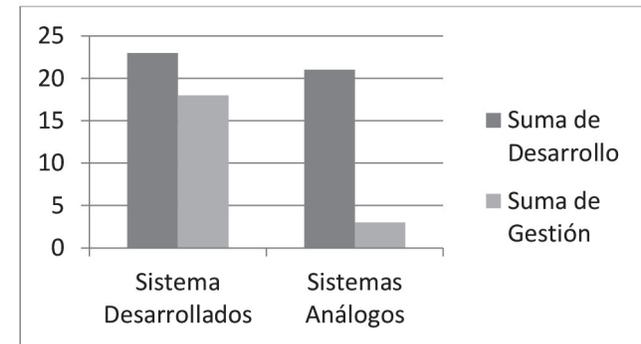


Fig. 2. Gráfico de resultados de la medición.

Los valores graficados corresponden a los datos presentados en la Tabla V, que se relaciona a continuación:

TABLA V
RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Etiquetas de fila	Desarrollo	Gestión
Sistemas Desarrollados	23	18
Sistemas Análogos	21	3
Total general	44	21

VII. CONCLUSIONES

La experiencia permite concluir sobre la validez y pertinencia del modelo propio de Desarrollo y Gestión de software propuesto. Dicha validación sugiere que la adopción e implementación del mismo en la industria colombiana de software (PYMES y MIPYMES) podrá contribuir de manera significativa en la mejora de los procesos de desarrollo y gestión, así como en la calidad de los productos elaborados.

El modelo propuesto debe leerse de manera genérica y gráfica; es esa precisamente una de las ventajas que se nota en su implementación, pues la mayoría de las metodologías y los modelos no son apropiados por la industria local por

la dificultad de comprender cada actividad en el nivel de detalle que se propone.

De esta forma, mostrar simplemente un gráfico con la explicación genérica de los procesos o las actividades, lleva inclusive al pequeño productor adaptar sus costumbres en un marco metodológico que se lo permite, para que así, y de manera progresiva, se genere la cultura de apropiar metodologías de desarrollo implementándola en sus procesos.

En el proyecto de investigación se concluye que, a diferencia de las tendencias teóricas [5] [6] [17] y [25], asegurar la calidad del proceso conduce a garantizar un mejor nivel de calidad en el producto.

Asimismo, se logra identificar a través de los resultados de la medición, que la aplicación del modelo propio para el Desarrollo y Gestión de software [4] contribuye notablemente al mejoramiento de las diferentes actividades que corresponden a la gestión del proyecto, en las cuales se evidencian grandes dificultades. A su vez, se nota un mejoramiento significativo en el proceso de desarrollo del producto.

Respecto a la evaluación de los procesos y productos a través del instrumento de medición de la calidad desarrollado, se puede concluir que: a) El instrumento utilizado para la validación del modelo (y presentado en este artículo) es adecuado y permite identificar los principales factores, atributos y características para determinar la calidad o no de un determinado software. b) La medición debe ser aplicada por personal técnico que posea conocimientos y experiencia en el manejo del software a evaluar, o con el desarrollo de este.

Finalmente, se logra evidenciar que medir la calidad del producto permite conocer elementos claves del aseguramiento de la calidad del proceso de desarrollo llevados a cabo o no por el productor, y así proponer mejoras al proceso en correspondencia con la calidad del producto esperada por el usuario.

