



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

J
U
N
H
O
2
0
1
3
.
J
U
N
I
O
2
0
1
3



Nº 11

Edição / Edición

Nº 11, 06/2013

Tiragem / Tirage: 1000

Preço por número / Precio por número: 12,5€

Subscrição anual / Suscripción anual: 20€ (2 números)

ISSN: 1646-9895

Depósito legal:

Indexação / Indexación

Academic Journals Database, Compendex, CrossRef, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, Latindex, ProQuest, SCOPUS e Ulrich's.

Propriedade e Publicação / Propriedad y Publicación

AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua de Lagares 523, 4620-646 Silvaes, Portugal

E-mail: risti@aisti.eu

Web: <http://www.aisti.eu>

Parceiro / Socio

Academy Publisher: <http://www.academpublisher.com>

Ficha Técnica

Diretor

Álvaro Rocha, ISMAI; Universidade do Porto, LIACC

Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición

Manuel Pérez Cota, Universidade de Vigo

Álvaro Rocha, ISMAI; Universidade do Porto, LIACC

Conselho Editorial / Consejo Editorial

Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela

Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid

Luís Borges Gouveia, Universidade Fernando Pessoa

Luís Paulo Reis, Universidade do Minho

Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo

Maria Manuela Cruz-Cunha, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave

Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Secretariado Editorial

Avelino Victor, Instituto Superior da Maia e Instituto de Informática do Porto

Paulo Teixeira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave

Conselho Científico / Consejo Científico

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES

Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES

Alberto Bugarín, Universidad de Santiago de Compostela, ES

Alejandro Rodríguez González, Universidad Politécnica de Madrid, ES

Aldemar Santos, Universidade Federal de Pernambuco, BR

Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO

Álvaro Figueira, FC, Universidade do Porto, PT

Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT

Ana Paula Afonso, Instituto Politécnico do Porto, PT

Angelica Caro, Universidad del Bío-Bío, CL

Antoni Lluís Mesquida Calafat, Universitat de les Illes Balears, ES
Antonia Mas Pichaco, Universitat de les Illes Balears, ES
António Aguiar, Universidade Atlântica, PT
António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT
António Godinho, ISLA-Gaia, PT
António Lucas Soares, FEUP, Universidade do Porto, PT
António Palma dos Reis, ISEG, Universidade Técnica de Lisboa, PT
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
António Vieira de Castro, Instituto Politécnico do Porto, PT
Armando Mendes, Universidade dos Açores, PT
Armando Sousa, FEUP, Universidade do Porto, PT
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
Baltasar García Pérez-Schofield, Universidad de Vigo, ES
Benjamim Fonseca, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa
Carlos Costa, Universidade de Aveiro, PT
Carlos Rabadão, Instituto Politécnico de Leiria, PT
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carmen Galvez, Universidad de Granada, ES
Cesar Alexandre de Sousa, Universidade de São Paulo, BR
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT
Cristina Alcaraz, Universidad de Málaga, ES
Daniel Castro Silva, Universidade de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
Daniel Riesco, Universidad Nacional de San Luis, AR
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES
Eduardo Luís Cardoso, Universidade Católica Portuguesa - Porto, PT
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Eurico Carrapatoso, FEUP, Universidade do Porto, PT
Feliz Gouveia, Universidade Fernando Pessoa, PT

Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Diaz, Universidad de Valladolid, ES
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Germano Montejano, Universidad Nacional de San Luis, AR
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro, PT
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Henrique Santos, Universidade do Minho, PT
Hugo Paredes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco, ES
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco, ES
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX
Jaime S. Cardoso, FEUP, Universidade do Porto, PT
Javier Garcia Tobio, CESGA-Centro de Supercomputacion de Galicia, ES
Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT), MX
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra, PT
João Sarmiento, Universidade do Minho, PT
João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, PT
Jörg Thomaschewski, University of Applied Sciences OOW - Emden, DE
José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
Jose J. Pazos-Arias, Universidad de Vigo, ES
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pardo Díaz, Instituto Tecnológico Virtual de Educación, VE
José Luis Pestrana Brincones, Universidad de Málaga
José Luís Reis, ISMAI - Instituto Superior da Maia, PT
Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose Maria de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose María Alvarez Rodríguez, South East European Research Center, GR
Jose R. R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela, ES
José Silvestre Silva, Academia Militar, PT
Josep M. Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES

Juan Carlos González Moreno, Universidad de Vigo, ES
Juan M. Santos Gago, Universidad de Vigo, ES
Juan Manuel Fernández-Luna, Universidad de Granada, ES
Juan-Manuel Lopez-Zafra, Universidad Complutense de Madrid, ES
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luís Correia, Universidade de Lisboa, PT
Luís Gonçalves Seco, ISMAI - Instituto Superior da Maia, PT
Luis de Campos, Universidad de Granada, ES
Luis Enrique, Sicaman Nuevas Tecnologías S.L., ES
Luis Fernandez-Sanz, Universidad de Alcalá, ES
Luisa María Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación a Distancia, ES
Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Maria Clara Silveira, Instituto Politécnico da Guarda, PT
María J. Lado, Universidad de Vigo, ES
Maria João Castro, Instituto Politécnico do Porto, PT
Maribel Yasmina Santos, Universidade do Minho, PT
Mário Caldeira, Universidade Técnica de Lisboa, PT
Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES
Miguel A. Brito, Universidade do Minho, PT
Mirna Ariadna Muñoz Mata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Neuza Pedro, Universidade de Lisboa, PT
Nuno Lau, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, PT
Orlando Belo, Universidade do Minho, PT
Oscar Gonzalez de Dios, Telefonica I+D, ES
Oscar Mealha, Universidade de Aveiro, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT

Paulo Pinto, FCT, Universidade Nova de Lisboa, PT
Pedro Abreu, Universidade de Coimbra, PT
Pedro Miguel Moreira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, PT
Pedro Nogueira Ramos, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, PT
Pedro Pimenta, Universidade do Minho, PT
Pedro Sánchez Palma, Universidad Politécnica de Cartagena, ES
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pilar Mareca Lopez, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Reinaldo Bianchi, Centro Universitário da FEI, BR
Rubén González Crespo, Universidad Pontificia de Salamanca, ES
Rui Cruz, IST, Universidade Técnica de Lisboa, PT
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Tomás San Feliu Gilabert, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Víctor H. Castillo, Universidad de Colima, MX
Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Xose A. Vila, Universidad de Vigo, ES

Editorial

La participación en la edición de una revista es una tarea muy interesante y, como en el caso del número 11 de la Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI) resulta, además, apasionante.

Este número, centrado en la Usabilidad y la Interacción Persona-Ordenador, hace el trabajo aún más atractivo por ser un campo que está contribuyendo decisivamente a modificar la forma en que interactuamos con los computadores.

Ha sido una tarea que nos ha permitido reafirmarnos, nuevamente, en el altísimo nivel de calidad de los trabajos que se realizan en nuestro entorno Iberoamericano en el campo de la Usabilidad y la Interacción Persona-Ordenador (HCI Human-Computer Interaction en Inglés).

Hemos recibido 49 contribuciones para su evaluación por parte del Comité Científico y, después de un exhaustivo proceso de revisión, han sido aceptadas solamente 7; lo que indica una tasa de aceptación del 14%.

Se han tenido que rechazar artículos realmente buenos, sin embargo desde aquí animamos a los autores a que sigan presentándolos no sólo a las revistas y congresos relacionados con la Usabilidad y la Interacción Persona-Ordenador, sino también a aquellos que se ocupan de las Tecnologías de la Información en su sentido más amplio.

Desde los albores de la Informática, la Usabilidad y la Interacción Persona-Ordenador han evolucionado vertiginosamente y siguen evolucionando, haciendo que los ordenadores sean cada vez más cercanos en términos de usabilidad y que estén siendo utilizados prácticamente en todas las tareas humanas, como herramientas de ayuda o, simplemente, como herramientas en sí.

Aunque ya nadie dude de su utilidad, sigue existiendo mucha controversia en las formas de interacción con estos dispositivos. Precisamente porque hay muchas formas de ver, oír, sentir, percibir o simplemente usar estas máquinas, es por lo que la interacción con ellas, su usabilidad ha de ser mejorada por y para el ser humano, en campos tan dispares como la educación, la medicina, la justicia, la industria, el comercio, el gobierno o simplemente, el placer, el juego, el descanso y/o el uso personal.

El primer trabajo de este número, estudia el efecto de la imagen percibida y su relación con la respuesta emocional del usuario, dependiendo de los dispositivos en los que la imagen es visualizada y las características de ésta. Presentando una técnica novedosa de análisis de datos con un enfoque de estudios de comunicación audiovisual.

El siguiente artículo nos ofrece la implementación de un servicio web de fusión de imágenes de satélite, proporcionándonos ideas para combinar distintos algoritmos basados en wavelets de gestión de imágenes. Presentan, además, la forma de evaluar los resultados obtenidos para conseguir una adecuada visualización de esas imágenes.

Nuestro tercer artículo presenta un estudio que permite ver una revisión sistematizada, de la literatura para clasificar métodos de evaluación de la usabilidad en servicios basados en tecnologías de la información y las comunicaciones.

A continuación se presenta un interesante estudio sobre los resultados del análisis de la usabilidad en sitios web de cooperativas de tipo agrario. Y demuestra algo ya mencionado al inicio de este editorial, que es la manera en que la usabilidad y la interacción entre las personas y los computadores está cambiando el funcionamiento de las empresas, donde un adecuado diseño del escaparate electrónico puede influir determinadamente en el éxito de éstas.

Seguimos, con un artículo que presenta el problema de la búsqueda de información asociada a las etiquetas, el problema de controlar lo que se busca y cómo se busca. Nos ofrece un novedoso método para realizar las capturas y las búsquedas sobre las nubes de etiquetas de una forma sencilla y que estamos seguros va a tener gran repercusión.

En el penúltimo artículo se describe el proceso de desarrollo y evaluación de una interfaz como utilizadora de un sistema de escalonamiento (conjunto de tareas a ser realizadas en un determinado tiempo), explicando de una forma amena la manera en que fue solventado un problema gráfico y de relación tan complicado.

Para finalizar, el último artículo presenta un trabajo muy interesante dentro del ámbito médico de la Usabilidad y la Interacción Persona-Ordenador, como es el problema del manejo del dolor por la falta de algún miembro del cuerpo humano y cómo el computador puede ayudar a las personas a tratar ese dolor, a través de un sistema de sensores y visualizadores pensados para una interacción en tiempo real.

Con este último artículo se pone un excelente colofón a esta serie pensada en la Usabilidad y la Interacción Persona-Computador.

Esperamos, en un futuro no muy lejano, volver a realizar una edición más de Usabilidad e Interacción Persona-Ordenador, vista la calidad y variedad de los trabajos recibidos para la presente.

Para terminar, enhorabuena a todos los autores cuyos artículos han sido publicados en este número de la RISTI.

Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo

Álvaro Rocha, ISMAI; Universidade do Porto, LIACC

Índice

Relación entre calidad percibida y afinidad emocional de imágenes arquitectónicas en función del dispositivo de visualización. Recomendaciones para su uso docente	1
<i>David Fonseca, Marc Pifarré, Ernesto Redondo</i>	
Aplicativo Web para la Fusión de Imágenes Satelitales	17
<i>Javier Medina Daza, Luis Joyanes Aguilar, Carlos Pinilla Ruiz</i>	
Avaliação de Usabilidade: Uma Revisão Sistemática da Literatura	31
<i>Ana Isabel Martins, Queirós Alexandra, Nelson P Rocha</i>	
Análisis de usabilidad de cooperativas del sector de la fruta y aceite en el área de Lleida	45
<i>Toni Granollers Saltiveri, Eduard Cristobal Fransi, Yolanda Montegut Salla</i>	
Molecule: Sistema de organização e visualização de Tags	61
<i>José Martins, Isabel Azevedo</i>	
Desenvolvimento e avaliação de um interface com o utilizador para um sistema de escalonamento	77
<i>Jesus Piairol, Ana Madureira, João Paulo Pereira, Ivo Pereira</i>	
Sistema para Rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma, utilizando Interfaz Cerebro-Computador y Realidad Aumentada	93
<i>Juan Esteban Arango, Julián Cárdenas, Alejandro Peña</i>	

Relación entre calidad percibida y afinidad emocional de imágenes arquitectónicas en función del dispositivo de visualización. Recomendaciones para su uso docente.

David Fonseca¹, Marc Pifarré¹, Ernest Redondo²

{fonsi; mpifarre}@salle.url.edu, ernesto.redondo@upc.edu

¹ La Salle Campus Barcelona, Universitat Ramon Llull, c/Quatre Camins 2, 08022, Barcelona, España.

² Universidad Politécnica de Catalunya, Avda/ Diagonal, 649, 08028, Barcelona, España.

DOI: 10.4304/risti.11.01-15

Resumen: En la educación universitaria en general y especialmente la relacionada con la arquitectura, el uso de imágenes digitales está generalizado. No obstante, dicho uso dista de estar optimizado ya que tanto alumnos como profesores ignoran sistemáticamente conceptos clave como las características del medio de visualizado o el usuario final. La tendencia general es la creación de imágenes con elevadas resoluciones, aspecto que conlleva ficheros de elevado tamaño que generan elevados tiempos de carga, edición o transmisión. El presente trabajo analiza cómo afecta el nivel de calidad percibida de la imagen en función de las características de esta y del dispositivo en el que se visualiza, y su relación con la respuesta emocional del usuario. La novedad de la metodología empírica empleada radica en la evaluación de usuarios en el ámbito universitario con técnicas propias de la sociología y la psicología, desde un enfoque propio de los estudios de comunicación audiovisual.

Palabras-clave: Educación y medios; Usabilidad; Evaluación cognitiva; Visualización de la información; Adaptabilidad.

Abstract: In university education and especially in the architecture framework, the use of digital images is widespread. However, such use is far from being optimized since both students and teachers systematically ignore some technical key concepts such as the characteristics of the device or the final user. The general trend is the creation of images with high resolutions, what generates large size files that increase the time of loading, editing and/or transmission. This paper analyzes how the level of perceived quality of the image affects the user's emotional response based on the characteristics of the image, the device on which it is displayed, and the user profile. The novelty of this empirical methodology lies in the application of metrics traditionally applied on sociology and psychology studies to carry out an audiovisual communication research focused at a university level.

Key-words: Media education; Usability; Cognitive assessment; Information visualization; Adaptability.

1. Introducción.

Los alumnos que actualmente cursan los primeros cursos de los grados universitarios y muchos de sus profesores educados en épocas con menor uso de tecnologías y medios digitales, llamados ocasionalmente como “Inmigrantes Digitales” (Rubin, 2007), se encuentran ante un reto al cual no están acostumbrados: la optimización de recursos e incremento de la usabilidad de cualquier desarrollo digital. Para evitar esta brecha entre el desarrollo tecnológico y la educación, en los últimos veinte años encontramos innumerables trabajos que han definido el concepto de Alfabetización Digital, del inglés Digital Literacy (Eshet-Alaklai, 2004), y que pretenden estudiar el reto que supone la inclusión de la tecnología no solo en la educación sino en cada aspecto de la vida cotidiana y la comunicación (Cabero, 1994).

Si bien la implantación y uso de los nuevos entornos digitales en educación puede ser entendida como un problema, debido en parte a la complejidad inherente de los procesos cognitivos que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) conllevan, recientes trabajos nos aportan nuevas soluciones de uso de dichas TIC en los procesos educativos ayudando a mejorar diferentes tipos de habilidades cognitivas, tanto para los usuarios más jóvenes, como para usuarios que por un factor de edad o de formación previa no se han visto atrapados en el desarrollo tecnológico (Eshet-Alkali & Chajut, 2010).

