



Práctica pedagógica y de enseñanza de emprendimiento, Método Cocomo

Pedagogical and teaching practice of entrepreneurship, Cocomo Method

Prática pedagógica e pedagógica do empreendedorismo,
Método Cocomo

Liliana Ayala Guatusmal y Adriana Ibarra Castillo

Artículo recibido mayo 2021 | Arbitrado junio 2021 | Aceptado junio 2021 | Publicado 01 de julio 2021

Resumen

El plan de estudios de Ingeniería de Sistemas existe el espacio académico de emprendimiento, entendido como una forma de fomentar el empresarismo en la industria del software. En este artículo se presenta una práctica pedagógica y de enseñanza mediante el método COCOMO para estimar de manera eficiente los costos de la idea de negocio sumándose a las buenas prácticas de ingeniería de software. Por lo tanto, en la enseñanza se reconocen los elementos que componen el proceso de generación de una idea de negocio y para la enseñanza se parte del saber sobre las características especiales que aflorarán en el estudiante: creatividad, innovación y calidad. De esta manera, se incorpora en la fase de ingeniería económica, el método COCOMO para la estimación de costos por su sencillez, practicidad y agilidad; contribuyendo en la adquisición de buenas prácticas.

Palabras clave: Emprendimiento; Método COCOMO; Pedagogía; Enseñanza

Abstract

In the Systems Engineering curriculum there is an academic space for entrepreneurship, understood as a way to promote entrepreneurship in the software industry. This article presents a pedagogical and teaching practice using the COCOMO method to efficiently estimate the costs of the business idea in addition to good software engineering practices. Therefore, in teaching, the elements that make up the process of generating a business idea are recognized and for teaching it is based on knowing about the special characteristics that will emerge in the student: creativity, innovation and quality. In this way, the COCOMO method for estimating costs is incorporated in the economic engineering phase due to its simplicity, practicality and agility; contributing to the acquisition of good practices.

Key words: Entrepreneurship; COCOMO method; Pedagogy; Teaching

Liliana Ayala Guatusmal

layala@unicesmag.edu.co

Orcid: 0000-0001-8704-7802

Universidad Centro de Estudios Superiores
María Goretti "CESMAG", Pasto, Colombia.

Administradora de Empresas y Financiera.
Especialista en Gerencia Educativa. Magister en
Docencia. Docente Universitaria UNICESMAG,
Universidad de Nariño, Universidad de
Santander e Instituto Técnico del Putumayo.
Consultora del Ministerio de Educación en
Calidad Educativa. Docente Investigadora del
Grupo Tecnofilia Clasificación B

Adriana Ibarra Castillo

adriana.ibarra@itp.edu.co

Orcid: 0000-0003-2951-5262

Instituto Tecnológico del Putumayo,
Putumayo-Colombia.

Administradora de Empresas. Tecnóloga
en Administración Financiera. Maestría en
Educación, con énfasis en el medio Rural.
Docente Tiempo Completo del Instituto
Tecnológico del Putumayo. Docente Líder
Semillero Generación Verde. Directora
Grupo de Investigación La Tulpa del Instituto
Tecnológico del Putumayo en Mocoa, Miembro
Activo del Consejo Académico, Par académico
del Ministerio de Educación de Colombia.

Resumo

No currículo da Engenharia de Sistemas existe um espaço acadêmico para o empreendedorismo, entendido como uma forma de promover o empreendedorismo na indústria de software. Este artigo apresenta uma prática pedagógica e de ensino utilizando o método COCOMO para estimar com eficiência os custos da ideia de negócio além de boas práticas de engenharia de software. Portanto, no ensino os elementos que compõem o processo de geração de uma ideia de negócio são reconhecidos e para o ensino parte do conhecimento sobre as características especiais que irão emergir no aluno: criatividade, inovação e qualidade. Desta forma, o método COCOMO para estimativa de custos é incorporado na fase de engenharia econômica pela sua simplicidade, praticidade e agilidade; contribuindo para a aquisição de boas práticas.

Palavras-Chave: Empreendedorismo; Método COCOMO; Pedagogia; Ensino

INTRODUCCIÓN

Una de las grandes oportunidades que presentan en el espacio académico de emprendimiento en Ingeniería de Sistemas de la Universidad CESMAG, es la posibilidad de contar con prototipos de software con los cuales se elabora el proyecto denominado Plan de Negocios. El contenido académico de emprendimiento permite a los estudiantes pasar por todo el proceso de enseñanza y aprendizaje, desde la Idea de Negocio hasta lograr el Plan de Negocio. Este plan de negocio contempla varios capítulos, entre los cuales se destaca el Plan Financiero, que a su vez contiene Costos, Proyecciones e Ingeniería Económica. El Plan Financiero resulta ser estratégico en la optimización de todos sus recursos organizacionales que aseguran el éxito y logro de los resultados de un proyecto para el cual fue diseñado y planificado. Sin embargo, determinar costos, proyecciones de ingresos de un bien o servicio de un prototipo software para el espacio académico de Emprendimiento era un reto,

lo que lleva a tomar decisiones en innovar la práctica pedagógica y de enseñanza, al cual tendría que responder al perfil del Ingeniero de Sistemas “...encaminado a la obtención de estructuras de información equilibradas entre lo tecnológico y lo financiero” de acuerdo al PEU (UNICESMAG, 2017). Por tal razón, se indaga metodologías para la estimación de costos que contribuyan adquirir buenas prácticas en los procesos de la ingeniería de software, llegar al punto de estimar eficientemente los recursos disponibles en un proyecto de software. Teniendo en cuenta lo anterior, se incorpora estrategias y técnicas que permitan una óptima organización del Plan de Negocios para una idea de negocios donde su prototipo sea un software. Este cambio pedagógico y de enseñanza, debería contribuir a posibilitar sinergias que haga más activa la participación de los estudiantes en su idea de Negocio. Por tal motivo, se propone esta ponencia como la oportunidad de visualizar una práctica pedagógica y de enseñanza en la gestión de proyectos orientados al Plan de Negocios de prototipos Software a través de la incorporación de la metodología COCOMO para los aspectos contemplados en el Plan Financiero.

