

FORMULACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DE LAS INNOVACIONES RELACIONADAS CON LA ELABORACIÓN DE SOFTWARE

João Manuel Dias da Silva

Instituto de Enseñanza Superior Isidoro da Graca IESIG, San Vicente, República de Cabo Verde

Resumen

La evaluación del marco teórico y práctico de la calidad de software ha permitido obtener valiosos elementos para el desarrollo de la investigación, sin embargo, existen algunos aspectos que no han sido desarrollados o son insuficientemente tratados en los marcos de la literatura que aborda la evaluación de la calidad de software. En este contexto la investigación propone un procedimiento para la evaluación de la calidad de software así como los costos de calidad que mejoran la toma de decisiones en el proceso innovador y de relación con los clientes.

Palabras clave: calidad de software, evaluación de la calidad de software, costos de calidad de software.

Abstract

The evaluation of the theoretical and practical mark of the software quality has allowed to obtain valuable elements for the development of the investigation, however, some aspects that have not been developed exist or they are insufficiently treaties in the marks of the literature that it approaches the evaluation of the quality of software. The investigation propose a procedure for the evaluation of the software quality as well as the costs of quality that improve the taking of decisions in the innovative process and of relationship with the clients.

Key words: software quality, evaluation of the software quality, costs of software quality.

Introducción

Un análisis del enfoque económico de la innovación refiere las teorías que subrayan como inductora a la demanda (innovación .desde el mercado) o la oferta (innovación .desde la tecnología). Según la primera, las innovaciones se generan como respuesta al estímulo de la demanda, y, de acuerdo con la segunda, los avances científicos estimulan la innovación, dado que los nuevos hallazgos ofrecen la posibilidad de crear productos y procesos.

Estudios recientes han reconocido que se trata de un proceso rico y complejo en el que las diversas

interacciones recíprocas están presentes tanto en la generación de la innovación como en su difusión, al vincular a usuarios potenciales con desarrollos científicos y tecnológicos, lo cual revela que de la interacción entre oferta y demanda resultan productos nuevos y mejorados como nuevas configuraciones de diseño, pero teniendo en cuenta que en el éxito del proceso innovador desempeña un rol importante la naturaleza y la intensidad de la interacción de los oferentes con los usuarios contemporáneos y futuros de las innovaciones (Rothwell, 1991; Hidalgo *et al.*, 2002; Lundvall, 1992; Kline y Rosenberg, 1986).

La innovación se basa cada vez más sobre muchas formas de conocimiento. Parte del conocimiento tecnológico de las organizaciones se encuentra en el departamento de Investigación y Desarrollo, que no sólo se encarga de realizar las actividades de investigación con el objeto de desarrollar nueva tecnología o mejorar la actual, sino que también desempeña un papel importante en la vigilancia tecnológica. Pero existe un conocimiento acumulado importante como es el del trabajador en su puesto de trabajo, el trabajador dentro del grupo, el trabajador en la empresa, la empresa con otras empresas y el entorno donde la empresa desarrolla sus actividades.

En el caso particular de una institución de enseñanza superior el conocimiento de profesores y estudiantes que ejecutan investigaciones, desarrollan proyectos dirigidos a solucionar problemas tecnológicos y de innovación de las empresas u otras organizaciones. En esta dirección se destaca la producción de software, es decir al conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas en una computadora.

La obtención de un software con calidad implica la utilización de procedimientos, estándares para el análisis, diseño, programación y prueba del software que permitan uniformar la filosofía de trabajo, en aras de lograr una mayor confiabilidad, mantenimiento y facilidad de prueba, a la vez que eleven la productividad, tanto para la labor de desarrollo como para el control de la calidad del software.

Situación problémica

Uno de los problemas que se afrontan actualmente en la esfera de la computación es la calidad del software. Desde la década del 70, este tema ha sido motivo de preocupación para especialistas, ingenieros, investigadores y comercializadores de softwares, los cuales han realizado gran cantidad de investigaciones al respecto con dos interrogantes fundamentales:

1. ¿Cómo obtener un software con calidad?
2. ¿Cómo evaluar y controlar la calidad del software?

