

Retorno Sobre la Inversión en Proyectos de Software Agiles: Una propuesta pedagógica de ROI-SCRUM

Cortés Chavarría, R.L.¹, Lizano Madriz, F.A.²

¹⁻² Escuela de Informática, Universidad Nacional de Costa Rica
Campus Benjamín Núñez, Lagunilla, Ulloa, Heredia, Costa Rica
¹rita.cortes.chavarría@una.cr, ²fulvio.lizano.madriz@una.cr

Fecha de recepción: 30 de noviembre de 2018

Fecha de aceptación: 17 de marzo de 2019

Resumen. El uso de métricas en el desarrollo de software ha sido pobremente atendido en el contexto académico. En el caso de la métrica para estimar el retorno de la inversión (ROI por sus siglas en Inglés), en el contexto de los proyectos Scrum, es un ejemplo típico de este problema. Es difícil encontrar en la literatura elementos que puedan ayudar al maestro a incorporar este tema en el currículo. Este artículo presenta los resultados preliminares de un proyecto en curso destinado a desarrollar un modelo pedagógico para ROI en un curso de Ingeniería de Sistemas. Este proyecto permitirá al profesor y sus alumnos, el estudio del ROI de forma sistemática e ilustrada.

Palabras Clave: Retorno de la Inversión, ROI, Scrum, modelo pedagógico.

Summary. The use of metrics in software development has been poorly attended in academia. In the case of the metric to estimate the Return on Investment (ROI), in the context of Scrum projects, it is a typical example of this problem. It is difficult to find in the literature elements that can help the teacher to incorporate this topic into the curricula. This article presents the preliminary results of an ongoing project aimed to develop a pedagogical model for ROI in a Systems Engineering course. This project will allow to the teacher and its students, the study ROI in a systematic and illustrated way.

Keywords: Return on Investment, ROI, Scrum, pedagogical model.

1 Introducción

Es difícil encontrar propuestas pedagógicas concretas sobre como enfocar el entrenamiento de algunas métricas financieras comúnmente utilizadas en el proceso de desarrollo de software. Por ejemplo se ha llegado a identificar una brecha en las temáticas relacionadas con la estimación de costos de proyectos de software, presentes en los planes de estudio relacionados con la formación académica de la computación [1]. La situación se complica debido al hecho de que este tipo de métricas o modelos son difíciles de entender y que los ejemplos existentes en la literatura son limitados [1].

La métrica financiera conocida como Retorno sobre la Inversión (en adelante conocido como ROI por sus siglas en idioma inglés - Return On Investment - ROI), no escapa a esta realidad. ROI es un tema presente en el proceso de desarrollo de software desde hace mucho tiempo. Existen algunos trabajos que podrían ser utilizados como referentes de un proceso de educación, los cuales abordan a profundidad el ROI y son utilizados como referentes por muchos trabajos y autores [2], [3]. Asimismo, algunos reconocidos de modelos de currículos relacionados con computación proponen el estudio de ROI. Por ejemplo, en las directrices curriculares para programas de grado en ingeniería de software propuestas por la ACM [4], dentro de los fundamentos de matemática e ingeniería, se incluye la evaluación de soluciones costo-efectivas utilizando el ROI y otras métricas tales como análisis de beneficios, análisis de compensaciones, análisis de costos. En este referente curricular, al ROI se le considera un elemento esencial, es decir, que forma parte del cuerpo de conocimiento de la ingeniería de software. Del mismo modo, se sugiere el abordaje del tema a un nivel de comprensión de la información y el significado del tema. Caso contrario sucede con el modelo de competencias globales para programas de postgrado en sistemas de información [5], el cual incluye marginalmente al ROI como un elemento más de una competencia en el área de Innovación, Cambio Organizacional y Emprendimiento. Específicamente, este modelo indica que la competencia “desarrollo de un plan de negocios”, debe incluir, entre otras cosas, el realizar una evaluación financiera utilizando ROI y otras métricas más.

Independientemente de lo anterior, no fue posible encontrar una propuesta pedagógica que esté orientada específicamente a enseñar el uso de ROI como métrica financiera en los procesos de desarrollo de software. No se cuenta, para el caso del ROI, con propuestas pedagógicas tales como las que se muestran en la literatura [1], [6].

Esta limitación en el proceso de formación de futuros practicantes de la computación puede entorpecer los esfuerzos de formación integral de futuros profesionales del desarrollo de software. Este tipo de formación es cada vez más estratégica en las organizaciones dedicadas a esta industria. El proceso de implementar un sistema de software requiere de un esfuerzo temporal con un alto costo, pues demanda factores complejos para cuantificar y gestionar como son la tecnología, las personas, el conocimiento, la innovación y los cambios estructurales que generan en la organización y sus procesos. Durante las últimas décadas se han utilizado diferentes metodologías de desarrollo de software, pero los resultados no siempre son alentadores. Se ha

evolucionado hacia metodologías ágiles que proporcionen al cliente productos terminados en forma incremental bajo el concepto de ágil. No obstante, en la literatura se identifican pocos referentes sobre técnicas de estimación ágil para medir ROI en este tipo de proyectos [7].

En abono a la anterior, las empresas realizan altas inversiones en desarrollo de software, aun cuando los índices de fracaso son altos. En el año 2007 se determinó que el 35 por ciento de todos los proyectos de software son exitosos sin embargo el 46 por ciento experimentan: - excesos en el costo o tiempo y -reducción en la funcionalidad [8]. Este problema, originado en una buena medida por la ausencia en el uso de métricas fiables puede estar originado en diversos factores. Se ha identificado una resistencia natural del desarrollador de software al papeleo lo cual los hace abandonar las métricas cuando su recolección no es obligatoria [9]. Por otro lado, otros argumentaron que en los métodos ágiles la planificación detallada y las fases largas de desarrollo se sustituyen por planificación incremental y entrega frecuente de pequeños incrementos de un producto entregable que es probado y evaluado por representantes de los usuarios [10].