El actual modelo digital de educación/comunicación, amparado por el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), está inmerso en un constante y acelerado desarrollo tecnológico, lo que genera una necesidad de optimizar contenidos para aumentar el grado de satisfacción de la comunicación así como la realización de una formación adecuada para conseguir una adaptación del alumnado a dichos procesos como miembros activos en el proceso de aprendizaje y generación de los materiales docentes.

Centrados en el ámbito arquitectónico, las formas de expresión y comunicación tradicionales como el panel impreso o la maqueta física se están viendo complementadas e incluso sustituidas por el uso de todo tipo de herramientas TIC: desde las avanzadas simulaciones virtuales o la visualización mediante realidad aumentada de modelos superpuestos con la información tanto real como virtual, hasta los ya incluso clásicos montajes fotográficos en paneles compositivos, la visualización multi-formato de ficheros CAD (*Computer Assisted Design*) y más recientemente su evolución en los formatos BIM (*Building Information Modeling*). No obstante, queda reflejado en la recopilación de trabajos y exposiciones que podemos ver habitualmente en nuestras facultades y hablando de manera informal tanto con profesores como con alumnos que no están habituados a optimizar la calidad de sus entregas digitales. Amparados en el alto rendimiento tecnológico de programas y equipos, se suele trabajar siempre con calidades máximas, degenerando no pocas veces en rendimientos bajos, especialmente cuando el dispositivo de salida no es de última generación. Solo en el mejor de los casos nos encontramos con las llamadas “tribus digitales” (Gutiérrez-Martin, Palacios-Picos, & Torrego-Egido, 2010), grupos de alumnos, y cada vez más

profesores, con formación previa en el ámbito tecnológico capaces de optimizar los ficheros de salida.

A lo largo de más de quince años en docencia universitaria en el ámbito de la arquitectura, el diseño y la multimedia, hemos podido constatar cómo se ignoran de manera repetitiva los procesos previos de diseño del fichero de salida, en especial para adaptar el mismo a las capacidades técnicas del dispositivo donde se visualizará y de los usuarios que lo harán. El exceso de calidad en el modelo final no se acaban de adaptar a todos sus usos y entornos, generando problemas claros de usabilidad, y como veremos en este trabajo, en la alteración de diferentes valores emocionales relacionados con el perfil del usuario.

Con el objetivo de aportar nuevas soluciones en la educación de la mirada en los actuales contextos multi-pantalla, donde el usuario recibe un constante bombardeo de imágenes en todo tipo de soportes, nuestro trabajo presenta un estudio de casos en los que se exploran la relación entre la calidad percibida de un grupo de imágenes arquitectónicas y su relación con variables emocionales como la valencia afectiva y la activación nerviosa en función del medio de visualización y la tipología de usuarios que las perciben. En base a los resultados obtenidos, tanto en las fases previas del trabajo como en la actual que se presenta con nuevos datos comparativos, se proponen nuevas recomendaciones en el proceso metodológico del diseño y generación de imágenes digitales arquitectónicas (Peng, 2002), con el fin de mejorar el rendimiento en los sistemas de visualización propuestos por el profesorado e implementados por los estudiantes de arquitectura.

La innovación del trabajo radica en ser una de las primeras aproximaciones en el ámbito docente arquitectónico realizadas a partir de la combinación de estudios cuantitativos y cualitativos basados en las experiencias emocionales de usuarios en el campo de la visualización de información (Chen & Yu, 2000), área de especial interés científico en los últimos años. Adicionalmente, es remarcable el uso de técnicas ligadas a la evaluación de la usabilidad, siendo estos estudios en el campo de la arquitectura prácticamente inexistentes (Koutamanis, 2000).

2. Metodología. Uso de la imagen digital para estudios de calidad y emociones.

Tal y como hemos remarcado en la introducción, podríamos resumir los objetivos principales de la experiencia en dos: por un lado, evaluar una serie de imágenes relacionadas con el mundo arquitectónico en distintos dispositivos, en función de las características técnicas de la imagen (tales como el color, resolución o el grado de compresión), del dispositivo de visualización (tamaño de la pantalla, resolución, distancia al usuario), y el perfil del usuario (relacionado o no con el ámbito arquitectónico); y por otro lado en función de los resultados obtenidos, tanto cualitativos como cuantitativos relacionados con la calidad percibida y niveles emocionales previamente definidos, proponer una serie de recomendaciones que permitan un diseño previo a la generación de las imágenes que optimice el proceso tanto de creación como de visualización para su adaptabilidad a todo tipo de interfaces, usuarios y usos.

En base al enfoque propuesto, el esquema de trabajo se organiza a partir de la visualización de imágenes digitales y su evaluación por parte de usuarios (alumnos y profesores de arquitectura y gente ajena a dicha área). Dada la necesidad de trabajar visualizando imágenes, el primer paso necesario ha sido buscar modelos estandarizados que utilicen como base de trabajo la visualización de imágenes digitales.

Como resultado de este primero paso, podemos encontrar dos sistemas de trabajo habituales: por un lado aquellos que utilizan conjuntos de imágenes propios (Winn & Everett, 1979), (Enser & Armitage, 1997), (Tsai, Hsiao, & Hung, 2006), (Estrella, 2008) adaptados cada uno de ellos a sus áreas de investigación concretas.

Por otro lado, encontramos aquellos sistemas que han optado por un modelo que tanto por materiales como por metodología y debido a su uso frecuente a nivel internacional prácticamente se considera un estándar: el IAPS (*International Affective Picture System*), desarrollado en el CSEA-NIMH (Center for the Study of Emotion and Attention, 1999) de la Universidad de Florida.

Actualmente y gracias al interés en el estudio y medida de las emociones, el IAPS destaca por ser un instrumento objetivo que ha demostrado ampliamente su fiabilidad y validez para el estudio de las emociones en todo tipo de ámbitos científicos, y que ha sido construido a partir de una representación bidimensional de los estímulos evaluables mediante el SAM (*Self Assessment Manikin*), del cual podemos ver una muestra en la Fig.1, (Bradley & Lang, 1994) y que se puede usar como base para revisar tanto niveles emocionales como otras variables a estudiar.

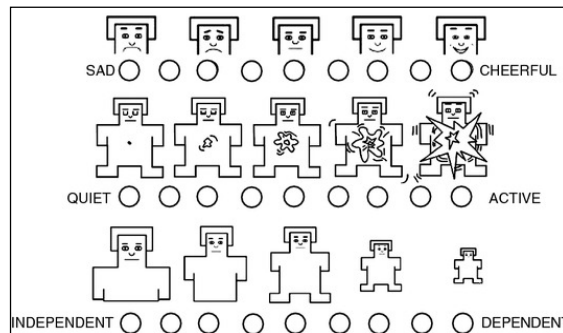


Figura 1 – Modelo test original SAM en modo papel preparado para su interpretación informática.

Para la realización de nuestra experiencia hemos optado por una metodología combinada entre los dos sistemas descritos, ya que por un lado necesitamos el uso de un grupo de imágenes propias y adaptadas al campo de estudio en el cual se circunscribe el trabajo como es la arquitectura, mientras que por otro lado al necesitar evaluar componentes emocionales se hace básico el uso del sistema IAPS.

De cara a obtener un formato de la experiencia lo más estandarizado posible y que permita futuras replicaciones tanto en nuestra área de conocimiento como en otras, se ha optado por el siguiente esquema de trabajo:

- Fase 1: Replicación del sistema IAPS con las imágenes del mismo y en iguales condiciones de visualización.
- Fase 2: Migración del sistema a un entorno interactivo web que permita su replicación multiplataforma. Evaluación de la consistencia de datos respecto a la Fase 1 e integración del nivel de calidad percibida y uso de imágenes arquitectónicas.
- Fase 3: Replicación multi-dispositivo.

El presente artículo se centra en evaluar los resultados obtenidos en la ejecución de la fase 3, así como en la propuesta de nuevas sugerencias derivadas tanto de las fases previas como de los resultados mostrados de la fase actual, centrados de manera concreta en los procesos de diseño de imágenes digitales comprimidas.

3. Fases previas. Resumen.

En esta sección haremos un repaso de los procedimientos seguidos y los principales resultados obtenidos de las fases previas del proyecto y que contextualizan de manera exacta la realización del mismo.

3.1. Fase 1. Replicación modelo IAPS

El sistema IAPS se compone de un conjunto de alrededor de mil imágenes color que abarcan todo tipo de categorías semánticas y emocionales preparadas para ser visualizadas en conjuntos de 60-70 imágenes, así como de los manuales técnicos con las instrucciones detalladas que permiten la replicación del sistema (Lang, Bradley, & Cuthbert, 2005). Para cada imagen se evalúan tres aspectos emocionales: la “Valencia” o nivel de felicidad/agrado que aporta la visualización de la imagen, la “Activación”, también citada ampliamente como “Arousal” y que mide el nivel de nerviosismo/alteración que produce la imagen, y finalmente la “Dominancia”, un nivel de menor consistencia que los anteriores y que mide el grado de control que el usuario tiene ante la imagen visualizada (Redondo et al., 2005). Hemos contamos con un universo heterogéneo de 375 individuos de 18 a 82 años, todos ellos residentes en la comunidad autónoma de Catalunya con todo tipo de niveles de educación y condición laboral. La distribución por géneros fue de 176 mujeres (edad media de 22.74 años y una desviación típica, *DT*, de 4.49) y 199 hombres (edad media: 25.50 años, *DT*: 5.17).

En esta fase se ha replicado el sistema IAPS en las condiciones del informe técnico suministrado por el NIMH y se han comparado los resultados tanto con el modelo americano como con el estudio español (Moltó et al., 1999). Los principales datos obtenidos representados en el espacio bidimensional en el cual habitualmente se presentan los resultados de trabajo con el sistema IAPS son:

- Nube de respuestas estadísticamente congruente con los modelos previos, tanto el IAPS original como el modelo español (Fig.2):

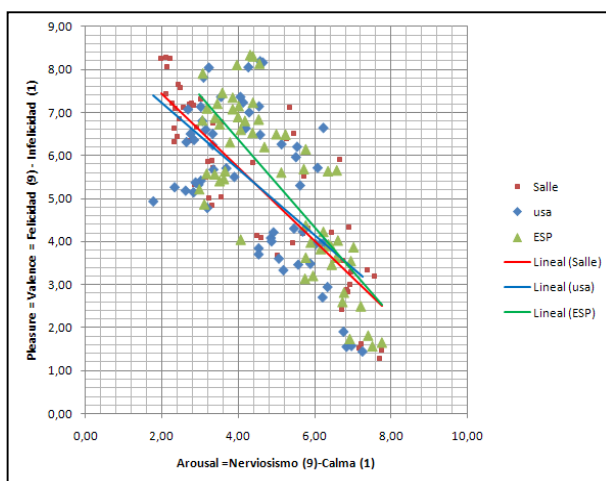


Figura 2 – Respuestas del plano bidimensional Valencia-Activación del test 1 de los estudios americanos, español y propio.

- Las imágenes desagradables se concentran en el cuadrante activador, indicando una relación directa y negativa entre valencia y activación. Se refleja la experiencia humana: lo desagradable, para serlo ha de producir activación, mientras que lo neutro nos deja indiferentes, siempre en base a nuestra experiencia previa.
- Las mujeres utilizan un mayor rango de respuestas en la dimensión de la valencia afectiva y valores más extremos en la activación, sobre todo para imágenes desagradables, confirmando comportamientos emocionales diferenciados por géneros delante de estímulos extremos (tanto positivos como negativos).

Finalmente indicar que esta fase se ha realizado mediante la visualización de las imágenes en pantalla de proyector configurado a 1024x768 píxeles, situando a todos los usuarios testeados a una distancia de entre 4 a 6 metros y siempre en un entorno de $\pm 10^\circ$ de la perpendicular en el eje central. Las imágenes eran mostradas mediante su visualización en una presentación en Microsoft PowerPoint®, siguiendo las indicaciones técnicas del sistema IAPS. Los resultados ampliados de esta primera fase los podemos encontrar en (Fonseca et al, 2008).

1.1. 3.2. Fase 2. Digitalización del sistema IAPS, modificación e inclusión de imágenes arquitectónicas.

En esta segunda fase del proyecto se han acometido diversas tareas secuencializadas según los puntos siguientes:

- Migración del sistema de test en entorno web. El sistema se ha realizado mediante tecnología “Open Source” (Fonseca et al, 2009). En esta fase, se ha sustituido el nivel de “Dominancia” del modelo IAPS, por el nivel propio de “Calidad Percibida”, lo que nos permitirá relacionarlo con las variables

emocionales y evaluar cómo afectan los cambios de compresión y color detallados en el siguiente punto.

- Selección y modificación de imágenes del sistema IAPS en escala de grises y con diferentes tasas de compresión.
- Evaluación de la consistencia y validez de los dos puntos anteriores, previo a la selección de imágenes arquitectónicas e integración de las mismas en el sistema de test on-line y con las modificaciones predefinidas.

La necesidad y motivo por el cual se han convertido las imágenes del sistema IAPS (originalmente en color y con formato JPG), a escala de grises y con nuevas tasas de compresión tanto en color como en escala de grises, radica en el amplio uso de la escala de grises en la representación arquitectónica (con entre un 50 y un 70% de imágenes habitualmente en dicho formato de color), tanto de planos impresos como en composiciones de paneles para concursos, una de las principales actividades donde el uso de la imagen digital es utilizada. El uso del color en la imagen digital es el aspecto más significativo capaz de influir en el estado emocional de quien lo visualiza (Jacobson N. &, 1996). La experimentación reciente en campos tan heterogéneos como la psicología o el diseño gráfico (Wang, Giesen, McDonnell, Zolliker, & Mueller, 2008), (Coursaris, Swierenga, & & Watrall, 2008), confirman la importancia en el uso del color como elemento de la imagen capaz de inducir diferentes estados emocionales así como generar una visualización lo más ilustrativa, comunicativa y adaptada a las necesidades o preferencias del usuario (Del Olmo, 2006). La compresión de las imágenes se ha realizado bajo la hipótesis inicial que según el medio en el cual se visualizan, ya sea por lejanía o por una menor resolución de la pantalla, la reducción de la calidad de las mismas mediante una compresión adicional no afectará a su percepción ni a los niveles emocionales subjetivos, los cuales bajo una segunda hipótesis de trabajo, se verán alterados si el usuario detecta imágenes de baja calidad (bajando la valencia y aumentando la activación).

Para llevar a cabo la modificación de la tasa de compresión y dado que los originales IAPS están generados en formato comprimido JPG, y después de hacer diversas pruebas en laboratorio, optamos por la conversión al formato JPEG2000, desarrollado por el mismo grupo de trabajo (Joint Photographic Experts Group, 2007), y que permite aumentar la compresión de una imagen JPG con ficheros de calidad similar a los originales, así como con documentos de menor calidad pero también de menor tamaño. Tanto para la compresión en JPEG2000 como para la transformación de color y después de evaluar diversas aplicaciones y los resultados de las mismas, utilizamos Adobe® Photoshop®, estableciendo unos umbrales predefinidos en base a un estudio cualitativo previo en laboratorio sobre el nivel de percepción de los detalles y errores generados por la compresión en la imagen, siendo dicho umbral de un 80% de compresión en formato JPEG2000. Es decir, se observó que con compresiones menores a dicha tasa, el resultado era similar al original sin que se pudieran apreciar errores de compresión o bajadas de calidad perceptibles.