Ambas interrogantes conllevan amplias respuestas, pero están estrechamente ligadas con el concepto de la calidad del software, que es el resultado de la primera y la fuente de la segunda. No obstante a los avances logrados, aun persisten limitaciones en aspectos referidos al control y evaluación en los centros productores de software que generan altos costos, afectan la eficiencia y la satisfacción de los clientes.

Problema científico

Insuficiencias en el control y evaluación de la calidad de software.

Objeto de estudio: Gestión de la calidad de software.

Campo: Control y evaluación de la calidad de software.

Objetivo: Desarrollar un enfoque teórico para la evaluación y control de la calidad de las innovaciones que representan la producción de software.

La investigación contribuye a la obtención de eficiencia y la calidad en la elaboración de software y constituye una importante herramienta metodológica para especialistas y directivos que se desempeñan en centros u organizaciones productoras de software. Del mismo modo, es de gran utilidad en manos de investigadores y consultores, al propiciar la elevación de la calidad de las decisiones que se tomen y la reducción del tiempo que se emplee en el estudio.

El ordenamiento de los aspectos teóricos abordados en el transcurso de la investigación y los resultados alcanzados facilitan la elaboración de programas docentes en asignaturas de pregrado, postgrados y cursos de capacitación en general.

Desarrollo

La calidad como filosofía de gestión en las organizaciones

La evolución del concepto de calidad ha ido siempre ligada a las tendencias en la gestión empresarial que se han ido dando a lo largo del tiempo. Antes de los años setenta, la empresa se centraba principalmente en producir: la demanda

era creciente o al menos estable, y el control del mercado lo ostentaban los productores, con lo que el concepto de calidad tenía una importancia secundaria.

En los años setenta, tras la crisis del petróleo, se produjo un recrudecimiento de la competencia a nivel internacional, una grave recesión económica acompañada de una gran inflación, y un incremento considerable de los costes financieros. El cliente pasó a ser quien controlaba el mercado al disponer de una gran variedad de posibles alternativas, con lo que demandaba, cada vez con mayor intensidad, productos y servicios de calidad.

El enfoque tradicional de calidad consiste en centrarse únicamente en evitar que se produzcan fallos durante la fabricación, evolucionando según tres etapas: control de calidad, aseguramiento de la calidad y gestión de la calidad total.

En particular, la gestión de la calidad total refiere el conjunto de actividades extendidas a todas las áreas, operaciones, procesos y departamentos de una organización, que tiene como objetivo enviar productos o servicios libres de defectos, en el plazo requerido y que satisfagan plenamente a los clientes, así como elevar el nivel de calidad de todas las operaciones de la empresa, y que se consigue con un claro compromiso de la dirección y a través de una completa participación de todos los empleados.

Para Crosby (1994), calidad total es el cumplimiento de los requerimientos, donde el sistema es la prevención, el estándar es cero defectos, y la medida es el precio del incumplimiento.

Juran (1990) plantea que calidad total es estar en forma para el uso, desde los puntos de vista estructurales, sensoriales, orientados en el tiempo, comerciales y éticos, sobre la base de parámetros de calidad de diseño, calidad de cumplimiento, de habilidad, seguridad del producto y servicio en el campo.

Ishikawa (1988) refiere, que calidad total es cuando se logra un producto es económico, útil y satisfactorio para el consumidor. Este autor también afirma que costos y calidad son dos caras de una misma moneda.

Según Deming (1989), la calidad se mide por el costo de calidad; no es algo intangible y subjetivo. El costo de calidad es lo que se gasta por hacer las cosas mal. Es el desperdicio, el volver a hacer las cosas, el dar servicio, la garantía, la inspección, las pruebas y actividades similares que se hacen necesarias debido a los problemas por no cumplir con los requisitos.

Existen puntos comunes en la definición de calidad total, según los autores consultados. Estos son:

- ◆ El cliente es lo primero.
- ◆ Prevenir, no corregir.
- ◆ Reducir costos y desperdicios en general.
- ◆ Largo plazo, no hay caminos cortos hacia la calidad.
- ◆ Participación y vinculación de todo el personal.
- ◆ Trabajo en equipo.
- ◆ Medición de resultados.
- ◆ Reconocer metas cumplidas.
- ◆ Compromiso y apoyo de la alta dirección.
- ◆ Instituir programas de entrenamiento.
- ◆ Mantener un proceso o herramientas para el mejoramiento sistemático y permanente.

