
CALIDAD, TIEMPO Y COSTO EN PROYECTOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

José Luis Cantú-Mata, Fernando Torres-Castillo, Sergio Alcaraz-Corona y Fernando Banda-Muñoz

RESUMEN

El propósito del estudio fue determinar la correlación entre calidad, tiempo y costo en proyectos de desarrollo de software. Para abordar la cuestión se diseñó un instrumento de medida con 15 indicadores medidos mediante escala Likert y distribuidos en las variables de estudio. Se recolectó un total

de 82 respuestas de empresas que contrataron a un proveedor para desarrollar un software. La información recolectada fue analizada con las técnicas alpha de Cronbach y correlación de Pearson para comprobar la confiabilidad y la correlación, respectivamente.

Introducción

El tiempo es un elemento crucial (Hansen y Mowen, 1996) en una creciente lista de procesos de producción de bienes y servicios. En particular, la industria del software se ha convertido en un componente fundamental en una gran variedad de aplicaciones y actividades en diversos sectores productivos de cualquier país o región. Por ello, cada vez más organizaciones invierten grandes cantidades para implantar o mejorar su infraestructura tecnológica e informática. Sin embargo, no todas las organizaciones disponen de áreas internas dedicadas a atender dichas necesidades debido a que su personal no cuenta con las capacidades y habilidades técnicas requeridas (Niazi *et al.*, 2013), por lo que es necesario recurrir a un proveedor externo. Una de las áreas dentro de

una gran cantidad de empresas que frecuentemente es subcontratada es la que se enfoca en el desarrollo de productos y servicios de software, donde el objetivo es encontrar un proveedor que cuente básicamente con personal calificado, certificado y en constante capacitación para así obtener un producto o servicio de la mayor calidad. Además, los proveedores, principalmente los de clase mundial en esta industria, disminuyen considerablemente los ciclos de desarrollo debido al uso de herramientas y metodologías avanzadas que les permite acelerar la entrega del producto (Rauscher y Smith, 1995), lo cual permite obtenerlo en el tiempo, presupuesto y nivel de calidad acordados. Por el contrario, los proyectos de desarrollo de software que no se entregan en el tiempo convenido, por lo regular tienden a requerir de

una mayor inversión que, en algunos casos, ocasiona la cancelación del proyecto por exceder el límite del presupuesto. Por lo tanto, considerando que la estimación y administración del tiempo son de los aspectos más importantes en este tipo de proyectos, afecta el costo y la calidad del producto final (Khan *et al.*, 2013).

Para demostrar el nivel de relevancia, se diseñó un estudio empírico basado en una encuesta de 15 preguntas para analizar la relación entre calidad, tiempo y costo de productos o servicios de software ofrecidos por proveedores externos. Se aplicó la encuesta a un total de 82 organizaciones que subcontrataron esas funciones. En general, este tipo de estudios permite identificar los diferentes factores y su relevancia en el desarrollo de productos y servicios de software para que el personal

encargado del desarrollo y administración de un proyecto pueda afrontarlos de una forma más efectiva. A continuación se presenta la revisión de literatura enfocada principalmente en los factores de calidad, tiempo y costo en proyectos de desarrollo de software.

Revisión de Literatura

El desarrollo de productos o servicios de software continúa creciendo en importancia y cantidad de aplicaciones de la vida diaria. Por tal motivo, la administración del tiempo en proyectos de desarrollo de software representa uno de los factores más importantes a lo largo de su implementación (Bano *et al.*, 2013). Evidentemente, una inadecuada estimación y administración del tiempo de desarrollo puede originar una serie de problemas que afec-

PALABRAS CLAVE / Calidad del Producto / Costo del Producto / Desarrollo de Software / Tiempo de Entrega /

Recibido: 04/12/2017. Modificado: 07/09/2018. Aceptado: 11/09/2018.