En el diseño metodológico exige tener un marco conceptual claro que de soporte a todos los procedimientos que se precisan una propuesta pedagógica y de enseñanza de emprendimiento. Se entiende por emprendimiento denominado por el término anglosajón “entrepreneurship”, es un término de creciente evolución en el campo de la investigación científica (Sánchez et al., 2017). El interés académico sobre el emprendimiento se focaliza en una característica, su entorno por su constantemente cambio y el nivel de incertidumbre que genera para la toma

de decisiones; el gran aporte del área de emprendimiento es brindar herramientas para sobrellevar y ajustar constantemente las necesidades del emprendedor a las necesidades del entorno (Alean et al., 2016).

La práctica pedagógica se define como la noción estratégica, dinámica, cambiante, compleja, indefinida como práctica de saber, según el entorno sociocultural que la rodea, la vida cotidiana de la universidad. (Pineda-Rodríguez y Loaiza-Zuluaga, 2018) La práctica pedagógica como el resultado de la simbiosis entre la teoría y la práctica, entre las estructuras de formación, desarrollo y el dominio del docente, que permitan en el estudiante traspolar los procesos educativos de tal forma que el estudiante se empodere de sus aprendizajes (Loaiza y Duque, 2017).

La práctica de enseñanza cuando el docente diseña, selecciona y organiza estrategias de enseñanza que otorgan sentido a los contenidos presentados y estrategias de evaluación para valorar tanto el proceso como el resultados y así poder retroalimentar su práctica pedagógica (García et al., 2017).

El plan de negocios identifica, describe y analiza una oportunidad de negocio, se constituyen en un documento y herramienta que reúne en su totalidad las estrategias de un negocio en términos técnicos, económicos, tecnológicos, ambientales y financieros (Rozo, 2017).

El plan financiero se trata del análisis económico y financiero de la idea de negocio, se sintetiza como el proceso de evaluar la viabilidad financiera del proyecto. El plan financiero requiere: calcular la inversión total inicial, definir la estructura de financiamiento, realizar un presupuesto de ingresos y aplicar la ingeniería económica para determinar su viabilidad (Rozo, 2017).

Y los Costos en un proyecto comprenden los costos indirectos y directos; los primeros se relacionan con la operación del proyecto y los costos directos se determina por la producción del bien o servicio (Bejarano, Cardozo, y Rico, 2017).

Estimación de costos para prototipos software se constituyen en el desarrollo del espacio académico de Emprendimiento, en la unidad de Plan de Negocios, se hace necesario no solamente el prototipo validado sino su costo total con el fin de determinar la venta del producto o servicio, determinar el punto de equilibrio para la parte financiera lo anterior conduce a realizar proyecciones financieras y se termina con ingeniería económica del proyecto. En la unidad Financiera del plan de negocio se detecta que los estudiantes realizan la estimación de costos en Juicio de Expertos: la consulta a expertos docentes, quienes usan su experiencia y conocimiento del proyecto propuesto para lograr una estimación de sus costos (Gómez et al., 2017).

Por lo anterior, se considera necesario identificar otros modelos para la estimación de costos, entre los cuales se identifican: de *Analogía* este método implica una estimación por analogía con proyectos similares, que ya han finalizado, de manera de relacionar los costos reales con la estimación del costo del nuevo proyecto. Una desventaja es que no tiene en cuenta los atributos como restricciones, técnicas, personal y funcionalidad requerida. (Gómez et al., 2017); de *Parkinson* este método intenta adaptar la estimación del costo a los recursos disponibles. En general, es extremadamente inadecuado. (Gómez et al., 2017); de *tasar para ganar* estima los costos en función del presupuesto adecuado para ganar el trabajo, o el cronograma necesario para estar primero en el mercado con el nuevo

producto. (Gómez et al., 2017); de *estimación top-down* a partir de las propiedades globales del producto de software se deriva el costo de todo el proyecto. Después, el costo total es dividido entre las diversas componentes. (Gómez et al., 2017), de *estimación bottom-up* el costo de cada componente de software es estimado por separado, generalmente por la persona responsable del desarrollo de la misma, y luego sumados para obtener el costo total del proyecto. (Gómez, López, Migani, & Otazú, 2017).

Lo anteriores métodos brindaban unos costos que no responden a las expectativas de los estudiantes y del docente en el espacio de emprendimiento, específicamente para estimar el costo del proyectos de software, en muchas ocasiones se vuelve extremadamente complejo y en su mayoría suele hacerse dentro de la universidad usando la metodología del experto- docente, que puede no ser la adecuada, sobre todo en proyectos muy complejos o con escenarios indocumentados, desconocimiento de los atributos del proyecto, situación que limita a no identificar unas variables de costo ideales para el proyecto en la parte de costos, mercadeo y en especial para la parte financiera (Bayona, 2017).

Teniendo en cuenta los anteriores modelos, se inicia la búsqueda de un modelo de estimación de costo para proyectos de software y que se adapte a los procesos de desarrollo de los prototipos de los estudiantes que facilite un marco analítico cuantitativo como cualitativo, y así incrementar la precisión en la estimación de los costos para la parte financiera y evaluación del plan de negocios, por lo anterior, se plantea la pregunta de investigación ¿Se puede considerar el modelo COCOMO como una alternativa para estimar el costo de un prototipo software?

