

Aplicación del aprendizaje basado en problemas como estrategia docente en la asignatura de Ingeniería del Software de una universidad cubana

M.Sc. Yasnalla Rivero Peña¹ y Dr. C. Jesús Rafael Hechavarría Hernández²

¹Directora del Departamento de Desarrollo de Sistemas de Información de la Universidad de Holguín, Cuba, yasnalla@uho.edu.cu

²Docente investigador en la Universidad de Guayaquil (UG) y la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG), Ecuador, jesusr2h@gmail.com

Recibido: 29/1/2017; **Aprobado:** 30/3/2017.

Resumen

En este artículo se presenta la propuesta de incorporar una guía de evaluación para promover el aprendizaje activo de los temas de calidad de software en la formación del ingeniero informático. La guía de las prácticas probadas y la metodología propuesta fueron concebidas bajo el método pedagógico del Aprendizaje Basado en Problemas, ABP, con adaptaciones especiales para la ingeniería. Se describe la aplicación de la estrategia en la asignatura de Ingeniería de Software en los cursos académicos 2015-2016 de la Facultad de Informática en la Universidad de Holguín, Cuba.

Abstract

This article presents the proposal to incorporate an evaluation guide to promote active learning of software quality issues in the computer engineer training. The guide to the practices tested and the proposed methodology were conceived under the Pedagogical Method of Problem Based Learning, ABP, with special adaptations for engineering. The application of the strategy in the subject of Software Engineering is described in the academic courses 2015-2016 of the Faculty of Computing at the University of Holguin, Cuba.

Palabras claves: Calidad, métricas, ingeniería de software, aprendizaje basado en problemas.

Keywords: Quality, metrics, software engineering, problem-based learning

INTRODUCCIÓN

El panorama actual del proceso enseñanza aprendizaje plantea nuevos retos académicos, especialmente en lo que se refiere a métodos capaces de construir competencias orientadas al logro de una mayor autonomía del estudiante, puesto que el aprendizaje será más efectivo si en alguna etapa de la experiencia el alumno puede participar activamente mediante la experimentación, el análisis y la toma de decisiones. Existe una preocupación constante en universidades y docentes, los cuales buscan desarrollar y adaptar nuevas estrategias pedagógicas y didácticas que permitan la formación de profesionales de la ingeniería con las aptitudes exigidas por entornos laborales y sociales cada vez más dinámicos (Galvis, 2007; Schmal, 2012). Igualmente se busca el desarrollo de competencias específicas, las cuales dependerán de las áreas de conocimiento propias del programa académico que se esté considerando.

El SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) es una guía que enmarca los contenidos de la disciplina de la Ingeniería de Software. Uno de los objetivos de SWEBOK es proporcionar las bases para el desarrollo de currículos

(Bourque & Fairley, 2014). La versión original de la guía SWEBOK (año 2004) fue la piedra angular para generar el Conocimiento Educativo de la Ingeniería de Software (Software Engineering Education Knowledge - SEEK), el mismo que fuera usado para desarrollar las guías curriculares para programas universitarios de ingeniería de software (SE2004) (ACM., 2004). Estas guías proporcionan indicaciones a los educadores sobre el contenido de los programas, la forma de enseñar los contenidos en diferentes contextos, y las habilidades que necesitan los estudiantes de pregrado para afrontar los procesos de desarrollo de software.

La introducción de conceptos básicos relacionados con la calidad de software es uno de los aspectos que adquiere gran interés en el proceso de formación de los ingenieros informáticos. El plan de estudios de la carrera Ingeniería Informática en Cuba, garantiza esta preparación a partir de los elementos planteados en la disciplina principal integradora Ingeniería y Gestión de Software. La formación de estos profesionales se ve condicionada por la necesidad de satisfacer el uso imprescindible de las mejores técnicas de Ingeniería y Gestión de Software (Peña, Hernández, & Norchales, 2017).

