

SISTEMA DIFUSO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD EXTERNA DE SOFTWARE ORIENTADO A LA WEB

FUZZY SYSTEM FOR EXTERNAL QUALITY EVALUATION OF SOFTWARE ORIENTED TO WEB

Erlington Salcedo Benavides

Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá (Colombia) • esalcedob@libertadores.edu.co

Celio Gil Aros

Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá (Colombia) • cgila@libertadores.edu.co

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar un estudio detallado sobre la evaluación de la calidad externa de un producto de *software* orientado a la web aplicando la lógica difusa como herramienta, permitiendo de esta manera evaluar las respuestas que genere a partir de las consideraciones que se deben tener en cuenta para tal fin, haciendo que el sistema se consolide como una herramienta de evaluación, a partir de los parámetros que los usuarios finales buscan en ellos.

Dadas las exigencias de los usuarios finales y el incremento de una mayor cantidad de requerimientos frente a los productos de *software*, se hace necesario que la calidad se encuentre inmersa e implementada en los diferentes niveles del proceso de desarrollo, por lo tanto, es necesario contar con nuevos métodos de evaluación que permitan conocer las respuestas dadas a partir de las apreciaciones de los usuarios. Como metodología del proceso investigativo se seleccionó la cuasi experimental con aplicación de encuestas que definen las características y los niveles que cada usuario necesita, para luego plasmar estos parámetros en un producto de *software*, y así poder contrastar los resultados del mismo con las mediciones de los usuarios.

Como primera etapa se planteó desarrollar una investigación preliminar cuyo objetivo es describir el problema, formular la hipótesis a comprobar y determinar el tamaño de la muestra. Además, se seleccionaron diferentes sitios Web y los indicadores a evaluar en cada una de las encuestas. Para validar la metodología y la herramienta desarrollada, se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos.

A partir de este proceso se encontró que los resultados obtenidos por el sistema, frente a los definidos por el usuario final son muy similares y, por ende, no tienen diferencias significativas entre sí, llevando a poder asegurar que el *software* evalúa la calidad de sistemas web de forma eficaz.

Palabras clave: lógica difusa, métricas de *software*, variables lingüísticas, sistema de inferencia, calidad de *software*

Abstract

This paper presents a detailed study about external quality evaluation of a web software product using fuzzy logic as tool, thus allowing to evaluate the responses generated from the considerations that it's take into account for this purpose, making the system will be consolidated as an evaluation tool, based on the parameters that end users look to them.

Given the demands of end users and increased a greater amount of requirements against software products, it is necessary that the quality is embedded and implemented at different levels of the development process, therefore it's necessary to have with new methods of evaluations to allow to know responses from the findings of users.

The methodology of the research process was selected quasi-experimental with application surveys that define characteristics and levels that each user needs and then translate these parameters into a software product, so you can compare its results with measurements of users.

As a first step was proposed to develop a preliminary investigation whose objective at describing the problem, formulate the hypotheses to be tested and determine the size of the sample. In addition, we selected different sites and indicators to evaluate each of the surveys. To validate the methodology and the developed tool, we performed a statistical analysis of the data.

This process showed that results obtained by system, compared to those defined by end user are very similar and therefore have not significant differences among them, being able to ensure that software evaluates the quality of Web systems effectively.

Keywords: fuzzy logic, software metrics, linguistic variable, inference system, quality software

Introducción

Nos encontramos en un mercado altamente turbulento donde lo único constante es el cambio y son las organizaciones las que deben adaptarse rápidamente a estos movimientos para poder sobrevivir. Son la calidad de sus productos y sus servicios la piedra angular de este principio que hará que las organizaciones trabajen bajo estándares y normas de calidad, conducentes a ofrecer productos de inigualable calidad. De otra parte, los negocios actuales tienen un componente de *hardware* y de *software*, razón por la cual en los últimos años el desarrollo de productos de *software* ha generado grandes expectativas a escala mundial frente a la calidad tanto del proceso como del producto final. Según estudios actuales, los productos de software deben ser desarrollados cada vez en menor tiempo y con mayores requerimientos de usuario (Calero, 2008; Gall, 2008), impulsando de esta manera a la ingeniería de *software* a diseñar nuevos procesos, nuevos métodos y herramientas para el desarrollo de sistemas que persigan en su

construcción características de confiabilidad, estabilidad, amigabilidad, parametrizabilidad, eficiencia, seguridad y sobre todo calidad tanto en el proceso de desarrollo como del producto final, según lo definen Akingbehin (2009), Heck (2010), Hofman (2009). Es así como se plantean ciclos de vida puntuales, donde la calidad entra a ser un proceso de mejora continua (Pressman, 2008; Calero, 2008; Gall, 2008).

