

Francklin Rivas Echeverría
Stalin Arciniegas Aguirre
Compiladores

Avances y aplicaciones de sistemas inteligentes y nuevas tecnologías



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
VENEZUELA



Consejo de
Publicaciones



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE IBARRA



PROMETEO

Secretaría de
Educación Superior,
Investigación, Formación Docente,
Ciencia, Tecnología e Innovación

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
CONSEJO DE PUBLICACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ECUADOR
SEDE IBARRA (PUCE-SI)
2016

Título de la obra: **Avances y aplicaciones de sistemas inteligentes y nuevas tecnologías**

Compiladores: Francklin **Rivas Echeverría** - Stalin **Arciniegas Aguirre**

Coeditado por la Pontificia Universidad Católica de Ecuador
Sede Ibarra (PUCE-SI) y el Consejo de Publicaciones
de la Universidad de Los Andes

Av. Andrés Bello, antiguo CALA. La Parroquia

Mérida, estado Mérida. Venezuela

Telefax (+58274) 2713210, 2712034, 2711955

e-mail cpula@ula.ve

http://www.ula.ve/cp

Colección: Tecnología

Serie: Ingeniería

1ª edición. 2016

Reservados todos los derechos

©Francklin Rivas Echeverría - Stalin Arciniegas Aguirre

Diagramación: Itzalex Hernández / itzalexbea@gmail.com

Diseño de portada: Itzalex Hernández / itzalexbea@gmail.com

Diseño de Imágenes de portada: David Cazco (PUCE-SI) - Oswaldo Portilla
(PUCE-SI) - Nadia González (ULA)

Hecho el depósito de ley

Depósito legal LF 2372016370855

ISBN 978-980-11-1836-7

Impreso en Gráficas el Portatítulo
Mérida, Venezuela, 2016

ÍNDICE

PRÓLOGO.....	11
TECNOLOGÍAS PARA LA EDUCACIÓN	13
1. ROBÓTICA EDUCATIVA APLICADA EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO.....	15
2. PUBLICACIÓN DE DATOS ENLAZADOS OBSERVANDO LOS PRINCIPIOS DE WEB SE-MÁNTICA.....	33
3. INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO EN MOODLE Y SU IMPACTO EN EL PROCESO DE APRENDIZAJE	45
4. EL USO DEL SOFTWARE R EN LA ENSEÑANZA DE ESTADÍSTICA. APLICACIONES EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.....	57
5. OPORTUNIDADES DE FORMACIÓN DEL INGENIERO DE SISTEMAS EN COLOMBIA MEDIANTE COMPARACIÓN DE PERFILES PROFESIONAL Y LABORAL	67
6. OFERTAS ACADÉMICAS INNOVADORAS: UNA VISIÓN DESDE LOS ESTUDIANTES	85
7. RIESGOS TECNOLÓGICOS: CONSIDERACIONES DESDE LA ACADEMIA	99
8. AMBIENTES INTELIGENTE PARA LA EDUCACIÓN: UN MODELO CONCEPTUAL.....	117
9. INTERNET, UN CAMINO VÁLIDO PARA FINANCIAR PROYECTOS CREATIVOS Y EMPRESARIALES EN ECUADOR.....	131

SISTEMA EXPERTO DE EVALUACIÓN HEURÍSTICA PARA MEDIR LA USABILIDAD DE APLICACIONES WEB

*Verónica del Consuelo Tapia Cerda,
Mayra Cecilia Salazar Grandes*

Introducción

Este trabajo tiene la finalidad de presentar los resultados de la investigación generada para desarrollar un sistema experto que permita medir la usabilidad de aplicaciones web a través del método de evaluación heurística. A continuación se hará referencia a la importancia que tiene la usabilidad a nivel de la calidad del software y las razones que motivaron el planteamiento de dicha investigación.

La usabilidad es considerada una de las características que define la calidad del software, representa la medida en la que los usuarios pueden manejar las aplicaciones con eficiencia, efectividad y satisfacción (Nielsen, 2012). Es decir, los usuarios que son quienes interactúan con los sistemas, son los que definen si éstos son usables o no, por lo tanto son pieza clave para los equipos de desarrollo que buscan fundamentalmente crear aplicaciones basadas en sus necesidades y en la forma de solventar las mismas; y esta sería en esencia, la principal razón por la que es importante conocer el nivel de usabilidad de las aplicaciones de software.