De acuerdo a estos lineamientos curriculares, una de las siete características deseables en el trabajo de los ingenieros de software es: “Los ingenieros miden cosas, y cuando es apropiado, trabajan cuantitativamente; calibrando y validando sus mediciones; y usando aproximaciones basadas en la experiencia y datos empíricos” (ACM., 2004). Esta característica se prevé dentro de la disciplina principal integradora desglosada en objetivos instructivos:

- Desarrollar hábitos y habilidades de gestión de la calidad de software.
- Conocer las técnicas de verificación y validación de software y su papel en el aseguramiento y control de la calidad de los proyectos de software

De este mismo modo que considera entre las habilidades básicas a desarrollar:

- Identificar y evaluar métricas de calidad de software para los distintos flujos de trabajo del proceso (Peña, Fernández, González, Borrego, & Hernández, 2016).
- Orientado en este objetivo, el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad de Holguín va dirigido a lograr la formación del profesional a través de la vinculación del estudio y trabajo como uno de los objetivos principales en la malla curricular del profesional.

Mediante entrevistas realizadas a profesores y estudiantes de la carrera, se pudo

constatar la carencia de una herramienta informática de colaboración conjunta que permita a los estudiantes; en el desarrollo de sus prácticas de laboratorio y profesionales, el trabajo con las métricas de calidad. Se pudo observar en los entrevistados que consideran en menor cuantía las buenas prácticas de la ingeniería de software, del mismo modo que el uso de software educativo en el ambiente de trabajo de los proyectos para la evaluación de la calidad y conformidad de software.

A pesar de que la plataforma interactiva Moodle, tiene definidos algunos mecanismos para la evaluación de la calidad de los productos desarrollados tales como: Procedimiento para la evaluación de la conformidad de productos informáticos propuesto por Peña, Fernández, Borrego, & Ochoa, (2015), estos mecanismos aún son insuficientes debido a las características propias del instrumento para el desarrollo de las actividades docentes relacionadas con el tema.

A continuación, se mencionan las deficiencias detectadas durante el proceso de enseñanza –aprendizaje de la Ingeniería de software:

- En los ejercicios prácticos de evaluación de software según la metodología seleccionada solo están documentados los casos de pruebas a partir de los requisitos declarados por el cliente, como evidencias de haber sometido el software a un proceso de evaluación.

- Se utiliza de forma generalizadora el método de investigación “Criterio de Expertos” como una forma de evaluar el grado de satisfacción de los usuarios con los productos desarrollados.
- Aunque están establecidas métricas para medir el resultado de las actividades productivas en el software, como se plantea en la norma NC-ISO 9126-1, en el programa de la asignatura no tienen concebida una guía de evaluación que indique como proceder en el trabajo con estas métricas cuando se imparten los temas de calidad de software.

Tomando en consideración la situación antes descrita, se plantea como objetivo general desarrollar una guía de evaluación para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas de calidad que se imparten en la disciplina de Ingeniería y Gestión de Software de la carrera de Ingeniería Informática en la Universidad de Holguín.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en el curso 2015-2016. Se emplearon diferentes métodos de la investigación: teóricos, empíricos y estadísticos para dar cumplimiento a cada una de las tareas. Su aplicación sistémica permitió el desarrollo de las diferentes etapas de la investigación. El diseño de la guía se encuentra sustentada fundamentalmente en el método pedagógico del Aprendizaje Basado en Problemas.

Para la misma se encuestaron 12 profesores de la disciplina de Ingeniería y Gestión de Software; con el empleo del método Delphi. Con el objetivo de evaluar la introducción de la propuesta en la disciplina y garantizar juicios exactos y oportunos en correspondencia con la problemática abordada.

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

Existen diversas metodologías que buscan acercar al estudiante a la solución de problemas del mundo real. Una de ellas es el Aprendizaje Basado en Problemas, ABP, la cual permite centrar el aprendizaje en el estudiante, e introducir en la enseñanza problemas abiertos y más próximos a su desempeño profesional (Benavides & Morales, 2009).

El ABP es un método de enseñanza caracterizado por el uso de problemas del “mundo real” establecidos como contextos en los que los estudiantes desarrollan su capacidad crítica y de solución de problemas, al tiempo que adquieren los conceptos esenciales de un determinado ámbito de conocimiento (Fernández & Duarte, 2013). Esta metodología favorece la posibilidad de interrelacionar distintas materias o disciplinas académicas para intentar solucionar un problema, ya que los alumnos necesitan recurrir a conocimientos adquiridos en diversas asignaturas. Esto permite la integración de conocimientos, desarrollando así la competencia del saber hacer en contexto.