Con base en lo anterior es necesario contar con una guía cuantitativa que proporcione a los ingenieros una forma de explorar el diseño y la construcción del *software*, formulándose un conjunto de medidas (métricas) e indicadores (López y Agüero, 2007), las cuales permitan medir con mayor precisión las diferentes necesidades del sistema y del usuario. Así como estas actividades persiguen una medida estándar, existen datos e información difíciles de cuantificar, donde la incertidumbre es una variable genérica y subjetivista el proceso y, por ende, modifica la idea de calidad, mostrando una realidad confusa dada por el ruido generado por este tipo de consideraciones.

Si bien es cierto las métricas internas de *software* dadas a partir de las líneas de código fuente y de la toma de tiempos en los procesos de respuesta de la aplicación y demás medidas que se pueden generar de forma directa por otros ingenieros o personas y pueden ser más o menos precisas (Yang et al., 2007; Ruiz et al., 2006), mientras que al hablar de métricas externas podemos afirmar que estas no están definidas por una ecuación matemática planteada a partir de la observación de los procesos del mismo, sino a partir de la interacción que realiza el usuario con el sistema; siendo la lógica difusa el medio que busca captar las percepciones dadas y así, poder generar estándares que permitan obtener un factor de calidad integral del sistema y de esta manera poder cualificar un sitio Web.

Por lo tanto, el objetivo central de esta investigación es la calidad externa, ya que sobre la calidad interna se han adelantado varias investigaciones y existe mucho material, mientras que la externa ha sido poco analizada y se mide a través de métricas las cuales se centran en lo que el usuario está captando y percibiendo cuando interactúa con un aplicativo, siendo éstas difíciles de medir y no existe una forma que permita definir un estándar que genere una cualificación de lo que es calidad.

Problema

La pregunta formulada en la presente investigación es: ¿cómo a través de un sistema basado en lógica difusa se puede evaluar la calidad externa de un producto de *software* orientado a la Web?

Marco teórico

A continuación se presenta la fundamentación teórica utilizada por los autores en la realización del presente artículo. La calidad de un producto de *software* es el conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad y existencia frente a estándares, como de eficiencia, confiabilidad, seguridad e integridad, entre otros, la cual puede definirse bajo dos aspectos (Heck, 2010; Hofman, 2009; Kan, 2009):

- Calidad interna: Medible a partir de las características internas, como el código fuente.

- Calidad externa: Medible en el comportamiento del producto y evaluada por el usuario final.

La calidad externa es subjetiva, ya que está dada en función de la persona que interactúa y evalúa el producto de *software* de acuerdo con unos requerimientos funcionales previamente definidos, a los procesos y a la facilidad de utilizar y manipular un producto o aplicación. En razón a lo anterior, la calidad externa es sinónimo de amigabilidad, facilidad de manejo, escalabilidad, portabilidad, funcionalidad, seguridad, parametrización, eficiencia, confiabilidad, integridad, etc. (Morillas, 2007; Akingbehin, 2009).

Para cada uno de los ítems es necesario definir las variables que se van a medir, los procesos y sobre todo las métricas, las cuales, según Scalone (2009) en su tesis de maestría, están justificadas para:

- Indicar la calidad del producto.
- Evaluar la productividad del equipo de desarrollo.
- Evaluar los beneficios (en términos de productividad y calidad) derivados del uso de nuevos métodos y herramientas de Ingeniería de Software.
- Establecer una línea base de estimación.
- Ayudar a justificar el uso de nuevas herramientas.

Al evaluar la calidad de una aplicación Web, se definen un conjunto de anomalías tal como lo plantea (Calero et. al, 2008), definiendo dos perspectivas: primero haciendo uso de la comprobación del modelo de las características formuladas en Linear Temporal Logic (LTL) y en segundo lugar, cómo a través de los modelos probabilísticos (Redes Bayesianas), se pueden construir y utilizar dichos modelos para evaluar las diferentes características de la calidad de un producto orientado a la Web. La estructura de las redes es definida por el refinamiento de los modelos existentes, donde los parámetros (las probabilidades y las tablas de probabilidad) se fijan usando el juicio experto y el agrupamiento difuso de datos empíricos.

Por otro lado (Kan, 2009), se refiere al proceso de la medición y análisis de la satisfacción del cliente (calidad externa) a través de matrices de correlación y desviaciones estándar de los factores de U(Utilidad) vs. R(Confiabilidad) y de P(Rendimiento) vs. A(disponibilidad), donde se concluyeron como los

más notables en relación a la satisfacción total y las correlaciones más altas.