Para medir la usabilidad existen varios métodos (Fernandez et al., 2011). En este artículo se presenta la aplicación de la evaluación heurística, un tipo de evaluación que permite a un grupo de expertos realizar la búsqueda de fallas de usabilidad, a través de la inspección de las interfaces de usuario de una aplicación en base a una serie de criterios y subcriterios.

A partir de la EH se desarrolló el sistema experto, cuyo objetivo principal se centra en optimizar la evaluación de la usabilidad de aplicaciones WEB. El sistema

realiza la medición aplicando una lista de diez criterios heurísticos y ochenta y tres subcriterios, el resultado de cada proceso de evaluación permite obtener: 1) el nivel de usabilidad de la aplicación web evaluada, 2) la lista de problemas detectados, y 3) las recomendaciones específicas, para corregir cada problema encontrado.

La validación del SE se llevó a cabo en los EVA de la UTC, son siete aplicaciones que fueron evaluadas por cuatro profesionales del desarrollo de software y del diseño de interfaces. Cada evaluador hizo las mediciones de manera individual y posteriormente el sistema generó de forma automática el resultado consolidado de las aplicaciones evaluadas.

Los resultados de la validación garantizan que el SE permite: 1) realizar evaluaciones de usabilidad de forma automática, 2) obtener resultados que no se reducen solo a determinar el nivel de usabilidad, ya que el sistema es capaz de detectar problemas específicos de usabilidad y sugerir recomendaciones para cada problema encontrado, y 3) usar el sistema sin ser un experto en usabilidad, los evaluadores requieren únicamente tener conocimientos básicos que les permita calificar cada criterio y subcriterio, el resto del proceso es automático.

Materiales y Métodos

Para desarrollar la investigación se aplicaron los siguientes métodos: 1) Histórico-Lógico, que ayudó a conocer los antecedentes históricos de la evaluación de la usabilidad de las aplicaciones Web, 2) Inductivo-Deductivo, para el estudio de los métodos de evaluación de la usabilidad y la conceptualización del proceso de medición de la usabilidad a través de la evaluación heurística, 3) Analítico-Sintético para determinar criterios propios sobre el análisis de los datos adquiridos durante la recopilación de información y establecer el marco de referencia sobre la evaluación de la usabilidad y el método heurístico, y 4) Hipotético-Deductivo porque desde el inicio de la investigación se planteó una hipótesis de solución.

La estrategia para recopilar la información se basó en la Investigación Bibliográfica, la misma que permitió revisar fuentes primarias y secundarias acerca del campo de estudio. Se aplicó también la Investigación-Acción, ya que luego de analizar la información recogida, se llevó a la práctica el conocimiento adquirido para desarrollar el SE.

La metodología utilizada para la construcción del SE, se describe con detalle más adelante. Sin embargo es necesario citar que para el proceso de evaluación

a implementar en el sistema, a más de seleccionar muy cuidadosamente los criterios, subcriterios y escalas de medición para cada uno de ellos, se generaron las métricas para determinar los niveles de usabilidad y todas las fórmulas para establecer los grados de incidencia de cada problema encontrado. Además se definieron rangos relacionados con el problema general de usabilidad, los mismos que fijan parámetros de gravedad del problema.

A continuación se detalla brevemente el proceso de construcción del SE tomando como punto de partida una breve revisión teórica acerca de la EH y sus principios.

a. Fundamentación teórica

La evaluación heurística según (Nielsen y Molich, 1990; Nielsen 1994) "... es un método de la ingeniería de usabilidad que tiene el objetivo de encontrar los problemas de usabilidad en un diseño de interfaz de usuario para que puedan ser atendidos como parte de un proceso de diseño iterativo".

Así mismo, para (Hassan y Martín, 2004) "la evaluación heurística es un método de inspección en el que un grupo reducido de expertos, en base a su propia experiencia, fundamentándose en reconocidos principios de usabilidad (heurísticos), y apoyándose en guías elaboradas para tal fin, evalúan de forma independiente el producto, contrastando finalmente los resultados con el resto de evaluadores".

Los estudiosos además mencionan que la EH tiene algunas ventajas en relación a otros métodos, puede ser aplicada en etapas tempranas del desarrollo de aplicaciones web y sin la necesidad de involucrar a usuarios, esto permite mejorar los diseños optimizando costos y tiempo.