REFERENCIAS

- [1] Valencia A., L. S., Villa S., P. A., Ocampo, C. A. Modelo de calidad de software. *Scientia Et Technica*, vol. 2, No. 42, Pereira, Colombia. 2009, pp. 172-176.
- [2] Pressman, R. Ingeniería del software, un enfoque práctico. Madrid. MC Graw Hill. 2002, pp. 135.
- [3] IEEE. (s.f.). *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. Disponible: <http://www.idi.ntnu.no/grupper/su/publ/ese/ieee-se-glossary-610.12-1990.pdf>. Junio 01 de 2012.
- [4] Peláez Valencia, L. E. Modelo para la construcción y gestión de proyectos de software. Pereira, Risaralda, Colombia. *Informe de investigación*. 2012.
- [5] García, R., Piattini, M. Calidad en el desarrollo y mantenimiento del Software. Alfaomega. 2003, pp. 4.
- [6] Calero, C., Piattini, M. Calidad del Producto y Proceso Software. Editorial Ra-Ma. 2010, pp. 39.
- [7] Toro L., A., López R., J., Ramírez M., A., Peláez V., L. Caracterización del proceso de desarrollo de software en Colombia: una mirada desde las PYMES productoras. *Revista Páginas*, No. 92, 2012, pp. 89-98. Pereira, Colombia.
- [8] Peláez V., L. E., Hurtado M., R. A., Franco E., J. A. Certificación de la calidad del proceso y producto: ruta para pymes colombianas que fabrican software. *Ventana Informática*, No. 25. Manizales, Colombia. 2011 pp. 41-61.
- [9] The Standish Group (s.f.). *The Standish Group*. Recuperado el 25 de Mayo de 2012, de <http://blog.standishgroup.com/>
- [10] ISO. (s.f.). *International Organization for Standardization*. Disponible: www.iso.org. 28 de junio de 2012.
- [11] Software Engineering Institute Carnegie Mellon. (s.f.). Disponible: <http://www.sei.cmu.edu/cmml/>. 20 de 08 de 2011.
- [12] Escalone, F. (s.f.). Laboratorio de Sistemas Inteligentes - Universidad de Buenos Aires. Disponible: <http://laboratorios.fi.uba.ar/lsi/scalones-tesis-maestria-ingenieria-en-calidad.PDF>. 01 de Junio de 2012.
- [13] IEEE. *SWEBOOK. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge*. Piscataway, New Jersey. 2014.
- [14] ESI. (s.f.). *European Software Institute*. Disponible: <http://www.esi.es>. 28 de Mayo de 2012.
- [15] Sánchez S., S. M. Ingeniería del software, Un enfoque desde la guía SWEBOOK. México. Alfaomega. 2012.
- [16] Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Bogotá. *El sector del Software en Colombia*. Bogotá. 2010.
- [17] Sommerville, I. Ingeniería del software. Madrid (España). Pearson Educación S.A. 2005.
- [18] Peláez V., L. E. Modelo para la construcción y gestión de proyectos de software. Universidad Católica de Pereira. Pereira, Colombia. *Informe de investigación*. 2012.
- [19] Cardona B., L., Toro L., A., Peláez V., L. E. Revisión de Propuestas de Ingeniería del Software: una mirada desde las organizaciones internacionales que tratan la disciplina. *Entre Ciencia e Ingeniería*, No. 8, 2010, pp. 189-204.
- [20] Cardona B., L., Toro L., A., Peláez V., L. E. Estado del Arte que soporta el proceso de desarrollo de Software en las PYMES colombianas: una mirada desde las organizaciones nacionales que tienen que ver con la Disciplina. *Entre Ciencia e Ingeniería*, No. 10, 2011, pp. 93-107.
- [21] Toro L., A., Gálvez B., J. G. Especificación de requisitos de software: una mirada desde la revisión teórica de antecedentes. *Entre Ciencia e Ingeniería*, No. 19, 2016, pp. 108-113.
- [22] Toro L., A., Peláez V., L. E. Ingeniería de Requisitos: de la especificación de requisitos de software al aseguramiento de la calidad. Cómo lo hacen las Mipymes desarrolladoras de software de la ciudad de Pereira. *Entre Ciencia e Ingeniería*, No. 20, 2016, pp. 117-123.
- [23] Toro L., A., Peláez V., L. E., Carvajal P., D. L., López L., D. C. Desarrollo de software aplicando una propuesta metodológica diseñada en la Universidad Católica de Pereira. *Entre Ciencia e Ingeniería*, No. 14, 2013, pp. 85-92.
- [24] Toro L., A., Peláez V., L. E. Relación entre la carta del proyecto del PMBOK (PMI) y SQA. *Ventana Informática*, No. 29, 2013, pp. 63-79.
- [25] SEI - Software Engineering Institute. *PSP - Personal Software Process*. Estados Unidos. 2000.
- [26] Software Engineering Institute Carnegie Mellon. (s.f.). Disponible: <http://www.sei.cmu.edu/cmml/>. 20 de 08 de 2011.
- [27] Watts S. Humphrey. *Team Software Process (TSP)*. Pittsburgh (Estados Unidos). 2000.
- [28] Takeuchi, H., Nonaka, I. *SCRUM*. Waltham, Estados Unidos. 2001.
- [29] Ministerio de Administraciones Públicas (MAP). *METRICA V3*. Madrid (España). 2001.
- [30] Secretaría de Economía de México. *MoProSoft. (Modelo de Procesos para la Industria del Software)*. México. 2005.
- [31] SOFTEX, A. p. *MPS-Br: MPS-Br; Mejoramiento del Proceso de software*. Brasil. 2003.
- [32] SOFTEX. *MPS.BR-Mejora de procesos de software Brasileño. Guía general MPS de software*. Brasil. 2012.
- [33] Project Management Institute (PMI), *Project Management Body of Knowledge (PMBOK_guide)*. Newton Square (Pensilvania), Estados Unidos. 2008.
- [34] Cardona B., L., Toro L., A., Peláez V., L. E. Propuestas internacionales para la construcción de software según organizaciones que tratan la disciplina: una mirada crítica a los fallos en su aplicación. *Capítulo de memoria en la XV Convención y feria internacional Informática 2013*, La Habana, Cuba, 2013.
- [35] Cardona B., L., Toro L., A., Peláez V., L. E. La relación existente entre la calidad del software y el uso de modelos internacionales vs el uso de modelos autóctonos: el caso de las Pymes en el Eje Cafetero -Colombia-. *Capítulo de memoria en la XV Convención y feria internacional Informática 2013*, La Habana, Cuba, 2013.