A partir de estos estudios se parte del supuesto que toda calificación va a ser subjetiva, porque la persona está expuesta a generar una calificación desde su punto de vista, implicando hacer juicios de valor sobre algunas variables, valores que van a variar de una persona a otra y donde dichos datos no necesariamente provienen de procesos de ingeniería de software o fórmulas puntuales, sino son generados a partir de preconceptos que cada persona o evaluador tiene al realizar la calificación.

Teoría de la medición

La medición es la valoración de una magnitud o cantidad a partir de una apreciación detallada de la realidad. Por ello, cuando se identifican varias propiedades o variables que necesitan de la cuantificación, para obtener información de su comportamiento y pudiendo, de esta manera describir, identificar, catalogar y ordenar ya sean cosas, eventos o entidades (Calero et al., 2008).

A partir de esto se crean innumerables métricas, que tratan de estar enmarcadas en diferentes tópicos y medir varios procesos como el análisis, construcción, funcionalidad, documentación, métodos, procesos, manejo de usuarios, entre otros; donde el propósito final, entre otras cosas, plantea que a partir de una medición se pueda administrar la recopilación de información, medir el estado actual del sistema, el nivel de desempeño de cada atributo definido para el software, entre otros (Akingbehin, 2009).

Teóricamente se definen variables para la calidad externa tales como: funcionalidad, calidad, complejidad, eficiencia, fiabilidad y facilidad de mantenimiento, entre otras y donde al definir la calidad como eje central, los modelos más reconocidos en la industria del software son los de McCall y Bohem citados en Calero et al., (2008), que siguen siendo utilizados en las evaluaciones de los productos de *software*.

Por otro lado, las normas de la familia ISO/IEC 9000, son las encargadas de plantear un marco de referencia orientado a los factores de calidad, los cuales se

concentran en tres aspectos según (Honglei, 2009): características operativas, capacidad de cambios, adaptabilidad a nuevos entornos. A partir de este estándar se definen varias normas que especifican diferentes requerimientos, a saber: ISO 9001, ISO 9004, ISO 9126 e ISO IEC 14598. Por su parte la IEEE define un estándar denominado STD-730, con todos sus derivados tales como: STD 828, STD 829, STD- 830, STD-1012 y STD-1063, entre otros.

Lógica difusa

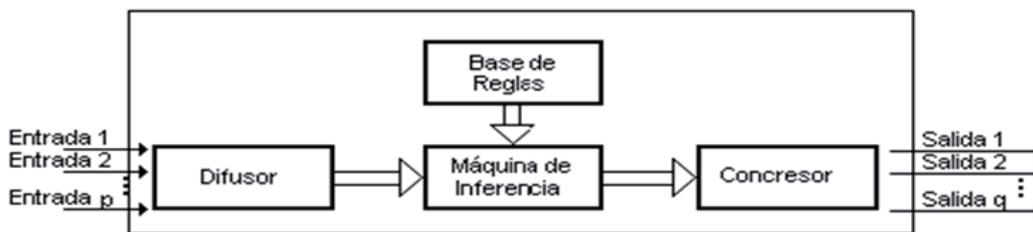
La lógica difusa como ciencia de origen preceptivo del razonamiento hace que sea aproximada, teniendo como objetivo el análisis multivariado de modelos no lineales ya que su fácil comprensión y adaptabilidad a casos particulares, permite no requerir de algoritmos muy sofisticados, prevaleciendo más el sentido común que la misma matemática para la solución de dichos problemas. La pericia de identificar patrones en los datos y la capacidad para su implementación, la hacen una herramienta fuerte para la computación, dando la posibilidad de producir resultados exactos a partir de datos imprecisos (Agüero, 2006).

Este tipo de técnicas de la inteligencia computacional permite trabajar información con alto grado de imprecisión, dado que en este sistema no se presenta verdades o falsedades absolutas como en la lógica computacional binaria, sino que se define un rango de datos posibles, lo cual es más parecido a la forma en la que piensa el ser humano (Díaz et al., 2009), procesando de esta manera datos inciertos que capturan el punto de vista del evaluador. Esta consideración fue expuesta por Platón, citado por Singh (2006), Mukaidono (2009), quien empezó a hablar de los grados de pertenencia, indicando que había una tercera región entre lo verdadero y falso, perteneciente a datos que no pueden ser ni verdades ni falsedades absolutas. De esta manera se puede expresar información como “mucho frío” o “mucho calor” a partir de la definición de valores intermedios entre el 0 y el 1 absolutos como: 0,08, 0,94, 0,50, 0,25, los cuales determinan con mayor precisión los datos definidos por el usuario.