Las imágenes que se han cambiado de modelo de color y tasa de compresión han sido aquellas con valores más extremos (tanto positivos como negativos) obtenidos en la primera fase, de manera que pueda ser más observable cualquier cambio de comportamiento ya sea por el cambio de color o pérdida de calidad asociada a la

compresión, siempre que esta sea visible. El listado exacto de imágenes y compresiones utilizadas se puede consultar en (Fonseca, 2011).

Con la selección y modificación de imágenes realizada, se ha procedido a evaluar el nuevo entorno de testeo personal. Los usuarios, delante de pantalla de ordenador (17" configurada a resolución de 1024x768), y a una distancia controlada y aproximada de 50cm, cargaban la web del test donde después de las instrucciones previas procedían a evaluar cada imagen utilizando los tres niveles descritos, quedando almacenados directamente en una base de datos todos los resultados. En esta fase, además de comprobar que los resultados emocionales de las imágenes no modificadas obtenían valores no diferenciados respecto a su evaluación en proyector, quedando validado el sistema on-line, se evaluó tanto la usabilidad del portal web, como aspectos relacionados con la distancia óptima de visualizado, de manera que para futuras iteraciones del experimento en nuevos dispositivos, se tuviera en cuenta como nueva variable la distancia óptima de visualizado y su influencia en la percepción de la calidad y de la compresión, así como su afectación a nivel emocional (Fonseca et al, 2009).

A parte de la consistencia demostrada del sistema con las imágenes no modificadas, los principales datos obtenidos en este punto reflejan una diferencia estadísticamente significativa ($F = 4.272$, $p < 0.05$), en la calidad percibida según el género de los usuarios como se puede ver en la siguiente Fig. 3:

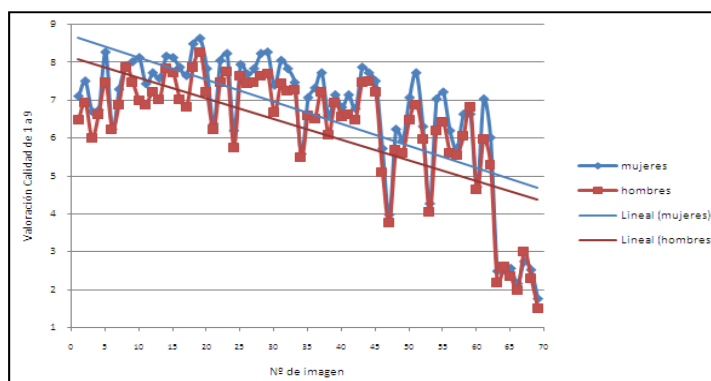


Figura 3 – Calidad por géneros de las 70 imágenes correspondientes a los originales IAPS y a las imágenes con modificaciones tanto de color como de compresión.

Adicionalmente remarcar que se ha observado una relación directa y positiva entre valencia y calidad percibida. A mayor calidad percibida el nivel de valencia también aumenta, disminuyendo ambos en caso contrario, generando una respuesta inversa en la activación.

La conversión de imágenes color en escala de grises ha repercutido en que los usuarios perciben las imágenes modificadas con una calidad menor que las originales en color (entre un 10 y un 15% menos), aspecto que repercute directamente en la valencia (aunque con una reducción en dichas tasas menor, entre el 5 y el 8%) y con mínimas variaciones en la activación. Por otro lado se ha confirmado que la compresión mediante el formato JPEG2000 de los originales en JPG permite llegar a tasas del 80% sin que el usuario perciba dicho cambio. Por encima de esta tasa los usuarios perciben

la bajada de calidad y asignan peores valoraciones de calidad percibida, siendo estadísticamente significativos los valores a partir de tasas superiores al 90% de compresión ($F = 5.073, p < 0.01$).

Finalmente, y previo a la replicación multi-dispositivo, se han seleccionado las imágenes propias del sector arquitectónico, adoptando el modelo mixto anteriormente comentado. La selección ha quedado compuesta por:

- 17 infografías (imágenes generadas por ordenador), de proyectos arquitectónicos estudiados y realizados en el marco de la asignatura “Técnicas de representación II”, troncal de 6 créditos ECTS correspondiente al grado de Arquitectura La Salle.
- 18 fotografías reales del proyecto “Puente AZUD sobre el Ebro”, realizado por el profesor Navarro (2008), miembro del equipo de trabajo.
- 6 paneles compositivos de la Villa Tugendhat (Mies-van-der-Roche, 1930), objeto de estudio en diversas asignaturas del grado.
- 6 imágenes fotográficas de paisajes urbanos donde se han incluido versiones generadas mediante simulación lumínica, también conocidas como imágenes HDRi, *High Dynamic Range Imaging* (Pardo y Sapiro, 2003).

En la Fig. 4, podemos ver una muestra de imágenes del test mixto realizado, donde también se han incluido 7 imágenes de control del sistema IAPS al inicio y final del mismo, incluyendo tanto originales como modificaciones. En conclusión el test final utilizado en la siguiente fase ha constado en total de 61 imágenes (dentro del margen de entre 60-70 que propone de base el IAPS).



Figura 4 – Muestra de imágenes utilizadas en el test final.

3. Fase 3. Replicación multi-dispositivo.

Una vez definida la metodología de trabajo en base a la selección muestral de las imágenes a evaluar y el procedimiento a seguir, en esta última fase se ha procedido a la selección de dispositivos a evaluar y de la población de usuarios capaces de cubrir nuestras necesidades (estudiantes, profesionales y personas ajenas al ámbito de trabajo arquitectónico).

Los dispositivos seleccionados son los ya utilizados como la pantalla de proyector y de ordenador personal, a los que hemos añadido un casco de realidad virtual (modelo 5DT HMD 800-40) y la pantalla de teléfonos móviles de altas prestaciones (modelos iPhone

4 y Nokia n97 mini). En función del tiempo de carga observado de las imágenes y/o de la conexión a Internet disponible, hemos trabajado tanto con el modelo de test online desarrollado en la fase anterior, como con el modelo original IAPS en papel. La distribución por géneros ha constado de 28 mujeres (edad media: 27.74 y DT: 5.74) y 40 hombres (edad media: 27.27 años, DT: 6.60). Todos los test se han realizado de manera controlada y con condiciones horarias, de ubicación y lumínicas equivalentes siendo recomendaciones de replicación previas (Fonseca et al, 2010).

Los principales resultados obtenidos en esta fase los podemos resumir en los siguientes puntos:

- Los valores emocionales obtenidos reflejan una relación con la calidad percibida de la imagen así como con su tamaño de visualización y la adaptación del usuario al medio en el que la visualiza. Un ejemplo de esta afirmación son las elevadas activaciones obtenidas en la visualización en casco y en móvil (por encima del 20% respecto los otros entornos) y la baja valencia (entre el 15 y el % menos), demostrando que la visualización extrema (gran tamaño pero con clara visualización de errores, o pequeño tamaño), es un estímulo negativo para el usuario en general.
- Los usuarios relacionados con el campo arquitectónico valoran más positivamente dichas imágenes pero a la vez son más críticos con ellas y con cualquier alteración que no permita entender los conceptos reflejados. El trabajo con imágenes infográficas fuertemente comprimidas y en menor medida en escala de grises, reduce la calidad percibida y por tanto la valencia emocional aumentando la activación nerviosa, en mayor medida para estos usuarios expertos en relación con los que nada tienen que ver con la arquitectura (Fig. 5):

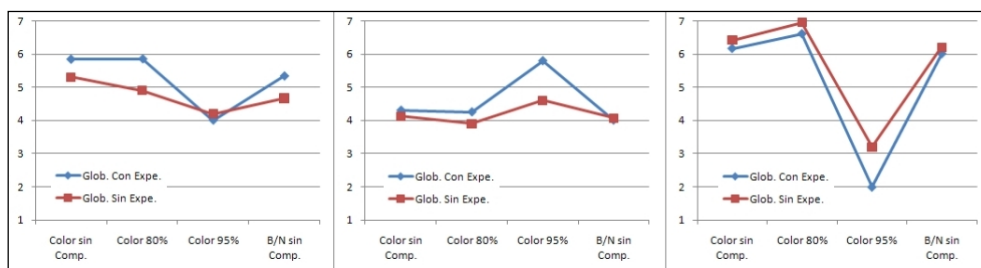


Figura 5 – Valencia, activación y calidad percibida en función de la experiencia del usuario y el modo de color y compresión de la imagen.

- Las pérdidas de calidad asociadas a la compresión de formatos son menos perceptibles para imágenes fotográficas y para su visualización en pantallas con resoluciones o formatos pequeños.
- La calidad percibida solo refleja una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0.099$) cuando se comparan los resultados por géneros, siendo las mujeres quien otorgan valores más elevados que los hombres de manera global. Dicho nivel no refleja una diferencia significativa en base a la experiencia del usuario ($\alpha = 0.371$), pero sí que dicha experiencia arroja una diferenciación destacable

para la valencia ($\alpha = 0.091$), y la activación ($\alpha = 0.098$), con mejores resultados para los usuarios con formación arquitectónica.

- La visualización de imágenes en pantallas de pequeño formato como la de los móviles genera una mejor empatía (valores elevados de valencia y calidad, así como bajos o moderados de activación), incluso para imágenes con elevadas tasas de compresión o en escala de grises.
- Se refleja que la visualización de paneles compositivos no está preparada para realizarse en soportes digitales sino para su impresión, siendo este tipo de imágenes las peor valoradas por todos los usuarios especialmente por los relacionados con la arquitectura. Por el contrario, las imágenes generadas mediante la técnica HDR generan una mejor calidad percibida (aunque no haya un aumento de la misma, y este aspecto sea tan solo subjetivo, y no real), y como ya ha sido comprobado previamente, una mejor valencia emocional, siendo estadísticamente significativa la diferencia entre los usuarios con conocimientos arquitectónicos y los que no ($\alpha = 0.044$).

Si bien alguno de los conceptos reseñados se intuye habitualmente de modo natural, el presente estudio ha constatado científicamente y con datos tangibles dichas hipótesis de trabajo, demostrando no solo la importancia de la distancia de visualizado de un dispositivo, sino también el tamaño y resolución de la pantalla en conjunción con las características técnicas de las imágenes, y un hecho fundamental prácticamente no evaluado con anterioridad de manejar conjunta al resto de parámetros: el perfil del usuario.

4. Conclusiones

A lo largo de todo el proyecto, y en especial en las últimas fases se ha documentado una relación directa entre la calidad percibida por los usuarios y la valencia afectiva, así como una relación inversa con la activación nerviosa. Este resultado conlleva que podamos diferenciar entre estímulos positivos, y que podríamos agrupar como aquellas imágenes a color de elevadas resoluciones o niveles de compresión bajos y que permitan observar los detalles de las mismas sin errores ostensibles; y estímulos negativos, imágenes en escala de grises, con tasas de compresión en formato JPG2000 superiores al 85-90% respecto el JPG original, así como aquellas con detalles no visibles correctamente ya sea por la distancia o resolución de la pantalla o por el nivel de compresión utilizado.

Centrados en el uso docente de la imagen digital arquitectónica y con el objetivo de diseñar imágenes capaces de generar estímulos positivos teniendo en cuenta la tipología de las mismas y sus posibles dispositivos de visualización, podemos definir las siguientes recomendaciones en base a los resultados obtenidos:

- Las imágenes a color, permiten tasas de compresión en JPG2000 de hasta el 80% sin afectación a la calidad percibida, lo que nos permite reducir el tamaño del fichero resultante entre el 50 y 75% respecto el original. Tasas superiores solo son recomendables para pantallas de tamaño pequeño, como la de un móvil, o que se suelan visualizar a distancias elevadas como la de un proyector que suele además tener resoluciones no especialmente elevadas. Para pantallas con resoluciones elevadas como la de un ordenador, o que se visualicen desde

distancias muy pequeñas, caso del casco, no se aconseja pasar nunca del límite del 80%.

- Si el usuario conoce la tipología de la imagen y está entrenado en su interpretación, esta necesita ser capaz de mostrarse en dispositivos con elevadas prestaciones, a ser posible con elevados tamaños y con mínimas compresiones, siendo este aspecto menos relevante si el usuario final no está formado al respecto.
- Las imágenes en escala de grises se deben circunscribir a ámbitos o usos artísticos, ya que su uso informativo de detalles y características arquitectónicas genera respuestas negativas en especial en aquellos entornos visuales en los que se espera observar mayor detalle. En el extremo opuesto la generación de imágenes HDR se antoja como una solución aceptada, útil y que genera una respuesta ampliamente positiva, en todo tipo de usuarios.

En conclusión, queda demostrada la posibilidad de trabajar con imágenes digitales en formatos comprimidos sin que por ello se vea afectada la calidad que perciben los usuarios, y por consiguiente, sin que las reacciones emocionales se vean alteradas. Dicha afirmación conlleva por otro lado la necesidad que docentes, alumnos y cualquier usuario que en general crea, diseña o modifica imágenes digitales tenga claro el uso que de dicha imagen se va a hacer, ya que en función del medio de visualización, la necesidad o no de transmisión on-line y la tipología del usuario se pueden acometer diversas acciones para que sin minimizar el impacto emocional buscado en el usuario, la imagen se adapte a su procesado y visualizado.

El proyecto y los resultados obtenidos, ponen de manifiesto que el lema del “Todo Vale”, no es aplicable cuando se buscan una educación contextualizada en una sociedad multi-pantalla, multi-plataforma y que ante todo se debe adaptar a las necesidades puntuales de todo tipo de usuarios. Una imagen de elevada resolución, carece de lógica si se ha de enviar on-line, o visualizar en dispositivos con bajas resoluciones o pantallas pequeñas, ya que el objetivo intrínseco de una resolución elevada es o bien la visualización de todo tipo de detalles o una impresión/visualización a gran escala.

Otro aspecto relevante y que llama la atención es el comportamiento diferenciado observado en las fases iniciales del proyecto entre usuarios por su género o por edad (Fonseca et al, 2008). Las diferencias de percepción por género y su relación con el modelo de color de la imagen (Weiss et al, 2003), (Kimura, 2000), son temáticas con amplios estudios en el campo médico y de la psicología, pero que en nuestro caso y de cara evaluar la experiencia de usuario en la interacción con tecnologías visuales nos abre la posibilidad de futuros estudios.

De igual forma, la constante carrera tecnológica en la que prácticamente y de forma mensual aparecen nuevos dispositivos con características cada vez más elevadas tanto en tasas de transmisión, como de almacenamiento y de resolución, hacen del proyecto relatado en el presente artículo, un punto de partida y que nos va a permitir en futuras iteraciones poder afinar más tanto en resultados como en conclusiones y recomendaciones de trabajo.

Para finalizar, indicar que actualmente se están haciendo pruebas de las métricas descritas en las asignaturas de Herramientas Informáticas I y II, cursadas en el grado

de Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, combinando nuevos dispositivos como las tabletas digitales, y nuevas tecnologías como las de visualización mediante realidad aumentada. Los datos detallados tanto de las fases previas como la descrita en el presente artículo también los podemos encontrar en (Fonseca, 2011).