El ABP es uno de los métodos de enseñanza–aprendizaje que ha tenido mayor aceptación entre las instituciones de educación superior en los últimos años. Es así como el ABP ha sido utilizado como una estrategia general a lo largo del plan de estudios de una carrera profesional, implementado como estrategia de trabajo a lo largo de cursos específicos, e incluso como una técnica didáctica aplicada para la revisión de ciertos objetivos de aprendizaje.

Los impulsores del ABP parten de la base de que los estudiantes obtienen conocimiento en cada experiencia de aprendizaje y consideran que hay mejores posibilidades de aprender cuando se cumplen las siguientes condiciones: el conocimiento previo es activado y alentado para incorporar nuevos conocimientos, se dan numerosas oportunidades para aplicarlos y el aprendizaje de nuevos conocimientos se produce en el contexto en que se utilizará posteriormente (Benavides & Morales, 2009). Mientras que en el método tradicional primero se muestra la información y posteriormente se busca su aplicación en la resolución de un problema, en el caso del ABP primero se presenta el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y, finalmente, se regresa al problema.

RESULTADOS

Diseño de la guía de evaluación para el cálculo de las métricas de calidad en la Ingeniería de Software.

La Guía para el cálculo de las métricas formó parte del procedimiento propuesto por Peña, Pino, & Hernández (2016). El procedimiento propuesto consta de cuatro fases: Diagnóstico, Planificación, Medición e Informe, compuesto a su vez por ocho pasos y nueve tareas, lo cual abarca todas las etapas del proceso de evaluación de software.

La fase de Planificación de dicho procedimiento tiene el objetivo de elaborar la guía de evaluación, a través de un conjunto de actividades que articuladas entre sí y previstas anticipadamente tienen el propósito de orientar cómo se va a proceder, a través de qué métodos y acciones los evaluadores emitirán criterios sobre la conformidad con los productos objetos de evaluación como se muestra en la Figura 1. A continuación se muestran los principales elementos definidos en la guía.

1. Acciones: conjunto de tareas lógicamente relacionadas que guiarán el proceso de evaluación y que arrojarán resultados de valor observable.

2. Roles: estructura organizacional destinada a realizar las actividades de evaluaciones propuestas.

3. Artefactos: cualquier documento creado, cambiado o utilizado por las personas en el desarrollo de sus actividades.



Figura 1. Pasos y tareas de la fase de Planificación.

Roles y responsabilidades definidas

Los roles identificados y las responsabilidades que se proponen en la guía se ve condicionada por la necesidad de satisfacer el uso imprescindible de las mejores técnicas de Ingeniería y Gestión de

Software en el proceso de desarrollo de productos informáticos, con vistas a alcanzar niveles de calidad superiores, realizando especial hincapié en la calidad percibida por el cliente.

Roles	Responsabilidades
Coordinador del equipo de aseguramiento de la calidad	La persona que ejerza este rol debe tener conocimiento y experiencia en el desarrollo de <i>software</i> , pues este rol tiene como responsabilidad realizar el seguimiento y control de las actividades que lleva a cabo el equipo de aseguramiento de calidad, en relación a la evaluación de las prácticas de desarrollo y al producto de <i>software</i> (CENDITEL, 2013).
Evaluador	La persona nombrada para este rol en el equipo de trabajo debe poseer sólidos conocimientos de evaluación de <i>software</i> y métricas de calidad, pues será la encargada de ejecutar las actividades de los procesos de medición y evaluación.
Probador	Este rol designado por el coordinador del equipo de aseguramiento de la calidad realizará ,ejecutará los casos de pruebas y analizará los resultados para registrar las futuras no conformidades que puede presentar el cliente (Beovides Luis &Castellanos Rodríguez, 2013).

Tabla1. Roles y responsabilidades en la guía de evaluación.