José Luis Cantú-Mata. Ingeniero en Administración de Sistemas, M.C. en Administración Industrial y de Negocios, y Doctor en Filosofía con orientación en Administración, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. Profesor, UANL, México. Dirección: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Av. Pedro de Alba s/n,

Cd. Universitaria C.P. 66451. Apartado Postal 076 Suc. "F". San Nicolás de los Garza, N. L. México. e-mail: jlcmata@gmail.com

Fernando Torres-Castillo. B.Cs. y M.Cs., Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), México. Doctor en Filosofía con orientación en Administración, UANL, México. Profesor, UANL, Mé-

xico. e-mail: fernando.torresc@uanl.mx

Sergio Alcaraz-Corona. Ingeniero en Sistemas Electrónicos, ITESM, México. M.C. en Ingeniería Eléctrica, Illinois Institute of Technology, EUA, y Doctor en Tecnologías de Información, ITESM, México. Professor, UANL, Mexico. e-mail: sergio.alcarazcrn@uanl.edu.mx

Fernando Banda-Muñoz. Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones, M.C. en Administración Industrial y de Negocios, y Doctor en Filosofía con orientación en Administración, UANL, México. Profesor, UANL, México. e-mail: fernando.bandam@uanl.mx

QUALITY, TIME AND COST IN SOFTWARE DEVELOPMENT PROJECTS

José Luis Cantú-Mata, Fernando Torres-Castillo, Sergio Alcaraz-Corona and Fernando Banda-Muñoz

SUMMARY

The aim of the study was to determine the correlation between quality, time and cost in software development projects. To address the issue, a measurement instrument was designed with 15 indicators measured using the Likert scale and distributed in the study

variables. A total of 82 responses were collected from companies that hired a supplier to develop software. The information collected was analyzed with Cronbach's alpha and Pearson's correlation techniques to verify reliability and correlation, respectively.

QUALIDADE, TEMPO E CUSTO EM PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

José Luis Cantú-Mata, Fernando Torres-Castillo, Sergio Alcaraz-Corona e Fernando Banda-Muñoz

RESUMO

O propósito do estudo foi determinar a correlação entre qualidade, tempo e custo em projetos de desenvolvimento de software. Para abordar a questão se desenhou um instrumento de medida com 15 indicadores utilizando a escala Likert e distribuídos nas variáveis de estudo. Foi obtido um total

de 82 respostas de empresas que contrataram um provedor para desenvolver um software. A informação coletada foi analisada com as técnicas Alpha de Cronbach e Correlação de Pearson para comprovar a confiabilidade e a correlação, respectivamente.

tan tanto al cliente como al proveedor. Por ejemplo, además de que se puedan generar pérdidas económicas derivadas por retrasos en la entrega y los costos adicionales que eso ocasiona, lo anterior también crea una pérdida de credibilidad y confianza de parte del cliente hacia el proveedor. De ahí que el éxito en la administración de este tipo de proyectos depende en gran medida de la organización y coordinación de las actividades entre el desarrollo del producto, así como la gestión del proyecto (Manteli *et al.*, 2010). Para ello, Nienaber y Cloete (2003) mencionan que tanto la comunicación como la coordinación entre el cliente y el proveedor son esenciales para que el producto pueda ser entregado en el tiempo requerido sin exceder su costo y que cumpla con todas las necesidades del cliente lo cual en conjunto tiene un gran impacto en su nivel de calidad. Adicionalmente, existen otros aspectos que influyen en la administración del tiempo de desarrollo; por una parte, la metodología de desarrollo que sigue el proveedor para construir el producto y, por otro lado, la cantidad de personal y sus capacidades técnicas disponibles para trabajar en el desarrollo.

Respecto a las metodologías de desarrollo, existe gran diversidad de ellas, cada una con propiedades específicas, pero en términos generales la mayoría se caracteriza por dividir el desarrollo en las siguientes etapas o fases de trabajo: planeación del proyecto, definición de requerimientos, diseño de la solución, codificación y aseguramiento de la calidad por medio de la aplicación de distintos tipos de pruebas. Ciertas metodologías contienen más o menos etapas, algunas inclusive con distintos nombres; no obstante, dichas etapas o fases de trabajo requieren de una adecuada planeación y administración del tiempo de ejecución individual para así llevar un buen control del tiempo de desarrollo general del proyecto. Agrawal y Chari (2007) consideran que la administración del tiempo es uno de los factores más importantes en el proceso de desarrollo, debido a que este tipo de proyectos suelen realizarse bajo una estricta revisión de los avances programados y en general por todos los demás aspectos que tienen algún tipo de influencia en su manejo.