En este artículo proponemos un enfoque pedagógico del abordaje del tema de ROI en un curso de Ingeniería de Sistemas. La estructura del artículo se deriva de una técnica de estimación del ROI propuesta para la industria de software [7] y busca la implementación pedagógica simple de dicha técnica en un contexto de proyectos de software, desarrollados por estudiantes de ingeniería de sistemas, bajo la modalidad SCRUM. En la sección dos de este trabajo, el lector podrá encontrar el contexto de aplicación del modelo pedagógico, es decir, una explicación de los objetivos, contenidos y estrategias de los cursos de ingeniería de sistemas. La aplicación del modelo se realiza progresivamente, en la primera etapa que se reporta en este documento, se muestran los resultados parciales obtenidos hasta el momento. En la sección tres de este documento, se presentan los principales conceptos relacionados con la teoría de ROI en proyectos de software. La sección cuatro está dedicada a presentar y explicar el modelo pedagógico propuesto. En la sección cinco se presentan algunos resultados del proceso de implementación del modelo en los cursos de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Costa Rica y se plantean los resultados preliminares de la implementación de la técnica en un contexto similar al utilizado para el diseño del modelo. El artículo finaliza con las conclusiones y referencias respectivas.

2 Contexto de aplicación: Los Cursos de Ingeniería de Sistemas

La Escuela de Informática de la Universidad Nacional en Costa Rica imparte la carrera de Ingeniería de Sistemas desde 1985, cuenta con una población aproximada de 1300 estudiantes [11]. Como parte fundamental del proceso de enseñanza, los estudiantes desarrollan un proyecto de software en una empresa durante tres cursos fundamentales del currículo de grado en Ingeniería de Sistemas. Estos cursos, Ingeniería I, II y III, tienen una duración de seis meses cada uno [12]. Desde el año 2009 hasta el año 2015 se utilizó la metodología de desarrollo RUP. A partir del año 2016 se inició con la incorporación de elementos ágiles en la metodología de desarrollo de software [11]. A noviembre del 2018, se han concluido 33 proyectos utilizando Scrum en los cursos de Ingeniería de Software de la Universidad Nacional de Costa Rica. Cada proyecto está integrado por 4 o 5 estudiantes, cuyo grupo se mantiene durante los tres semestres en los cuales se imparten los cursos de Ingeniería de Sistemas I, II y III [12].

En el primer curso de Ingeniería de Sistemas los estudiantes realizan el caso de negocio, definen los requerimientos, establecen el alcance del sistema a desarrollar y realizan una primera estimación del costo del proyecto. En el curso de Ingeniería II realizan la planificación del proyecto, determinan la capacidad del equipo de trabajo en horas y con base en ello refinan el costo aproximado de los cinco sprint que van a realizar durante el ciclo de desarrollo del proyecto, dos sprint los realizan en el curso de ingeniería de sistemas II y tres en el curso de Ingeniería de Sistemas III. Durante cada Sprint revisan la velocidad del equipo de trabajo, refinan el backlog y estiman la duración en horas de cada una de las tareas necesarias para desarrollar y probar los requerimientos.

3 ROI en Proyectos de Software

La métrica financiera ROI es una medida que se utiliza para estimar la rentabilidad de un proyecto en un momento dado, es la proporción de dinero ganado o perdido en una inversión relativa a la cantidad de dinero invertido [10]; en una forma simple es la proporción entre los beneficios y los costos del proyecto y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{ROI} = (\text{Beneficios} - \text{Costos}) / \text{Costos} \quad (1)$$

En los proyectos de desarrollo de software se utilizan los métodos ágiles compuestos por procesos de diseño ligeros que utilizan tecnologías flexibles para entregar productos en forma incremental mediante el involucramiento de los clientes para converger en soluciones [13]. Scrum es el método ágil más utilizado [14] y se define como “una metodología de adaptación, iterativa, rápida, flexible y eficaz, diseñada para ofrecer un valor significativo de forma rápida en todo el proyecto” [15]. Scrum admite que el proceso de desarrollo de software es complejo y difícil de predecir, la práctica demuestra que la planificación asertiva y la conclusión con éxito no siempre se logra; por ello los creadores de Scrum propusieron realizar una planificación y desarrollo progresivo utilizando controles durante el proceso de desarrollo con mediciones de riesgo en las interacciones cortas llamadas Sprint [16]. Adicionalmente, otros proponen utilizar técnicas de justificación del negocio en proyectos Scrum, tales como ROI, el Valor Presente Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) [16].

No obstante, la dificultad para estimar y priorizar los costos se debe, en gran parte, a la escasa cultura de costear los proyectos de tecnología de información, aunado a la ausencia de datos históricos y la dificultad que tienen los ingenieros de software para cuantificar los costos y beneficios de los proyectos, donde además, se requiere apoyo de especialistas en aspectos financieros para estimar el ROI [7].

4 Modelo Pedagógico de ROI-SCRUM

El modelo pedagógico propuesto se basa en la técnica de estimación del ROI propuesta por un estudio realizado para aplicar ROI en la industria de Software [6] que utiliza como referencia las cinco fases del marco metodológico Scrum [15], de las cuales se utilizan cuatro. En la fase de inicio se estima el ROI, el cual se refina en la fase de planeamiento y estimación; luego, en la fase de implementación, se registran los costos reales y, finalmente, en la fase de revisión y retrospectiva se mide el valor ganado, el cual constituye una métrica complementaria al ROI y se define como el rendimiento obtenido durante cada sprint. De esta forma, el modelo pedagógico propuesto se estructura en las 4 fases:

1. Inicio
2. Planeamiento y estimación
3. Implementación y
4. Revisión y retrospectiva.

En todo el proceso participan el product owner, el líder técnico, el scrum máster y el equipo desarrollador. Así mismo, se utilizan las ceremonias del marco Scrum tales como: sprint planning, daily Scrum, sprint review y sprint retrospective. El product owner y el líder técnico son funcionarios de la empresa donde se realiza el proyecto, el rol de Scrum Máster lo asume uno de los estudiantes con el apoyo del profesor, finalmente, el equipo desarrollador lo integran los 4 estudiantes del grupo.

