

**Modelo de estimación del esfuerzo, tiempo y coste de desarrollo
de un software de gestión**

**Estimation model of the effort, time and cost of development
of a management software**

**Modelo de estimativa de esforço, tempo e custo de desenvolvimento
de software de gestão**

Carlos Castillo Diestra¹, Francisco Rodríguez Novoa¹, Jorge Gutiérrez Gutiérrez¹,
Miguel Sánchez Huamán¹

Resumen

El objetivo el presente estudio fue elaborar un modelo que permita estimar el esfuerzo, tiempo de desarrollo y coste de desarrollo de un software de gestión de manera confiable. Pues, la estimación de un proyecto software es una actividad crítica a la hora de tomar decisiones de planificación. En la investigación se realizó el seguimiento a cinco proyectos software de gestión de tamaño mediano desarrollados por empresas trujillanas y en base a la muestra obtenida y haciendo uso de análisis de regresión se logró elaborar el modelo de estimación de un proyecto software, que sigue una tendencia exponencial y que permite estimar el esfuerzo, tiempo de desarrollo y coste de desarrollo de un software de gestión.

Palabras clave: Estimación, software de gestión.

Abstract

The objective of this study was to develop a model to estimate the effort, development time and cost of a management software reliably. Well, the estimation of a software project is critical when making planning activity. To conduct the research monitoring was done to five medium-sized software management projects developed by enterprises of Trujillo and based on the sample obtained using regression analysis it was make the estimation model of a software project, which follows an exponential trend, and allows to estimate the effort, development time and cost of developing management software.

Keywords: Estimation, software management.

Resumo

O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo para estimar o esforço, o tempo eo custo de desenvolvimento de um projeto de software de forma confiável. Bem, a estimativa de um projeto de software é fundamental ao fazer atividade de planejamento. Para realizar a pesquisa estava rastreando cinco projetos de gerenciamento de software desenvolvidos por empresas de médio porte de Trujillo e com base na amostra obtida por análise de regressão e é possível fazer o modelo de estimativa de um projeto de software, que segue uma tendência exponencial e para estimar o esforço, tempo de desenvolvimento e custos de desenvolvimento de software de gestão.

Palavras- chave: Estimativa, software de gestão.

¹ Escuela de Ingeniería Informática y de Sistemas, Universidad San Pedro, ccastillod@hotmail.com

Recibido, 9 de marzo de 2015
Aceptado, 28 de abril de 2015

Introducción

Albretch (1979) en *Measuring Application Development Productivity* comparte sus experiencias en medición de la productividad del desarrollo del software. Describe como mide la productividad del software en las diferentes fases del desarrollo del software. Plantea las métricas del software orientadas a la función que utilizan una medida de la funcionalidad entregada por la aplicación como un valor de normalización. Ya que la funcionalidad no se puede medir directamente, se debe derivar indirectamente mediante otras medidas directas. Las métricas orientadas a la función fueron propuestas por Albretch, quien sugirió una medida llamada punto de función. Los puntos de función se derivan con una relación empírica según las medidas contables (directas) del dominio de información del software y las evaluaciones de la complejidad del software.

Boehm (1981) publica el Modelo Constructivo de Costos o COCOMO (en inglés, *Constructive Cost Model*), es un modelo que permite estimar el coste, el esfuerzo y el tiempo de desarrollo de un producto software a partir de su tamaño estimado expresado en líneas de código. El modelo no indica como estimar las líneas de código. El cálculo fundamental del modelo COCOMO es el uso de la Ecuación del Esfuerzo para estimar el número de Personas-Mes requeridos para desarrollar un proyecto. La mayoría de los otros resultados de COCOMO, incluyendo las estimaciones para los requisitos y el mantenimiento, se derivan de este valor. El modelo se desarrolló en base a la experiencia de proyectos desarrollados en la década de los 70 y acorde a las prácticas de desarrollo de software de aquel momento. Durante la década de los 80, el modelo se continuó perfeccionando y consolidando, siendo el modelo de estimación de costos más ampliamente utilizado en el mundo.

Karner (1993) publica el artículo *Resource Estimation for Objectory Projects* en el que plantea un método de estimación de esfuerzo para proyectos de software, a partir de sus casos de uso y fue desarrollado basándose en el método de punto de función. El método utiliza los actores y casos de uso relevados para calcular el esfuerzo que significará desarrollarlos. A los casos de uso se les asigna una complejidad basada en transacciones, entendidas como una interacción entre el usuario y el sistema, mientras que a los actores se les asigna una complejidad basada en su tipo, es decir, si son interfaces con usuarios u otros sistemas. También se utilizan factores de entorno y de complejidad técnica para ajustar el resultado.