¿El Modelo COCOMO puede ser incorporada en el espacio académico de emprendimiento para la documentación que exige un Plan de Negocios?

Concepto de Modelo COCOMO (Constructive COSt MOdel)

El Modelo Constructivo de Costos (o CO-COMO, por su acrónimo del inglés (CO)nstructive COSt MOdel), es un modelo matemático para estimar el costo, el esfuerzo, y el horario en la planificación de un proyecto de desarrollo de software, desarrollado por Barry W. Boehm (Rodríguez & Leal, 2015). El modelo COCOMO permite así descubrir y analizar las fórmulas que vinculan el tamaño del sistema y del producto, factores del proyecto y del equipo con el esfuerzo necesario para desarrollar el sistema.

Modos de desarrollo en el Modelo COCOMO (Constructive COSt MOdel)

El modelo COCOMO caracteriza los prototipos de software de acuerdo a su complejidad de desarrollo en los siguientes modos: Modo Orgánico: Proyectos pequeños de menos de 50 KLDC (mil líneas de código fuente), compuesto por equipos pequeños con experiencia en el desarrollo de proyectos semejantes, en ambientes estables y sin fuertes restricciones de tiempo. (Aponte, 2018). El siguiente está el Modo Semiacoplado: Proyectos de mediana escala, entre 50 y 300 KLDC (mil líneas de código fuente), desarrollado por equipos con experiencia limitada y restricciones de tiempo moderadas. (Aponte, 2018). Y por último el Modo Empotrado: Proyectos de gran escala, con más de 300 KLDC (mil líneas de código fuente), desarrollados por equipos compuesto de personal que pudieran no tener mucha experiencia, posee fuertes

restricciones de tiempo y procedimientos complejos. (Aponte, 2018)

Modelos en el Modelo COCOMO (COConstructive COSt Model)

Luego el modelo COCOMO permite categorizar por modelo el prototipo de software en Básico, Intermedio y Detallado, como se describe a continuación: el Modelo Básico: Calcula el esfuerzo y el costo del desarrollo de software, en función del tamaño del software expresado en LOC. (Remón, 2017). Le sigue el Modelo Intermedio: Calcula el esfuerzo del desarrollo de software en función del tamaño y de un conjunto de variables denominadas conductores de costo, que incluyen la evaluación subjetiva del producto, del hardware, del personal y de los atributos del proyecto. (Remón, 2017). Y por último el Modelo Detallado: Incorpora todas las características del modelo Intermedio y lleva a cabo una evaluación del impacto de los conductores de costo en cada fase de desarrollo de software. (Remón, 2017). Una vez caracterizado el prototipo de desarrollo software, se inicia el proceso de estimación de acuerdo a las formulas:

Formulas en el Modelo COCOMO (COConstructive COSt Model)

Se emplean las siguientes ecuaciones y coeficientes:

Las ecuaciones son: Estimación o cálculo del Esfuerzo $E = a * S^b * F$; donde E: esfuerzo en personas mes S: tamaño medido en KLDC (mil líneas de código fuente) F: Factor de ajuste (igual a 1 en el modelo básico) a, b: se obtienen de tablas del modelo en función del tipo de sistema. Esta fórmula se aplica a todos los proyectos de desarrollo software. Tiempo de Desarrollo (T), $T = c * (Ed)$.

Personas: E/T. Las ecuaciones se tendrán en cuenta los coeficientes para determinar el tipo de modelo y a su vez el tipo de modo de desarrollo para luego llevar los datos a una matriz de multiplicadores de esfuerzo en el cual se detallan los atributos del personal, de la computadora, del personal y del proyecto, los cuales permiten mayor exactitud en la estimación de los costos. (Garita-González & Lizano-Madriz, 2018).

MÉTODO

El Proyecto de Aula se abordó desde la investigación aplicada o también conocida como “investigación práctica o empírica” (Vargas, 2009 cita a Murillo, 2008) porque permitió la aplicación o la utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se obtuvo experiencias con nuevos aprendizajes, este tipo de investigación facilitó implementar y sistematizar los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto de aula (Vargas C., 2009). El uso del modelo COCOMO permitió observar los diferentes costos del proyecto de software obteniendo como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de información.

El número de prototipos que participaron fue uno por cada grupo de estudiantes, para un total de 11 prototipos. Inicialmente ellos socializaron su prototipo con los costos estimados por cada grupo. Luego aplicaron el modelo COCOMO para estimar el costo y analizar los resultados con respecto a los costos estimados inicialmente.

El proceso metodológico se tuvo en cuenta el desarrollo de la Práctica Pedagógica y de Enseñanza, y a continuación se relacionan los procesos de incorporar a la metodología el modelo COCOMO.

Ruta de aprendizaje del modelo COCOMO incorporado en el espacio académico de emprendimiento en el programa de Ingeniería de Sistemas: La práctica pedagógica y de enseñanza:

Dirigido a estudiantes en el área de computación, sistemas de información o informática. Bajo la modalidad presencial, el tiempo estimado se estipuló de 3-6 horas. La Descripción general entre las principales

actividades realizadas fue desarrollar ecuaciones matemáticas para describir las relaciones entre el tamaño del software y la estimación; ajustar el modelo COCOMO al modelo y modo de desarrollo y la interpretación de los resultados obtenidos. Bajo la ficha de desarrollo temático en el espacio de Emprendimiento en la Unidad III Financiera y IV Evaluación del Plan de Negocios, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Ficha de desarrollo temático.