En las ceremonias sprint planning y sprint review participan todos (product owner, líder técnico, Scrum máster y equipo desarrollador) y corresponden a reuniones que se realizan en la empresa; mientras que el daily Scrum y el retrospective son reuniones que realizan solo el grupo de estudiantes en su centro de estudio con el apoyo de herramientas virtuales. El profesor es un facilitador del proceso de aprendizaje, imparte clases presenciales con todos los estudiantes y realiza reuniones de seguimiento donde se evalúa los avances del proyecto y el proceso de aprendizaje.

En la “Figura 7. Diagrama del proceso del Marco Scrum, basado en el Flujo Scrum de la Cátedra de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Costa Rica.” se muestra el proceso del marco Scrum y sus componentes. También se incluyen las fases citadas anteriormente así como los formularios que se explicarán más adelante.

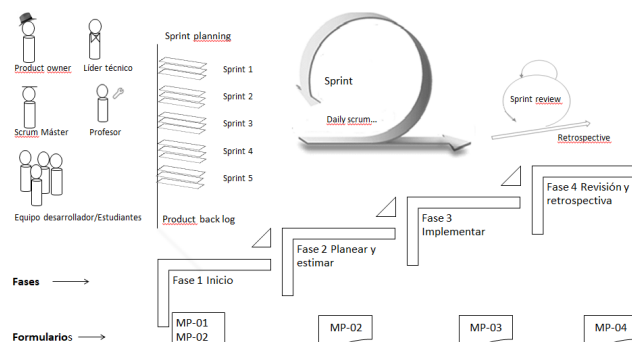


Figura 7. Diagrama del proceso del Marco Scrum, basado en el Flujo Scrum de la Cátedra de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Costa Rica.

Además el modelo considera usar varios formularios descritos a continuación:

1. MP-01, Formulario para describir el perfil del proyecto y calcular el ROI durante la fase de inicio.
2. MP-02, Formulario para definir el backlog del proyecto y su priorización durante todo el proyecto.
3. MP-03, Formulario para el registro de los costos reales del proyecto durante la fase de ejecución.
4. MP-04, Formulario donde se registra el valor ganado del proyecto y se analizan las desviaciones entre la planificación y el resultado real de cada sprint.

Cada fase tiene un flujo del proceso donde se explica la forma de realizar los cálculos para estimar el ROI y medir las desviaciones entre la planificación y los resultados reales. Estos flujos de proceso son representados por medio de diagramas con las entradas del proceso, las actividades y las salidas. Estas salidas se refieren a los formularios citados arriba. A continuación, se explica cada una de las fases y el uso de los formularios utilizando datos de ejemplos desarrollados por los estudiantes en el contexto citado en el apartado 2 de este documento.

4.1. Fase inicio

En esta fase se requiere identificar los costos y los beneficios del proyecto, el perfil del proyecto y la planificación inicial. En esta fase los estudiantes de Ingeniería de Sistemas I definen el perfil del proyecto y la definición de los requerimientos. El dueño del producto y el Líder técnico asignado por la Empresa donde se desarrolla el proyecto, estiman los costos y los beneficios; paralelamente, el equipo desarrollador conformado por los estudiantes estima las horas que requieren para el desarrollo.

El proceso se observa en la “**Figura 8. Diagrama del proceso de la fase Inicio, Estimación del ROI**”. Algunas de las actividades incluyen un número entre paréntesis lo cual indica la secuencia de ejecución de la actividad.

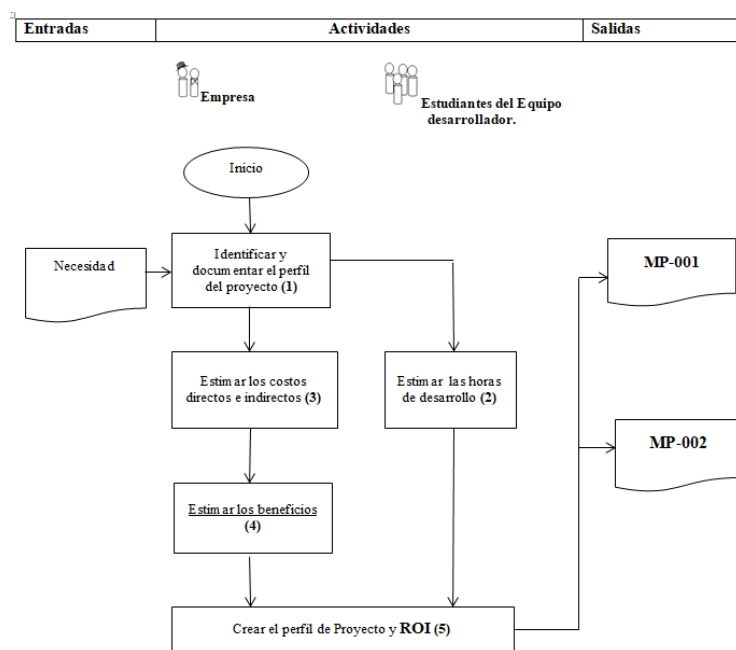


Figura 8. Diagrama del proceso de la fase Inicio, Estimación del ROI.

Estimación de costos.

El costo del recurso humano es uno de los principales rubros en el costo de un proyecto [7], por lo tanto, en esta fase los estudiantes deberán estimar el costo del equipo de trabajo que participará en el proyecto. Si la empresa donde realizan el proyecto cuenta con estimaciones de los costos indirectos y de las reservas se sugiere utilizar estos datos.

Estimación de beneficios.

La estimación de los beneficios de un proyecto es una tarea difícil, requiere de datos históricos y de apoyo profesional en aspectos financieros [7], por lo tanto los estudiantes enfrentan a una realidad donde las empresas tendrán dificultad para estimar los beneficios. Algunos beneficios de un proyecto de software pueden ser: -el incremento en la productividad, -satisfacción del cliente, -evitar multas y sanciones y -entregar a tiempo los proyectos [7]. En esta fase se propone que los estudiantes realicen una sesión de trabajo con la empresa para procurar obtener algún dato cuantitativo relacionado con los beneficios citados o cualquier otro dato que la empresa estime pertinente incorporar en la estimación del ROI.