La calidad en la producción de software

La obtención de un software con calidad implica la utilización de metodologías o procedimientos estándares para el análisis, diseño, programación y prueba del software, que permitan uniformar la filosofía de trabajo, en aras de lograr una mayor confiabilidad, mantenimiento y facilidad de prueba, a la vez que eleven la productividad, tanto para la labor de desarrollo, como para el control de la calidad del software.

Según la norma 2186 del Departamento de la Defensa de los Estados Unidos: «Calidad de software es el grado con el cual los atributos de un producto de software habilitan a éste en la realización específica de uso».

Los atributos se definen básicamente en tres características de un producto: operación, adaptabilidad y mantenimiento, las cuales son obtenidas midiendo cada uno de los atributos del

producto por medio de pruebas, que generan las métricas del producto.

La política establecida debe estar sustentada sobre tres principios básicos: tecnológico, administrativo y ergonómico.

- El principio tecnológico define las técnicas para utilizar en el proceso de desarrollo del software.
- El principio administrativo contempla las funciones de planificación y control del desarrollo del software, así como la organización del ambiente o centro de ingeniería de software.
- El principio ergonómico define la interfaz entre el usuario y el ambiente automatizado.

El aseguramiento de calidad del software se diseña para cada aplicación antes de comenzar a desarrollarla. Algunos autores refieren garantía de calidad en lugar de aseguramiento. No obstante, el término garantía, se puede confundir con garantía de productos, mientras que el aseguramiento supone confianza en que el producto tiene calidad.

El aseguramiento de calidad del software está presente en:

- Los métodos y herramientas de análisis, diseño, programación y prueba.
- Las inspecciones técnicas formales en todos los pasos del proceso de desarrollo del software.
- Las estrategias de prueba en pequeña y gran escala.
- El control de la documentación del software.
- Los procedimientos para ajustarse a los estándares de calidad.
- Los indicadores de medida.
- Los registros de auditorías y realización de informes.

Las actividades para el aseguramiento de calidad del software se detallan en:

- Métricas de software para el control del proyecto.
- Verificación y validación del software a lo largo del ciclo de vida.
- La gestión de la configuración del software.

Algunos métodos del aseguramiento:

- Revisiones técnicas y de gestión (su objetivo es la evaluación).
- Inspección (verificación). Responde en lo fundamental a la pregunta: ¿se está elaborando el producto correcto según el enfoque al cliente?
- Pruebas (validación). Responde en lo fundamental a la pregunta: ¿se está elaborando el producto correctamente según las especificaciones técnicas?
- Auditorías (su objetivo es la confirmación del cumplimiento).

Enfoques para el control de la calidad en la elaboración del software

Originalmente, la calidad de un programa o sistema se evaluaba de acuerdo al número de defectos por cada mil líneas de código. En 1988, un estudio realizado en los Estados Unidos, demostró que se introducían cerca de sesenta defectos por cada mil líneas de código. En la actualidad se le adicionan otros factores a la calidad del software.

Los factores que determinan la calidad del software se clasifican en tres grupos:

· **Operaciones del producto:** características operativas.

· **Corrección:** grado en que un programa satisface sus especificación y logra los objetivos marcados por el usuario.

· **Fiabilidad:** grado en que se puede esperar que un programa lleve a cabo las funciones esperadas con la precisión requerida.

· **Eficiencia:** cantidad de recursos de computadoras y de código requeridos por el programa para realizar sus funciones con los tiempos de respuesta adecuados.

· **Integridad:** Grado en que puede controlarse el acceso al software o a los datos por usuarios no autorizados.

· **Facilidad de uso:** Esfuerzo necesario para aprender, utilizar, preparar las entradas e interpretar las salidas de un programa.