Estructura de un sistema de lógica difusa

El sistema de lógica difusa presenta la siguiente estructura:

Gráfica 1. Sistema de lógica difusa (Fernández et al., 2008)

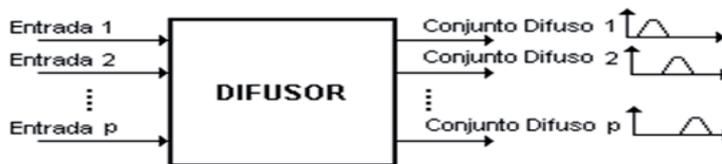


El bloque difusor / concesor

Según Chang (2009), a cada variable de entrada se le asigna un grado de pertenencia, relacionando cada una de las variables con conjuntos difusos de entrada, que representan la reglamentación que

delimitará el sistema. De la misma manera el bloque concesor realiza el proceso inverso, donde a partir del conjunto difuso de salida generado por la máquina de inferencia, se generan procesos matemáticos de desdifusión, dando como resultado un valor concreto no numérico sino en términos verbales.

Gráfica 2. Sistema difusor (Fernández et al., 2008)



Motor de Inferencia o máquina de inferencia

Chang (2009) se define el motor de inferencia como el componente encargado de relacionar los conjuntos de entrada y de salida. Los elementos

de entrada son conjuntos difusos o membrecías y la salida son también conjuntos difusos asociados a una variable, las cuales se encuentran definidas dentro de las reglas difusas que conforman el sistema.

Gráfica 3. Motor de inferencia (Fernández et al., 2008)



Bajo las perspectivas analizadas anteriormente, al momento de generar una medida de un atributo de calidad, la subjetividad empieza a aparecer como una variable que no se puede controlar y que, por ende, sesga la valoración hacia puntos de vista específicos. Según los antecedentes presentados, muchos de los campos de investigación y de la vida diaria se han visto en el mismo problema (Gutiérrez et al., 2006; Dick y Kandel, 2005; Soler, 2007; Medina, 2006; García, 2009; Vergara y Gaviria, 2009; Agüero,

2006), generando productos que afectan nuestra vida cotidiana de una u otra manera, a través de aplicaciones que pasan desapercibidas, pero que en el fondo están desarrolladas con lógica difusa.

Herramientas para medir la usabilidad en sitios web

Durante el desarrollo de la presente investigación se analizaron diversas herramientas enfocadas a la medición de la usabilidad. Algunas de las herramientas

más relevantes para medir la usabilidad tenemos las siguientes:

WebSAT, herramienta analizadora de Web Estáticas (*Web Static Analyzer Tool*), es un prototipo de herramienta que inspecciona la composición HTML de las páginas web para la detección de problemas de usabilidad. Esta herramienta solo se utiliza para la medición de la usabilidad en entornos web.

WEBXM, es la principal solución de Administración de Riesgos en Línea para auditar problemas que impactan la conformidad y efectividad de los sitios Web. Esta desarrollada por watchfire® una compañía de IBM®. Esta herramienta evalúa la calidad de los sitios web desde el enfoque de la usabilidad, pero no evalúa la calidad en uso.

DRUM (*Diagnostic Recorder for Usability Measurement*) es una herramienta de software que permite el análisis de video asistido por computadora. Desarrollada en NPL (*National Physical Laboratory*) con el proyecto MUSIC.

Metodología

Diseño experimental

El desarrollo de la presente investigación, implicó ejecutar una serie de actividades, cada una de las cuales requiere la aplicación de una metodología distinta de trabajo y que se enuncian a continuación. Para comenzar se aplicó la “Metodología de investigación preliminar”, la cual tuvo por objeto la definición del marco teórico, los procesos de recolección de datos y la formulación de hipótesis.

En la fase de análisis y selección tanto de productos de *software* como métricas e indicadores, se diseñó un instrumento tipo encuesta, la cual se aplicó a una población de 200 estudiantes de diferentes programas académicos, indagando básicamente sobre cuáles serían los parámetros de calidad que ellos evaluarían de un producto web y cuáles serían los sitios web que más utilizarían en sus actividades diarias. Una vez recolectada esta información, se organizó, clasificó y analizó; permitiendo definir las siguientes variables: *Evaluación de la calidad externa (ECE)*: es la variable

principal del proceso investigativo y a partir de la cual se definen las siguientes sub variables:

- Contenido: corresponde a la definición de un contenido completo y al nivel de satisfacción que el usuario percibe por el contenido recibido y su nivel de actualización.
- Interfaz gráfica: corresponde al nivel de agrado que genera el sitio web en el usuario y al diseño y distribución de los diferentes componentes, tales como los menús, botones, enlaces, encuestas, etc.
- Navegabilidad: como la facilidad para acceder a las diferentes partes del sitio.
- Seguridad: Definida como la posibilidad que tiene el sistema para poder acceder a contenidos por medio de niveles y perfiles de usuario.