Artefactos que complementan la guía de evaluación

Durante el proceso de evaluación se generan una serie de artefactos, los cuales brindan información tanto cualitativa como cuantitativa del proceso de pruebas en forma de evidencias para posibles consultas. Los mismos se mencionan a continuación:

- Plantilla 1. Formulario con los resultados de la Pre-evaluación de software.
- Plantilla 2. Informe del proceso de medición de software.
- Plantilla 3. Informe de los valores asignados a las características evaluadas.
- Plantilla 4. Informe de la evaluación de software.

Cada uno de estos artefactos tiene como objetivo brindar a todas las personas del proyecto la información de cómo se trabaja, cuáles fueron las principales deficiencias detectadas en el software, los equipos de desarrollo que presentaron más problemas en la implementación del mismo, así como los equipos en los que hubo mejor organización, entre otras informaciones de interés.

A partir del diseño de la guía se realizaron evaluaciones técnicas para proporcionar evidencias objetivas del cumplimiento de los requerimientos desarrollados en los casos de estudios seleccionados por el profesor. En las Figuras 2 y 3 se ilustra el diseño propuesto acorde a los princi-

pales elementos que forman parte de la evaluación.

La guía de evaluación está compuesta por un conjunto de actividades de secuencia lógica que conducen el proceso de evaluación. En un primer momento los estudiantes seleccionan las características que se medirán en el software, establecen los pesos, elaboran la encuesta de pre-evaluación y luego aplican la encuesta al grupo de estudiantes que jugarán el rol de equipo de desarrollo. Posteriormente el equipo responder la encuesta y los evaluadores analizan los resultados de la pre-evaluación. De esta forma queda creado el “Informe de pre-evaluación de software” como se muestra en la Figura 2.

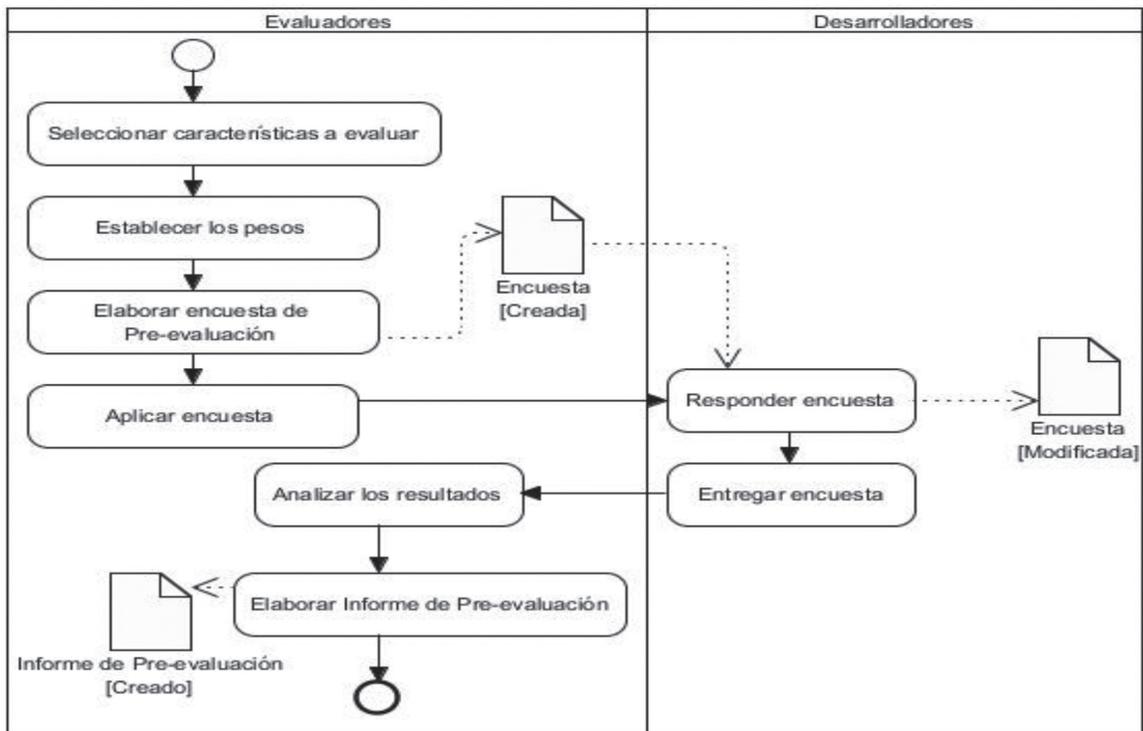


Figura 2. Etapa 1 de la guía de evaluación.