Las estimaciones de los costos y de los beneficios, así como el cálculo del ROI se sugieren registrar en el formulario visible en la “**Figura 9. Formulario MP-01 Perfil del proyecto, estimación y registro del ROI**”, el cual muestra datos de ejemplo tomados de un proyecto desarrollado por un grupo de estudiantes de los cursos de Ingeniería de Sistemas.

MP-001 PERFIL DEL PROYECTO					
Nombre del proyecto: Sistema de Registro de Acuerdos			Empresa: Gobierno Local ABC		
INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO					
Fecha de elaboración del perfil del proyecto: Junio 2017					
Objetivos del proyecto: Automatizar el proceso del registro y seguimiento de acuerdos del Gobierno Local.					
Justificación y Propósito: Resolver los problemas de la pérdida de datos en los acuerdos tomados en las asambleas municipales y mejorar el seguimiento y atención de los acuerdos.					
COSTOS INICIALES					
Descripción				Monto US\$	
Horas de desarrollo del grupo de estudiantes		750 horas	\$20	15,000	
Horas asignadas por la empresa		200 horas	\$35	7,000	
Total Costo de Mano de Obra				22,000	
Costos indirectos: luz, agua, teléfono, local y uso del equipo electrónico. (2%)				440	
Reserva administrativa (5%)				1,100	
Reserva contingente (5%)				1,100	
TOTAL				24,640	
RECURSOS DE HARDWARE Y SOFTWARE PROYECTADOS					
Descripción	Cantidad	Adquirir	Mejorar	Utilizar	Monto US\$
Servidor	1	x			2,000
TOTAL					2,000
BENEFICIOS PROYECTADOS					
Descripción				Monto US\$	
Mejora en los procesos				63,000	
TOTAL				63,000	
ROI					
ROI = (63,000-26,640)/26,640 = 1,36					

Figura 9. Formulario MP-01 Perfil del proyecto, estimación y registro del ROI.

En el ejemplo citado en “Figura 8. Diagrama del proceso de la fase Inicio, Estimación del ROI” los beneficios proyectados se calcularon mediante una estimación preliminar que realizó la empresa con los estudiantes, considerando que con el nuevo sistema iban a disminuir los tiempos en los procesos actuales en 6 horas por semana (12 horas x 30 semanas al año x 5 años x \$35), cuyo resultado fue \$63.000.

4. 2. Fase planificación y estimación.

Los cursos de ingeniería de sistemas tienen una duración de 17 semanas, durante las cuales se imparten lecciones, se realizan tareas y se desarrolla un proyecto de desarrollo de software, todo ello mediante la metodología de aprendizaje basado en problemas de sus siglas en inglés PBL [18]. Por lo tanto, los estudiantes realizan 5 sprint con una duración de 3 semanas cada uno. Durante esta fase, los estudiantes con el apoyo de la

empresa, deberán distribuir los requerimientos en cada uno de los 5 Sprint; para esta estimación deben tomar en cuenta la capacidad del equipo desarrollador y la complejidad de cada uno de los requerimientos.

El modelo propone estimar el Valor Planeado de cada Sprint con base en la complejidad asignada a los requerimientos. Este proceso se observa en “Figura 10. Diagrama del proceso de la fase Planificación y estimación.”.

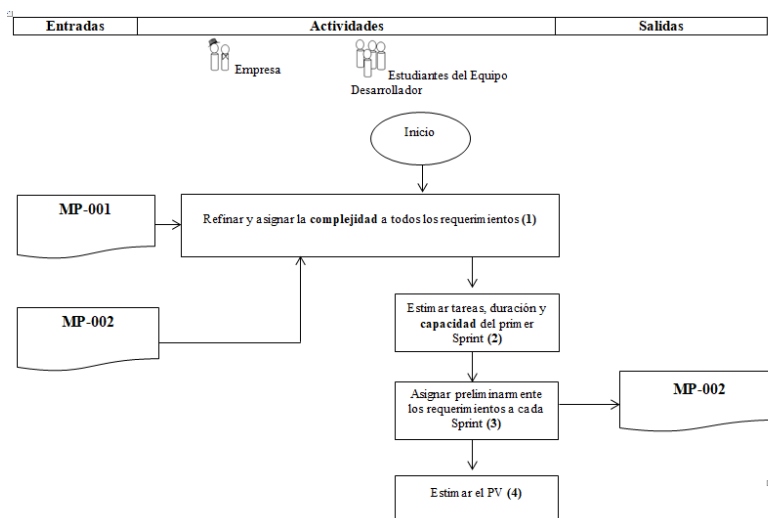


Figura 10. Diagrama del proceso de la fase Planificación y estimación.

La priorización de los requerimientos y la estimación de la complejidad se puede observar en la “Figura 11. Formulario MP-02 Requerimientos del proyecto (Backlog), Fase 2. Planificación y Estimación.”, cuyos datos corresponden al ejemplo que se ilustra en el presente documento.

MP-002 REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO								
Nombre del proyecto: Sistema de Registro de Acuerdos					Empresa: Gobierno Local ABC			
Capacidad para el primer Sprint:		120 horas			Cantidad de Sprint:		5	
Velocidad del equipo:		NA			Valor Planeado:		\$4,400	
PRODUCT BACKLOG (LISTA DE REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO)								
No	Prioridad	Descripción del requerimiento	Complejidad	Horas esfuerzo de tareas de desarrollo	Sprint asignado	Valor Planeado PV en cada Sprint	Aceptado (SI/NO)	Peso del Valor Ganado de los requerimientos
1	1	Control de permisos (PHP)	8	40	1			
5	1	Creación de usuarios	20	60	1			
3	1	Creación de acuerdos	13	40	1	41		
4	1	Seguimiento de acuerdos (PHP)	8	45	2			
2	2	Panel de control de acuerdos (Dashboard)	20	60	2	28		
TOTAL			69			69		
PORCENTAJE DEL TRABAJO TERMINADO								

Figura 11. Formulario MP-02 Requerimientos del proyecto (Backlog), Fase 2. Planificación y Estimación.