Referencias bibliográficas

- Bradley, M., & Lang, P. (1994). Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behaviour Therapy and Experimental Psychiatry*, 25 (1), 49-59.
- Cabero, J. (1994). Nuevas tecnologías, comunicación y educación. *Comunicar*, 3, 14-25.
- Center for the Study of Emotion and Attention [CSEA-NIMH]. (1999). The International affective picture system: Digitized photographs. Gainesville, University of Florida. USA.
- Chen, C., & Yu, Y. (2000). Empirical studies of information visualization: a meta-analysis. *International Journal of Human-Computer Studies*, 53, 851-866.
- Coursaris, C., Swierenga, S., & Watrall, E. (2008). An Empirical Investigation of Color Temperature and Gender Effects on Web Aesthetic. *Journal of Usability Studies*, 3 (3), 103-117.
- Del Olmo, J. (2006). El Color como elemento comunicacional. *Comunicar*, 111-116.
- Enser, P., & Armitage, L. (1997). Analysis of User Need in Image Archives. *Journal of Information*, 23 (4), 287-299.
- Eshet-Alaklai, Y. (2004). Digital Literacy: A Conceptual Framework for Survival Skills in the Digital Era. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 13 (1), 93-106.
- Eshet-Alkali, Y., & Chajut, E. (2010). You Can Teach Old Dogs New Tricks: The Factors that Affect Changes over Time in Digital Literacy. *Journal of Information Technology Education*, 9, 173-181.
- Estrella, C. (2008). Psicofisiología de la visualización de imágenes CCTV con calidad. Consultado en línea, septiembre 2008: cestrella.blogspot.com/2008/08/psicofisiologia-de-la-visualizacion-de.html
- Fonseca, D., Garcia, O., Duran, J., Pifarre, M., Villegas, E., (2008), An Image-Centred Search and Indexation System based in User's Data and Perceived Emotion. *16^o ACM International Conference on Multimedia. 3rd International Workshop on Human-Centered Computing (HCC)*. Vancouver, Canada. 27-34. <http://doi.acm.org/10.1145/1462027.1462032>
- Fonseca, D., Garcia, O., Duran, J., Pifarre, M., Villegas, E., Sorribes, X., (2009), Iconographic WEB image classification based on Open Source Technology, *13th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics 2009 (WMSCI09)*. Orlando, USA. Vol.3, Pag. 184-189.

- Fonseca, D., Villagrasa, S., García, O., Navarro, I., Puig, J., Painagua, F. (2010), User's Experience in the visualization of architectural images in different environments, *4th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics 2010 (IMSCI 2010)*. Orlando, USA. Vol 2. Pag. 18-22.
- Fonseca, D. (2011), Evaluación emocional de la experiencia de usuario y la imagen arquitectónica según el entorno de visualizado. *Tesis Doctoral por la Universitat Ramon Llull*. Dep. Legal. B.34728-2011. Disponible en línea en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/37892>
- Gutiérrez-Martin, A., Palacios-Picos, A., & Torrego-Egido, L. (2010). Tribus digitales en las aulas universitarias, Digital Tribes in the University Classrooms. *Comunicar* , 17 (34), 173-181.
- Jacobson, N., & Bender, W. (1996). Color as a determined communication. *IBM Systems Journal* , 526-538.
- Joint Photographic Experts Group. (2007). The JPEG Committee home page. Consultado en línea, noviembre 2008: <http://www.jpeg.org/>
- Kimura, D. (2000). Sex and Cognition. Massachusetts: MIT Press Cambridge .
- Koutamanis, A. (2000). Digital architectural visualization. *Automation in Construction* , 9, 347-360.
- Lang, P., Bradley, M., & Cuthbert, B. (2005). International Affective Picture System (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. University of Florida, NIME. Gainesville: University of Florida.
- Mies-van-der-Rohe, L. Villa Tugendhat. Brno.
- Moltó, J., et al. (1999). Un Nuevo Método para el Estudio Experimental de las Emociones: el "International Affective Picture System" (IAPS). Adaptación Española. *Revista de Psicología General y Aplicada* , 52 (1), 55-87.
- Navarro, I. Puente AZUD sobre el Ebro. Exposición Universal de Zaragoza, 2008. Navarro Arq., Zaragoza.
- Pardo, A., & Sapiro, G. (2003). Visualization of High Dynamic Range Images. *IEEE Transactions on Image Processing* , 639-647.
- Peng, C. (2002). Design through digital interaction. *Computing Communications and Collaboration on Design*. Bristol: Intellect Books.
- Redondo, J., Fraga, I., Comesaña, M., & Perea, M. (2005). Estudio Normativo del valor afectivo de 478 palabras españolas. Psicológica. *International Journal of Methodology and Experimental Psychology* , 26 (1), 317-326.
- Rubin, N. (2007). Book Review: Literacy in a Digital World: Teaching and Learning in the Age of Information. *Journal of Literacy and Technology* , 8 (2), 64-69.
- Tsai, H., Hsiao, S., & Hung, F. (2006). An image evaluation approach for parameter-based product form and color design. *Computer-Aided Design* , 38, 151-171.

- Wang, L., Giesen, J., McDonnell, K., Zolliker, P., & Mueller, K. (2008). Color Design for Illustrative Visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* , 14 (6), 1739-1754.
- Weiss, E. M., Kemmler, G., Deisenhmer, E., Fleischhacker, W., & Delazer, M. (2003). Sex differences in cognitive functions. *Personality and Individual Differences* , 863-875.
- Winn, W., & Everett, R. (1979). Affective rating of color and black-and-white pictures. *Educational Technology Research and Development* , 7 (2), 148-156.

Relación entre calidad percibida y afinidad emocional de imágenes arquitectónicas en función del dispositivo de visualización. Recomendaciones para su uso docente.

Aplicativo Web para la Fusión de Imágenes Satelitales

Javier Medina¹⁻², Luis Joyanes², Carlos Pinilla³

rmedina@udistrital.edu.co, luis.joyanes@upsam.es, cpinilla@ujaen.es

¹ Proyecto Curricular Ingeniería Catastral y Geodesia, Facultad de ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53. Bogotá D. C., Colombia. Universidad Pontificia de Salamanca Campus Madrid. España.

² Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Pontificia de Salamanca (UPSAM), Campus Madrid. Madrid, España.

³ Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén (UJA), Jaén, España.

DOI: 10.4304/risti.11.17-30

Resumen: En este artículo se implementa un servicio en la Web que ofrece la posibilidad de realizar la fusión de imágenes de satélite. A lo largo del artículo tres temáticas importantes son abordadas. La primera temática corresponde al servicio Web, éste servicio es implementado usando software libre, donde el usuario puede realizar una solicitud del servicio de fusión. La segunda temática se ocupa del análisis de la transformada rápida de Wavelet haar (TRWH). La última temática detalla la metodología, para realizar la fusión de imágenes usando la TRWH. Con el fin de determinar la eficiencia de la TRWH, cinco Wavelets diferentes fueron implementadas para fusionar el mismo par de imágenes satelitales. Las imágenes resultantes fueron evaluadas tanto en la calidad espacial como espectral a través de cuatro índices. Los mejores resultados de la evaluación fueron obtenidos con la TRWH la cual preserva la riqueza espectral y mejora su calidad espacial.

Palabras-clave: Web; MapServer; Apache; Fusión de imágenes; Transformada de Wavelet.

Abstract: This article implements a new Web service that offers users the possibility to merge images. Throughout the article three important issues are addressed. First, a Web service is implemented using free software to provide a simple interface for users to interact and request the image-fusion service. The second issue deals with the analysis of the Fast Haar Wavelet Transform (FHWT). The final part of the article is a description of the proposed methodology that actually performs image fusion using FHWT. Also in order to determine the efficiency of FHWT five different Wavelets were implemented in Matlab to merge the same pair of satellite images. By using four indices, the resulting images were evaluated in terms of both spatial quality and spectral quality. The best results of

the evaluation process were obtained with FHWT, which preserves the spectral richness of the original multispectral image while improving spatial quality.

Key-words: Web; MapServer; Apache; Image Fusion; Wavelet Transforms.

1. Introducción

Los procedimientos convencionales de fusión de imágenes están basados en diferentes técnicas, tales como la transformación RGB a IHS, Brovey, Multiplicación, Componentes principales, entre otros. Estos métodos no son completamente satisfactorios debido a que degradan la información espectral mientras ganan información espacial. Lo anterior a promovido, en los últimos años, la experimentación de diferentes procedimientos que usan la transformada de Wavelet en dos dimensiones, dado que degradan en menor valor la riqueza espectral de las imágenes originales multiespectrales (Burrus, Gopinath & Guo, 1998) (Nievergelt, 1999) (Misiti, Misiti, Oppenheim, & Poggi, 1996) mejorando la resolución espacial. Basados en las investigaciones donde se demuestra que la transformada de Wavelet mejora los resultados de la fusión de imágenes satelitales (Nuñez, Otazu, Fors, Prades, Pala, & Arbiol, 1999), el aporte significativo de la implementación de la TRWH para la fusión de imágenes satelitales es que permite generar mejores las imágenes fusionadas gracias a la forma en que se ordenan los coeficientes resultantes de la transformación, obteniendo así los coeficientes de aproximación y de detalle que contienen mayor información espacial y espectral de las imágenes originales. Con la información obtenida de las imágenes fusionadas con la TRWH se realiza una aplicación Web híbrida (mashup o remezcla) (Yee, 2008). Dicha aplicación es un sitio web o aplicación Web que usa contenido de otras aplicaciones del mismo tipo, para crear un nuevo contenido que enriquece la información existente, consumiendo servicios Web directamente a través del protocolo http. Logrando así acceder desde el sitio Web a información externa vinculada a través de una API (del inglés Application Programming Interface) (Bennett, 2010), permitiendo procesar todos los datos de la misma y ofreciendo así un valor agregado a los usuarios del sitio Web. El servicio principal de éste sitio Web es la fusión de imágenes satelitales mediante la TRWH. Dicha fusión es una respuesta a la frecuente necesidad de los usuarios que requieren procesar imágenes de satélite y necesitan tener en una sola imagen datos de alta resolución espectral (imágenes multiespectrales) y alta resolución espacial (imágenes pancromáticas) provenientes del mismo sensor o de diferentes sensores remotos. Con la fusión se obtiene información detallada sobre el medio ambiente urbano y rural, útil para muchas aplicaciones específicas como el ordenamiento territorial, la agricultura, los planes de manejo ambiental, entre otros.

Este trabajo se ha centrado en tres aspectos principales. El primer aspecto es la implementación Web para la fusión de imágenes satelitales. El segundo aspecto es el entendimiento de la TRWH, la cual es utilizada para la fusión de imágenes ofrecida en la Web. El último aspecto se encarga de la descripción de la metodología para la fusión de imágenes satelitales usando la TRWH y de la comprobación de su rendimiento. La evaluación se realiza comparando el rendimiento de la TRWH con de otras cinco Wavelets (Haar, Daubechies, dmey, BiorSplines y ReverseBior) (Medina, Joyanes, & Pinilla, 2010; 2011; Medina, Lizarazo, 2004; Mallat, 1996). La evaluación cualitativa de

las imágenes fusionadas obtenidas a través de los seis métodos basados en Wavelets se realizó con cuatro índices, específicamente, el coeficiente de correlación, el índice RASE, el índice ERGAS, y el índice de calidad universal Q .

2. Arquitectura de la implementación

En la Figura 1 se observa los procesos que se desarrollaron para la implementación de las herramientas Web usando software libre para la fusión de Imágenes satelitales.

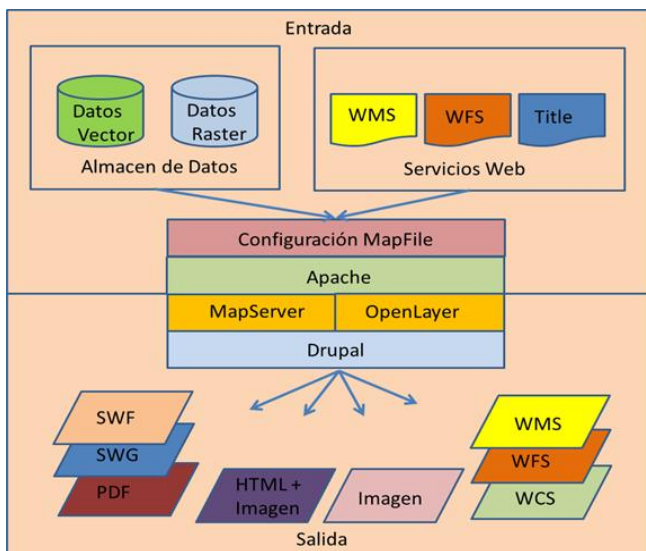


Figura 1 – Arquitectura de la implementación web (Mashup) para la fusión de imágenes satelitales.

La arquitectura implementada en el servicio Web para fusión de imágenes satelitales, se genera a partir de los datos de entrada (datos vector, datos raster, entre otros) teniendo en cuenta los servicios WMS, WFS y Title. Para generar la información de salida (principalmente la imagen satelital fusionada) se utiliza la configuración MapFile, Apache, MapServer, Open Layer y Drupal.

3. Herramientas Web usando software libre para la fusión de imágenes satelitales bajo la plataforma GNU/LINUX

GNU/Linux es un término el cual ha sido empleado para nombrar la combinación entre el sistema operativo GNU y el núcleo Linux, su código fuente puede ser utilizado, modificado, y redistribuido por cualquier usuario, bajo los términos de la licencia GNU/GPL (Stallman, 2004). Para la investigación se usó un sistema operativo GNU/Linux en el cual se pueden implementar herramientas web para la fusión de imágenes satelitales haciendo uso de la TRWH y usando el protocolo HTTP, lo cual hace posible que el código de la aplicación generada pueda quedar accesible a toda la comunidad científica.

3.1. MapServer

Es una plataforma de código abierto para la publicación de datos espaciales y aplicaciones interactivas de cartografiado en la web. Este es multiplataforma, dentro sus principales características se encuentran:

- Dibujo de capas de información dependiendo de la escala.
- Dibujo de etiquetas para objetos evitando la colisión entre las mismas.
- Elementos de mapas automáticos tales como: escala gráfica, mapas de referencia y leyenda.

Además de lo anterior, es importante decir que MapServer permite programación de elementos cartográficos con lenguajes como PHP, Python, Perl, Ruby, Java, Java Scrip (Gilmore, 2010). MapServer crea imágenes de mapa a partir de la información espacial almacenada en formato digital tanto vectorial como raster. Puede leer más de 20 formatos vectoriales diferentes, incluyendo shapefiles, PostGIS y geometrías ArcSDE, OPeNDAP, ArcInfo Coverages y archivos del Census TIGGER. MapServer lee dos formatos raster nativos: GeoTIFF y EPPL7, pero puede leer más de 20 formatos adicionales con el paquete de la librería GDAL (Kropla, 2005). Los archivos raster pueden ser mostrados como si fueran un elemento vectorial, a través de un renderizado a trozos el cual al final forma un todo con la imagen completa como resultado.

3.2. Apache HTTP

Es un software para implementar servicios web desarrollado por la Apache Software Foundation, este se ha convertido en el servidor web más utilizado en el mundo debido a sus altas prestaciones y desempeño (Bowen, Coar, 2000). Este software está licenciado bajo open source con la licencia Apache versión 2.0.

Para el caso de uso que se presenta en este artículo el servidor Web Apache proporcionó los servicios necesarios para la implementación del sitio Web el cual se puede realizar haciendo uso de Drupal y de la información geográfica del proyecto, la cual se implementa con la ayuda del software MapServer (Laurie, & Laurie, 1999).