- **Revisión del producto:** capacidad para soportar cambios.
- o Facilidad de mantenimiento: Esfuerzo requerido para localizar y arreglar un error en un programa.
- o Flexibilidad: Esfuerzo requerido para modificar un programa y/o añadir nuevas opciones.
- o Facilidad de prueba: Esfuerzo requerido para probar un programa de forma que se asegure que realiza la función requerida.
- **Transición del producto:** adaptabilidad a nuevos entornos.
- o Portabilidad: Esfuerzo requerido para transferir un programa desde un entorno a otro.
- o Reusabilidad: Grado en que un programa o componente se puede reutilizar en otras aplicaciones.
- o Interoperatividad: Esfuerzo requerido para acoplar un sistema con otras aplicaciones o sistemas.

Otros enfoques empleados para el control de la calidad de los software son los que se mencionan a continuación:

Enfoque de prueba y error

Es el enfoque más antiguo que se conoce. Surgió con la era de la computación, con los primeros programas que fueron realizados al surgir la necesidad de probarlos para asegurar su correcto funcionamiento. El modelo o patrón es la ejecución de pruebas con el programa con un subconjunto de todos los posibles datos de entrada, validando las respuestas del programa. En principio, el universo de datos de entrada para cada programa era reducido debido a los programas de tipo matemático para los que fueron creadas las computadoras.

Con aplicaciones en otras actividades a partir de los años sesenta, el advenimiento de nuevos lenguajes de programación y el incremento en la velocidad de ejecución de programas, se desarrolló toda una industria del software, la cual generó miles de aplicaciones difíciles de probar, ya que el número posible de entradas creció extremadamente, utilizando solamente un subconjunto no representativo. A partir de ahí surgió la necesidad

de buscar mejores herramientas para asegurar la calidad del producto. En diversos lugares del mundo continúa empleándose este enfoque

Enfoque de prueba, verificación y validación de software (PVV)

A mediados de la década de los setentas surge la necesidad de someter al software a un proceso de control de calidad, como consecuencia del impulso del uso de las computadoras a nivel comercial y militar (sector que implanta las primeras restricciones para desarrollo de software). Los modelos y técnicas desarrolladas son en gran parte el traslado de esquemas utilizados en la industria manufacturera, la cual utilizaba básicamente mecanismos de control de calidad por medio de muestreos estadísticos de lotes.

Las primeras interrogantes que debieron resolverse en esta fase son:

1. ¿Cómo medir la calidad de software?
2. ¿Qué pruebas deberían realizarse al producto?
3. ¿Cómo se debería supervisar el proceso?
4. ¿Cómo validar el producto?

Estas interrogantes producen las primeras técnicas y procedimientos que intentan obtener el valor de calidad del software, como las de Halsted (1977), y las métricas de complejidad de MCCall (1977), o los modelos de fiabilidad del software que intentan medir que tan confiable puede ser el producto, los cuales se basan en datos históricos. Otros caminos se trazan con los trabajos de Myers sobre pruebas de software (1977-1979), por el cual intenta verificar y validar el software a través de un uso sistemático de pruebas de software que permite verificar la calidad del software.

Este modelo formaliza técnicas para validar, verificar y probar un producto de software, sin considerar aún el proceso de desarrollo de software como un todo, como lo establecen técnicas posteriores. Actualmente es usado ampliamente en grupos de desarrollo de software propietario y aún en pequeñas organizaciones que desarrollan software para terceros. Es un modelo correctivo.

· Enfoque de aseguramiento de la calidad del software (SQA)

El aseguramiento de la calidad involucra procesos de administración de sistemas, metodologías de diseño, técnicas y herramientas usadas para asegurar que el producto de software resultante satisfaga o exceda un conjunto de atributos estándar de excelencia.

Comúnmente, el aseguramiento de la calidad debe considerarse como la búsqueda de errores durante todo el proceso de desarrollo de software, es decir, un modelo preventivo. Este enfoque de aseguramiento de la calidad inició como una serie de actividades de supervisión dentro de la administración de sistemas a finales de la década de los setenta.

Todas las organizaciones de desarrollo de software poseen algún mecanismo de SQA. Generalmente es visto como un proceso de dos fases. En la primera se crea, revisa y prueba el software, en la segunda se establecen los estándares y procedimientos para conseguir la calidad y asegurar el seguimiento de cada uno de ellos, con base a métodos estadísticos, de control de calidad, entre otros.