Basados en las variables anteriores, se analizó que la **calidad externa de un producto de software orientado a la web** construido con base en lógica difusa, es el nivel de acierto que tiene el producto al evaluar un sistema web, frente al concepto que percibe el usuario final para calificar un sistema Web.

Como producto de la aplicación de la encuesta, se concluyó que el sitio web más utilizado es el de Google, con un porcentaje del 55.5%, en segundo lugar se encuentra Hotmail con un 22.5% y en tercer lugar Facebook con un 17.5% del total de la muestra. De la misma forma se definió el sitio web de la universidad con el fin de conocer la calificación dada por los estudiantes encuestados sobre el criterio de calidad del sitio.

Posteriormente, se procedió a realizar una segunda encuesta con el fin de que cada persona asignara un valor a las variables definidas para cada uno de los sitios Web elegidos. Esta información no solo da pie para caracterizar cada uno de los parámetros del sistema de lógica difusa sino también para generar las respectivas pruebas del software.

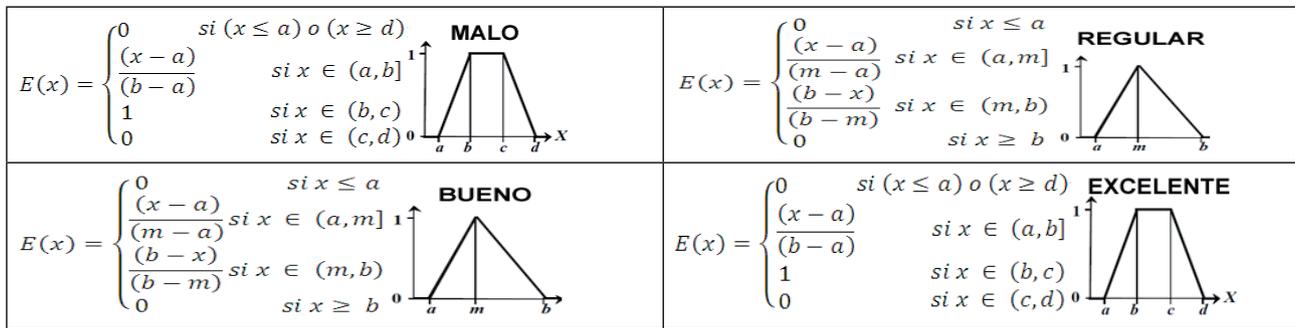
En la etapa de ingeniería se definieron, las siguientes parametrizaciones a saber:

Cada una de las variables de entrada definen un conjunto difuso, que para el caso actual es el mismo para cada variable: $e(x) = \{\text{excelente, bueno, regular, malo}\}$ y donde las funciones de pertenencia para cada una de las variables son las:

Malo: Los valores a=-0.36, b=-0.04, c=0.1019 y d=0.398, están representados por una función trapezoidal.	Regular: Los valores a = 0.197, m = 0.4511 y b = 0.702, están representados por una función triangular.
Bueno: Los siguientes valores a = 0.501, m = 0.689 y b = 0.9008, corresponden a una función trapezoidal.	Excelente: Los siguientes valores valores a=0.702, b=0.9034, c=1.04 y d=1.36, corresponden a una función trapezoidal.

Las siguientes gráficas representan las funciones de pertenencia:

Gráfica 4. Funciones de pertenencia



Las siguientes son las parametrizaciones sobre las que se diseñará el sistema difuso que permitirá evaluar la calidad externa de un producto de software orientado a la web:

- Método AND: Función de elección por mínimos
- Método OR: Función de elección por máximos
- Método de IMPLICACIÓN: Función de elección por mínimos
- Método de AGREGACIÓN: Función de elección por máximos

- Método de DEFUSIFICACIÓN: Función de elección por centriode
- Y el algoritmo de agrupamiento “Fuzzy Isodata”

Análisis de resultados

Los resultados arrojados productos de esta investigación se muestran a continuación:

Análisis para el sitio de Google

Tabla 1. Anova y correlaciones sitio de Google

ANOVA					
Sistema2	Suma cuad.	gl	Media cuad.	F	Sig.
Inter-grupos	,100	3	,033	2,432	,163
Intra-grupos	,082	6	,014		
Total	,182	9			

Correlaciones de muestras relacionadas				
Par 1	Usuario y Sistema2	N	Correl	Sig.
		10	,279	,434