En cuanto a los principios heurísticos, es decir los criterios que se van a evaluar en las interfaces, esta investigación se basa en la propuesta de (Hassan y Martín, 2003), señalando a los siguientes como los más importantes:

- Aspectos generales, que involucran a objetivos, apariencia, coherencia y nivel de actualización de contenidos.
- Identidad e información, que se refiere a la identidad del sitio e información sobre el proveedor y la autoría de los contenidos.
- Estructura y navegación, que se centra en la idoneidad de la arquitectura de información y navegación del sitio
- Rotulado, que representa la significación y familiaridad del rotulado de los contenidos.

- Layout de la página, que se refiere al análisis de la distribución y aspecto de los elementos de navegación e información en la interfaz.
- Entendibilidad y facilidad en la interacción, que representa la calidad de los contenidos textuales.
- Control y retroalimentación, verifica si se informa al usuario de lo que está ocurriendo en la web.
- Elementos multimedia, mide la calidad de los distintos elementos audiovisuales.
- Búsqueda, mide las opciones de búsqueda interna de la página.
- Ayuda, mide los elementos de apoyo para que el usuario tenga una navegación fluida

b. Formulación del problema

Existen aplicaciones que ayudan a realizar evaluación heurística, varias de ellas se encuentran alojadas en el Internet y pueden ser usadas en línea; otras son desarrolladas en herramientas como Microsoft Excel y sus creadores de igual manera, facilitan la descarga desde la web. Para citar ejemplos se pueden mencionar a: "ExpertReviewCheckpoints-Spanish.xls" y "checklist_revisión_heurística_metodo_sirius_v3.xls".

La dificultad con estas herramientas es que no permiten un proceso de evaluación completamente automatizado, generan el resultado del nivel de usabilidad pero no indican en forma concreta, cuáles son los problemas encontrados, ni la manera de corregir cada uno de ellos. Esto implica que el evaluador debe realizar esta tarea personalmente para completar los resultados; es decir, lo que las aplicaciones hacen es, determinar el nivel de usabilidad general y el promedio de cada criterio evaluado, pero el evaluador debe analizar la valoración de cada subcriterio para inferir tanto las fallas de usabilidad como las recomendaciones para corregir estas fallas.

En conclusión, para medir la usabilidad de una aplicación usando el método de EH, cada evaluador debe ser experto en usabilidad, tomando en cuenta que se necesitan mínimo cuatro expertos, se torna complicado disponer de dichos profesionales. Además, en cada evaluación se revisan todas las interfaces de usuario y se califican los ochenta y tres subcriterios, luego se analizan las valoraciones para determinar los problemas y las recomendaciones de forma individual y manual. Es decir, es un proceso costoso, complicado y demorado de ejecutar.

Como respuesta a la problemática descrita, el SE desarrollado es una herramienta que facilita la ejecución de mediciones de usabilidad sin requerir la presencia de un evaluador experto y genera automáticamente resultados completos: 1) el nivel de usabilidad, 2) la lista de fallas detectadas, 3) el grado de severidad de los problemas de usabilidad encontrados, y 4) la lista de recomendaciones detalladas para corregir las fallas y mejorar el nivel de usabilidad.

c. Desarrollo del Sistema Experto

Para implementar el sistema se utilizó la metodología de desarrollo definida por (Hidalgo, 1998), la misma tiene 9 fases mostradas en la Figura 1, cada fase plantea objetivos precisos, en este caso se concretaron con la ejecución de actividades específicas y la generación de artefactos verificables detallados en (Tapia, 2015).

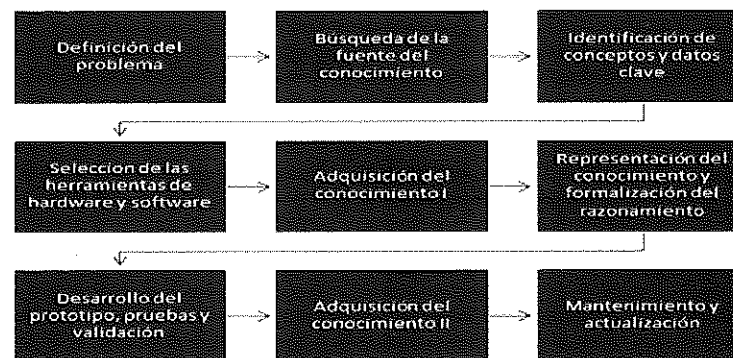


FIGURA. 1. Etapas de desarrollo del SE.