Procedimiento para evaluar la calidad de software

En el contexto de esta investigación fueron analizadas varias referencias a métodos que permiten la evaluación de la calidad del software. Sin embargo estos no agotan las posibilidades de realizar una evaluación estratégica e integral de los mismos con un enfoque al cliente y al proceso y por este motivo se propone a continuación un procedimiento a través de un conjunto de etapas sobre la base de atributos de calidad de los software os que inciden directamente en la calidad y eficiencia de las organizaciones.

Las etapas que se proponen para el control y la evaluación de la calidad de software son las siguientes:

1. Definición de los atributos más importantes para la evaluación de la calidad del software.
2. Desarrollo de una matriz de evaluación del software elaborado.
3. Determinación del nivel de calidad del software.

A continuación se desarrollan cada una de las etapas.

Definición de los atributos más importantes para la evaluación de la calidad del software

Los atributos que más se utilizan en la evaluación de la calidad de los software, según la bibliografía consultada, son los siguientes:

- Facilidad de auditoria.
- Exactitud.
- Normalización de las comunicaciones.
- Completitud.
- Concisión.
- Consistencia.
- Estandarización de los datos.
- Tolerancia de errores.
- Eficiencia de la ejecución.
- Facilidad de expansión.
- Generalidad.
- Independencia del hardware.
- Instrumentación.
- Modularidad.
- Facilidad de operación.
- Seguridad.
- Autodocumentación.
- Simplicidad.
- Independencia del sistema software.
- Facilidad de traza.
- Formación.

Para definir el nivel de importancia de cada atributo de calidad se sugiere la posibilidad de emplear diferentes métodos; entre ellos el método Fuller, el método de las Semimatrices y

los métodos cualitativos como la entrevista, la encuesta y el método Delphi.

En caso de utilizarse métodos que requieren la evaluación de expertos, su selección puede realizarse a partir del cálculo de un coeficiente de competencia que considere una serie de criterios de conocimientos y experiencias profesionales, además del coeficiente de concordancia de Kendall, verificar si la concordancia de los expertos es casual o no, a partir de una prueba de hipótesis, así como determinar el peso específico en importancia de cada parámetro de evaluación del software.

Desarrollo de una matriz de evaluación del software elaborado

La matriz de evaluación del software se conforma a partir de los atributos de calidad seleccionados en el paso anterior y de una escala de evaluación cualitativa tipo Likert, que es un procedimiento de escalado en el que la escala representa un continuum bipolar, donde el extremo bajo representa una evaluación negativa, mientras que el extremo alto representa una evaluación positiva.

El formato tipo Likert adoptado es el siguiente:

EVALUACION	Muy Débil	Débil	Media	Buena	Muy Buena
PUNTOS	1	2	3	4	5

Como criterio generalizado para una evaluación en un atributo de calidad se calcula la media aritmética de las valoraciones que emiten los expertos y cuya formulación general es la siguiente:

$$E_{ij} = \frac{\sum_{K=1}^T E_{ijk}}{T} \quad \text{Para } K=1,2,3,\dots,T \quad (1)$$

La matriz de evaluación quedaría representada como se muestra en la tabla 1.

TABLA 1. MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LOS TIPOS DE SOFTWARE

TIPOS DE SOFTWARE	ATRIBUTOS DE CALIDAD DEL SOFTWARE				
	1	2	3	4	n
1	E11	E12	E13	E14	E1n
2	E21	E22	E23	E24	E2n
.
m	Em1	Em2	Em3	Em3	<u>Emn</u>

Para caracterizar el grado de concordancia de los expertos en cada evaluación de los software según los atributos de calidad se utiliza el coeficiente de variación, donde a mayor valor del coeficiente de variación menor será el grado de concordancia de los expertos con relación a la evaluación media del software tipo i en el atributo j.

donde:

E_{ij} : evaluación media del software tipo i en el atributo de calidad j

E_{ijk} : evaluación del software tipo i en el atributo de calidad j según el experto k

T: total de expertos.