Estimación de la capacidad.

En un primer Sprint los estudiantes no cuentan con un historial de su velocidad, por lo tanto se sugiere utilizar como base la capacidad, estimada según las horas que dispone el equipo desarrollador para desarrollar el proyecto. Por ejemplo, en un grupo compuesto por 4 estudiantes, donde cada uno dispone de 15 horas por semana, tendría una capacidad de 180 horas (15 horas * 4 estudiantes * 3 semanas) las cuales se deben separar entre las ceremonias de Scrum y el desarrollo. El tiempo de las ceremonias de Scrum se estiman en 60 horas (4 horas para el planning + 4 horas para el review + 2 horas para el retrospectiva + 5 horas para las reuniones diarias * 4 estudiantes = 160 horas), quedando un total de 120 horas para el desarrollo del sprint (180 - 60). Estas horas servirán de base para asignar los requerimientos a cada Sprint, realizando un balance entre las horas que demanda cada requerimiento y las horas disponibles.

Estimación de la complejidad.

Para cada uno de los requerimientos del proyecto se debe estimar la complejidad, se sugiere utilizar la unidad de medida en puntos según los valores de la serie de Fibonacci de 0 a 20. El alcance del Proyecto "Sistema de Acuerdos" utilizado para ilustrar el modelo comprendió 13 requerimientos; en la "Figura 11. Formulario MP-02 Requerimientos del proyecto (Backlog), Fase 2. Planificación y Estimación.", se muestra la complejidad de 5 requerimientos, cuya complejidad estimada por los estudiantes fue 8, 20, 13, 8 y 20 respectivamente.

Estimación del valor planeado.

El modelo propone calcular el valor planeado con base en la suma de la complejidad de los requerimientos asignados a cada Sprint. En el ejemplo de la "Figura 11. Formulario MP-02 Requerimientos del proyecto (Backlog), Fase 2. Planificación y Estimación.", el valor planeado para el Sprint 1 es de 41 y el valor planeado para el Sprint 2 es de 28. Adicionalmente se estima en valor planeado dividiendo el costo total de la mano de obra visible en la "Figura 9. Formulario MP-01 Perfil del proyecto, estimación y registro del ROI" por \$22,500 entre los 5 Sprint a realizar; cuyo valor planeado para cada Sprint del ejemplo que se ilustra en el modelo es de \$4,400 (22,500/ 5 Sprint).

4. 3. Fase implementación.

Durante esta fase, el modelo pedagógico propone estimar los costos reales de cada sprint. Para ello, los estudiantes deberán registrar la cantidad de las horas realmente asignadas al desarrollo del Sprint y deberán solicitar a la empresa que reporten las horas que cada funcionario dedicó al proyecto durante las 3 semanas correspondientes a la duración del Sprint. El costo real del sprint se calcula multiplicando la cantidad de horas reales por el costo de la hora de cada participante. Este proceso se muestra en la "Figura 12. Diagrama del proceso de la Fase 3. Implementación".

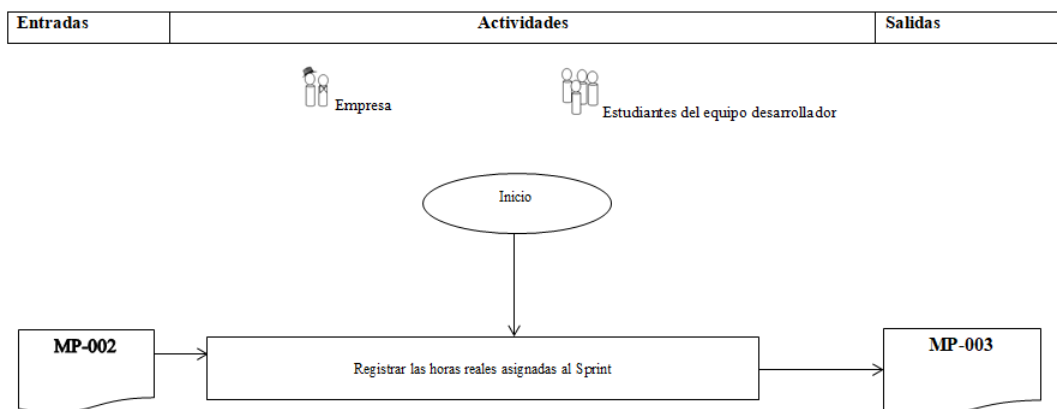


Figura 12. Diagrama del proceso de la Fase 3. Implementación

El modelo sugiere registrar los datos reales en “**Figura 13. Formulario MP-03 Registro de los costos reales del Sprint**” tal como se muestra en este caso, cuyo costo real de la mano de obra por \$4,595.

MP-003 REGISTRO DE COSTOS REALES DEL SPRINT							
Nombre del proyecto: Sistema de Registro de Acuerdos				Empresa: Gobierno Local ABC			
Nombre	Rol	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Total horas	Costo x hora	TOTAL \$US
Estudiante 1	Desarrollador	12	12	12	36	20	720
Estudiante 2	Desarrollador	12	12	12	36	20	720
Estudiante 3	Desarrollador	12	12	12	36	20	720
Estudiante 4	Desarrollador	12	12	12	36	20	720
Virgita Orozco	Dueña del producto	8	8	10	26	35	910
Carlos Vargas	Líder Técnico	10	5	8	23	35	805
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA							4,595

Figura 13. Formulario MP-03 Registro de los costos reales del Sprint

4. 4. Fase revisión y retrospectiva.

En esta fase los estudiantes realizan el análisis del valor ganado del incremento del producto generado en el sprint, proyectan el costo total del proyecto y vuelven a estimar el ROI. Estos datos financieros permitirán a los estudiantes y a la empresa, analizar las desviaciones en la planificación y tomar las decisiones pertinentes para garantizar el alcance, la calidad, la duración y el costo de su proyecto. El proceso se muestra en “**Figura 14. Diagrama del flujo del proceso de la Fase 4. Revisión y retrospectiva del Sprint**”.