Luego de crear el informe de la pre-evaluación es enviado, en conjunto con el expediente del proyecto, al probador para realizar las pruebas al software y seguidamente registrar las no conformidades. En estas tareas se incorpora el evaluador, pues durante las pruebas recopilará todos los datos de las métricas involucradas. Seguidamente se calculan

las métricas, se interpretan los resultados durante el proceso de medición, se hacen corresponder los resultados obtenidos en las escalas para luego emitir el grado de conformidad con el producto evaluado. Finalmente, se elabora un informe de la evaluación como resultado de este proceso. El flujo de las actividades enunciadas anteriormente se describe en la Figura 3.

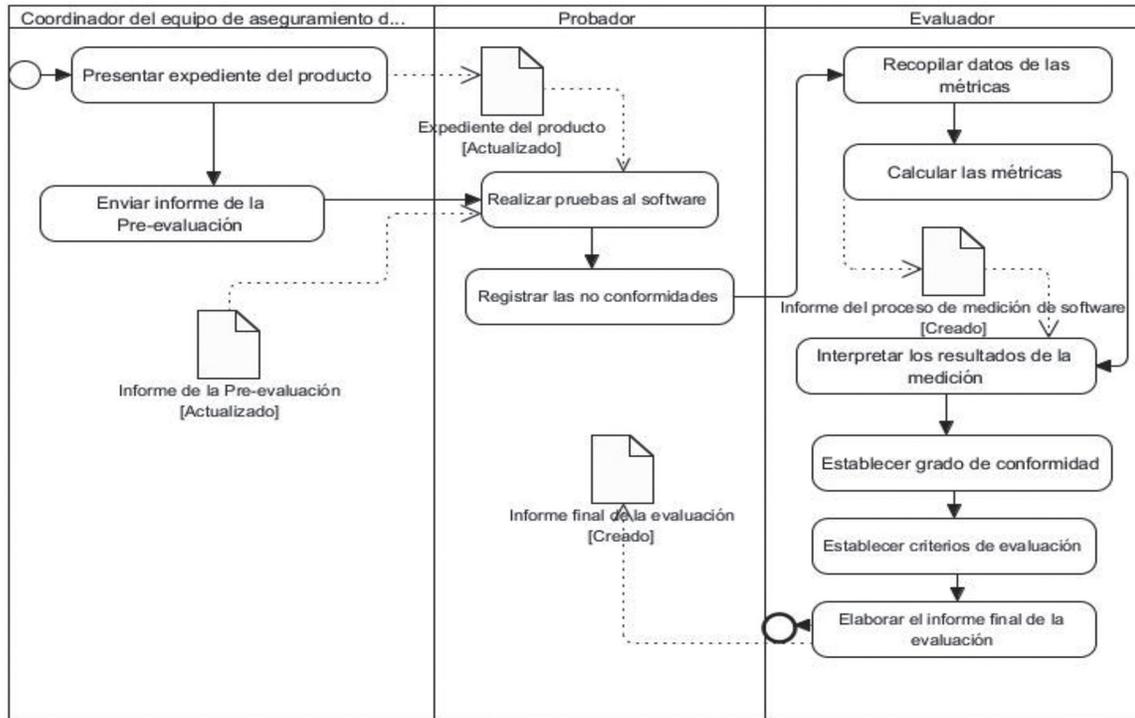


Figura 3. Etapa 2 de la guía de evaluación.

El objetivo de este ejercicio, con apoyo de la guía, es el desarrollo de un conjunto de competencias relacionadas con las mediciones de la calidad a diferentes proyectos de software tomados como casos de estudio; dado que un aspecto importante de la educación basada en competencias es la necesidad de desarrollar instrumentos que faciliten la evaluación de los resultados obtenidos por el estudiante en el logro de competencias (Ortiz, Luca, & Calderón, 2017). En las prácticas los alumnos deben realizar una serie de ajustes, encuestas y de mediciones; con esto se pretende lograr que los alumnos pue-

dan disponer de un mecanismo de evaluación donde les indique cómo proceder en un proceso de medición de las principales características de un software.