3.3. Drupal

Es un sistema de gestión de contenidos libre (CMS, del inglés Content Management System), que tiene su propio framework para el desarrollo de módulos escrito en php [5], con licencia GNU/GPL, lleva más de 11 años en constante desarrollo y es mantenido por su comunidad. Se destaca por la calidad de su código, semántica, respecto de los estándares web, la seguridad, y la usabilidad (Byron, Berry, Haug, Eaton, Walker & Robbins, 2008). Drupal como sistema modular permite integrar de una manera rápida y sencilla la recolección de datos a través de módulos como WebForm, el cual se encarga de generar los formularios necesarios para este proceso (Byron, Berry, Haug, Eaton, Walker & Robbins, 2008). El módulo CCK (del inglés Content Construction Kit) se usa para construir los tipos de contenido del sitio.

4 Implementación Web del Mashup

La fusión de imágenes es un servicio especializado poco frecuente en la Web, aquí se implementa ésta herramienta que permite realizar la fusión de imágenes satelitales a los usuarios de la Web con la TRWH.

El servicio en la Web (*mashup*) implementado se puede acceder desde el sitio [http://200.69.103.29:21032 /proyectofusion/drupal](http://200.69.103.29:21032/proyectofusion/drupal), en el cual se ofrece el servicio Web de fusión de imágenes satelitales usando la transformada rápida de Wavelet haar, y está conformado por cuatro módulos: “Inicio”, “Ejemplo de fusión FHWT”, “Solicitud de fusión FHWT” y “Administración”. (FHWT del inglés Fast Haar Wavelet Transform).

Modulo de “inicio”

El en modulo de “inicio” Figura 2 se encuentra una introducción de la fusión de imágenes satelitales, el objetivo general, el planteamiento de la investigación y la justificación de la investigación.



Figura 2. Interface de la implementación web (Mashup) para la fusión de imágenes satelitales.

Módulo de “ejemplo de fusión FHWT”

El módulo “ejemplo” es un visor geográfico Figura 3, donde se implementa el Mashup de éste sitio web.

[Volver al sitio web](#)
[Información Parque Simón Bolívar](#)

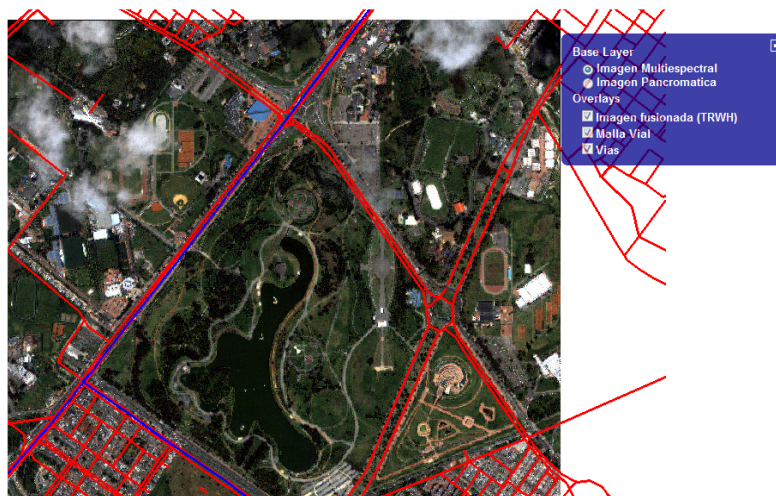
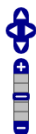


Figura 3. Ejemplo de fusión (FTWH)

<http://200.69.103.29:21032/proyectofusion/mapserver/mapa.html>

En la Figura 3 se observa la imagen fusionada usando TRWH, el usuario puede comparar este resultado con las imágenes originales (pancromática y multiespectral), además puede tener información de la malla vial, vías principales de la zona, además el usuario tiene la opción de regresar a la página principal o, tener mayor información de la zona de estudio.

En su interface aparecen las capas (layers) de información del proyecto. Por un lado los archivos raster, es decir las imágenes Ikonos originales (multiespectral y pancromática), las cuales pueden ser comparadas con la respectiva imagen fusionada resultante de la aplicación de la TRWH. Por otra parte aparece la información vectorial asociada a la zona de estudio como la malla vial y las vías principales. Finalmente, este módulo permite la búsqueda de más información georeferenciada. <http://200.69.103.29:21032/proyectofusion/mapserver/infoexterna/mapa.html>, se observa la información adicional que el usuario tiene como referencia de la zona de estudio. Además mediante el uso de API's el usuario accede a la interface de Google Earth® sin salir del sitio Web objeto de estudio, y por ende puede obtener información diferente al tema de fusión.

Módulo “solicitud de fusión FHWT”

El módulo “solicitud de fusión FHWT”, es donde los usuarios pueden solicitar el servicio de fusión de imágenes a través del sitio Web, para lo cual deben proporcionar dos (2) imágenes satelitales (una multiespectral y una pancromática).

<http://200.69.103.29:21032/proyectofusion/drupal/?q=node/add/solicitud-de-fusion>, solicitud de fusión (TRWH), la interface donde el usuario de la herramienta Web puede realizar la solicitud de fusión enviando las imágenes satelitales (pancromática y multiespectral) de la misma zona.

El módulo valida las imágenes; las almacena dejándolas disponibles para ser fusionadas con el algoritmo de fusión de imágenes (TRWH, que está escrito en Matlab); alerta, vía correo electrónico, a la persona que envió la solicitud cuando el proceso ha terminado y los datos están disponibles; retorna una imagen fusionada. Este módulo cuenta con muchas herramientas para el control de los datos que se envían al servidor y es por eso que se usan varias validaciones antes de enviar las imágenes, por ejemplo en el caso de que una imagen no sea diádica, no puede ser procesada y gracias a funciones como “hook_validate()” en drupal (VanDyk & Westgate, 2005), pueden controlarse este tipo de errores.

Módulo “administración”

El módulo “administración” permite al administrador del sitio ver las solicitudes pendientes por procesar, así como las que ya se encuentran terminadas. Dicha interface fue creada con el módulo VIEWS de Drupal.

<http://200.69.103.29:21032/proyectofusion/drupal/?q=user> en este modulo de administración, la interface del modulo de administración en la cual para acceder se requiere tener un Username y un Password. Una vez accedido el sitio se visualiza la información de los datos enviados y el estado de las diferentes solicitudes se pueden consultar.

<http://200.69.103.29:21032/proyectofusion/drupal/?q=solicitudes> en este modulo de administración “Solicitudes” donde se encuentra el histórico de las solicitudes realizadas por los usuarios. Para cada solicitud se detallan los siguientes campos: Fecha de la solicitud, Nombre, Correo, Nombre de la imagen multispectral, Nombre de la imagen pancromática, y Estado (indica si la fusión ya ha sido realizada).

5. Transformada Rápida de Wavelet Haar

De manera general el concepto matemático de la transformada de Wavelet se usa para la descomposición de imágenes. Este método se basa en la descomposición de la imagen en múltiples canales basados en su frecuencia local. La transformación de la Wavelet provee un esquema para descomponer una imagen en un nuevo número de imágenes, cada una de ellas con un grado de resolución diferente, lo cual es denominado análisis multiresolución (Misiti, Misiti, Oppenheim, & Poggi, 1999). Para ilustrar el modelo matemático de la TRWH y el análisis multiresolución, se utilizará un ejemplo a partir de una matriz de 4×4 que puede representar una imagen sintética o una sub-imagen satelital. Considere una función simple f de tamaño (4×4) una matriz cuadrada que cumple la condición de ser diádica (Burrus, Gopinath, & Guo, 1998). La transformada Wavelet completa de dos dimensiones se puede escribir como:

$$f = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix} (TRWH) \begin{pmatrix} A2 & H2 & d_{12} & d_{14} \\ V2 & D2 & d_{32} & d_{34} \\ d_{21} & d_{23} & d_{22} & d_{24} \\ d_{41} & d_{43} & d_{42} & d_{44} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Ap2 & cH1 \\ cV1 & cD1 \end{pmatrix}$$

Así surge la transformada completa de Wavelet bidimensional rápida de haar.

Todos los coeficientes de las esquinas superiores izquierdas corresponden a los coeficientes de aproximación de segundo nivel, que se denotan como Ap_2 , donde se encuentran los coeficientes H_2 , V_2 y D_2 . Todos los coeficientes de las esquinas superiores derecha corresponden a los coeficientes de detalle horizontal de primer nivel de descomposición, que se denota como cH_1 . Todos los coeficientes de las esquinas inferior izquierda corresponden a los coeficientes de detalle vertical de primer nivel de descomposición, que se denota como cV_1 . Todos los coeficientes de las esquinas inferior derecha corresponden a los coeficientes de detalle diagonal de primer nivel de descomposición, que se denota como cD_1 .

6. Metodología e implementación de la TRWH para la fusión de imágenes de satélite

6.1. Zona de Estudio

El área de estudio se localiza en Bogotá (Colombia), específicamente en el Parque Metropolitano "Simón Bolívar". La zona de estudio está cubierta por una sub imagen Ikonos tanto pancromática como multiespectral. La sub imagen pancromática tiene un (1) metro de resolución espacial, y fue tomada el 6 de septiembre de 2007; su sistema de referencia corresponde a UTM/WGS 84. La sub imagen multiespectral cuenta con tres canales (R-rojo, G-verde y B-azul) y tiene una resolución espacial de (4) metros; fue adquirida la misma fecha que la pancromática y tiene el mismo sistema de referencia. Las dos imágenes fueron recortadas con un ancho de 2048 y de alto 2048 pixeles, para satisfacer la propiedad Diádica (Nievergelt, 1999; Nuñez, Otazu, Fors, Prades, Pala, & Arbiol, 1999).

6.2. Método para la implementación de la TRWH

La implementación de la transformada rápida de Wavelet haar para la fusión de imágenes satelitales se basa en el proceso propuesto (Nuñez, Otazu, Fors, Prades, Pala, & Arbiol, 1999) descrito anteriormente en el ejemplo, para el cual se utilizó el software Matlab.

Como resultado de esta investigación se proponen los siguientes pasos:

Paso 1. Registrar una composición a color RGB (verdadero color) de la imagen multiespectral con la imagen pancromática, usando el mismo tamaño de píxel de esta última. Transformar la imagen RGB en componentes IHS (intensidad, matiz y saturación).

Paso 2. Aplicar el concepto de TRWH al componente I, iterativamente hasta el segundo nivel descomposición (Medina & Lizarazo, 2004), obteniendo de esta manera los siguientes coeficientes de aproximación y detalle. cA_{1i} coeficientes de aproximación que contienen la información espectral de la componente I, cV_{1i} , cH_{1i} y cD_{1i} coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de I. cA_{1i} se descompone por segunda vez, con el fin de obtener los coeficientes de aproximación cA_{2i} que contienen la información espectral de I. cV_{2i} , cH_{2i} y cD_{2i} , junto con cV_{1i} , cH_{1i} y cD_{1i} son los coeficientes de detalle donde está almacenada la información espacial de la componente I.

Paso 3. Aplicar el concepto de la TRHW a la imagen pancromática hasta el segundo nivel descomposición obteniendo de esta manera los coeficientes de aproximación y detalle. cA1p coeficientes de aproximación que contiene la información espectral de la imagen pancromática, cV1p, cH1p y cD1p coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de la imagen pancromática. cA1p se descompone por segunda vez obteniendo cA2p que corresponde a los coeficientes de aproximación de segundo nivel, los cuales contienen la información espectral de la imagen pancromática. cV2p, cH2p y cD2p junto con cV1p, cH1p y cD1p son los coeficientes de detalle donde está almacenada la información espacial de la imagen pancromática.

Paso 4. Generar una nueva matriz concatenando los coeficientes cA2i (que almacena la información de la componente I) y los coeficientes de detalle de segundo nivel de la imagen pancromática cV2p, cH2p y cD2p, junto con los coeficientes de detalle de la descomposición de primer nivel cV1p, cH1p y cD1p. Aplicar la transformada inversa de la TRHW (I-TRWH) a la matriz obtenida en el paso anterior para obtener la nueva componente intensidad (N-INT).

Paso 5. Generar una nueva composición IHS (N-IHS), uniendo la N-INT (nuevo componente intensidad) junto con las componentes originales de matiz y saturación (obtenidas en el paso 1). Realizar la transformación IHS a RGB, usando la nueva composición N-IHS. De esta manera se obtiene la nueva imagen multiespectral, que mantiene la resolución espectral ganando así la resolución espacial

6.3. Método para la fusión de imágenes usando las transformadas de Wavelet disponibles en MatLab

Para la fusión de imágenes satelitales usando otras Wavelets disponibles en Matlab, específicamente para éste estudio: rbio6.8, bior6.8, db7, haar y dmey se utilizó la caja de herramientas de Wavelet y de procesamiento de imágenes de Matlab (Misiti, Misiti, Oppenheim, Poggi, 1996), para lo cual se proponen los siguientes pasos:

Paso 1. Registrar una composición a color RGB de la imagen multiespectral original, para éste caso de estudio se trabajó con la composición a color RGB (Verdadero Color). Transformar la imagen RGB en componentes IHS (Intensidad, Matiz y Saturación).

Paso 2. Integrar mediante una transformación de Wavelet los coeficientes de aproximación de segundo nivel de la componente I con los coeficientes de detalle de primer y de segundo nivel de descomposición de la imagen pancromática, con cada una de las Wavelet (rbio6.8, bior6.8, db7, haar y dmey). De esta manera se genera las nuevas cinco matrices de coeficientes.

Paso 3. Se aplica la transformada inversa de cada una de las Wavelet a las cinco matrices obtenidas en el paso anterior y de esta forma se obtienen cinco nuevas componentes de intensidades (una por cada Wavelet).

Paso 4. Con cada una de las cinco nuevas intensidades junto con la matiz y saturación originales (obtenidas en el paso dos) se generan cinco nuevos componentes NI-HS (uno por cada Wavelet utilizada). Realizar la transformación inversa IHS a RGB, con cada una de los cinco NI-HS. De esta manera se obtienen las nuevas imágenes fusionadas con las diferentes Wavelets.

7. Resultados

Para la evaluación y análisis de los resultados de las imágenes fusionadas (con las cinco Wavelets predefinidas en Matlab y la propuesta en éste trabajo, la TRWH) se evaluaron utilizando los siguientes índices: coeficiente de correlación (CC), índice RASE, índice ERGAS e índice de calidad universal Q , los cuales se describen a continuación:

7.1. Coeficiente de correlación (CC).

La correlación entre las diferentes bandas de las imágenes fusionadas y las bandas de la imagen original se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$corr(A/B) = \frac{\sum_{j=1}^{npix} (A_j - \bar{A})(B_j - \bar{B})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{npix} (A_j - \bar{A})^2 \sum_{j=1}^{npix} (B_j - \bar{B})^2}} \quad (1)$$

Donde $\bar{A}$ y $\bar{B}$ son los valores media de las imágenes correspondientes, $corr(A/B)$ se llama coeficiente de correlación y varía entre -1 y $+1$. Se usan los signos $+$ y $-$ para las correlaciones positivas y negativas, respectivamente. Nótese que $corr(A/B)$ es una cantidad adimensional (ver tabla 1), es decir no depende de las unidades empleadas. El valor ideal de la correlación, tanto espectral como espacial, es 1. En la tabla 1 se encuentran los resultados de la correlación espacial y espectral de las imágenes fusionadas con la TRWH y con las cinco Wavelet seleccionadas de las disponibles en Matlab.