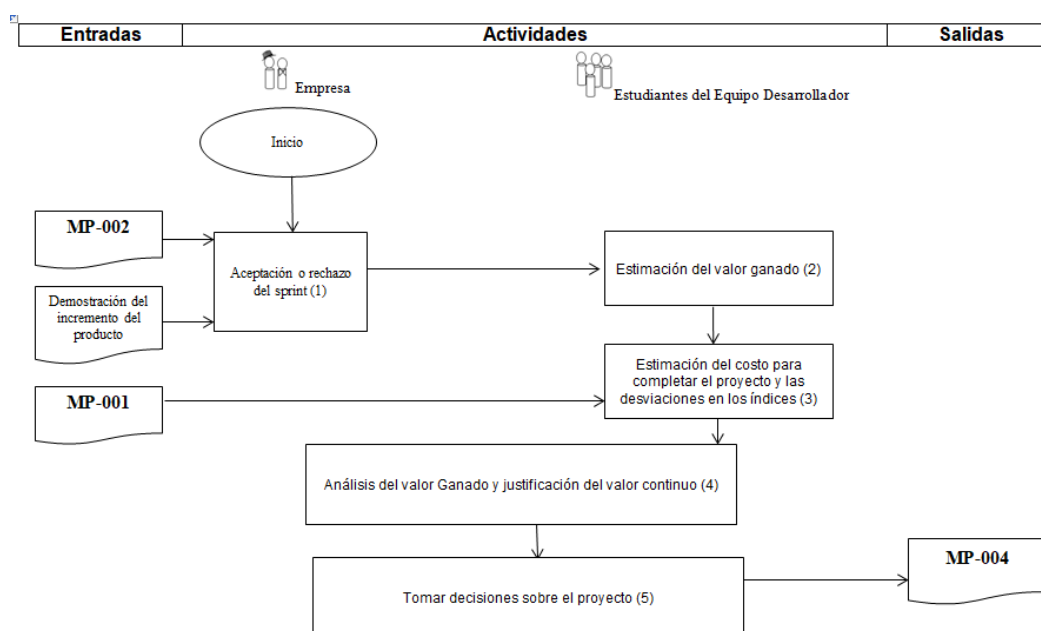


Figura 14. Diagrama del flujo del proceso de la Fase 4. Revisión y retrospectiva del Sprint.

Estimación del valor ganado.

Para estimar el valor ganado, el modelo sugiere realizar los siguientes pasos:

1. Mediante una reunión con la empresa, los estudiantes exponen el incremento del producto, es decir el software desarrollado y probado (ceremonia Scrum Review). En esta reunión la empresa deberá indicar el aval o rechazo de cada uno de los requerimientos del Sprint.
2. Los estudiantes calculan el *valor ganado* en forma porcentual. Si el requerimiento es aceptado, el porcentaje incrementa proporcional a la complejidad estimada para el requerimiento, de lo contrario el porcentaje no acumula ningún valor.
3. Los estudiantes realizan las estimaciones de la desviación en el costo y en el cronograma y también calculan el costo para completar el proyecto.

En el proyecto utilizado para ilustrar la aplicación del modelo, la dueña del producto aceptó los requerimientos 5 y 13, no así el requerimiento 1; por lo tanto el porcentaje del trabajo terminado es del 80% $((20+13)/41)$, según los cálculos que se muestran en “**Figura 15.** Formulario MP-02 Requerimientos del proyecto (Backlog), Fase Revisión y retrospectiva.”.

MP-002 REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO								
Nombre del proyecto: Sistema de Registro de Acuerdos					Empresa: Gobierno Local ABC			
Capacidad para el primer Sprint:		120 horas			Cantidad de Sprint:		5	
Velocidad del equipo:		NA			Valor Planeado:		\$4,400	
PRODUCT BACKLOG (LISTA DE REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO)								
No	Prioridad	Descripción del requerimiento	Complejidad	Horas esfuerzo de tareas de desarrollo	Sprint asignado	Valor Planeado o PV en cada Sprint	Aceptado (SI/NO)	Peso del Valor Ganado de los requerimientos
1	1	Control de permisos (PHP)	8	40	1	8	NO	0
5	1	Creación de usuarios	20	60	1	20	SI	20
13	1	Creación de acuerdos	13	40	1	13	SI	13
4	1	Seguimiento de acuerdos (PHP)	8	45	2			
2	2	Panel de control de acuerdos (Dashboard)	20	60	2			
TOTAL			69			41		
PORCENTAJE DEL TRABAJO TERMINADO								80%

Figura 15. Formulario MP-02 Requerimientos del proyecto (Backlog), Fase Revisión y retrospectiva.

Estimación del ROI del proyecto

De acuerdo con los cálculos del nuevo costo del proyecto realizado al finalizar el Sprint, los estudiantes pueden volver a estimar el ROI del proyecto. Esta métrica proporciona un elemento para la toma de decisiones.

Los cálculos del proyecto utilizado para ilustrar el modelo se muestran en la “**Figura 16.** Formulario MP-04 Registro el cálculo del Valor Ganado y del ROI ajustado.”.