Boehm (2000) publica el Modelo Constructivo de Costos II o COCOMO II (en inglés *Constructive Cost Model II*) es un modelo que permite estimar el coste, el esfuerzo, y la duración del desarrollo de un producto software. COCOMO II es una evolución del modelo original COCOMO, el cual ha sido muy acertado, pero no se aplica a las nuevas prácticas del desarrollo del software tan bien como se hace a las prácticas tradicionales. COCOMO II apunta los proyectos del software de los años 90 y de los años 2000, y continuará desarrollándose en los años próximos. COCOMO II consiste en tres submodelos, cada uno ofrece una fidelidad creciente a lo largo del planeamiento del proyecto y del diseño del proceso. Enumerado en fidelidad creciente, estos submodelos son: Composición de Aplicaciones, Diseño Temprano y Post-arquitectura. A igual que el modelo COCOMO, el modelo COCOMO II no indica como estimar las líneas de código.

En la actualidad el desarrollo del software se enfrenta a resolver problemas que se presentaron en gran magnitud en la década de los 60, a lo que se llamó “crisis del software”, estos problemas los podemos resumir en tres: el software no se desarrollaba en el tiempo previsto, el coste del software era mayor al presupuestado y la calidad del software no satisfacía las expectativas de los clientes. Luego de más de cincuenta años, la pregunta es ¿sigue el software en crisis?. Las estadísticas dadas por Standishgroup (2010) en el reporte Chaos Summary for 2010, señala que en el 2008, solo el 32% de los proyectos de software fueron exitosos, el 24% de ellos fracasaron y el 44% de ellos fueron replanteados. La estimación del coste, esfuerzo y tiempo de desarrollo de un proyecto software es una actividad crítica a la hora de tomar decisiones de planificación. Una estimación inexacta de un proyecto software, lleva en muchos casos al fracaso del mismo; por ello, planteamos elaborar un modelo que permita estimar un proyecto software que sirva a los desarrolladores de software a tomar mejores decisiones en la planificación de los proyectos de desarrollo de software. Por lo tanto, nuestro problema de investigación fue ¿Cómo estimar el esfuerzo, tiempo de desarrollo y coste de un proyecto software de manera confiable?.

Material y Métodos

El tipo de investigación es tecnológica y la técnica de investigación es documental y de campo. La población fueron los proyectos de software de gestión. Se tomó como muestra de cinco proyectos software de gestión de tamaños mediano desarrollados por empresas trujillanas desde agosto de 2013 hasta julio de 2014.

Resultados

Elaboración del modelo de estimación

En base a la muestra obtenida, que se observa en la tabla 1, se procedió a determinar el mejor modelo de estimación, mediante análisis de regresión.

Tabla 1. Tamaño, esfuerzo y tiempo de desarrollo de proyectos de software de gestión obtenidos mediante seguimiento y observación.

Proyecto	Líneas de Código (LDC)	Esfuerzo (ESF) (personas.mes)	Tiempo de desarrollo (TDES)
1 (compras)	4602	16,6	6,7
2 (control de inventarios)	6334	23,7	7,6
3 (matricula y notas)	8356	32,3	8,4
4 (compras y ventas)	15300	63,7	10,7
5 (gestión académica)	17050	71,9	11,2

Ecuación del esfuerzo de desarrollo del software

Usando los valores de línea de código y de esfuerzo de la tabla 1, determinamos la mejor tendencia para calcular el esfuerzo de desarrollo del software, obteniendo las tendencias que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Ecuación y coeficiente de determinación R^2 para cada tendencia del esfuerzo de desarrollo

Tendencia	Ecuación	Coefficiente de Determinación R^2
Lineal	$ESF = 15,06LDC + 3,54$	0,9301
Exponencial	$ESF = 11,02 e^{0,392LDC}$	0,9669
Logarítmica	$ESF = 35,028 \ln(LDC) + 8,1009$	0,8129
Potencial	$ESF = 14,408LDC^{0,9884}$	0,9140
Polinómica	$ESF = 1,7857LDC^2 + 4,3457 LDC + 8,96$	0,9484

El coeficiente de determinación R^2 , que más se acerca a la unidad es el de la tendencia exponencial, con un valor de 0,9669. En la figura 1, se muestra esta tendencia que mejor representa el comportamiento del esfuerzo de desarrollo del software. Por lo tanto, nuestro modelo de estimación para calcular el esfuerzo de desarrollo está dado por la siguiente ecuación: $ESF = 11,02e^{0,392*LDC}$