Tabla 1 – Evaluación de la calidad de la imagen Ikonos correlación espacial y espectral

Fusión de Imágenes por	C.C. Espectral			C.C. Espacial		
	R	G	B	R	G	B
TRWH	0.94	0.90	0.87	0.63	0.71	0.64
bior6.8	0.93	0.87	0.68	0.50	0.69	0.30
rbio6.8	0.93	0.87	0.68	0.53	0.69	0.39
db7	0.93	0.87	0.74	0.53	0.69	0.39
haar	0.93	0.87	0.74	0.53	0.69	0.39
dmey	0.93	0.88	0.76	0.53	0.69	0.39

7.2. Índice ERGAS

La evaluación de la calidad de las imágenes fusionadas se ha llevado a cabo mediante los índices ERGAS espectral y espacial (ver tabla 2). La definición de ERGAS espectral (del francés Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse) (Wald, 2002) viene dada por la ecuación:

$$ERGAS_{Espectral} = 100 \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}} \sum_{i=1}^{N_{Bandas}} \left[\frac{(RMSE_{Espectral}(Banda^i))^2}{(MULTI^i)^2} \right]} \quad (2)$$

Donde h y l representan la resolución espacial de las imágenes pancromáticas (PAN) y multiespectrales ($MULTI$); N_{Bandas} es el número de bandas de la imagen fusionada; $MULTI^i$ es el valor de la radiancia e la banda i –ésima de imagen (Wald, 2000) y $RMSE$ será definida como sigue:

$$RMSE_{Espectral}(Banda^i) = \frac{1}{NP} \sqrt{\sum_{j=1}^{NP} (MULTI^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (3)$$

Siendo NP el número de píxeles de la imagen $FUS^i(x, y)$. Adicionalmente, Lillo y su equipo proponen otro índice, denominado $ERGAS_{Espacial}$ que está inspirado en el índice $ERGAS$ espectral (Lillo-Saavedra, Gonzalo, Arquero, & Martinez, 2005) El objetivo del índice $ERGAS_{Espacial}$ es evaluar la calidad espacial de las imágenes fusionadas, por lo que se define como:

$$ERGAS_{Espacial} = 100 \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}} \sum_{i=1}^{N_{Bandas}} \left[\frac{(RMSE_{Espacial}(Banda^i))^2}{(PAN^i)^2} \right]} \quad (4)$$

Donde $RMSE_{Espacial}$ es definido como sigue en la ecuación 5:

$$RMSE_{Espacial}(Banda^i) = \frac{1}{NP} \sqrt{\sum_{j=1}^{NP} (PAN^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (5)$$

Los mejores resultados de éstos índices ($ERGAS$ espacial y espectral) se obtienen cuanto más se acerca a cero (ver tabla 2).

7.3. El índice RASE

El índice RASE se expresa como un porcentaje (ver resultados en la tabla 2):

$$RASE = 100 \frac{h}{l} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(RMSE(B_i))^2}{M_i^2} \right]} \quad (6)$$

Donde h es la resolución de alta resolución espacial (imagen pancromática) y l es la baja resolución espectral (imagen multiespectral) (Wald, 2000). Los mejores resultados se obtienen cuanto el porcentaje está más cerca a cero.

7.4. Índice de calidad universal Q .

Este modelo de índice de calidad identifica cualquier distorsión como una combinación de tres factores: pérdida de correlación, distorsión de luminancia y contraste de distorsión (Wang & Bovink, 2002). El índice se obtiene con la siguiente ecuación (ver resultados en tabla 2).

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x} \bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (7)$$

Los mejores valores de este índice se obtienen cuando el valor es más cercano a uno.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos usando los índices RASE; ERGAS espacial y espectral; y el índice de calidad universal Q .

Tabla 2 – Evaluación de la calidad de la sub imagen Ikonos realizada a través de los índices RASE, ERGAS y Calidad Universal Q

Fusión de Imágenes por	RASE	ERGAS Espectral	ERGAS Espacial	Q
<i>TRWH</i>	16.53%	4.12	2.51	0.90
<i>bior6.8</i>	57.21%	14.17	8.72	0.69
<i>rbio6.8</i>	57.77%	14.31	8.78	0.70
<i>db7</i>	43.74%	10.83	7.12	0.75
<i>haar</i>	46.03%	11.40	7.43	0.74
<i>dmey</i>	38.00%	9.41	6.32	0.76

A continuación se presenta un análisis sucinto de los resultados obtenidos con los diferentes índices.

En cuanto al coeficiente de correlación espectral para las imágenes multispectrales originales Ikonos con respecto a las imágenes fusionadas, el valor más alto es de 0.94 corresponde a la banda R, el promedio para la imagen Ikonos imagen fusionada mediante el algoritmo implementado TRWH, se obtuvo el valor más alto con la TRWH 0.90 como promedio.

En cuanto a la correlación espacial entre la imagen pancromática Ikonos y cada una de las bandas de las imágenes fusionadas, con las imágenes Ikonos los mejores valores se consiguen con TRWH con un promedio 0.66.

Con respecto a RASE, ERGAS espectral y índice de calidad Q , los mejores valores de la fusión de imagen con la imagen Ikonos los mejores valores se consiguen con TRWH 25.80%, 6.79 y 0.92, respectivamente.

Con respecto ERGAS espacial los mejores valores de la fusión de imagen con la imagen Ikonos los mejores valores se consiguen con TRWH 2.51.

Los mejores resultados de la evaluación fueron obtenidos con el método propuesto TRWH dado que están en el rango óptimo que indican que las imágenes fusionadas preservan la riqueza espectral de la imagen multispectral original y se mejora su calidad espacial.

8. Conclusiones

La Web se constituye en el escenario en el que convergen los usuarios, los servicios, los medios y las herramientas. El conjunto de redes, tecnologías y sistemas que conforman la Sociedad de la Información encuentra en la red su principal escenario de acción. En ese espacio dinámico, una Web participativa y colaborativa, donde los usuarios se convierten en protagonistas activos, creando y compartiendo contenidos, opinando, y relacionándose, es la tendencia actual. En ese contexto la implementación de éste servicio de fusión de imágenes satelitales en la web ofrece grandes posibilidades, a los usuarios de procesamiento digital de imágenes. Las investigaciones realizadas anteriormente han demostrado que los métodos de fusión de imágenes basados en la transformada de Wavelet son más adecuados para la fusión de imágenes que los métodos convencionales. La TRWH proporcionó los mejores resultados al momento de fusionar imágenes de satélite, este algoritmo matemático fue seleccionado para implementar un servicio en la Web de fusión de imágenes satelitales. De ésta manera las imágenes fusionadas con el servicio web ofrecen a los usuarios información detallada sobre los entornos urbanos y rurales, lo cual es útil para aplicaciones como la planificación y la gestión urbana. Su utilidad se extiende al desarrollo de proyectos en diversos campos como agricultura, hidrología, medioambiente y gestión de emergencias producidas por catástrofes naturales (inundaciones, incendios forestales), entre otros.

9. Referencias bibliográficas.

- Bennett, J. (2010). *OpenStreetMap*: Packt Publishing. 252p.
- Bowen, R. and Coar, K. (2000). *Servidor Apache al Descubierto*. (Ed. 1). Prentice-Hall.
- Burrus, C. S. Gopinath, R. A. and Guo, H. (1998). *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms*. Prentice-Hall. 268p.
- Byron, A. Berry, A. Haug, N. Eaton, J. Walker, J. Robbins, J. (2008). *Using Drupal*, O'Reilly Media. (Ed. 1). 494p.
- Gilmore, W. J. (2010). *Beginning PHP and MySQL: From Novice to Professional*. Apress (Ed. 4). 824p.
- Kropla, B. (2005). *Beginning MapServer: Open Source GIS Development*. Editorial Appres. 448p.
- Laurie, B. And Laurie P. (1999). *Apache The Guide Definitive*. O'REILLY & Associates, Second Edition. 536p.

- Lillo-Saavedra, M. Gonzalo, C. Arquero, A. and Martinez, E. (2005). Fusion of multispectral and panchromatic satellite sensor imagery based on tailored filtering in the Fourier domain. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 26, pp. 1263-1268.
- Nievergelt, Y. (1999). *Wavelets made easy*. Ed Birkhäuser, Boston, 297 p.
- Nuñez, J. Otazu, X. Fors, O. Prades, A. Pala, V. Arbiol, R. (1999). Multiresolution-Based Image fusion whit Additive Wavelet Descomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol 37, N°. 3, pp 1204 -1211.
- Mallat, S.(1996). Wavelets for a vision. *Proceedings of the IEEE*. Vol 84, N° 4, pp 604-614.
- Misiti M., Misiti Y., Oppenheim G., Poggi. J-M. (1996). *Wavelets toolbox For use with MATLAB*, The Maht works Inc. 328 p.
- Medina, J. Joyanes, L. Pinilla, C. (2010). Algoritmos Matemático para la fusión de imágenes satelitales. *V Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento*.
- Medina, J. Pinilla, C. Joyanes, L. (2011). Reconstrucción de una señal sinusoidal y de una imagen sintética usando la transformada de Wavelet discreta. *Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development*. Medellin, Colombia. August 3-5, 2011.
- Medina, J. Lizarazo, I. (2004). *Fusión de imágenes satelitales usando la transformada de Wavelet*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 218p.
- Stallman, R. M. (2004). *Software libre para una sociedad libre*. (Edición 1), Editorial Traficantes de Sueños. 159p.
- VanDyk, J. K. Westgate, M. (2007). *Pro Drupal Development*. (Ed. 1). Apress. 4
- Wald, L. (2000). Quality of high resolution synthesized images: is there a simple criterion?, *Proceedings of the third conference "Fusion of Earth data: merging point measurements, raster maps and remotely sensed image"*, pp. 26-28, 2000, T Ranchin and L. Wald Editors, Nice: SEE/URISCA. pp. 99-105.
- Wald, L. (2002). *Data Fusion, Definition and Architectures: "Fusion of Image of Different Spatial Resolution,"* Paris: Le Presses de l'École des Mines. 198p.
- Wang, Z. Bovink, A. C. (2002). A Universal Image Quality Index. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. XX, no Y.
- Yee, R. (2008). *Pro Web 2.0 Mashups: Remixing Data and Web Services*. (Ed. 1). Apress. 603p.

Avaliação de Usabilidade: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Ana Isabel Martins¹, Alexandra Queirós², Nelson Pacheco Rocha¹, Beatriz Sousa Santos³

{ana Isabelmartins; alexandra; npr; bss}@ua.pt

¹ Secção Autónoma das Ciências da Saúde, Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Campo Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

² Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro, Campo Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

³ Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Instituto de Engenharia Eletrónica e Telemática de Aveiro, Universidade de Aveiro, Campo Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

DOI: 10.4304/risti.11.31-43

Resumo: O objetivo deste estudo é identificar, analisar e classificar os métodos descritos na literatura para a avaliação de usabilidade de produtos e serviços baseados em tecnologias de informação e comunicação.

A metodologia utilizada foi a revisão sistemática da literatura, onde os estudos incluídos na análise foram classificados segundo os modelos (empírico ou analítico), os métodos (teste, inquérito, inspeção ou experiência controlada) e técnicas utilizadas. Na pesquisa foram incluídos 2116 estudos, dos quais 1308 foram classificados. O método inquérito foi o método mais frequente nesta revisão, seguido dos métodos teste e inspeção e, por fim, do método baseado em experiências controladas. A combinação de métodos é relativamente frequente, especialmente a combinação dos métodos teste e inquérito, provavelmente porque a utilização dos dois permite recolher informação quantitativa e qualitativa contribuindo para uma avaliação mais completa.

Palavras-chave: Avaliação de Usabilidade; Teste de Usabilidade; Revisão Sistemática.

Abstract: The aim of this study is to identify, analyze and classify the methods described in the literature for the evaluation of the usability of products and services based on information and communication technologies.

The methodology used was a systematic review of the literature. The studies included in the analysis were classified according to the models (empirical or analytical), methods (test, inquiry, inspection or controlled experiment) and techniques used. A total of 2116 studies were included in the survey, of which 1308 were classified. The inquiry method was the most frequent in this review, followed by the test method, the inspection method and, finally, the controlled experiment method. A combination of methods is relatively common, especially the

combination of test and inquiry methods, probably because the use of the two allows to collect quantitative and qualitative information contributing to a more complete assessment.

Key-words: Usability Evaluation; Usability Testing; Systematic Review.

1. Introdução

Assiste-se, atualmente, a uma enorme disseminação das tecnologias digitais com o objetivo de tornarem a nossa vida mais fácil e funcional (Best & Smyth, 2011).

Ao fenómeno global de disseminação tecnológica está associada uma crescente importância da facilidade de utilização das tecnologias disponíveis e dos serviços que elas suportam. A aceitação de serviços e dispositivos tecnológicos depende de vários fatores tais como o *design*, os recursos financeiros disponíveis, o contexto dos utilizadores, as próprias funções disponibilizadas e o seu mapeamento com as capacidades e competências dos utilizadores finais, ou seja o seu grau de usabilidade.

Desde que surgiu, na década de 80 do século passado, o termo usabilidade foi muitas vezes usado para se referir à capacidade de um produto ser facilmente utilizado (Carrol, 2009). Tal coincide com a perspetiva de usabilidade como uma qualidade do *software*, ou seja atributos de *software* que incidem sobre o esforço necessário para a sua utilização e sobre a avaliação individual de tal uso por um conjunto explícito ou implícito de utilizadores (ISO 9126-1, 2001).

Durante os anos 90 da década passada, o entendimento sobre usabilidade mudou de uma propriedade binária de tudo ou nada para uma propriedade contínua que abrange diferentes extensões de usabilidade. Esta passou a estar relacionada com o suporte aos utilizadores para atingirem um objetivo e não apenas uma característica da gestão da interação com o utilizador (Cockton, 2012). De acordo com a *International Organization for Standardization* (ISO), a usabilidade pode ser encarada como uma medida de como um produto pode ser usado por utilizadores específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação, num contexto de utilização específico (ISO 9241-11, 1998; Nielsen, 2003). A palavra usabilidade refere-se ainda aos métodos utilizados para melhorar a facilidade de utilização durante o processo de desenvolvimento (Nielsen, 2003).

Dentro da Interação Humano-Computador (IHC), o conceito de usabilidade foi sendo reconstruído continuamente e tornou-se cada vez mais rico e problemático. A usabilidade integra, agora, qualidades como diversão, bem-estar, eficácia coletiva, estética, criatividade, suporte para o desenvolvimento humano, entre outras. O entendimento atual da usabilidade é, portanto, diferente do dos primeiros passos da IHC na década de 80. Na mudança de século, a ascensão dos serviços digitais (por exemplo, a *web*, o telemóvel ou a televisão interativa) acrescentou novas preocupações à IHC, dando origem a um outro conceito ainda mais significativo do que a usabilidade: a experiência do utilizador (Cockton, 2012).

A experiência do utilizador vai além da eficiência, qualidade das tarefas e satisfação do utilizador, pois considera os aspetos cognitivos, afetivos, sociais e físicos da interação. Nesta perspetiva, a experiência do utilizador contextualiza a usabilidade. Já não se

espera que a usabilidade estabeleça o seu valor de forma isolada, mas que seja um dos contributos complementares para um projeto de qualidade que não se concentre apenas em características e atributos dos sistemas (Martins *et al.*, 2011), nomeadamente se são inerentemente utilizáveis ou não, mas também no que acontece quando os sistemas são utilizados. Tal permite contemplar aspetos como diversão, bem-estar, eficácia, estética, criatividade e suporte para o desenvolvimento humano, entre outros (Cockton, 2012).