Cada una de las fases permitió la evolución del SE. Sin embargo, discrecionalmente se presenta a continuación, el detalle de las más importantes para este caso en particular:

c.1. Adquisición de la base de conocimiento

La fase de Adquisición del Conocimiento constituye el núcleo de un SE. Cabe recalcar que según la metodología planteada, esta fase debe ser realizada dos veces; para este caso en particular bastó con una sola ejecución para extraer el conocimiento necesario, se lo realizó a partir de la indagación de las fuentes primarias y secundarias referenciadas en (Tapia, 2015). La base de conocimiento alcanzada está compuesta por los criterios y subcriterios con los que se van a

medir las interfaces, estos criterios se convierten en las heurísticas del método de evaluación. Como ya se mencionó en la fundamentación teórica, se utilizó la guía de evaluación heurística de (Hassan & Martín, 2003) que considera 10 criterios y 83 subcriterios respectivamente; además la variación Sirius de (Suárez, 2011) que aporta con las escalas de medición a utilizar para cada subcriterio (Tabla 2). A continuación se describe el conocimiento adquirido y generado:

La tabla 1 presenta la lista de criterios generales de evaluación y la tabla 2 las métricas de evaluación para cada subcriterio.

TABLA 1. Criterios de evaluación

Abreviatura	Significado
AG	Estructura y Navegación
II	Aspectos Generales
EN	Entendibilidad y facilidad en la interacción
EF	Elementos Multimedia
RO	Identidad e Información
LA	Layout de la Página
BU	Control y Retroalimentación
CR	Ayuda
EM	Rotulado
AY	Búsqueda

TABLA 2. Escalas de medición para subcriterios

Valor	Significado
0	No se cumple en absoluto
10	Se cumple totalmente
NA	Criterio no aplicable en el sitio
NTS	No se cumple en todo el sitio
NEP	No se cumple en los enlaces principales
NPP	No se cumple en la página principal
NPI	No se cumple en alguna página interior
S	Se cumple el criterio

Para definir el nivel general de usabilidad fue necesario crear un modelo específico. Este modelo descrito en (Tapia, 2015) define una valoración para siete niveles y se obtiene del promedio de la calificación obtenida de todos los criterios, a continuación la tabla 3 indica cada una de las escalas definidas.

TABLA 3. Escalas del nivel de usabilidad

Porcentaje de Calificación	Nivel de Usabilidad
85,77 - 100,00	Completamente usable
71,48 - 85,76	Muy usable
57,18 - 71,47	Usable
42,89 - 57,17	Medianamente usable
28,59 - 42,88	Poco usable
14,30 - 28,58	Casi no usable
0,00 - 14,29	No usable

El modelo también permite inferir la lista de problemas y las recomendaciones de cada evaluación. Para la lista de problemas se toma en cuenta los criterios con una calificación promedio menor a 5 (Tabla 4); y, para las recomendaciones considera todos los subcriterios con una calificación individual menor a 5.

La tabla 4 plasma las escalas para determinar el grado de cumplimiento de cada criterio, en donde 5 representa "Se cumple medianamente", esto significa que todos los niveles por debajo de esta calificación, tienen una equivalencia de insuficiente en el cumplimiento de los criterios.

TABLA 4. Grado de cumplimiento de los criterios

Escala de valoración	Grado de conformidad de cumplimiento
10	Se cumple en absoluto
8-9	Se cumple casi siempre
6-7	Se cumple muchas veces
5	Se cumple medianamente
3-4	Se cumple pocas veces
1-2	Se cumple casi nunca
0	No se cumple en absoluto

Finalmente, el modelo establece la incidencia de cada ítem de la lista de problemas en el nivel general de fallas de usabilidad (tabla 5), para ello se aplica la siguiente fórmula:

$$NI = ((100 * ppu/sppu)/100 (((promedio=stc/nc) pp=p*10)) \quad Ec. 1$$

$$ppu = (Si (pp = 0; "0"); Si(pp > 0; 100 - pp)))$$

En donde:

- NI= Nivel de incidencia
- stc= sumatoria de todas las calificaciones
- nc= número de calificaciones
- p= promedio
- pp= promedio en porcentaje
- ppu= porcentaje del problema de usabilidad
- sppu= sumatoria del porcentaje de los problemas de usabilidad