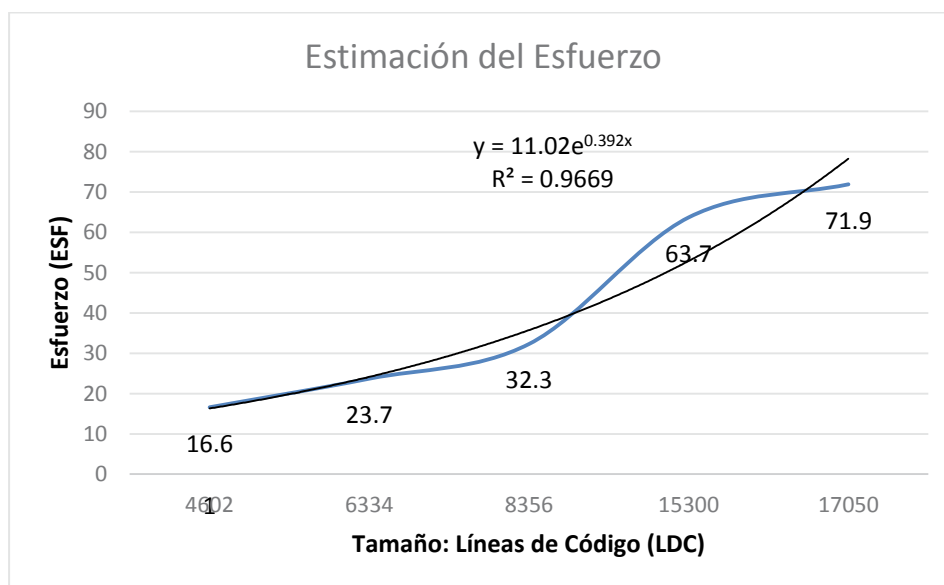


Figura 1. Tendencia exponencial del esfuerzo de desarrollo

Ecuación del tiempo de desarrollo del software

Usando los valores del esfuerzo y tiempo de desarrollo de la tabla 1, determinamos la mejor tendencia para calcular el tiempo de desarrollo del software, obteniendo las tendencias que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Ecuación y Coeficiente de determinación R^2 para cada tendencia del tiempo de desarrollo

Tendencia	Ecuación	Coeficiente de Determinación R^2
Lineal	$TDES = 1,21ESF + 5,29$	0,9564
Exponencial	$TDES = 5,8009 e^{0,137ESF}$	0,9661
Logarítmica	$TDES = 2,8789 \ln(ESF) + 6,1634$	0,8747
Potencial	$TDES = 6,3742ESF^{0,3307}$	0,9099
Polinómica	$TDES = 0,05ESF^2 + 0,91ESF + 5,64$	0,9587

El coeficiente de determinación R^2 , que más se acerca a la unidad es el de la tendencia exponencial, con un valor de 0,9661. En la figura 2, se muestra esta tendencia que mejor representa el comportamiento del tiempo de desarrollo del software. Por lo tanto, nuestro modelo de estimación para calcular el tiempo de desarrollo está dado por la siguiente ecuación: $TDES = 5,8009e^{0,137*ESF}$

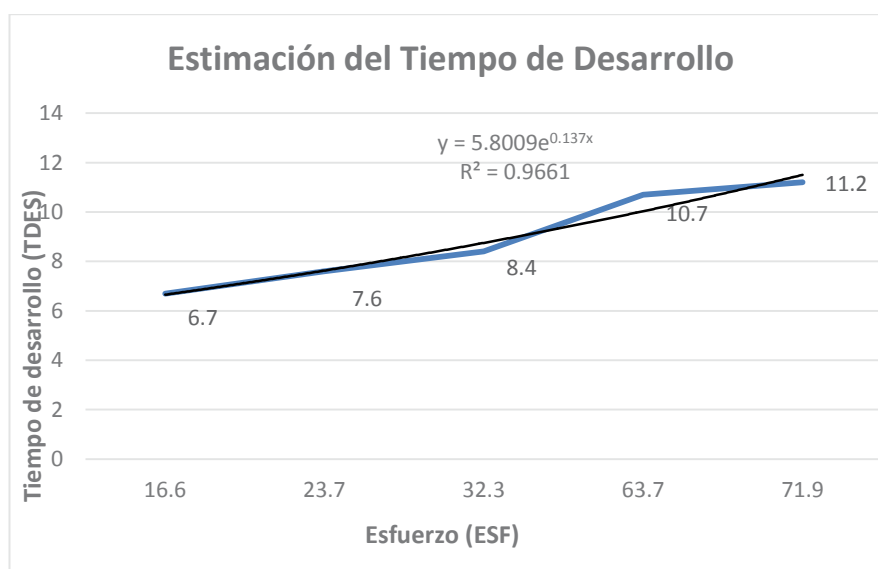


Figura 2. Tendencia exponencial del tiempo de desarrollo

Modelo de estimación de un proyecto software

El modelo de estimación del esfuerzo, tiempo y coste de desarrollo de un software de gestión es el siguiente:

- **Esfuerzo de desarrollo del software**

$$ESF = 11,02e^{0,392*LDC}$$

Donde:

ESF es el esfuerzo de desarrollo medido en personas.mes. Se considera 174 horas de trabajo en un mes por cada desarrollador.