FACULTAD: INGENIERÍA	PROGRAMA: INGENIERÍA DE SISTEMAS	
COMPONENTE: COMPLEMENTARIO	PERIODO: 2	AÑO: 2019
CÓDIGO: IO 4178	ESPACIO ACADÉMICO:	EMPRENDIMIENTO
SEMESTRE: X	GRUPO : A	

DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA: Fomentar en el estudiante de Ingeniería de Sistemas la cultura del emprendimiento, teniendo en cuenta de afectar o fortalecer la manera de pensar y actuar, orientada hacia la creación de empresa (s), a través del aprovechamiento de oportunidades, del desarrollo con visión global y de un liderazgo equilibrado, tomar decisiones teniendo en cuenta el riesgo calculado, cuyo resultado es la creación de valor que beneficia a los emprendedores, a empresas, a la economía y a la sociedad.

SEMANA	CONTENIDO ANALÍTICO	ESTRATEGIA DIDÁCTICAS	ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN
12	Unidad III Plan de Negocios- Componente Financiero Tema: Costos del Prototipo de software Tiempo: 3 horas	Clase activa mediante un video foro y lectura del fundamento teórico del Modelo. COCOMO. Un algoritmo de estimación de costo de software.	Diligenciar en la plantilla de google. drive los costos del proyecto. 1. Determinar el número de KLDC 2. Determinar el Modelo y Modo de desarrollo 3. Estimar el esfuerzo de su proyecto 4. Estimar el tiempo 5. Estimar el personal requerido para su proyecto.

SEMANA	CONTENIDO ANALÍTICO	ESTRATEGIA DIDÁCTICAS	ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN
13	Unidad III Plan de Negocios- Componente Financiero Tema: Determinar precios de la venta de su producto/servicio Proyectar Ingresos y Egresos para el primer año Proyectar Ingresos y Egresos para 5 años. Tiempo: 3 horas	Clase activa aplicando las fórmulas determinar el precio de venta del producto/servicio. Proyectar los ingresos y Egresos para 5 años. Obtener el flujo neto de caja, entre la inversión, los ingresos y egresos.	Diligenciar en la plantilla de google drive en la unidad financiera: 1. Estimar el precio de venta del producto/servicio 2. Proyectar ingresos para el primer año. 3. Proyectar ingresos para 5 años teniendo en cuenta la tendencia de crecimiento para el sector de la industria del software. 4. Proyectar egresos para el primer año. 5. Proyectar egresos para 5 años 6. Calcular el flujo neto efectivo para los cinco años
14	Unidad III Plan de Negocios- Componente Evaluación Tema: Evaluar el proyecto con VPN Evaluar el proyecto con T.I.R. Evaluar el proyecto con Beneficio/Costo Tiempo: 3 horas	Clase activa aplicando ingeniería económica al plan de negocios del proyecto del producto/servicio software e interpretar resultados.	Diligenciar en la plantilla de google drive en la unidad Evaluación del plan de negocios: 1. Resultados del VPN, TIR, B/C 2. Interpretaciones 3. Toma de decisiones de invertir SI o NO y argumentar.

Fuente: UNICESMAG, Plataforma ZEUS.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto de aula se detallan en dos momentos:

En un primer momento, se obtuvieron los Métodos de Costeo (Tabla 2) utilizados

para estimar los costos de los prototipos socializados por los estudiantes en el cual se aprecian los métodos empleados para estimar los costos, como se relacionan a continuación:

Tabla 2. Métodos de costeo para estimar costos de los prototipos.

Prototipo	Métodos de Costeo					
	Analogía	Parkinson	Tasar para ganar	Estimación top-down	Estimación bottom-up	Otro
1	x	-	-	-	-	-
2	.	x	-	-	-	-
3	.	x	-	-	-	-
4	x	-	-	-	-	-
5	x	-	-	-	-	-
6	-	-	x	-	-	-
7	-	-	x	-	-	-
8	-	-	x	-	-	-
9	-	-	x	-	-	-
10	x	-	-	-	-	-
11	x	-	-	-	-	-
Porcentaje	45%	18%	36%	0%	0%	0%

La Tabla 2 permite apreciar que el 45% de los grupos emplearon el método por Analogía, el 36% el método de Tasar para ganar y un 18% el método de Parkinson, los otros modelos no

fueron utilizados y tampoco se mencionó algún otro modelo diferente. Los costos estimados se analizan en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. El costo estimado de los prototipos.

Prototipo	Estimación de costos de los prototipos		
	Analogía	Parkinson	Tasar para ganar
1	\$ 25.000.000	-	-
2	-	\$ 45.000.000	-
3	-	\$ 35.000.000	-
4	\$ 33.000.000	-	-
5	\$ 35.000.000	-	-
6	-	-	\$ 15.234.590
7	-	-	\$ 12.566.800
8	-	-	\$ 13.345.450
9	-	-	\$ 11.789.000
10	-	\$ 50.000.000	-
11	\$ 150.000.000	-	-

En la Tabla 3 se visualizan los costos estimados para los diferentes prototipos de software, son datos que no se pueden relacionar entre sí porque cada prototipo es diferente, no obstante es una línea de base para ser analizado más adelante. Se observó que la estimación de costos mediante el método de tasar para ganar, se consideró una línea de base el presupuesto estructurado en la trabajo

de grado. Y al momento de argumentar el costo del prototipo los grupos que emplearon el tasar para ganar considero factores el tiempo y los atributos del conocimiento en los ingenieros y el equipo de hardware. Los otros grupos, se limitaron argumentar la funcionalidad del prototipo para sustentar la estimación de costos de los prototipos (Tabla 4), como se relacionan a continuación:

Tabla 4. Atributos que sustentan la estimación de costo del prototipo.