En cuanto al protocolo de evaluación heurística se toma como referencia a (Nielsen, 1995), quien plantea el proceso de la siguiente manera: 1) un grupo de cuatro a siete evaluadores examinan las interfaces de una aplicación y juzgan el cumplimiento de los principios heurísticos definidos, 2) la evaluación se lleva a cabo haciendo que cada evaluador inspeccione la interfaz individualmente, 3) luego de que todas las evaluaciones se han completado, los evaluadores están autorizados para comunicarse acerca de los resultados de la evaluación, esta restricción es importante a fin de asegurar en las evaluaciones independencia e imparcialidad, 4) los resultados de la evaluación se pueden grabar, ya sea como informes escritos de cada evaluador o conforme avanza en la inspección ir comentando los resultados a un observador asignado para cada proyecto, 5) los informes escritos tienen la ventaja de ser un registro formal de la evaluación, pero requieren ser leídos y agregados por un gerente de evaluación, 6) los resultados de la evaluación estarán disponibles luego de la última sesión de evaluación, el observador tiene que entender y organizar un conjunto de notas, 7) durante la sesión de evaluación, el evaluador navega por la interfaz varias veces e inspecciona los diversos elementos de diálogo y los compara con una lista de principios de usabilidad, 8) en una lista de verificación de los criterios y subcriterios se registra la calificación del cumplimiento o no de los mismos, 9)

el resultado es una lista de los problemas encontrados en las interfaces, y 10) los evaluadores deben explicar los resultados de su evaluación haciendo referencia a las heurísticas vulneradas en el diseño, deben tratar de ser lo más específicos posible y enumerar cada problema de usabilidad por separado.

Con la base de conocimientos descrita en párrafos anteriores, se procedió a la implementación del prototipo de prueba, para ello se codificaron todos los requisitos de alta prioridad y alrededor de 96 reglas semánticas, de manera que se crearon en esta versión casi todas las funcionalidades del sistema. El resto de requisitos se implementaron en una siguiente fase, luego de haber probado y validado el primer prototipo.

Las herramientas de software que se utilizaron para el desarrollo son: 1) Jess v. 7.1. Base de conocimientos para construir sistemas expertos escritos en Java y basados en reglas, 2) JAVA Standard Edition v. 7. Lenguaje de programación orientado a objetos, se integra fácilmente con Jess, 3) Entorno de Desarrollo Eclipse Luna, 4) Window Builder for Eclipse Luna, 5) JavaDB v. JDK 7. Distribución compatible de la base de datos de código abierto Apache Derby de Oracle, y 6) StarUml v. 5.0.2.1570. Plataforma Open Source UML para el diseño de los modelos del sistema.

c.2. Validación del sistema

Considerando la referencia citada en la sección anterior, en relación al protocolo de ejecución de la EH, el funcionamiento del sistema experto tiene el siguiente proceso: 1) cada evaluación represente un proyecto, es decir una aplicación web; cada proyecto tiene un mínimo de cuatro evaluadores y el administrador del sistema, que tiene el rol de observador, 2) el administrador ingresa los datos informativos del proyecto y de los evaluadores, 3) cada evaluador, ejecuta la evaluación, dependiendo de su complejidad, esta puede realizarse en varias sesiones, 4) al finalizar la evaluación individual, cada evaluador puede visualizar los reportes de su evaluación, 5) solamente cuando todas las evaluaciones individuales han sido concluidas el administrador puede generar el resultado consolidado.

El resultado de cada evaluación consta de tres reportes: 1) el nivel de usabilidad, 2) la lista de problemas de usabilidad, y 3) la lista de recomendaciones respectivas.

A continuación la Figura 2 presenta extractos del primer reporte que genera el SE, en donde se visualiza el promedio de calificación de cada uno de los subcriterios y finalmente el resultado con el nivel general de usabilidad del proyecto evaluado.

CÓDIGO	SUB-CRITERIO DE EVALUACIÓN	PROMEDIO
AG1	Objetivos del sitio web concretos y bien definidos	5,00
AG2	Contenidos y servicios ofrecidos precisos y completos	4,75

PORCENTAJE DE USABILIDAD: 40,83 % SITIO: Poco Usable

FIGURA 2. Nivel de usabilidad

En la tabla 5 se presenta un ejemplo del reporte de la lista de problemas, los resultados hacen referencia a los criterios generales en los que la valoración promedio es menor a cinco. El orden está dado según el nivel de incidencia en forma descendente, es decir que mientras menor es la valoración promedio del criterio, mayor es la incidencia en el conjunto de problemas de usabilidad del sitio evaluado.