Tabla 2. Prueba de muestras correlacionadas sitio de Google

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	Us - Sist2	Med	Desv. típ.	Error típ. de la media	95% Inter.de conf. para la dif.				
					Inf.	Sup.			
Par 1	Us - Sist2	,1213	,15534	,04912	,01018	,23242	2,469	9	,036

El valor de $F_{0,05}(3,6) = 4.757$ y al verificar la tabla de Anova se observa que $F = 2.432$ y $2.432 < 4.757$, por lo tanto, podemos aceptar que los resultados obtenidos por el sistema, frente a los definidos por el usuario son muy similares y, en consecuencia, no tienen

diferencias significativas entre sí. Así mismo, la prueba T para muestras relacionadas sobre un nivel de significancia de 0.05, define que se acepta y que el producto de *software* genera una calificación similar a la expresada por el usuario.

Análisis para el sitio de Facebook

Tabla 3. Anova y correlaciones sitio de Facebook

ANOVA						Correlaciones de muestras relacionadas				
Sistema2										
	Suma cuad.	gl	Mediacuad.	F	Sig.	Par 1	Usuario y Sistema2	N	Correl	Sig.
Inter-grupos	,230	4	,057	8,877	,017			10	,900	,000
Intra-grupos	,032	5	,006							
Total	,262	9								

El valor de $F_{0,05}(4,5) = 5.192$ y al verificar la tabla de Anova se observa que $F = 8.877$ y $8.877 > 5.192$, razón por la cual no se acepta que los resultados generados por el sistema, frente a los resultados dados por el

usuario sean similares y por lo tanto hay diferencias significativas entre sí. Con la prueba T se llega a la conclusión de definir que no hay un buen porcentaje de aceptación del *software*.

Tabla 4. Prueba de muestras correlacionadas sitio de Facebook

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					T	gl	Sig. (bilateral)
		Med	Desv. típ.	Error típ. de la media	95% Inter.de conf. para la dif.				
Par 1	Us - Sist2	,002	,07913	,02502	Inf.	Sup.	,080	9	,938
					-,05461	,05861			

Análisis para el sitio de Hotmail

Tabla 5. Anova y correlaciones sitio de Hotmail

ANOVA						Correlaciones de muestras relacionadas				
Sistema2										
	Suma cuad.	Gl	Mediacuad.	F	Sig.	Par 1	Usuario y Sistema2	N	Correl	Sig.
Inter-grupos	,171	3	,057	4,090	,067			10	,713	,021
Intra-grupos	,084	6	,014							
Total	,255	9								

El valor de $F_{0,05}(3,6) = 4.757$ y al verificar la tabla de Anova observamos que $F = 4.09$ y $4.09 < 4.757$, por lo tanto podemos aceptar que los resultados obtenidos

por el sistema, frente a los definidos por el usuario son muy similares y por lo tanto no tienen diferencias significativas entre sí, corroborándose con la prueba T.

Tabla 6. Prueba de muestras correlacionadas sitio de Hotmail

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Med	Desv. típ.	Error típ. de la media	95% Inter.de conf.para la dif.				
					Inf.	Sup.			
Par1	Us - Sist2	,073	,11795	,03730	-,01138	,15738	1,957	9	,082

Análisis para la página de la Fundación Universitaria Los Libertadores

El valor de $F_{0,05}(5,4) = 6.256$ y al verificar los valores de la tabla de Anova se observa que $F = 4.421$ y $4.421 < 6.256$, por lo tanto, podemos aceptar que los

resultados obtenidos por el sistema, frente a los definidos por el usuario son muy similares y, en consecuencia, no tienen diferencias significativas entre sí, aceptándose que el producto de software realiza una buena calificación a partir del análisis realizado por la prueba T.

Tabla 7. Anova y correlaciones página de la Universidad

ANOVA						Correlaciones de muestras relacionadas				
Sistema2							N	Correl	Sig.	
	Suma cuad.	gl	Mediacuad.	F	Sig.	Par 1	Usuario y Sistema2	10	,477	,163
Inter-grupos	,098	5	,020	4,421	,087					
Intra-grupos	,018	4	,004							
Total	,115	9								

Tabla 8. Prueba de muestras correlacionadas para la página de la Universidad

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Med	Desv. típ.	Error típ. de la media	95% Inter.de conf.para la dif.				
					Inf.	Sup.			
Par1	Us - Sist2	,002	,14274	,04514	-,10011	,10411	,044	9	,966

Bajo los parámetros anteriores se puede afirmar que el sistema de lógica difusa, según los parámetros producto de la aplicación de las pruebas T, sea eficiente y se pueda seleccionar como un sistema confiable que permite evaluar la calidad externa de productos orientados a la Web.