Prototipo	Atributos que sustentan la estimación de costos y el Modelo COCOMO		
	Analogía	Parkinson	Tasar para ganar
1	Funcionalidad		
2	Funcionalidad		
3		Funcionalidad	
4		Funcionalidad	
5	Funcionalidad		
6	Funcionalidad		
7			Tiempo/Profesionales/Hardware
8			Tiempo/Profesionales/Hardware
9			Tiempo/Profesionales/Hardware
10			Tiempo/Profesionales/Hardware
11		Funcionalidad	

En un segundo momento, se socializa el método COCOMO y desarrollan paso a paso la aplicación de los coeficientes hasta llegar

a los multiplicadores de esfuerzo (Tabla 5), las estimaciones de costos de los diferentes prototipos se relacionan a continuación:

Tabla 5. Estimación de costos del prototipo mediante el modelo COCOMO

Prototipo	Estimación de costos del prototipo mediante el modelo COCOMO.
1	\$ 88.790.395
2	\$ 73.564.898
3	\$ 53.789.567
4	\$ 87.111.345
5	\$ 64.789.001
6	\$ 67.890.945

Prototipo	Estimación de costos del prototipo mediante el modelo COCOMO.
7	\$ 52.345.543
8	\$ 45.678.907
9	\$ 67.890.345
10	\$ 121.890.600
11	\$ 30.670.897

Entonces en el siguiente se hacen diferencias entre el costo estimado con los métodos inicialmente utilizados por los estudiantes y se toma el costo estimado con el modelo COCOMO, como se aprecia en la siguiente Tabla 6:

Tabla 6. Diferencias entre los costos estimados de los prototipos con el Modelo COCOMO.

Diferencias entre los costos estimados de los prototipos con el Modelo COCOMO						
Prototipo	Analogía	Parkinson	Tasar para ganar	Modelo COCOMO	Diferencia	Variación
1	\$ 25.000.000	-	-	\$ 88.790.395	(\$ 63.790.395)	-72%
2	-	\$ 45.000.000	-	\$ 73.564.898	(\$ 28.564.898)	-39%
3	-	\$ 35.000.000	-	\$ 53.789.567	(\$ 18.789.567)	-35%
4	\$ 33.000.000	-	-	\$ 87.111.345	(\$ 54.111.345)	-62%
5	\$ 35.000.000	-	-	\$ 64.789.001	(\$ 29.789.001)	-46%
6	-	-	\$ 15.234.590	\$ 67.890.945	(\$ 52.656.355)	-78%
7	-	-	\$ 12.566.800	\$ 52.345.543	(\$ 39.778.743)	-76%
8	-	-	\$ 13.345.450	\$ 45.678.907	(\$ 32.333.457)	-71%
9	-	-	\$ 11.789.000	\$ 67.890.345	(\$ 56.101.345)	-83%
10	-	\$ 50.000.000	-	\$ 121.890.600	(\$ 71.890.600)	-59%
11	\$ 150.000.000	-	-	\$ 30.670.897	\$ 119.329.103	389%
Variación Promedio						-21%

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en un momento inicial y en segundo momento, se aprecia que los métodos de estimación de costos subestiman en un promedio del 21% la estimación real de los costos, que oscilan entre el 83% hasta en un 35% la estimación de costos es inferior con respecto al costo obtenido con el método

COCOMO. Y en un prototipo su estimación es superior a lo obtenido en el método COCOMO en 389%, es decir, que el costo estimado por el modelo COCOMO es inferior al obtenido por el método de Analogía. En otros prototipos por el mismo método se obtuvo una estimación inferior.

Los resultados anteriores permiten apreciar que la utilizan del modelo COCOMO consideran varios atributos para la estimación

de costos del prototipo, como se aprecia en la siguiente Tabla 7:

Tabla 7. Atributos utilizados en la estimación de costos del prototipo software.

Prototipo	Atributos utilizados en la estimación de costos del prototipo															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1			x										x	x	x	x
2			x										x	x	x	x
3							x						x	x	x	x
4							x						x	x	x	x
5			x										x	x	x	x
6			x										x	x	x	x
7									x	x		x	x	x	x	x
8									x	x		x	x	x	x	x
9									x	x		x	x	x	x	x
10									x	x		x	x	x	x	x
11							x						x	x	x	x

- 1 Atributo de personal
- 2 Atributo de hardware
- 3 Atributo de producto digital
- 4 Atributos del proyecto

Los atributos van desde el personal, hardware, producto digital y proyecto como se aprecia en cada método de costeo en los grupos asumieron ciertos atributos que de alguna manera permiten costear un producto software y de esta manera proyectar un precio de venta y obtener el punto de equilibrio para el plan de negocios y así continuar con el ejercicio de ingeniería económica para evaluar el plan de negocios.

En el tratamiento de la información permiten dar respuestas a las preguntas de investigación entre una de ellas se planteaba:

¿Se puede considerar el modelo COCOMO como una alternativa para estimar el costo de un prototipo software? Entre los argumentos encontrados en el proyecto de aula se considera que a diferencia de otros métodos de estimación de costos, el modelo COCOMO lleva a los estudiantes a reflexionar sobre la importancias de otros atributos que influyen en la determinación del costo, que no se habían contemplado inicialmente y con un nivel de profundidad como lo exige el modelo COCOMO. Lo anterior, se aprecia cuando los costos estimados en un primer momento varían en un promedio del 21% con respecto al costo obtenido en el modelo COCOMO. Esa variación lleva a reflexionar a los estudiantes que el modelo empleado en un segundo momento se adapta al prototipo y proporciona

otras expectativas respecto al capital de conocimiento que posee el ingeniero de sistemas, a diferencia de los otros métodos que no considera de manera clara y profunda este atributo y otros.