MP-004 REGISTRO EL CÁLCULO DEL VALOR GANADO Y DEL ROI AJUSTADO	
Nombre del proyecto: Sistema de Registro de Acuerdos	Empresa: Gobierno Local ABC
INFORMACIÓN DEL SPRINT NO. 1	

BAC del Proyecto basado en la mano de obra	\$22,000	Costo real acumulado de los Sprints anteriores	0
Porcentaje del Valor Terminado del Sprint	80%	Costo real del Sprint	\$4,595
ANALISIS DEL VALOR GANADO			
Costo Actual AC	\$4,595	Valor Planeado PV	\$4,400
Valor Ganado EV = BAC/cantidad de Sprint * porcentaje del Valor Terminado del Sprint	\$3,520	Variación en el Costo CV = EV – AC	\$1,075
Variación en el cronograma Schedule Variance SV = EV – PV	-\$880	Costo Estimado para completar el Proyecto (Estimate at Completion) EAC = AC +costo real acumulado de los sprint anteriores+ (BAC – EV).	\$23,075
Variación para completar el proyecto (Variance at Completion) VAC= BAC - EAC	-\$1,075	Índice de desempeño del costo CPI = EV/AC	0,76
ESTIMACIÓN DEL ROI DEL PROYECTO			
<p>El nuevo ROI se calcula con base en el costo estimado para completar el Proyecto, por lo tanto los costos del proyecto se estiman en \$23.075 más:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hardware y software = \$2.000 • Costos indirectos (2%) = \$501 • Reserva administrativa = \$1.253 • Reserva contingente (5%) = \$1.253 <p>Total costos proyectados: \$28.082 Total Beneficios: \$31.500 Valor del ROI ajustado: $(63.000-28,082)/28,082 = 1,24$ ROI Ajustado: 1,24 versus ROI inicial: 1,36</p>			
DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS REALIZADO			
<p>Considerando el valor ganado del proyecto equivalente al 80%, hay una disminución del ROI que pasa de 1,36 a 1,24; sin embargo el proyecto continua siendo positivo, es decir que por cada dólar invertido, se recupera \$1,24, por lo tanto, el proyecto se considera que es viable financieramente, según el ROI.</p>			
JUSTIFICACIÓN DEL VALOR CONTINUO			
<p>Además de los beneficios que tiene el proyecto para el Gobierno Local, con el sistema se espera obtener una mejora en los procesos, específicamente en el trámite y asignación de los acuerdos; aunado a mejoras en el servicio al cliente interno. Gracias a la colaboración de los estudiantes, el costo del desarrollo no implica una erogación para la Municipalidad, por lo tanto, se decide continuar con el proyecto, realizando un análisis retrospectivo para mejorar la planificación y el rendimiento de los Sprint siguientes.</p>			

Figura 16. Formulario MP-04 Registro el cálculo del Valor Ganado y del ROI ajustado.

5 Implementación del Modelo Pedagógico.

El modelo pedagógico propuesto en este artículo se aplicó en 33 proyectos de ingeniería de software desarrollado por los estudiantes de la Cátedra de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Costa Rica. La edad promedio de estos estudiantes es de 21 años y aproximadamente el 16% de los estudiantes de la cátedra son mujeres [19]. El 57% (19 de 33 proyectos) corresponde a proyectos desarrollados en empresas públicas y el 43% (14 de 33 proyectos) se realizaron en empresas privadas.

El modelo se aplicó parcialmente; en la fase inicio los estudiantes realizaron la estimación del recurso humano con base en las horas que el equipo desarrollador asignaría al proyecto, también estimaron los costos del proyecto relacionados con el hardware y el software, las licencias y otros costos proporcionados por la empresa. Al finalizar cada sprint los estudiantes analizaron la velocidad del equipo de desarrollo y la aceptación de los requerimientos, lo cual equivale al valor ganado que el modelo propone realizar en la fase IV “Revisión y retrospectiva”.

El principal beneficio identificado fue mejorar los procesos actuales (57%, 19 proyectos), seguido por automatizar un servicio que brinda la institución y consecuentemente mejorar la satisfacción del cliente (27%, 9 proyectos), mientras que algunos no precisaron con exactitud los beneficios que esperaban (15%, 5 proyectos).

En cuanto a los costos, se realizó una muestra aleatoria de 18 proyectos (54%) de los 33 proyectos concluidos donde se aplicó el modelo pedagógico; los resultados muestran que el 47% consideraron únicamente el costo de la mano de obra (9 proyectos), el 15% considera que por tratarse de un desarrollo donde no se cobran los servicios (3 proyectos) no hay costos relacionados y el 47% (9 proyectos) incorporaron los costos del hardware y el software.

Durante el proceso de estimación, los estudiantes identificaron obstáculos para estimar el ROI, por ejemplo:

- En todos los proyectos (100% equivalente a 33 proyectos), la estimación de los costos indirectos, la reserva administrativa, la reserva contingente y la proyección de los ingresos estuvieron ausentes en la estimación inicial del costo que se realizó con la empresa.
- Las empresas no contaban con la duración actual en los procesos que se iban a mejorar con el desarrollo del software, por lo tanto la estimación del ahorro por mejoras en la productividad, fue imprecisa y difícil de calcular.
- Algunas de las empresas donde desarrollan los proyectos no tienen una cultura hacia la estimación de los costos y beneficios, por lo tanto no manifiestan interés en el proceso de estimación del ROI.

El modelo pedagógico para la estimación del ROI propuesto en este artículo continúa aplicándose en 20 proyectos similares a los 33 analizados en este apartado. Estos 20 proyectos están en el proceso de ejecución, sin embargo, concluyeron la fase de estimación en el setiembre del 2018. Por ejemplo, uno de los proyectos estimó la mano de obra del equipo desarrollador en \$30.000 y señalan que les falta estimar los costos de los servidores y las licencias de software. Luego estimaron la complejidad y priorizaron los requerimientos con la empresa. Seguidamente estimaron las tareas de todos los requerimientos del proyecto y la capacidad del equipo desarrollador, la cual equivalente a 50 horas semanales. Finalmente, con los datos anteriores, realizaron la distribución de los requerimientos en cada uno de los 5 Sprints, en forma similar al flujo del proceso propuesto en las fases: I inicio y II planificación y estimación detalladas en el modelo pedagógico propuesto (**Figura 8. Diagrama del proceso de la fase Inicio, Estimación del ROI y Figura 10. Diagrama del proceso de la fase Planificación y estimación.**). Siguiendo este mismo ejemplo, luego de ejecutar el primer sprint, los estudiantes determinaron la velocidad del equipo de trabajo en 51 puntos para el Sprint 1 y 33 puntos para el sprint 2; todos los requerimientos planificados en ambos Sprints fueron aceptados. Por lo tanto el valor ganado del proyecto fue muy favorable y no se realizaron ajustes en la planificación inicial; estos aspectos fueron analizados con base en la propuesta del modelo pedagógico en la fase IV Implementación.