Por otra parte, el concepto de calidad en desarrollo de software se puede evaluar desde dos perspectivas. Por un

lado, la calidad del software o calidad del producto se refiere al conjunto de cualidades que caracterizan y determinan la utilidad y existencia del software. De acuerdo a Pérez *et al.* (2005) para evaluar la calidad de cualquier software completo o terminado, éste debe cumplir con los siguientes criterios de calidad: funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia y mantenibilidad. Es decir, el producto debe funcionar de acuerdo a lo solicitado con un alto grado de fiabilidad y al mismo tiempo debe ser fácil de usar, mantener y que haga uso de los recursos de forma eficiente. Por otro lado, la calidad del servicio representa aquellos elementos que el proveedor define mediante su política de calidad en la que intervienen aspectos tales como los valores, la misión y la visión del grupo de trabajo.

Al igual que en la calidad del producto, Van Iwaarden y Van der Wiele (2002) mencionan que, para poder evaluar la calidad del servicio, un proveedor debe cumplir con los cinco criterios siguientes: 1) Elementos tangibles, los cuales incluyen al personal, equipo informático, material de comunicación, instalaciones físicas, entre otros. 2) Confiabilidad, que se refiere a la habilidad del pro-

veedor para proporcionar el servicio prometido en forma precisa. 3) Capacidad de respuesta, que significa la disposición y voluntad de los empleados para ayudar al cliente y proporcionar el respectivo servicio. 4) Seguridad, representa el conocimiento y atención mostrados por los empleados y sus habilidades para inspirar credibilidad y confianza. 5) Empatía, tiene que ver con la atención personalizada que ofrecen los proveedores a sus clientes.

Ambas perspectivas son muy importantes para determinar el nivel de calidad de todo un desarrollo y, por lo tanto, es uno de los elementos esenciales que se deben considerar al momento de seleccionar un proveedor de parte de los clientes (Kim *et al.*, 2003). Por último, otro factor de suma importancia al momento de seleccionar un proveedor es el relacionado con el costo del proyecto (Berg y Stylianou, 2009) ya que una de las estrategias fundamentales de negocio de parte de los clientes es precisamente escoger el proveedor de más bajo costo, obviamente sin comprometer la calidad y el tiempo de entrega (Hansen y Mowen, 1996).

El objetivo de este estudio es determinar la correlación

entre calidad, tiempo y costo en proyectos de desarrollo de software. Para ello, se propusieron las siguientes hipótesis:

H₁: El aumento de la calidad del software (X₁) aumenta la calidad del servicio (X₂).

H₂: El aumento de la calidad del software (X₁) aumenta el tiempo de entrega (X₃).

H₃: El aumento de la calidad del software (X₁) aumenta el costo del producto (X₄).

H₄: El aumento de la calidad del servicio (X₂) aumenta el tiempo de entrega (X₃).

H₅: El aumento de la calidad del servicio (X₂) aumenta el costo del producto (X₄).

H₆: El aumento del tiempo de entrega (X₃) aumenta el costo del producto (X₄).

Método

El estudio es de tipo correlacional-causal. Se realizó a partir de aplicar un cuestionario a una muestra de 82 organizaciones que contrataron el servicio de desarrollo de software. Los participantes fueron líderes de proyecto, 96,34% hombres y 3,66% mujeres.

Se abordó el enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, transeccional, con recolección de datos en agosto 2015 utilizando un instrumento de medida (Tabla I) bajo el criterio de la escala Likert, donde el encuestado califica cada ítem según su percepción en puntuaciones de 1 a 5, conformado por 4 variables de estudio y 15 preguntas. Se utilizó el método de correlación de Pearson para efectuar el análisis de la data obtenida.