Con respecto a la segunda pregunta ¿El Modelo COCOMO puede ser incorporada en el espacio académico de emprendimiento para la documentación que exige un Plan de Negocios? Por los resultados obtenidos en clase se puede considerar que el modelo permite al estudiante en clase estimar los costos de su prototipo en horas de clase a manera de un taller práctico; analiza un primer momento su poca experiencia en la estimación de costos y eleva su conocimiento al interactuar con un modelo acorde al proceso de desarrollo de software. Y al momento, de socializar desarrollan habilidades comunicativas y argumentativas que permiten a los estudiantes tomar decisiones frente a propuestas económicas.

Discusión

Los datos anteriores permiten visualizar que una estrategia de enseñanza empleada en el área de emprendimiento, se considera que entre más interrelación conceptual tenga el Plan de Negocios con respecto a la estimación de costos para un producto o servicio software, el nivel de interés y motivación es determinante para aprender de manera individual (Feuchter, 2018) un método, una operación, por lo tanto, el desempeño de los estudiantes resulta más eficiente y fortalecen los conocimientos previos y asimilan buenas prácticas para determinar la estimación de costos en la industria del software, a partir de esta relación se desarrolla la curva de aprendizaje (Galarza, 2018), lo anterior fue posible cuando la estrategia de enseñanza se orientó al proceso de adquisición de conocimientos y

experiencias en el estudiante, lo cual es parte del proceso de aprendizaje para el alcance de mayores niveles de eficiencia y eficacia desde el espacio de emprendimiento.

Complementando lo anterior, se incorporó en la estrategia de enseñanza el modelo COCOMO un recurso que se adecua a contextos de desarrollo de proyectos de pequeña o mediana envergadura de trabajos de grado. Este modelo permitió que el resultado obtenido con este método de estimación de costos aplicados a proyectos de estudiantes de la asignatura orientada a Emprendimiento, confrontó a que los estudiantes tengan información sobre su especificidad en cuanto al tipo de proyecto con mayor disponibilidad y pertinencia de datos, su costo se aproxima más a los valores reales (Dapozo, 2015). De esta manera, el espacio de emprendimiento para la elaboración del plan de negocios para los ingenieros de sistemas en proyectos de desarrollo de software, se considera relevante una eficiente estimación de los costos que conlleva a planificar un proyecto para evitar el incumplimiento de plazos, entrega de productos incompletos y sobre todo pérdida de competitividad.

En el desarrollo de la estrategia con el modelo COCOMO no solo generó procesos de aprendizaje internos sino un proceso activo, donde intervinieron interacciones complejas entre docente-estudiantes y estudiante-estudiante, como las que se dan a través del trabajo colaborativo (Compte, y Sánchez, 2019) como la responsabilidad, la colaboración, las habilidades personales y de trabajo en equipo y la comunicación; en todas las actividades que se suman en la construcción del plan de negocios, permitió una mejor interacción (comunicación) para trabajar en equipo y se constituyó un aspecto fundamental en los

procesos de aprendizaje. Con la planificación de la estrategia de enseñanza se propicia el análisis, la síntesis y la crítica al trabajo que los estudiantes fueron desarrollando (Compte, y Sánchez, 2018). Por su parte la gestión docente -estudiantes y estudiantes-estudiantes, es el eslabón de concreción de las relaciones que se tienen previstas y hacen parte en el proceso de aprendizaje.

Sumado a lo anterior, en el área de emprendimiento es necesario identificar el proceso de desarrollo de software comprende una serie de actividades planificadas realizadas para diseñar un producto o servicio software. El principal interés desde el área de emprendimiento en el proceso de elaboración del plan de negocios es la estimación de costo, encontrando diferencias y variaciones entre los valores estimados cuando se utiliza técnicas no algorítmicas porque no requieren de atributos específicos incorporando información imprecisa en los generadores de costos que resultan en estimaciones inexactas generando así el problema de proyectos similares que tienen costos estimados diferentes y grandes (Sarno, 2015). En cambio el modelo COCOMO mejora la fiabilidad de las estimaciones de costos de software. Además, permite que la entrada tenga valores de calificación continua y valores cualitativos, evitando así el problema de proyectos similares que tienen costos estimados diferentes y grandes. Modelo COCOMO es un algoritmo de aprendizaje detallado. También es un medio de validación de costos, es decir, los resultados por medio de este modelo mejora en gran medida los procesos de estimación de acuerdo al nivel de precisión de los atributos (Huang, Ren, y Capretz, 2017). Por consiguiente, el modelo COCOMO tiene características deseables como la capacidad de aprendizaje y la buena

capacidad de interpretación del modelo COCOMO por parte de los estudiantes. El modelo COCOMO puede ser interpretado y validado por expertos docentes – ingenieros por su buena capacidad de generalización.

Con respecto a la estrategia de enseñanza, el estudiante de ingeniería de sistemas conoce y aplica para la estimación de costos de un software empleando COCOMO; esta experiencia previa lo habilita a explorar y conocer lógicamente que existirán otras formas de realizar la estimación de costos que también podrían utilizarse para enfocarlo de otras formas, tales como utilizar puntos objetos en vez de puntos función o realizar la búsqueda de otros tipos de software (Lorenta, 2019). El campo de la estimación y planificación del software es extenso para favorecer los procesos de elaboración de un plan de negocios, de una propuesta enfocándolo desde el punto de vista de la planificación con otras metodologías que el ingeniero considere pertinentes a la naturaleza de su proyecto. En síntesis, el equipo de estudiantes trabajó de manera eficaz, eficiente y con más calidad cuando se trata de hacer la estimación de costos, facilita la proyección de ingresos y egresos para obtener flujos de efectivo y luego adelantar la valoración del proyecto (Rodríguez y Lafita, 2018). Cada equipo de trabajo reflexionó con los resultados obtenidos, realizando ajustes y valorando su trabajo, su proceso y su producto como futuros ingenieros de sistemas en el desarrollo de productos software.