LDC es el número de líneas de código fuente estimadas que serán programadas por el personal de desarrollo. No se consideran las líneas generadas automáticamente.

- **Tiempo de desarrollo esfuerzo de desarrollo del software**

$$TDES = 5,8009e^{0,137*ESF}$$

Donde:

TDES es el tiempo de desarrollo medido en meses

ESF es el esfuerzo de desarrollo obtenido por la primera ecuación del modelo.

- **Coste de mano de obra del desarrollo del software**

$$CS = ESF * CPM$$

Donde:

CS es el coste del software. Solo es el coste de mano de obra, es decir el coste del personal que participa en el desarrollo.

ESF es el esfuerzo de desarrollo obtenido por la primera ecuación del modelo.

CPM es el coste promedio mensual del personal que participa en el desarrollo.

Adicionalmente, en base al esfuerzo y tiempo de desarrollo, se puede estimar el número de personas promedio al mes que se requiere en el proyecto, así como la productividad, de la siguiente manera:

- **Número de personas promedio al mes que se requiere en el proyecto**

$$N = \frac{ESF}{TDES}$$

Donde:

N es el número de personas promedio al mes que se requiere en el proyecto. Medido en número de personas

ESF es el esfuerzo de desarrollo obtenido por la primera ecuación del modelo.

TDES es el tiempo de desarrollo obtenido por la segunda ecuación del modelo.

- **Productividad**

$$P = \frac{KLDC}{N}$$

Donde:

P es la productividad, medido en kilo líneas de código fuente por persona

KLDC es el número de líneas de código fuente estimadas en miles que serán programadas por el personal de desarrollo. No se consideran las líneas generadas automáticamente.

N es el número de personas promedio al mes que se requiere en el proyecto. Medido en número de personas

Discusión

Como resultado de la presente investigación se ha obtenido un modelo de estimación para calcular el esfuerzo de desarrollo, el tiempo de desarrollo y el coste de desarrollo de software. El modelo obtenido se basa en una muestra de cinco proyectos de software de gestión de tamaño pequeño. Sin embargo, para un mejor estudio, debería incrementarse la muestra a un número mayor de proyectos y de mayor tamaño. El hacer seguimiento a proyectos de tamaño mediano y grande tomaría mayor tiempo para tomar la muestra, pero permitiría perfeccionar el modelo de estimación.

En el capítulo de resultados se presentan las diferentes tendencias para elaborar el modelo estimación, teniendo como resultado que para determinar el esfuerzo y el tiempo de desarrollo se sigue una tendencia exponencial. Para el caso de la determinación del esfuerzo de desarrollo, la tendencia exponencial, da un coeficiente de

determinación de 0,9669 y para el caso del tiempo de desarrollo, la tendencia exponencial, da un coeficiente de determinación de 0,9661.

El modelo propuesto se basa en experiencias de cinco proyectos de tamaño pequeño de empresas trujillanas en el que participó personal de desarrollo peruano heterogéneo a tiempo completo.

La estimación del coste, esfuerzo y tiempo de desarrollo de un proyecto software es una actividad crítica a la hora de tomar decisiones de planificación. Una estimación inexacta de un proyecto software, lleva en muchos casos al fracaso del mismo; por ello, el modelo de estimación planteado permitirá a los desarrolladores de software a tomar mejores decisiones en la planificación de los proyectos de desarrollo de software.

Conclusiones

Se logró elaborar un modelo de estimación de proyectos de software a partir de datos obtenidos empíricamente y aplicando regresiones, que servirá a los desarrolladores de software a tomar mejores decisiones en la planificación de los proyectos de desarrollo de software.

Incrementar el tamaño de la muestra para elaborar el modelo de estimación a un número mayor de proyectos y de mayor tamaño, a fin de obtener un mejor modelo de estimación.

Extender el modelo a otros tipos de software como software empotrado y software en tiempo real.

Referencias bibliográficas

- Albrecht, A. J. (1979) Measuring Application Development Productivity, *Application Development Symposium*, (83-92).
- Boehm, B. (1981). *Software Engineering Economics*. New Jersey: Ed. Prentice Hall.
- Boehm, B. (2000). *Software Cost Estimation with Cocomo II*. New Jersey: Ed. Prentice Hall.
- Karner, G. (1993). *Resource Estimation for Objectory Projects*. Recuperado de <http://www.bfpug.com.br>.
- Standishgroup (2010). *Chaos Summary for 2010*. Recuperado de <http://www.standishgroup.com>.