TABLA 5. Ejemplo del reporte "Lista de problemas de usabilidad y análisis de resultados"

Criterio	Promedio de calificaciones	Promedio en porcentaje	Nivel de incidencia
Layout de la página	3,44	34,38%	12,12%
Estructura y navegación	3,63	36,34%	11,76%
Control y retroalimentación	3,69	36,88%	11,66%
Entendibilidad y facilidad en la en la interacción	3,84	38,39%	11,38%
Elementos multimedia	3,96	39,58%	11,16%
Rotulado	4,17	41,67%	10,77%
Identidad e información	4,21	42,14%	10,68%
Búsqueda	4,22	42,19%	10,68%
Aspectos generales	4,69	46,88%	9,81%
		Total	100%

Análisis de los resultados

-Los resultados obtenidos permiten inferir que los criterios de la lista de problemas se cumplen pocas veces, por lo tanto el grado de dificultad de la usabilidad, es moderado y se requiere mejorar el diseño de las interfaces gráficas en relación a estos criterios específicos.

-La lista de problemas contiene la mayoría de criterios de usabilidad medidos, significa que el diseño de las interfaces debe reestructurarse en relación a mejorar todos los aspectos con dificultad de usabilidad.

Como se puede apreciar, este reporte finaliza con un análisis de los resultados de la lista de problemas, en donde se determina el grado de dificultad en uno de estos tres niveles "moderado, grave o crítico", de acuerdo al promedio generado y a los criterios más vulnerados en la aplicación evaluada.

De igual manera la Figura 3 presenta un extracto del reporte de la lista de recomendaciones que ayudarían a mejorar el nivel de usabilidad de la aplicación evaluada.

SUB-CRITERIO	RECOMENDACIÓN
EN13	Deben haber elementos de navegación que orienten al usuario acerca de dónde está y cómo deshacer su navegación
EN14	Debe existir un mapa del sitio para acceder directamente a los contenidos sin navegar
RO1	Los rótulos deben ser significativos
RO2	El sistema de rotulado debe ser controlado y preciso

FIGURA 3. Lista de recomendaciones

c.3. Pruebas

Las pruebas se realizaron en diferentes fases: 1) al término del primer prototipo a través de casos de prueba (Tabla 6) relacionados con los requisitos de alta prioridad, 2) al término del prototipo final aplicando los casos de prueba correspondientes a los requisitos de media y baja prioridad, y 3) pruebas de aceptación realizadas a un usuario con el perfil de administrador, aplicando todos los casos de prueba a través de una lista de verificación (Tabla 7).

TABLA 6. Casos de prueba

CP002	Ejecución de evaluación
RQF	RQF002: Ejecutar evaluación
Condiciones de ejecución	El usuario debe haber ingresado al sistema con el perfil de Evaluador
	Los proyectos de evaluación deben haber sido cargados previamente
Entrada/Pasos de la ejecución	Selecciona el menú de Evaluaciones
	Seleccionar proyecto de evaluación
	Ingresa el nombre y la versión del navegador web en cuál se abrió la aplicación a evaluar

	Selecciona la opción Ejecutar evaluación
	Selecciona el proyecto a evaluar
	Selecciona la opción Calificar
Resultado esperado 1:	Se inicia la sesión de evaluación
Evaluación de la prueba	Prueba superada

TABLA 7. Lista de verificación de las pruebas de aceptación

Nº	Requisito Funcional	Código Caso/Prueba	Resultado
Usuario Evaluador			
1	RQF001: Iniciar sesión	CP001	Aprobada
2	RQF002: Ejecutar evaluación	CP002, CP003	Aprobada
3	RQF003: Editar evaluación	CP003	Aprobada
4	RQF004: Generar informe individual	CP004	Aprobada
Usuario Administrador			
5	RQF001: Iniciar sesión	CP001	Aprobada
6	RQF005: Añadir evaluador	CP005	Aprobada
7	RQF006: Leer evaluador	CP008	Aprobada
8	RQF007: Actualizar evaluador	CP009	Aprobada
9	RQF008: Añadir proyecto	CP006	Aprobada
10	RQF009: Consolidar evaluación	CP007	Aprobada
11	RQF010: Generar reportes históricos	CP010	Aprobada
11	RQF011: Leer evaluación	CP011	Aprobada

Los casos de prueba permitieron evaluar todas las funcionalidades del SE, cuando una prueba no era superada, se replanteaba su análisis e implementación, hasta conseguir la eficacia del proceso probado.