El proceso anterior impactó en los aprendizajes en los estudiantes en el área de emprendimiento en la formación del profesional en Ingeniería de Sistemas, porque desde este espacio se tiene el propósito de fomentar la competencia para ser persona, un ciudadano y un profesional con mentalidad

global, emprendedora y creativa que ofrece alternativas de solución a las necesidades de la sociedad. De tal manera que la propuesta pedagógica y de enseñanza tiene un enfoque integral e integrador; fusiona estrategias de aprendizaje autónomo, colaborativo y basado en proyectos coherentes con las prácticas de aprender del siglo XXI (Aria y Ortiz., 2018). El aprendizaje del estudiante en el área de emprendimiento, requiere de una gestión del aprendizaje (Rayón, 2015) que incluya planeación, implementación, seguimiento y evaluación antes, durante y después de cada tema y/o de cada sesión de aula, con el fin de desarrollar las habilidades personales, sociales e intelectuales de los estudiantes de ingeniería de sistemas. La propuesta pedagógica y de enseñanza con el método COCOMO en la unidad de Costos y Finanzas, fomentó el aprendizaje colaborativo favoreciendo en los estudiantes: la creatividad, flexibilidad al cambio y mente flexible para enfrentar retos tanto individuales como grupales; tolerancia, trabajo en equipo y productividad para lograr el objetivo común de aprendizaje; logrando resultados útiles para la reflexión y posición crítica para tomar decisiones frente a situaciones de su campo de acción específica; autonomía, definición y aplicación del pensamiento creativo, analítico y práctico. En otras palabras, la propuesta pedagógica y la estrategia de enseñanza facilitó a los estudiantes asumir un rol activo en la creación y gestión del conocimiento para una sociedad del conocimiento, que exige un aprendizaje para dar respuesta a los retos que evolucionan día a día (Arteño Ramos, 2019), así también, usar los resultados de aprendizaje de un modo creativo, asumiendo riesgos —porque sin ellos no puede haber creatividad—, iniciar propuestas de emprendimiento para dar respuesta a demandas y problemas nuevos;

y ser capaces de llevar a cabo proyectos colectivos.

Todo lo anterior, permite considerar que el Modelo Cocomo es una alternativa muy útil para estrategias de enseñanza y aprendizaje en asignaturas de Emprendimiento donde un entregable sea el Plan de Negocios sobre un prototipo de software.

CONCLUSIONES

En resumen los resultados de la práctica pedagógica y de enseñanza en el área de emprendimiento, una vez incorporado el Modelo COCOMO como un método algorítmico para la estimación de costos de un prototipo software; el equipo de estudiantes demostraron un trabajo individual, colaborativo, de equipo y adquiriendo buenas prácticas en ingeniería de software con calidad y precisión exitosa en la estimación de costos. De esta manera se evidencia el impacto de las áreas de formación complementaria contribuyen a fortalecer las habilidades y competencias de los estudiantes de ingeniería de sistemas en el desarrollo de Ingeniería de software usando metodologías algorítmicas para estimación de costos.

Como recomendación durante el desarrollo del plan de negocio de un producto o servicio software es necesario se oriente mediante una metodología que permita integrar los procesos de la gestión del tiempo, para garantizar una buena estimación de costos de los recursos, duración, seguimiento y control de sus actividades, que reflejen las buenas prácticas en la calidad del producto software y así determinar los beneficios que se obtendrán porque al realizar una estimación real del tiempo del proyecto de un producto software, se obtienen costos reales y sujetos a los posibles cambios del plan de negocios.