Resultados

Se realizó un análisis de alpha de Cronbach, que consiste en identificar la correlación interna o confiabilidad de un conjunto de indicadores observables que permiten medir una variable que no es observada o medida directamente. En el caso de las cuatro variables de estudio, estas han sido medidas con sus respectivos indicadores

Variables	Indicadores	Definición
Calidad del software X ₁	1. La capacidad del software para proveer funciones que cumplan con necesidades específicas son las adecuadas.	Es la conformidad con las expectativas tangibles de los clientes.
	2. La probabilidad que el software realice sin fallo una función dada, bajo condiciones dadas durante un periodo de tiempo cumple con las expectativas.	
	3. La capacidad del software para ser atractivo, entendido, aprendido y utilizado por el usuario es flexible.	
	4. La capacidad del software para proveer un rendimiento apropiado, relativo a la cantidad de recursos utilizados es el adecuado.	
	5. El software requiere de mantenimiento constantemente.	
Calidad del servicio X ₂	6. La apariencia de las instalaciones físicas, equipos, personal y material de comunicación es la adecuada.	
	7. El proveedor proporciona el servicio de forma precisa.	
	8. La disposición y voluntad de los empleados para ayudar al cliente y proporcionar el respectivo servicio es el adecuado.	
	9. El conocimiento y atención además de las habilidades para inspirar credibilidad y confianza mostrados por los empleados son adecuados.	
	10. La atención personalizada que ofrecen las empresas a sus clientes es la adecuada.	
Tiempo de entrega X ₃	11. El proveedor cumplió con la entrega del producto en el tiempo acordado.	Es la rapidez con la que se va a entregar un producto.
	12. La coordinación y comunicación entre cliente-proveedor fueron apropiadas para establecer las necesidades del cliente.	
Costo del producto X ₄	13. El costo del producto cumple con el presupuesto destinado a servicios informáticos.	Es la cantidad económica para adquirir productos y servicios.
	14. El costo del producto fue apropiado de acuerdo a la calidad del producto.	
	15. El costo del producto fue apropiado de acuerdo al tiempo establecido de entrega.	

y los resultados indican que son aceptables para cada una de ellas (Tabla II). De acuerdo a Hair *et al.* (2011) el resultado señalado como límite inferior es de 0,6. En el presente estudio, el menor valor es de 0,707 y por tanto se cumple con el criterio de confiabilidad.

Por otro lado, se realizó un análisis de Pearson para determinar el grado de correlación entre la calidad del producto (software y servicio), el tiempo

de entrega y el costo del producto. Como se puede observar en la Tabla III, el nivel de significancia de cada par de variables es <0,05 (nivel de confianza a 95%), por que existe correlación entre cada par de variables.

El resultado de cada análisis es bilateral y se interpreta de la siguiente manera:

a. X₁ - X₂ = 0,739; correlación positiva alta. El aumento de calidad del software aumenta la calidad del servicio.

Variables	Alpha de Cronbach	Elementos
X ₁	0,866	5
X ₂	0,817	5
X ₃	0,768	2
X ₄	0,707	3

		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
X ₁	Correlación de Pearson	1,000	0,739	0,639	0,548
	Sig.	-	0,000	0,000	0,000
X ₂	Correlación de Pearson	0,739	1,000	0,734	0,569
	Sig.	0,000	-	0,000	0,000
X ₃	Correlación de Pearson	0,639	0,734	1,000	0,358
	Sig.	0,000	0,000	-	0,001
X ₄	Correlación de Pearson	0,548	0,569	0,358	1,000
	Sig.	0,000	0,000	0,001	-

b. $X_1 - X_3 = 0,639$; correlación positiva moderada. El aumento de calidad del software aumenta el tiempo de entrega.

c. $X_1 - X_4 = 0,548$; correlación positiva moderada. El aumento de calidad del software aumenta el costo del producto.

d. $X_2 - X_3 = 0,734$; correlación positiva alta. El aumento de calidad del servicio aumenta el tiempo de entrega.

e. $X_2 - X_4 = 0,569$; correlación positiva moderada. El aumento de calidad del servicio aumenta el costo del producto.

f. $X_3 - X_4 = 0,358$; correlación positiva baja. El aumento de tiempo de entrega aumenta el costo del producto.

Para sustentar estas aseveraciones se realizó el análisis de regresión lineal múltiple (Tabla IV), donde se muestra el resultado de R^2 , cuando cada variable actúa como dependiente. El resto de los valores representan el valor de 't' (práctica) que, de acuerdo a Anderson *et al.* (2012) es la representatividad de las variables sobre la variable dependiente al comparar la 't' teórica (valor de 1,96) con el

resultado de la 't' práctica. Los valores son $>1,96$ a excepción de -1,467 tanto para la variable X_3 como para X_4 , lo cual significa que no son representativas de manera bilateral, confirmando lo mencionado en el apartado anterior.