- [36] Cardona B., L., Toro L., A., Peláez V., L. E. Detección de la necesidad de una propuesta ágil en el testeo de software sin arriesgar el aseguramiento de la calidad. *Capítulo de memoria en la XV Convención y feria internacional Informática 2013*, La Habana, Cuba, 2013.
- [37] MINTIC, Plan Pereira vive Digital, Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2016. [En línea]. Available: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-14812.html>. 12 junio 2016.



Alonso Toro. Nació en Viterbo – Caldas, Colombia, el 17 de junio de 1986. Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Pereira. Magister en Gestión y Desarrollo de Proyectos de Software de la Universidad Autónoma de Manizales. Ejerce como Director del programa Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Pereira y es docente en las áreas de Ingeniería de Software, Gestión de proyectos de software y Calidad de Software.

Entre sus campos de interés se encuentra la Ingeniería del software, el Desarrollo de Requisitos de Software, y la aplicación de buenas prácticas de ingeniería que permitan el Aseguramiento de la calidad del software. Hace parte del Grupo de Investigación Entre Ciencia e Ingeniería.



Luis Peláez. Nació en Pereira – Risaralda, Colombia. Ingeniero de Sistemas de la Universidad Antonio Nariño. Especialista en Propiedad intelectual de la Universidad Externado de Colombia. Magister en Ingeniería de software de la Universidad Politécnica de Madrid. Magister en Ingeniería del Software del Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Candidato a Doctor en Proyectos de la Universidad Internacional

Iberoamericana. Es profesor Asociado de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, e Investigador Asociado en la clasificación de COLCIENCIAS. Entre sus campos de interés se encuentra el Aseguramiento de la calidad en dos sectores del desarrollo social: la educación y la ciencia y la tecnología; de esta última, particularmente el software. Hace parte del Grupo de Investigación Entre Ciencia e Ingeniería.