Una vez que el SE quedó listo para producción, fue instalado en el departamento de servicios informáticos de la UTC. Participaron en las pruebas finales,

el administrador de las aulas virtuales de la mencionada institución y cuatro profesionales relacionados a la industria del desarrollo de software, todos certificaron por escrito el funcionamiento y eficiencia del sistema (Tapia, 2015).

Resultados y Discusión

Para validar el rendimiento del SE en un ambiente real y concreto, se realiza la evaluación de los EVA de la UTC, tomando en cuenta que esta institución tiene una oferta académica de 18 carreras y cada carrera cuenta con una malla curricular de 60 materias en promedio, se selecciona como muestra, a las siete aulas virtuales de la Carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales del período académico vigente en ese momento (Abril - Agosto 2015).

Los evaluadores ejecutan la evaluación de cada entorno virtual, en total se evaluaron 7 proyectos que se componen de 35 evaluaciones, 28 individuales y 7 consolidadas.

Finalmente se agrupan los resultados y se genera un solo resultado global que corresponde al nivel de usabilidad general de los EVA de la UTC (Tabla 8).

TABLA 8. Nivel de usabilidad de los EVA de la UTC

Aula virtual de asignatura	Calificación	Usabilidad
Análisis y Diseño Orientado a Objetos	40,83%	Poco Usable
Proyecto Integrador I	49,53%	Medianamente Usable
Mantenimiento de Computadores	52,76%	Medianamente Usable
Redes	54,91%	Medianamente Usable
Aplicación de Bases de Datos	57,87%	Usable
Administración de Sistemas Operativos	58,66%	Usable
Ingeniería de Software	68,04%	Usable
Promedio	54,66%	Medianamente Usable

Los resultados obtenidos de este conjunto de evaluaciones permiten validar el SE. Todo el proceso es automático, el sistema aplica el método de evalua-

ción heurística y genera el Nivel de Usabilidad con un reporte completo de la calificación de cada subheurística, despliega la lista de problemas en orden de incidencia con las conclusiones generales de estos resultados y una lista de recomendaciones que se proponen con el objetivo de mejorar el nivel de usabilidad del proyecto evaluado. Es decir, el sistema aparte de que optimiza las mediciones de usabilidad, lo que confirma la hipótesis de esta investigación, permite además hacer operativo este proceso que normalmente los desarrolladores de esta zona (Latacunga – Ecuador), no estamos acostumbrados a realizar.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el diseño de un modelo completo de evaluación heurística. Este modelo a su vez, se convirtió en la base para el desarrollo del sistema experto de medición de la usabilidad para aplicaciones web. El sistema propone no solo optimizar la ejecución de evaluaciones, sino el análisis de resultados y la generación de recomendaciones para la solución de los problemas encontrados tal como lo haría un experto humano, pero de forma automática.

Se implementaron alrededor de noventa y seis reglas semánticas que a partir de la base de conocimiento, permiten inferir de forma inteligente los resultados de cada evaluación. A través de los procesos de pruebas y validación, se ha comprobado el rendimiento del sistema; la ejecución de las evaluaciones y los resultados obtenidos, confirman la capacidad del SE de ejecutar de manera eficiente mediciones de usabilidad, a través del método de evaluación heurística.

Referencias

- NIELSEN J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability. Nielsen Norman Group. Consultado el 25 de julio del 2014, de: <http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>.
- FERNÁNDEZ A., ORTEGA S., VALLS A., ZAPATA M. (2011). Evaluación de Usabilidad, FUOC, Realización editorial: Eureka Media, SL, Depósito legal: B-29.711-2011; Barcelona.
- NIELSEN, J. (1995). How to Conduct a Heuristic Evaluation, Nielsen Norman Group. Consultado el 25 de Octubre del 2014, de: <http://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>.
- HIDALGO L. (1998). Inteligencia artificial y Sistemas Expertos. Universidad de Córdoba. ISBN: 9788478013463, Córdoba – España.