A melhoria da usabilidade apresenta diversos benefícios, nomeadamente (Bevan, 1998; Bevan, Claridge & Petrie, 2005):

- Aumento da eficácia e eficiência: um sistema adaptado ao modo como o utilizador age permite uma interação mais eficaz e eficiente.
- Maior produtividade: um mecanismo de interação utilizável permite que o utilizador se concentre na tarefa e não na ferramenta, aumentando o seu desempenho em consequência da qualidade da interação.
- Redução de erros: se a gestão da interação evitar inconsistências e ambiguidades reduz a probabilidade de erros por parte do utilizador.
- Menor necessidade de formação: um sistema com um bom nível de usabilidade, projetado com base no utilizador final pode facilitar a curva de aprendizagem.
- Melhoria da aceitação: os utilizadores estão mais propensos a confiar num sistema bem projetado com acesso a funcionalidades que tornem a informação fácil de encontrar e utilizar.
- Apoio a utilizadores com menos competências tecnológicas: a existência de sistemas complexos só acessíveis a utilizadores especializados e com elevadas aptidões técnicas conduz ao incremento do fosso entre aqueles que têm mais competências tecnológicas e os que estão menos preparados.
- Apoio a utilizadores com necessidades especiais: se os sistemas tiverem um maior nível de usabilidade contribuirão para minorar o impacto dos fatores ambientais e, conseqüentemente, aumentar o desempenho dos utilizadores com deficiências (Martins, *et al.*, 2012). Neste particular, o conceito *design for all* enfatiza a necessidade de acesso a sistemas de informação para a mais ampla gama possível de utilizadores, principalmente os idosos e pessoas com limitações ao nível das capacidades físicas e cognitivas.

Apesar de todas as vantagens acima descritas existem também desafios à usabilidade. Desenvolver sistemas com uma boa usabilidade exige mudanças culturais, técnicas e compromissos estratégicos, tais como (Bevan, 1998):

- Cultural: todos os que participam no desenvolvimento de um sistema devem estar cientes dos problemas envolvidos e das atividades necessárias para um projeto centrado no utilizador para que sejam tomadas as melhores decisões.
- Técnico: os processos de desenvolvimento e os procedimentos associados devem incluir métodos e atividades de avaliação de usabilidade apropriados às diferentes tipologias de projetos.
- Estratégico: uma boa usabilidade deve ser entendida por todas as partes interessadas como um objetivo essencial no desenvolvimento de qualquer sistema.

A importância da usabilidade tem sido abordada numa vasta lista de literatura académica, tutoriais, estudos de caso e disseminação de boas práticas (Best & Smyth, 2011). Consequentemente, as organizações estão cada vez mais conscientes para a questão da usabilidade, mas a orientação sobre como "fazer" usabilidade tende a estar focada na tecnologia, centrando-se em abordagens específicas para a elaboração ou avaliação de sistemas (Bevan & Curson, 1999). A grande maioria dos processos de desenvolvimento foca-se inteiramente nas especificações técnicas e processuais. Esta é uma das principais razões pela qual os sistemas são parcialmente utilizados, mal utilizados, não utilizados de todo ou então não conseguem ganhar ampla aceitação (Bevan *et al.*, 2005). Em consequência, são necessárias metodologias que comportem processos cíclicos de análise, prototipagem, teste e refinamento das sucessivas propostas de mecanismos de interação com os utilizadores (Ivory & Hearst, 2001; Rocha *et al.*, 2013).

2. Avaliação de Usabilidade

Existem diferentes modelos de avaliação de usabilidade. Certos modelos utilizam dados dos utilizadores, enquanto outros contam com especialistas na área da usabilidade. De acordo com (Dix *et al.*, 2004) os modelos de avaliação de usabilidade que se baseiam em dados de utilizadores reais são designados por modelos empíricos, enquanto os modelos que se baseiam na análise de um sistema ou produto por especialistas na área da usabilidade são conhecidos por modelos analíticos.

Associados a cada um destes modelos existem vários métodos de avaliação de usabilidade para todas as fases de conceção e desenvolvimento, desde a definição inicial até às alterações finais do produto ou serviço (Hanington & Martin, 2012).

Os quatro principais métodos de avaliação de usabilidade são: teste, inquérito, experiência controlada e inspeção. Os três primeiros são normalmente utilizados nos modelos empíricos e baseiam-se em dados recolhidos dos utilizadores. O quarto está relacionado com os modelos analíticos e baseia-se na inspeção feita por especialistas.

O método teste envolve a observação dos utilizadores enquanto eles realizam tarefas com um determinado produto ou serviço (Nielsen, 1993) e consiste na recolha de dados maioritariamente quantitativos e na procura de evidência empírica sobre como melhorar a usabilidade de mecanismos de interação (Hanington & Martin, 2012).

Tais métricas podem estar relacionadas com questões simples como, por exemplo, se uma determinada tarefa pode ser concluída com sucesso, ou com questões relativamente complexas como, por exemplo, o grau de satisfação dos utilizadores finais pelo que, naturalmente, são muito variáveis e dependem do âmbito e objetivos do sistema em concreto que se pretende avaliar. Assim, testar a usabilidade envolve, geralmente, a observação sistemática para determinar o quão bem os utilizadores conseguem realizar as tarefas propostas. O método teste inclui várias técnicas de avaliação de usabilidade, nomeadamente prototipagem rápida, avaliação de desempenho, observação, *hallway testing*, *rapid iterative testing and evaluation*, *think-aloud*, *Wizard of Oz*, *remote usability test* ou *co-discovery*.

O método inquérito envolve a recolha de dados qualitativos dos utilizadores. Embora os dados recolhidos sejam subjetivos, eles fornecem informações valiosas sobre o que o

utilizador deseja. Para a recolha de dados existem várias técnicas que podem ser consideradas, nomeadamente *focus group*, entrevistas, questionários ou *diary studies*.

O método experiência controlada pressupõe a aplicação do método científico para testar uma hipótese com utilizadores reais através do controlo de variáveis e utilizando uma amostra de dimensão suficiente para se determinar significância estatística. Devido à sua natureza controlada este é o método menos afetado por enviesamento, mas também o mais difícil de implementar devido ao número de participantes e questões logísticas associadas ao controlo de variáveis (Rubin & Chisnell, 2008).

O método inspeção envolve a participação de peritos para avaliar os diferentes aspetos da interação do utilizador com um dado sistema. O método inspeção pode incluir técnicas como a avaliação heurística, a *cognitive walkthrough*, a inspeção de consistência, a inspeção pluralista ou a análise de tarefas.

3. Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática da literatura sobre a avaliação de usabilidade realizada incidiu sobre os artigos publicados desde 1 janeiro de 2010 a 31 de dezembro de 2012. Para cada referência incluída na revisão classificaram-se o(s) modelo(s), método(s) e técnica(s) utilizados para a avaliação, sempre que os resumos dos artigos permitiram tal classificação.

Para a realização deste estudo formulou-se a seguinte questão de investigação: Quais são os modelos, métodos e técnicas que estão a ser utilizados na avaliação de usabilidade de produtos e serviços baseados em tecnologias de informação e comunicação?

A metodologia utilizada para a realização desta revisão sistemática encontra-se detalhada nas subsecções seguintes.

A. Recolha de Dados

A expressão utilizada para a pesquisa foi a seguinte: "*usability evaluation*" or "*usability test*" or "*usability testing*" or "*user centered*". Para limitar o número de referências, a pesquisa foi realizada no *topic*. O *topic* inclui pesquisa no título, resumo, palavras-chave do estudo e palavras-chave do autor. As referências incluídas nesta revisão foram recolhidas da *Web of Science*, pois esta base de dados indexa mais de 12.000 revistas de impacto em todo o mundo, incluindo revistas como as da *Association for Computing Machinery (ACM) Digital Library* ou as do *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*. A pesquisa foi realizada no dia 6 de Janeiro de 2013.

B. Seleção dos Estudos

Da pesquisa na *Web of Science* resultaram 2116 referências, das quais 808 foram excluídas: 69 por estarem em duplicado, 171 por não terem resumo e 568 por saírem fora do âmbito de investigação (Figura 1). Neste último grupo incluíram-se todos os estudos que utilizam o termo usabilidade com um significado diferente daquele que é utilizado neste artigo. Alguns estudos mencionam usabilidade como sendo "utilizável"

(por exemplo, a usabilidade da água). No total, 1308 referências foram objeto de uma análise mais detalhada.

Todos os estudos objeto desta análise mais detalhada obedeceram ao seguinte critério de inclusão: fazer referência a uma avaliação de usabilidade de um produto ou serviço baseado em tecnologias de informação e comunicação.

A maior parte dos artigos que satisfazem o critério de inclusão contém informação suficiente para identificar os modelos, métodos e técnicas utilizados. Outros, porém, apenas contém informação parcular como os que apenas indicam que a avaliação realizada envolveu utilizadores, o que apenas permite identificar o tipo de modelo, neste caso empírico. Todos estes estudos foram incluídos numa categoria designada por avalia - com informação.

Adicionalmente, foram consideradas as seguintes categorias:

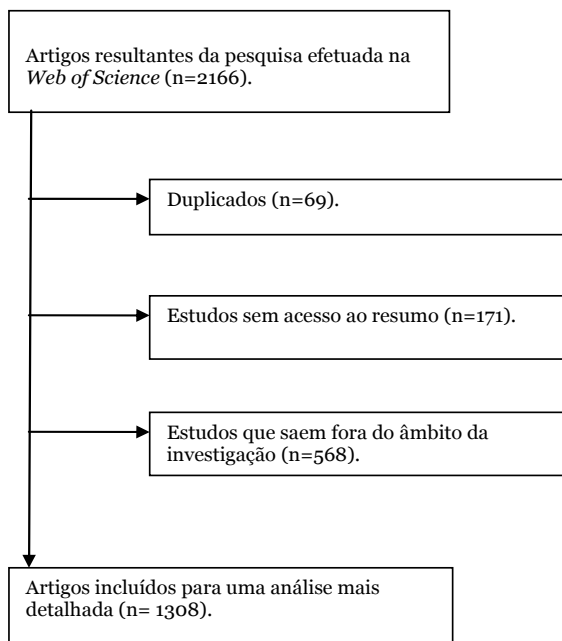


Figura 1 - Revisão sistemática

- Avalia - sem informação - para os casos em que o critério de inclusão é satisfeito mas que não há qualquer informação sobre os modelos, os métodos e as técnicas utilizados para a avaliação de usabilidade.
- Sem informação sobre a avaliação - categoria que é utilizada nos casos em que é referida uma avaliação, mas que não é explícito se essa avaliação é efetivamente uma avaliação de usabilidade.
- Não avalia - esta categoria é utilizada quando os autores referem claramente que a usabilidade não foi avaliada como, por exemplo, quando indicam que esta será realizada em trabalhos futuros ou quando se tratam de estudos de

base conceptual, nomeadamente artigos de revisão (Freire, Arezes & Campos, 2012; Yamaoka & Tukuda, 2011).

- Ferramentas - para classificar os estudos que não avaliam usabilidade mas que apresentam ferramentas ou linhas orientadoras para avaliação ou melhoria da usabilidade (Elling, Lentz & de Jong, 2012; Weinhold, Oettl & Bekavac, 2012).

O diagrama da Figura 2 ilustra o processo de classificação dos estudos incluídos na revisão.

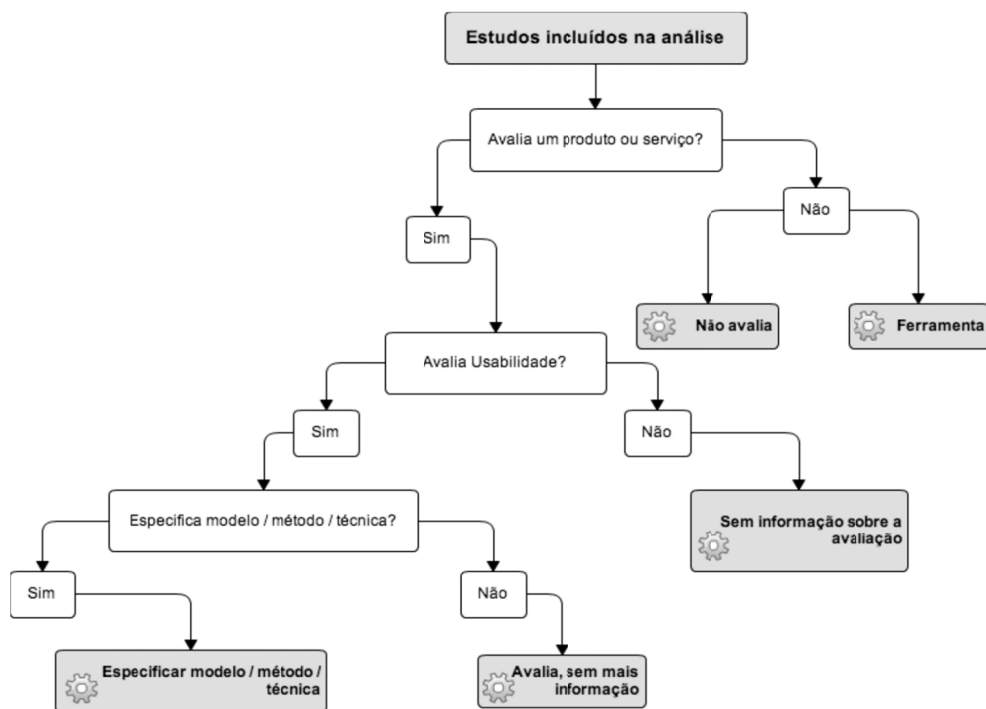


Figura 2 - Análise detalhada

Para a realização desta classificação criou-se uma base de dados com todas as informações necessárias para responder às questões de investigação e possibilitar a análise dos dados. Nesta base de dados incluiu-se para cada estudo o ano de publicação, autores, título da publicação, modelo(s), método(s) e técnica(s) utilizados na avaliação. A análise dos dados foi realizada utilizando as ferramentas estatísticas do *Microsoft Excel 2013*.

4. Resultados

Nesta secção são apresentados os resultados referentes aos estudos incluídos para análise detalhada, ou seja 1308 estudos. Destes, a maioria (621) têm a indicação dos modelos, métodos e técnicas utilizados para a avaliação de usabilidade, 236 foram classificados como Avalia - sem informação, 265 referem a realização de uma avaliação

(no entanto não apresentam informação sobre a avaliação de usabilidade), 52 não avaliam usabilidade e 134 são ferramentas ou linhas orientadoras para a avaliação de usabilidade. O gráfico da Figura 3 ilustra a distribuição por categorias.

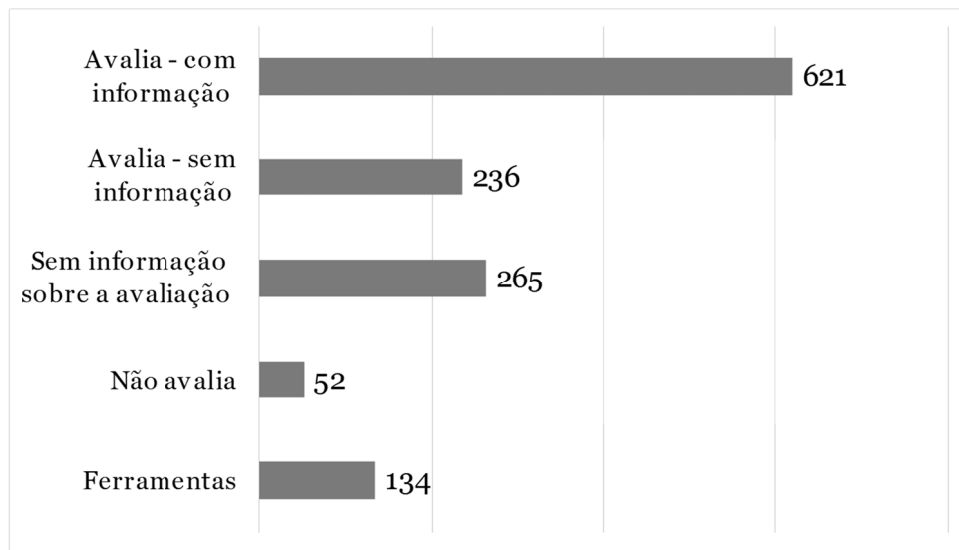


Figura 3 - Distribuição dos estudos por categorias

Dos 621 estudos que contêm indicação dos modelos, métodos e técnicas, vários utilizam mais do que um modelo, o que justifica os seguintes valores: 591 estudos envolveram avaliações com utilizadores (modelo empírico) e 67 realizaram avaliações envolvendo apenas especialistas.