6 Conclusiones

Este artículo presenta los resultados preliminares de un proyecto en progreso para desarrollar un enfoque pedagógico de una forma de enfocar el tema de ROI en un curso de Ingeniería de Sistemas. El enfoque pedagógico, se basa en un proyecto de investigación desarrollado para un caso real en industria. En el artículo, se presentó el contexto de aplicación del enfoque, los principales conceptos relacionados con la teoría de ROI, los principales elementos del modelo pedagógico propuesto y los resultados preliminares del proceso de implementación de la técnica.

El modelo utiliza 4 fases basadas en el marco metodológico Scrum y 4 formularios desarrollados para el proyecto. El modelo muestra cómo es posible, para proyectos de software desarrollados por estudiantes, el manejo de ROI a lo largo del proceso de desarrollo de software bajo Scrum. Los datos preliminares de este proyecto sugieren que es posible no solo explicar sino también utilizar de forma relativamente simple, la métrica ROI en proyectos de software desarrollados bajo Scrum. El modelo es simple, y el hecho de que desarrolladores novatos puedan manejar esta métrica, con poca supervisión o entrenamiento, permite inferir que el proceso podría ser replicado a escala mayor. Si bien es cierto el proyecto reportado en este artículo tiene un objetivo académico, de forma colateral el proyecto también podría ser aplicado a otros contextos más reales a los presentes en las aulas universitarias.

La principal limitación presentada en este proyecto está relacionada con la eventual falta de realismo presente en el contexto de estudio. Los proyectos de software referidos en esta investigación fueron desarrollados por estudiantes que tienen poca experiencia en desarrollo de software. No obstante, la misma naturaleza de los proyectos, la cual considera proyectos reales, en contextos reales, permite solventar en una buena medida esta limitación.

A futuro esperamos continuar desarrollando más el modelo. Se espera desarrollar estudios longitudinales que permitan medir en diferentes grupos de estudiantes, los resultados de la aplicación de la métrica bajo el modelo explicado en este artículo, así como potenciales versiones posteriores del modelo ya mejorado.

Adicionalmente, sería interesante explorar la aplicación del modelo en desarrolladores de software con más experiencia para así poder evaluar el potencial del modelo con este otro tipo de profesionales.

Referencias

- [1] Garita, G.; Lizano, F.: Estimación de costo de software: Una propuesta de aplicación pedagógica de COCOMO. *Uniciencia*, 32(1), 118-133 (2018).
- [2] El Emam, K.: The ROI from software quality. *Auerbach Publications*. (2005).
- [3] Rico, D. F.: ROI of software process improvement: Metrics for project managers and software engineers. *J. Ross Publishing*. (2004).
- [4] LeBlanc, R. J.; Sobel, A.; Diaz-Herrera, J. L.; Hilburn, T. B.: Software Engineering 2014, Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering (A Volume of the Computing Curricula Series). *IEEE Computer Society*. (2014).
- [5] Topi, H.; Karsten, H.; Brown, S. A.; Carvalho, J. A.; Donnellan, B.; Shen, J.; Thouin, M.: MSIS 2016 global competency model for graduate degree programs in information systems. (2017).
- [6] Garita, G.: Métodos analíticos y métricas de calidad del software. *Editorial EUNED*. (2014).
- [7] Cortés, R.: Técnica de estimación del Retorno sobre la Inversión RSI utilizando Scrum en los proyectos internos de software de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia ESPHSA (Tesis de Maestría), Universidad Nacional de Costa Rica. (2018).
- [8] Cerpa, N., & Verner, J. (2009). Why did your project fail? *Verner Communications of the ACM*, 130-134.
- [9] Jonhson, P.; Hongbing, K.; Austin, J.; Moore, C.; Miglani, J., y otros: Beyond the Personal Software Process: Metrics collection and analysis for the differently disciplined. *Collaborative Software Development Laboratory*, 1-10. (2003).
- [10] Bourque, P.; Farley, R.: SWEBOK : Guide to the Software Engineering Body of Knowledge: *IEEE Computer Science*. (2014).
- [11] Sandoval, M.; Cortés, R.; Porras, M.; Lizano, F.: ABP desde las trincheras: un caso de estudio en la enseñanza de la Ingeniería de Sistemas. En A. Guerra, M. Rodríguez, F. González, & M. Ramírez, Aprendizaje basado en problemas y educación en ingeniería (págs. 44-58). *Denmark: Aalborg University Press*. (2017).
- [12] Sandoval, M.; Cortés, R.; Porras, M.; Lizano, F.: PBL en la Enseñanza de la Ingeniería de Sistemas: la Perspectiva de los estudiantes. *PAEE 2015 International simposium on*
- [13] Rico, D.: What is the Return on Investment (ROI) of agile methods. *Methods*, 1-7. (2008).
- [14] Rico, D.; PMP, C.: What is the ROI of Agile vs. Traditional Methods? *TickIT International*, 10(4), 9-18. (2008).
- [15] Cervone, H.: Understanding agile project management methods using Scrum. *OCLC Systems & Services: International digital library perspectives*, 27(1), 18-22. (2011).
- [16] Satpathy, T.: Una Guía para el Cuerpo de Conocimiento de Scrum (Guía SBOK). *Arizona, USA: ScrumStudy, WMEdu, Inc.* (2016).
- [17] Schwaber, K. (1997). Scrum development process. In *Business Object Design and Implementation*.
- [18] Sandoval, M.; Lizano, F.; Porras, M.; Cortés, R.: Aprendizaje colaborativo universidad-industria *PAEE 2018 International simposium on project approaches in ingenieering education*, 891-896. (2018).
- [19] Sandoval, M.; Lizano, F.; Porras, M.; Cortés, R.: Habilidades Disciplinarias y Genéricas en PBL: Un Estudio de Historias de Vida desde la Perspectiva de Género en Educación de Ingeniería de Sistemas. *PAEE 2018 International simposium on project approaches in ingenieering education*, 880-889. (2018).