Determinación del nivel de calidad del software

Para la determinación del nivel de calidad del software se propone la relación siguiente:

$$N_{cij} = \sum_{i=1}^m E_{ij} * W_{ij} \quad (2)$$

donde:

Ncij: nivel de calidad del software tipo i en el atributo j.

Wj: peso específico del atributo de calidad j.

m: cantidad total de software a evaluar.

Como resultado de esta etapa es posible determinar el nivel en que los software satisfacen las expectativas de los clientes, en términos de cada atributo de calidad y de forma general. Para ello, se sugieren emplear las relaciones que se presentan a continuación:

$$NSj = \frac{Pj}{Ej} \cdot 100 \quad (3)$$

donde:

NSj: nivel de satisfacción de las expectativas de los clientes en el atributo de calidad j

Pj: nivel de percepción de los clientes con relación al atributo de calidad j del software

Ej: nivel de expectativa de de los clientes con relación al atributo de calidad j del software

j= 1, 2, ..., n

n: cantidad de atributos de calidad

$$Pj = \frac{\sum_{i=1}^m NCij}{m} \quad (4)$$

$$Ej = Wj \cdot P \max \quad (5)$$

donde:

Pmax: valor que representa la máxima puntuación según la escala Likert adoptada.

Conclusiones

1. Resulta elevado el número de autores que han definido la calidad como una filosofía de gestión dirigida a lograr ventajas competitivas en las organizaciones. En general existe coincidencia entre los autores consultados en identificar

principios, factores, enfoques que contribuyen al logro de la calidad.

2. Todos los aspectos abordados en la bibliografía consultada han resultado de gran importancia y han permitido establecer elementos básicos y complementarios para el desarrollo de la investigación. No obstante, determinados elementos no han sido abordados o no han quedado definitivamente resueltos en los trabajos desarrollados con anterioridad, como lo demuestra la bibliografía consultada, entre estos elementos se encuentran: la evaluación de la calidad de los software con enfoque al cliente como base para la toma de decisiones en las organizaciones productoras de software.

3. La aplicación del procedimiento propuesto para la evaluación de la calidad del software permitirá elevar el nivel competitivo de las organizaciones y mejorar la satisfacción de los clientes.

Bibliografía

1. Crosby B.(1994), Calidad Total, Editorial Mc Graw-Hill, México.
2. Deming Edwards (1989), Calidad, Productividad y Competitividad, la salida de la Crisis, Editorial Díaz de Santos S.A, Madrid, España.
3. Fairley, Richard (1989), Ingeniería de Software. Editorial McGraw Hill Editorial McGraw Hill, México.
4. Gordon B. Davis (1990), Sistemas de información Gerencial, Editorial McGraw Hill, México.
5. Hidalgo Nuchera, A., León Serrano, G. y Pavón Morote, J. (2002): La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones. Ediciones Pirámide, Madrid.
6. Ishikawa Kauro,(1988) ¿ Qué es el Control Total de la Calidad ? La Modalidad Japonesa, Ediciones Revolucionarias, La Habana.
7. Kline, S. y Rosenberg, N. (1986): «An overview of innovation», en The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth. Editado por Landau, R. y Rosenberg, N., Washington, D.C., National Academy Press, pp. 275-305
8. Juran Joseph M. (1990), Juran y el Liderazgo para la Calidad. Un Manual para Directivos. Editorial Díaz de Santos, S.A., Madrid, España.
9. Lundvall, B-A. (1992): National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Pinter, London and New York.
10. Rothwell, R. (1994): «Towards the fifth-generation innovation process», International Marketing Review, vol. 11, nº 1. pp. 7-31.

-
11. Senlle Andrés (2000), Como evaluar su calidad, Editorial Gestión2000.
 12. Integración de metodologías y sistemas [en línea disponible en <http://www.netims.com>; revisado el 5 de enero del 2009].
 13. ISO900 Todo sobre el , [en línea disponible en <http://www.iso9000.com>; revisado el 15 de febrero de 2009].
 14. ISO9001 Software, Certification, compliance, [en línea disponible en <http://www.iso90001.com.uk>; revisado el 5 de enero del 2009].
 15. ISO9003 Software, Certification, Compliance, [en línea disponible en <http://www.iso90001.com.uk>; revisado el 5 de enero del 2009].