REFERENCIAS

- Alean P., A., Del Río C., J., Simancas T., R., y Rodríguez A., C. (1o de enero de 2016). ¿El Emprendimiento como Estrategia para el Desarrollo? *Saber, Ciencia y Libertad*, Vol. 12, 107-123. doi:<http://orcid.org/0000-0001-5950-8552>
- Aponte, D. A. (2018). Ciclos de vida del software libre. Caso de estudio Distribución Canaima GNU/Linux. Universidad de los Andes, Ingeniería de Sistemas. Mérida (Venezuela): Universidad de los Andes. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://github.com/davidhdz/davidh-proyecto-grado>
- Aria, I. C., y Ortiz., C. A. (2018). Aprendizaje cooperativo en la formación de ingenieros. *Libre Empresa*, 15(1). <https://doi.org/10.18041/1657-2815/libreempresa.2018v15n1.3160>, 119-132
- Arteño Ramos R, L. O. (2019). Análisis de los planteamientos de Miguel Escotet sobre desafíos en educación superior en una era de transición. *Revista Boletín Redipe*, 8(5). Disponible en: <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/740>, 118-130
- Bayona, S. (17 de julio de 2017). Algoritmos evolutivos para la adquisición de TI en la empresa. (U. F. Caldas, Ed.) *Tecnología, Investigación y Academia*, 5(2), 243-249. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de https://go.galegroup.com/ps/anonymouse?id=GALE%7CA568009287&isid=google_scholarly_v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=23448288&yp=IFME&sw=w
- Bejarano P., A., Cardozo B., E., y Rico G., N. (2017). Análisis de costo y ventas de un proyecto con variación en el tiempo de ejecución. Universidad Católica De Colombia, Programa de especialización en gerencia de obras. Bogotá D. C.: Universidad Católica. Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15385/1/ANALISIS%20DE%20COSTOS%20Y%20VENTAS.pdf>
- Compte G., M., y Sánchez del Campo L, M. (2019). Aprendizaje colaborativo en el sistema de educación superior ecuatoriano. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, Vol. XXV (No.2), 131-140, Abril - Junio, ISSN 2477-9431
- Compte, M., y Sánchez del Campo, M. (2018). Sistema de planificación, gestión y evaluación del aprendizaje colaborativo para carreras de diseño. AFOE. Experiencias investigadoras e innovadoras hispano-ecuatorianas, Sevilla (España), 205-215
- Dapozo, G. M. (2015). Métodos de estimación de esfuerzo y duración en proyectos web pequeños. *Revista Electrónica Argentina-Brasil de Tecnologías de la Información y la Comunicación*, 1(1) Recuperado en: <https://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/50>, <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.59447>.
- Feuchter, C. (17 de agosto de 2018). Mejorar la Productividad Mediante la Aplicación de la Curva de Aprendizaje. Recuperado el 25 de octubre de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/327079572_Mejorar_la_Productividad_Mediante_la_Aplicacion_de_la_Curva_de_Aprendizaje
- Galarza, M. C. (2018). Curva de aprendizaje como factor clave en el desarrollo del sector carrocero de la provincia de tungurahua. *Memorialia*, Artículo: 13. ISSN: 1690-8074 (Número 15. Enero / Junio), 117-131
- García, J. C., Ward, A., y Brizeida Hernández, J. L. (1o de Julio de 2017). Educación emprendedora: Estado del arte. *Scielo*, 5(2), 401-473. doi:<https://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n2.190>
- Garita-González, G., y Lizano-Madriz, F. (15 de enero-junio de 2018). Estimación de costo de software: Una propuesta de aplicación pedagógica de COCOMO. (I. E. 2215-3470, Ed.) *UNICIENCIA*, 32(1o), 118-133. doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.32-1.8>

- Gómez, A., López, M., Migani, S., y Otazú, A. (10 de Noviembre de 2017). - COCOMO - UN MODELO DE ESTIMACION DE PROYECTOS DE SOFTWARE. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://blogadmi1.files.wordpress.com/2010/11/cocomo0llfull.pdf>
- Huang, X., Ren, D. H., y Capretz, L. F. (10 de enero de 2017). Mejorando el modelo COCOMO usando un enfoque neuro-difuso. *ScienceDirect*, 7(1), 29-40. Recuperado el 23 de octubre de 2019, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494605000712>
- Loaiza Zuluaga, Y. E., y Duque, P. A. (17 de febrero de 2017). Contexto de las prácticas pedagógicas de los maestros y los docentes. *Plumilla Educativa*, 19(1), 60-78. doi:<https://doi.org/10.30554/plumillaedu.19.2474.2017>
- Lorenta, J. A. (1 de julio de 2019). Universidad de Alcalá. Space. Recuperado el 26 de octubre de 2019, de https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/39126/TFM_Artal_Lorenta_2019.pdf?sequence=1
- Pineda-Rodríguez, Y. L., y Loaiza-Zuluaga, Y. D. (16 de julio de 2018). ESTADO DEL ARTE DE LAS PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS DE LOS MAESTROS DE LAS ESCUELAS NORMALES SUPERIORES Y LAS FACULTADES DE EDUCACIÓN. *Praxis*, 14(20), 50-72. doi:<http://dx.doi.org/10.21676/23897856.2914>
- R. Sarno, J. S. (16 de septiembre de 2015). Improving the accuracy of COCOMO's effort estimation based on neural networks and fuzzy logic model. Recuperado el 26 de Octubre de 2019, de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=yarnumber=7379898&isnumber=7379855>
- Rayón Rumayor, L. d. (2015). La creación y gestión del conocimiento en la enseñanza superior: la autonomía, autorregulación y cooperación en el aprendizaje. *Revista iberoamericana de educación superior Scielo*, 2(14. ISSN 2007-2872), 103-122
- Remón, C. A. (2017). Estimación de Esfuerzo en el Desarrollo de Software a partir de Especificación de Requerimientos. Trabajo de Grado, Universidad nacional de la Plata, Magister en Ingeniería de Software, La Plata. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62907/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, I. I., y Lafita, M. (2018). Los Proyectos de Inversión. *Anuario Ciencia en la UNAH* 16(1), 98-115
- Rodríguez, J., y Leal, J. (15 de Noviembre de 2015). GESTIÓN DEL TIEMPO EN PROYECTOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE. (I. 1692-840, Ed.) *TEKNE*, 11(2), 19-28. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne>
- Rozo, S. H. (2017). Plan de negocio para una empresa de consultoría. Universidad Externado de Colombia, Facultad de Administración de Empresas. Bogotá D.C.: Universidad Externado de Colombia. Recuperado el 17 de Septiembre de 2019, de https://bdigital.uexternado.edu.co/bitstream/001/477/1/Proyecto%20de%20Grado_Silvia%20Helena%20Vega%20Rozo%20Final.pdf
- Sánchez García, J. C., Briz, A. W., Hernández, B., y Lizette Florez, J. (10 de Jul.-Dic. de 2017). Educación emprendedora: Estado del arte. *Propósitos y Representaciones*, Vol. 5(2), pp. 401 - 473. doi:<http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n2.190>
- UNICESMAG. (2017). Proyecto Educativo Universitario, Facultad de Ingeniería, Programa de Sistemas. Pasto, Nariño, Colombia
- Vargas C., Z. R. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165, ISSN: 0379-7082