- TAPIA V. (2015). Desarrollo de un sistema experto de evaluación heurística que optimice la medición de la usabilidad de aplicaciones web en los EVA de la UTC., Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Extensión Latacunga.
- HASSAN Y., MARTÍN F. (2003). Guía de Evaluación Heurística de Sitios Web. En: No Solo Usabilidad, nº 2, <nosolousabilidad.com>. ISSN 1886-8592.
- SUÁREZ M. (2011). Sirius: Sistema de Evaluación de la Usabilidad Web Orientado al Usuario y basado en la Determinación de Tareas Críticas. UNIVERSIDAD DE OVIEDO-Departamento de Informática, Oviedo.
- NIELSEN J. (1994b). La evaluación heurística. En Nielsen, J., y Mack, RL (Eds.), Usabilidad métodos de inspección, John Wiley&Sons, Nueva York, NY. – EE.UU.
- NIELSEN J., MOLICH R. (1990). La evaluación heurística de interfaces de usuario, Proc. ACM CHI'90 Conf. (Seattle, WA, 1-5 de abril), 249-256., EE.UU.
- OBESO A. (2006b). Metodología de medición y evaluación de la usabilidad en sitios Web educativos. España: Ediuno - Universidad de Oviedo. Consultado el 18 de septiembre del 2014, de: <http://site.ebrary.com/lib/espesp/docDetail.action?docID=10311112>.
- PIATTINI M. (2012). Medusas: Mejora y Evaluación del Diseño, Usabilidad, Seguridad y Mantenibilidad del Software. IDI-20090557-60, España: UCLM.
- HASSAN Y, MARTÍN F., (2004). Propuesta de adaptación de la metodología de diseño centrado en el usuario para el desarrollo de sitios web accesibles. Revista española de documentación científica, 27(3).
- NIELSEN J., (1994a). Aumento de la capacidad explicativa de heurísticas de usabilidad. Proc. ACM CHI'94 Conf. (Boston, MA, April 24-28), 152-158.
- OBESO A., (2009). Metodología de medición y evaluación de la usabilidad en sitios Web educativos. España: Ediuno - Universidad de Oviedo.

- CURIEL, (2013). Sistema experto basado en reglas para una aplicación de monitorización de producción industrial. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia - España.
- ELLIOTT, J., (1990). La investigación-acción en educación (ilustrada, reimpresa). Ediciones Morata. Madrid - España.
- FEIGENBAUM E., (1980). Knowledge Engineering: the Applied Side of Artificial Intelligence. Report STAN-CS-80-812. Department of Computer Science, Stanford University.
- FERNÁNDEZ E., GARCÍA J., TORNERO I., Y SIERRA A., (2011). Evaluación de la usabilidad de un sitio web educativo y de promoción de la salud en el contexto universitario, publicado en: Edutec-e. Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 37 / Sep.2011, issn: 1135-9250.
- FRIEDMAN-HILL E., (2008). Jess® The Rule Engine for the Java™ Platform.
- GILB T., (1998). Principles of Software Project Management, Addison-Wesley. New York - EE UU, 1998
- IEEE STD 610, (1990). IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology, identifies terms currently in use in the field of Software Engineering. Standard definitions for those terms are established.
- PRESSMAN R., (2010). Ingeniería del software. Un enfoque Práctico, Séptima Edición, McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., México D.F. - México.
- PROCEEDINGS OF 2011 FIFTH ASIA MODELLING, AMS, (2011). Conference. pp. 68-72. Consultado el 12 de septiembre del 2014, de: http://www.ijens.org/Vol_12_I_05/1216805-7373-IJECS-IJENS.pdf.
- ROA M., CALDERA J. (2015). Evaluación Heurística de las sedes web de los medios digitales: El País y El Mundo, publicado en Cuadernos de Documentación Multimedia, ISSN: 1575-9733, Universidad Complutense de Madrid.
- SIVAJI A., ABDULLAH A., DOWNE G. (2011). Usability Testing Methodology: Effectiveness of Heuristic Evaluation in EGovernment Website Development, 2011. Consultado el 25 de septiembre del 2014, de: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5961243&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5961243.

- VALLA., MARCOS M. (2012). Evaluación de sitios web multilingües: metodología y herramienta heurística. Revista: El profesional de la información, 2012, mayo-junio, v. 21, n. 3. ISSN: 1386-6710.
- ISO/IEC FDIS 9126-1 (2000). Information technology - Software product quality - Part 1: Quality model. Reference number ISO/IEC FDIS 9126-1:2000(E).

Datos de autores

Verónica del Consuelo Tapia Cerda
veronica.tapia@utc.edu.ec
Universidad Técnica de Cotopaxi - Ecuador

Mayra Cecilia Salazar Grandes
mcsalazar@espe.edu.ec
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - Ecuador