Aplicación del método ABP

En este ejercicio se desarrollaron dos prácticas que integran la metodología ABP a modo experimental. La primera de ellas incorporó un proceso de monitoreo del comportamiento de características específicas de un software durante la etapa de prueba y la segunda efectuó un proceso de análisis de las características

evaluadas anteriormente. Las prácticas planteadas incluyen en el computador algunos tutoriales sobre diferentes experimentos desarrollados con la aplicación práctica de la guía.

En la elaboración de las prácticas también se tuvieron en cuenta las características del trabajo bajo el modelo ABP donde el profesor (coordinador del equipo de aseguramiento de la calidad), el estudiante (evaluador y probador) tienen funciones y responsabilidades claramente delimitadas que a su vez deben estar coordinadas para que conduzca a los mismos objetivos de enseñanza y aprendizaje que se persigue con el desarrollo de la actividad. El estudiante pudo observar el comportamiento de cada característica evaluada y su incidencia en el funcionamiento adecuado del software, tiempo en el que se genera el volumen cuantitativo y cualitativo de datos necesarios en la confección del informe escrito de la evaluación del proyecto que fue asignado.

Valoración cuantitativa de los resultados

Una vez desarrollada la aplicación de los resultados de la propuesta es necesario realizar una valoración para obtener el grado en que este satisface los requisitos que le dieron origen. En un primer momento, se consultó a 20 personas para realizar la selección de expertos para el empleo del método Delphi. En la encuesta se analizó el grado de influencia de la fuente de argumentación propuesto por Cruz Ramírez & Cepena Martínez, (2012) para luego seleccionar el grupo de

expertos, teniendo en cuenta el criterio del área del conocimiento que interesa que esté representada; específicamente el área de calidad de software. El resultado de esta operación permitió el proceso de discriminación que exige el método. Al finalizar esta actividad, de los 20 profesionales encuestados fueron seleccionados 13 expertos. Por otra parte, fueron entrevistados posibles usuarios de la guía de evaluación, capaces de emitir criterios específicos y hacer recomendaciones que contribuyan a perfeccionarlo.

Durante el intercambio con los expertos, fueron encuestados 13 profesores de la disciplina de Ingeniería y Gestión de Software con experiencia en el tema tratado. Se tuvo en cuenta, además, la disposición de estos en evaluar teóricamente la propuesta en aras de enriquecerla con alguna idea o sugerencia que no se hubiera abordado en la encuesta realizada. Esta tarea se hizo a través de dos rondas que les permitió a los expertos emitir sus criterios y valoraciones; cada uno de ellos, de modo individual, se pronunció con respecto a los aspectos puestos a consideración. Luego de la primera ronda, se evidenció falta de consenso, como se muestra en las conclusiones del procesamiento estadístico de la Figura 4.

Debido a la conclusión anterior, fue necesaria una presentación más detallada de la propuesta y una vez aplicada la segunda ronda de encuestas se logró el acuerdo entre las opiniones de los expertos; fueron evaluados de muy relevante todos los aspectos.