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación permitieron correlacionar la calidad de un producto orientado a la web frente a las métricas previamente definidas, aplicando para ello la lógica difusa como catalizador entre estos conceptos y llegando a la conclusión de

aceptar la hipótesis en la cual se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos en la evaluación del producto realizado con lógica difusa, frente a la evaluación subjetiva realizada por los usuarios finales.

Para realizar la validación de la información obtenida, se consideraron pruebas estadísticas Anova y Prueba T, se pudo comprobar que el sistema difuso se comportó de manera similar a la tendencia de un ser humano, al generar resultados parecidos en 3 de los 4 casos planteados y, por ende, definiendo a la lógica difusa como una herramienta para la toma de decisiones de esta índole, corroborando lo encontrado en sus investigaciones (Yang, 2007; Vergara, 2009; Soler,

2007; Ruiz et al., 2006; Morillas y Díaz, 2007; Condori et al., 2006; Díaz et al., 2009; Fernández et al., 2008; García, 2009; Honglei et al., 2009), entre otros.

También, como resultado de esta investigación, se puede afirmar que si un usuario calificara en una escala entre cero (0) y diez (10) cada una de las características definidas en la evaluación del producto no habría un cambio significativo en el análisis obtenido, tal como se encontraron en otras investigaciones similares (Ruiz et al., 2006; Condori et al., 2006; Díaz, et al., 2009; García, 2009 y Vergara y Gaviria, 2009). Sin embargo, se plantea para futuras investigaciones el poder evaluar sitios de índole comercial u otra naturaleza, obviamente esto generara otro tipo de resultados permitiendo así tener un panorama mucho más amplio en la evaluación realizada por los usuarios finales.

La calidad en los productos de software es una realidad para el progreso tecnológico, la cual está en la búsqueda de un permanente perfeccionamiento de sus tareas y labores, con el fin de aportar soluciones a las grandes necesidades que presenta la ingeniería de *software*. Esta investigación contribuye a que usuarios finales adoptan el concepto de calidad desde perspectivas disímiles y difícilmente parametrizables, dada la subjetividad del proceso, haciendo que la evaluación desde éste punto de vista, no sea completamente estándar, como lo definen entre otros (Mukaidono, 2009; Calero et al., 2008; Agresti, 2006), y, de esta manera, la investigación arrojó unos resultados en términos de empezar a definir cuáles son las

características que el usuario final busca como sinónimo de calidad, encontrándose que se centran en contenidos completos y actualizados, en una interfaz gráfica agradable y bien distribuida, además de contar con fácil navegabilidad y enmarcada con un conjunto de parámetros de seguridad, resultados muy parecidos a los obtenidos en investigaciones realizadas por Fernández et al., (2008); Chang (2009); Condori et al.,(2006); Gutiérrez, et al. (2006) y Ruiz (2006).

En la revisión bibliográfica se observó que no existe teoría alguna sobre la definición de atributos para la valoración de la calidad externa de sitios Web y, por ende, se adoptó un desarrollo estadístico en la generación de dichos atributos, al igual que se hizo en anteriores investigaciones tal como lo expresaron Yang et al., (2007); Soler (2007) y Ruiz (2006), y así, corroborar los ítems de evaluación a partir de la praxis del usuario.

Por último, es importante resaltar el interés y la preocupación de la industria nacional del software por la calidad de los productos, por la calidad en el desarrollo de los procesos, por la creación y generación de nuevos métodos y herramientas y en la formulación de nuevas métricas, las cuales son utilizadas en cada una de las fases de construcción del ciclo de vida de un producto, donde la lógica difusa y la inteligencia artificial son pilares y forman parte de un grupo selecto de herramientas para consolidar dicha disciplina (Agresti, 2006; Akingbehin, 2009; Barkmann et al., 2009; Calero et al., 2008; Dick y Kandel, 2005; Fernández et al., 2008; Gall et al. 2008).

Referencias

- Agresti, William. (2006). Lightweight software metrics: the P10 Framework. *IT Professional – IEEE*, 8(5), 12 – 16.
- Agüero, Martín. (2006). Analizador Java Inteligente. *C&T Universidad de Palermo*, 53-72.
- Akingbehin, Kiumi. (2009). Taguchi smaller-the-best software quality metrics. *10th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligences, Networking and Parallel/Distributed Computing*.
- Calero, Coral; Moraga, María; Piattini, Mario. (2008). *Handbook of research on web information system quality*. Editorial Advisory Board – Information Science Reference.
- Chang, Ching-Liang. (2009). Fuzzy-logic-based programming. Editorial World Scientific. *Advances in Fuzzy Logic. Applications and Theory*.
- Condori, Nelly; Belenguer, Jorge; Albiol, Manoli. (2006). Modelo de agregación basado en un sistema neurodifuso para un proceso de evaluación de calidad de productos de software. *InfoUYClei – IEEE*, 34-46.
- Díaz, Gustavo; López, Jesús A. y Caicedo, Eduardo. (2009) Aplicación de la lógica difusa tipo dos en una planta didáctica en control de procesos industriales, respecto de las variables nivel y flujo. *Sistemas & telemática*, 7(13), 13–32.
- Dick S.; Kandel, A. (2005). *Computational intelligence in software quality assurance*. Editorial World