Conclusiones

En el instrumento de medida se muestra los indicadores de cada variable (Tabla I) y al efectuar el análisis se considera que en la calidad del producto, el personal está calificado para cumplir con los elementos tanto del producto como del servicio; en el tiempo de entrega, el personal del cliente/proveedor a cargo del proyecto trabajan en equipo para cumplir efectivamente con los acuerdos; y por último, en el costo del producto, el cliente percibe si lo que pagó por el producto fue una buena inversión.

Se cumplió con el objeto de estudio: determinar la correlación entre calidad, tiempo y costo en proyectos de desarrollo de software, cuyo principal hallazgo mediante el análisis de Pearson corresponde a que con el incremento de una variable, la otra también aumenta. Sin embargo, algunas incrementan en mayor medida que otras: el aumento de la calidad del producto incrementa el tiempo de entrega evitando cumplir con el tiempo acordado y esto es dado por la falta de metodologías ágiles del proveedor; el aumento en el tiempo

de entrega incrementa el costo del producto aunque en menor medida, lo que significa que este incremento no ha ocasionado la cancelación del proyecto; el aumento en la calidad del producto incrementa el costo del producto en medida moderada, por lo cual es común considerar que la calidad tiene mayor costo en relación a menor calidad. En los proyectos ejecutados los clientes quedaron satisfechos con el producto adquirido; sin embargo, la entrega no fue a tiempo y los costos incrementaron.

REFERENCIAS

Agrawal M, Chari K (2007) Software effort, quality, and cycle time: A study of CMM level 5 projects. *IEEE Trans. Softw. Eng.* 33(3): 145-156.

Anderson DR, Sweeney DJ, Williams TA (2012) *Estadística para Negocios y Economía*. 11^a ed. Cengage. México. 1108 pp.

Bano M, Zowghi D, Ikram N, Niazi M (2013) What makes service oriented requirements engineering challenging? A qualitative study. *IET Software* 8(4): 154-160.

Berg B, Stylianou A (2009) Factors considered when outsourcing an IS system: an empirical examination of the impacts of organizational size, strategy and the object of a decision. *Eur. J. Inf. Syst.* 18: 235-248.

Hair J, Ringle C, Sarstedt M (2011) PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *J. Market. Theory Pract.* 19: 139-151.

Hansen D, Mowen M (1996) *Administración de Costos: Contabilidad y Control*. Thomson. México. 502 pp.

Khan AW, Khan SU (2013) Critical success factors for offshore

software outsourcing contract management from vendors perspective: an exploratory study using a systematic literature review. *IET Software* 7: 327-338.

Kim DR, Cheon MJ, Beugré CD, Coverdale TK (2003) Information systems outsourcing: Exploration on the impact of outsourcing service providers' service quality. *Iss. Inf. Syst.* 4: 528-534.

Manteli C, Van de Weerd I, Brinkemper S (2010) Bridging the gap between software product management and software project management. *Proc. 11th Int. Conf. on Product Focused Software*. ACM. pp. 32-34.

Niazi M, Ikram N, Bano M, Imtiaz S, Khan SU (2013) Establishing trust in offshore software outsourcing relationships: an exploratory study using a systematic literature review. *IET Software* 7: 283-293.

Nienaber R, Cloete E (2003) A software agent framework for the support of software project management. *Proc. 2003 Annual Research Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on Enablement through Technology*. pp. 16-23.

Pérez M, Mendoza L, Grimán A (2005) Modelo para estimación de la calidad de un Web Service. *XXXI Conf. Latinoamericana de Informática*. Cali, Colombia. pp. 989-1000.

Rauscher TG, Smith PG (1995) From experience time-driven development of software in manufactured goods. *J. Prod. Innov. Manag.* 12: 186-199.

Van Iwaarden, J, Van der Wiele T (2002) *A Study on the Applicability of SERVQUAL Dimensions for Web Sites*. Erim Report Series Research in Management. 31 pp.

TABLA IV
REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Variables	R^2			
	0,596 X_1	0,699 X_2	0,571 X_3	0,377 X_4
X_1	-	3,697	2,208	2,377
X_2	3,697	-	5,442	3,091
X_3	2,208	5,442	-	-1,467
X_4	2,377	3,091	-1,467	-