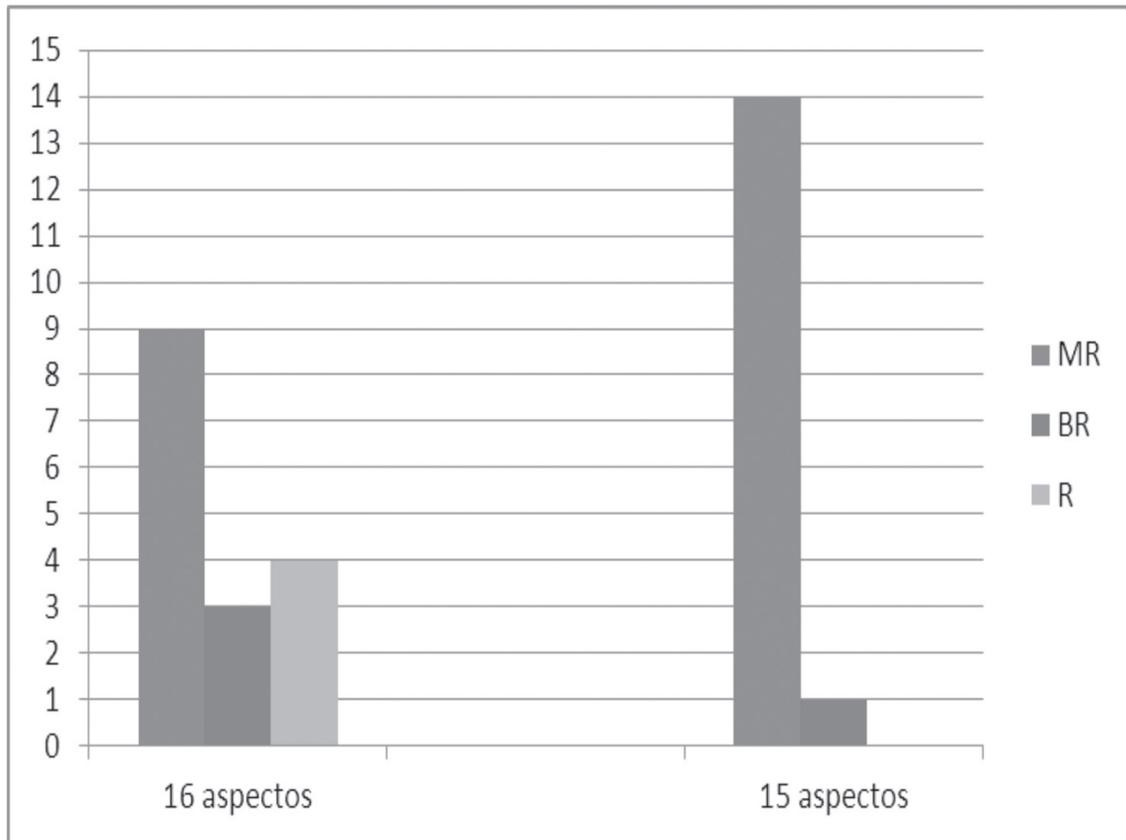


Figura 4. Aspectos evaluados en las consultas realizadas a los expertos.

Por otra parte, la guía fue utilizada en las prácticas profesionales de los estudiantes del cuarto año de la carrera de Ingeniería Informática del curso 2015-2016 para la evaluación de la calidad y conformidad de software en las empresas siguientes: la Empresa Nacional de Proyectos e Ingeniería (ENPA), Empresa Eléctrica, Empresa Comercializadora y Distribuidora de Medicamentos (ENCOMED), entre otras. A partir del procesamiento estadístico de los aspectos tratados en la encuesta con los expertos y el trabajo con la guía por parte de los estudiantes en el desarrollo de su actividad curricular, las personas coinciden en que todos los as-

pectos clasifican como “Muy Relevante”, lo cual influye positivamente en la calidad del mecanismo propuesto y los objetivos trazados con la investigación. De esta manera se puede concluir que el grado de satisfacción de los usuarios es alto, al igual que la evaluación que los mismos emiten sobre el trabajo realizado para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la materia Ingeniería de Software.

CONCLUSIONES

La guía propuesta como apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje de los temas

de calidad de software, fundamentada en el modelo pedagógico del Aprendizaje Basado en Problemas, garantiza la sistematización y consolidación de los temas de calidad en la formación del ingeniero informático relacionados con los modos de actuación en un proyecto de software. La aplicación de la guía en las prácticas profesionales permitió al estudiante realizar evaluaciones técnicas para proporcionar evidencias objetivas de que los productos desarrollados cumplan con los requerimientos pactados por el cliente luego de haber sido sometidos a un proceso de evaluación, así como interactuar con los artefactos generados durante el proceso.