- Scientific – Machien Perception Artificial Intelligence. 63.
- Fernández, Carlos; Fernández, Ignacio; Moya, David. (2008). Valoración de inmuebles mediante técnicas de lógica difusa. Universidad Complutense de Madrid.
- Gall, C.; Lukins, S; Etkorn, L; Gholston, S; Farrington, P; Utley, D; Fortune, J; Virani, S. (2008). Semantic software metrics computed from natural language design specifications. *Software, IET-IEEE*, 2(1), 17-26.
- García, Socorro. (2009). Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y “Soft Computing”. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica De Cartagena. PROQUEST.
- Gutiérrez, Juan; Riss, Wolfgang; Ospina, Rodolfo. (2006). Bioindicación de la calidad del agua en la sabana de Bogotá – Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuroadaptativa como herramienta. *Caldasia, IEEE*, 28(1), 45 -56.
- Heck, Petra; Klabbers, Martijn; Eekelen, Marko. (2010). A software product certification model. *Software Quality Journal*, 18(1), 37-55.
- Hofman, Radoslaw. (2009). Software quality perception. *Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering*. Springer.
- Honglei, Tu; Wei, Sun; Yanan, Zhang. (2009). The research on software metrics and software complexity metrics. *2009 International Forum on Computer Science-Technology and Applications*.
- Kan, Stephen. (2009). *Metrics and models in software quality engineering*. Segunda Edición. Editorial Addison Wesley.
- Lopez, Daniela; Agüero, Martín. (2007). Aplicación de métricas categóricas en sistemas de lógica difusa. *Revista IEEE América Latina*. 1(5).
- Medina H., Santiago. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. *Cuadernos de Administración*, 195-223.
- Morillas, Antonio; Díaz, Bárbara. (2007). Qualitative answering surveys and soft computing. *Fuzzy Economic Review*, 12(1), 3-19.
- Mukaidono, Masao. (2009). *Fuzzy logic for beginners*. Editorial World Scientific.
- Pressman, Roger. (2008). *Ingeniería de Software, Un enfoque práctico*. 6 Edición. Barcelona: Editorial McGraw-Hill.
- Ruiz, Gustavo; Peña, Alejandro; Castro, Carlos; Alaguna, Angela; Areiza, Luz y Rincón, Rafael. (2006). Modelo de evaluación de calidad de software basado en lógica difusa, aplicada a métricas de usabilidad de acuerdo con la Norma ISO/IEC 9126. *Avances en Sistemas e Informática*, 3(2), 25-29.
- Scalone, Fernanda (2009). *Estudio comparativo de los Modelos y Estándares de Calidad del Software* (Tesis de Magister). Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.
- Singh, Parvinder; Singh, Hardeep. (2006). A fuzzy-inference system based approach for the prediction of quality of reusable software components. *Advanced Computing and Communication*, IEEE. 349 – 352.
- Soler, Vicenç. (2007). Lógica difusa aplicada a conjuntos imbalanceados: Aplicación a la detección del Síndrome de Down (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Vergara, César; Gaviria, Horacio. (2009). Aplicaciones de la lógica difusa en la planificación de la producción. Universidad Nacional sede Medellín.
- Yang, Bo; Yao, Lan; Huang, Hong-Zhong. (2007). Early software quality prediction based on a fuzzy neural network model. *Third International Conference on Natural Computation (ICNC 2007) – IEEE*.

Sobre los autores

Erlington Salcedo

Magister en TIC de la Universidad Pedagógica Nacional. Ingeniero de Sistemas de la Universidad Nacional. Docente investigador de Ingeniería de Sistemas de la Fundación Universitaria Los Libertadores y de la Universidad Pedagógica Nacional.
 esalcedob@libertadores.edu.co

Celio Gil

Especialista en Administración de Empresas de la EAN. Ingeniero de Sistemas de la Universidad Distrital. Docente investigador de Ingeniería de Sistemas de la Fundación Universitaria Los Libertadores y de la Universidad Libre.
 cgila@libertadores.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.