La figura del docente en el modelo ABP cambia para tomar la responsabilidad de un tutor, acompañando el proceso de aprendizaje como motor impulsor y un verdadero facilitador educativo que debe transmitir un conjunto de valores y actitudes que conduzcan la formación del profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- ACM., I. (2004). *Curriculum guidelines for undergraduate degree programs in software engineering*. Vol. 23-8-2004 135. SE2004 (Ed.) Retrieved from <http://sites.computer.org/ccse/SE2004Volume.pdf>
- Beovides Luis, S., & Castellanos Rodríguez, D. (2013). Procedimiento de pruebas no funcionales para software educativo. *Paper presented at the XIV Edición de la Semana Tecnológica de FORDES*, La Habana, Cuba.
- Benavides, G. A. M., & Morales, C. E. O. (2009). Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP. *Revista Educación en Ingeniería*(7), 62-73.
- Bourque, P., & Fairley, R. E. (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK(R)):VERSION 3.0*
- CENDITEL, F. (2013). *Aseguramiento de calidad en el desarrollo de software libre*. Venezuela: Fundación CENDITEL.
- Cruz Ramírez, M., & Cepena Martínez, M. C. (2012). Perfeccionamiento de un instrumento para la selección de expertos en las investigaciones educativas. *Revista electrónica de investigación educativa*, 14(2), 167-179.
- Estayno, M. G., Dapozo, G. N., Cuenca Pletsch, L. R., & Greiner, C. L. (2009). Modelos y Métricas para evaluar Calidad de Software. *Paper presented at the XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, Buenos Aires, Argentina.
- Fernández, F. H., & Duarte, J. E. (2013). El Aprendizaje Basado en Problemas como Estrategia para el Desarrollo de Competencias Específicas en Estudiantes de Ingeniería. *Formación Universitaria*, 6(5), 29-38.

- Galvis, R. V. (2007). De un Perfil Docente Tradicional a un Perfil Docente Basado en Competencias, *Acción Pedagógica*, 16(1), 48-57
- ISO/IEC: 14598. *Information technology-Software product evaluation-Part 1: General overview* (1999).
- Lugo García, J. A., & García Pérez, A. M. (2013). Colección automática de métricas hacia un repositorio de mediciones. *Revista Facultad de Ingeniería*, 58, 199-207.
- NC-ISO: 9000. (2005). Sistemas de gestión de la calidad. *Fundamentos y vocabulario*.
- Ortiz, W. A., Luca, M. A. A. D., & Calderón, M. A. M. (2017). *Modelo para la evaluación de competencias en estudiantes de sistemas de información*. Opuntia Brava, 9(3)
- Peña, Y. R., Pino, M. M., & Hernández, J. R. H. (2016). La mejora de la calidad de software a partir de un procedimiento para la evaluación de la conformidad de productos informáticos. *Paper presented at the I Convención Internacional de Calidad Habana 2016*, La Habana, Cuba.
- Peña, Y. R., Fernández, C. J. M., González, A. T., Borrego, L. L., & Hernández, J. R. H. (2016). Software educativo para la enseñanza del proceso de medición de la calidad de software. *Paper presented at the XVI Congreso Internacional de Informática en la Educación, "Inforedu 2016"*, XVI Convención y Feria Internacional Informática 2016, la Habana, Cuba.
- Peña, Y. R., Hernández, J. R. H., & Norchales, Y. M. (2017). Herramienta de apoyo a la enseñanza de los temas de calidad en la formación de los ingenieros informáticos. *Paper presented at the Educ@ 2017 Séptimo Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación Virtual y a Distancia*, Mendoza, Argentina. www.educa.net
- Rawat, M. S., Mittal, A., & Dubey, S. K. (2012). Survey on impact of software metrics on software quality (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 3(1).
- Rubalcaba Betancourt, M. d. I. A., & Zambrana Hernández, Y. (2008). *Medición de la calidad de Software durante el Proceso de Pruebas en el Proyecto Modernización del CICPC*. Trabajo de Diploma en opción al el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas.
- Rubalcaba Betancourt, M. d. I. A., Zambrana Hernández, Y., & Cruz Torres, H. M. (2010). *Medición de la calidad de un producto software durante el proceso de pruebas en un proyecto productivo*. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas 3.
- Schmal, R. (2012). *Reflexiones en Torno a un Programa para la Formación de Competencias Transversales en Ingeniería, Ciencia, Docencia y Tecnología*, 44(1), 239-262