Adicionalmente, dos estudos empíricos analisados 211 utilizaram o método teste, 278 utilizaram o método inquérito e 3 utilizaram o método experiência controlada. Relativamente ao método teste, a técnica que apareceu mais frequentemente foi a avaliação de desempenho com 122 estudos. A técnica observação foi utilizada em 47 estudos, seguido da técnica *think-aloud* com 38 estudos. Quer a técnica simulação quer a técnica prototipagem rápida foram referidas em 9 estudos. O gráfico da Figura 4 apresenta a distribuição de estudos classificados de acordo com as técnicas de teste.

A técnica que recorre ao preenchimento de questionários foi a mais frequente do método inquérito com 194 estudos, seguindo-se a técnica entrevista com 77 estudos. A técnica *focus group* foi referida em 30 estudos e a técnica menos mencionada foi a *diary study* (2 estudos). O gráfico da Figura 5 apresenta a distribuição de estudos classificados de acordo com as técnicas de inquérito.

No que diz respeito aos estudos que realizaram avaliação envolvendo especialistas (analíticos), o método inspeção foi utilizado em 60 estudos. Nestes, a técnica avaliação heurística foi a mais utilizada (53 artigos), seguido das técnicas *cognitive walkthrough* e análise de tarefas com 9 e 4 estudos, respetivamente (ver o gráfico da Figura 6).

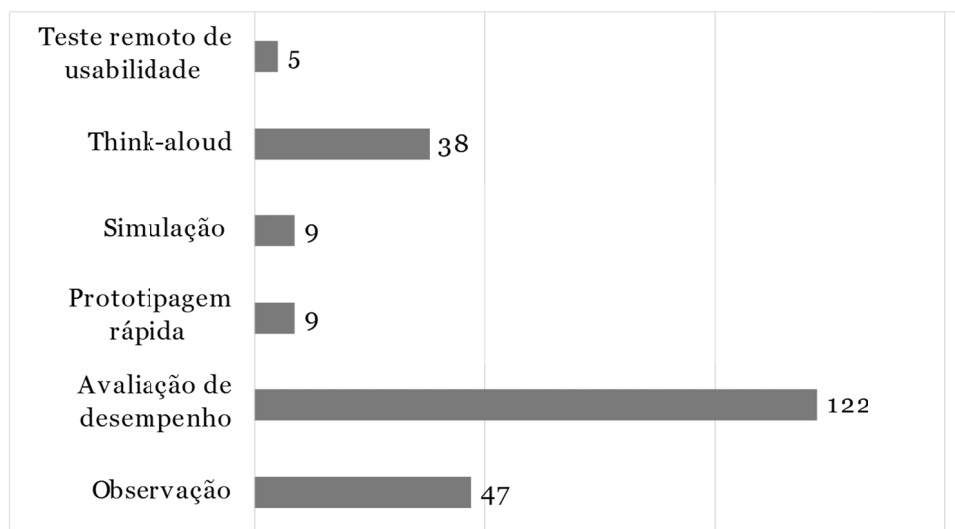


Figura 4 - Técnicas do método teste

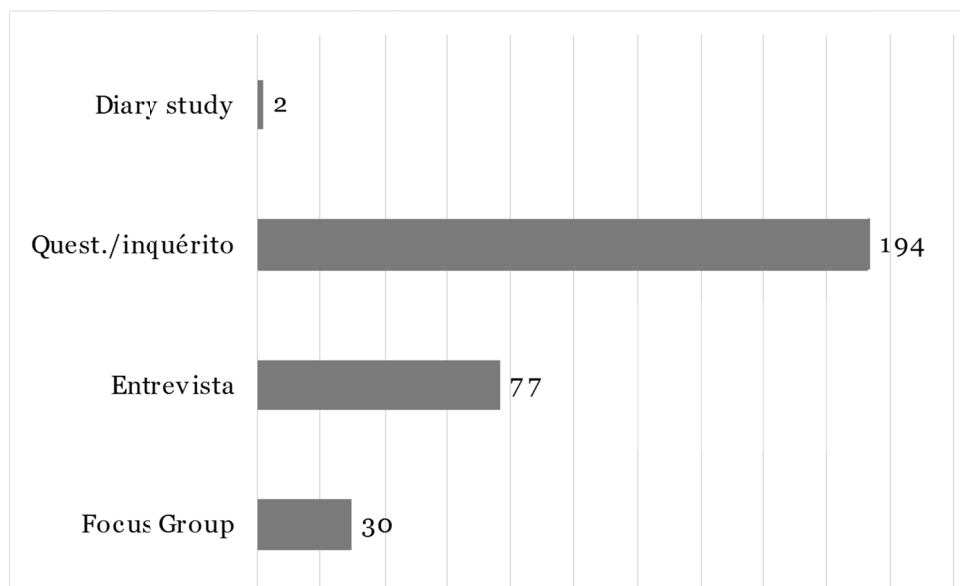


Figura 5 - Técnicas do método inquérito

Nesta revisão sistemática da literatura verificou-se que vários estudos recorreram à combinação de vários métodos. Dos 211 estudos que utilizaram o método teste, 102 também utilizaram o método inquérito e 19 utilizaram o método inspeção.

Dos 278 estudos que utilizaram o método inquérito, 6 recorreram também ao método inspeção. Além disso, 9 estudos utilizaram, em simultâneo, três métodos de avaliação (teste, inquérito e inspeção).

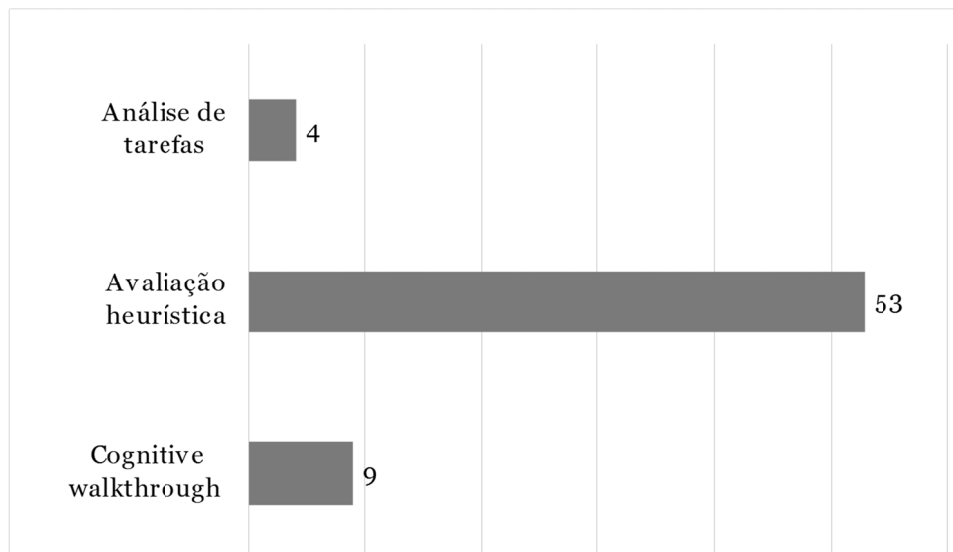


Figura 6 - Técnicas do método inspeção

5. Discussão

Esta revisão sistemática permitiu a construção de uma visão global sobre os modelos, métodos e técnicas de avaliação de usabilidade que têm sido utilizados nos últimos três anos, através da utilização de uma metodologia sistemática.

Todos os métodos de avaliação apresentados nas secções introdutórias deste artigo (teste, inquérito, inspeção e experiência controlada) foram identificados nos estudos incluídos na revisão sistemática. Tal como referido na literatura, também esta revisão revelou que o modelo empírico (que comporta os métodos teste, inquérito e experiência controlada) é o mais frequentemente utilizado, o que parece indicar um reconhecimento do papel dos utilizadores enquanto fonte de conhecimento para a avaliação de usabilidade. O reduzido número de estudos identificados nesta revisão sistemática que utilizaram experiências controladas, poderá dever-se ao facto do método experiência controlada requerer um elevado número de recursos, quer em termos logísticos, quer em termos do tamanho da amostra.

No âmbito do método teste, a técnica mais utilizada, com uma grande diferença em relação às restantes, foi a avaliação de desempenho. Trata-se de uma técnica de avaliação de usabilidade centrada no utilizador e nas tarefas que este executa e envolve a recolha de dados quantitativos. A avaliação de desempenho do utilizador é realizada através do registo de elementos relacionados com a execução de determinada tarefa, nomeadamente duração, sucesso ou número de erros. Por outro lado, no âmbito do método inquérito, a técnica mais frequentemente utilizada, e novamente com uma

grande diferença em relação às restantes, é o questionário. Os questionários são instrumentos para recolha de informação qualitativa e auto-reportada sobre as características, pensamentos, sentimentos, perceções, comportamentos ou atitudes dos utilizadores, normalmente de forma escrita.

Algumas técnicas, no entanto, não foram identificadas em qualquer um dos estudos, provavelmente porque o número de estudos não foi suficientemente extenso para abranger todas as técnicas ou porque estas são pouco utilizadas como, por exemplo, a técnica *co-discovery*. Se a pesquisa tivesse incidido no estudo completo, ao invés de apenas no *topic*, o número de referências potencialmente relevantes para a análise seria muito maior, e provavelmente incluiria todas as técnicas disponíveis. Efetivamente, um estudo pode mencionar uma avaliação de usabilidade, mas se esta não tiver sido um dos objetivos principais do trabalho, pode não ter sido mencionada no *topic* e, consequentemente, não pode ser alvo da análise efetuada.

A avaliação de usabilidade é uma tarefa complexa e a utilização de apenas um método pode não ser suficientemente abrangente e completa para avaliar de forma profunda todas as questões pertinentes associadas a um determinado produto ou serviço. Um grande número de estudos realizou avaliações de usabilidade recorrendo à combinação de diferentes métodos.

A combinação de métodos permite uma avaliação abrangente das várias características de um produto ou serviço. A combinação de métodos mais frequente nesta revisão foi a combinação dos métodos teste e inquérito, nomeadamente nas técnicas avaliação de desempenho e questionários. Uma possível explicação corresponde ao facto do método teste ser mais objetivo, resultando normalmente em dados quantitativos (como é o caso da avaliação de desempenho) e o método inquérito que tem um carácter mais subjetivo, resultando normalmente em dados qualitativos (como é o caso dos questionários). Neste sentido, estes métodos complementam-se e resultam numa avaliação mais abrangente e holística. (Hanington & Martin, 2012) sugerem que a combinação de vários métodos para avaliação de usabilidade acontece porque estes estão especificados de modo muito incompleto para poderem ser aplicados de forma consistente. Por essa razão, pode esperar-se que a avaliação de usabilidade envolva uma combinação de vários métodos (Hanington & Martin, 2012).

Outro aspeto a salientar é que um grande número de estudos (236) referem ter feito uma avaliação de usabilidade. No entanto, não fazem referência ao modo como a operacionalizaram, o que parece indicar que alguns autores não reconhecem a importância de descrever a metodologia utilizada na avaliação de usabilidade.

Verificou-se também que em muitos estudos o termo usabilidade foi empregue de modo inconsistente, referindo-se a um produto ou serviço ser “utilizável” e não com o significado que foi considerado neste artigo. Esta inconsistência ao nível da nomenclatura é um indicador de que seria necessária uma normalização de terminologias.

Apesar disso, e tendo em conta que a maioria dos estudos indicam os modelos, métodos e técnicas utilizados para a avaliação de usabilidade (621), verifica-se que se trata de uma área de importância reconhecida pelos profissionais. O elevado número de estudos classificados como ferramentas assim o demonstra, sendo perceptível uma

preocupação em desenvolver e criar instrumentos que facilitam a avaliação de usabilidade.

Agradecimentos

Este estudo foi parcialmente suportado pelo projeto Nº 13852 I&D “AAL4ALL - *Ambient Assisted Living for All*”, financiado pelo Programa Operacional Fatores de Competitividade (COMPETE) e pela União Europeia (Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional - FEDER) no Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN).

Referências

- Best, M. L. & Smyth, T. N. (2011). Global/Local Usability: Locally Contextualized Usability in the Global South. In Douglas, I. & Liu, Z. (Ed.), *Global Usability*. London: Springer-Verlag.
- Bevan, N. (1998). European Usability Support Centres: Support for a More Usable Information Society. In *Proceedings of TAP Annual Concertation Meeting*. Barcelona.
- Bevan, N., Claridge, N. & Petrie, H. (2005). Tenuta: Simplified Guidance for Usability and Accessibility. In *Proceedings of HCI International*. Las Vegas.
- Bevan, N. & Curson, I. (1999). Planning and Implementing User-Centred Design. In *CHI'99 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 137-138. Pittsburgh.
- Carrol, J. M. (2009). Human Computer Interaction (HCI). In Soegaard, M. & Friis, R. (Ed.), *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Aarhus: The Interaction Design Foundation.
- Cockton, G. (2012). Usability Evaluation. In Soegaard, M. & Friis, R. (Ed.), *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Aarhus: The Interaction Design Foundation.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. & Beale, R. (2004). *Human Computer Interaction*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Elling, S., Lentz, L. & de Jong, M. (2012). Combining Concurrent Think-Aloud Protocols and Eye-Tracking Observations: An Analysis of Verbalizations and Silences. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 55 (3), 206-220.
- Freire, L. L., Arezes, P. M. & Campos, J. C. (2012). A Literature Review about Usability Evaluation Methods for e-learning Platforms. *Work: A Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 41, 1038-1044.
- Hanington, B. & Martin, B. (2012). *Universal Methods of Design: 100 Ways to Research Complex Problems, Develop Innovative Ideas, and Design Effective Solutions*. Beverly, MA: Rockport Publishers.

- ISO 9241-11 (1998). *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on Usability*. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO 9126-1 (2001). *Information Technology - Software Product Quality - Part 1: Quality Model*. Geneva: International Organization for Standardization.
- Ivory, M. & Hearst, M. (2001). The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces. *Journal ACM Computing Surveys*, 33 (4), 470-516.
- Martins, A., Queirós, A., Cerqueira, M., Alvarelhão J., Teixeira, A. & Rocha, N. (2011). Assessment of Ambient Assisted Living Services in a Living Lab Approach: a Methodology based on ICF. In *2nd International Living Usability Lab Workshop on AAL Latest Solutions, Trends and Applications - AAL 2012*. Algarve.
- Martins, A., Queirós, A., Cerqueira, M., Rocha, N., Teixeira, A. (2012) The International Classification of Functioning, Disability and Health as a Conceptual Model for the Evaluation of Environmental Factors. *Procedia Computer Science* (14) 293-300.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engeneering*. Boston, Academic Press.
- Nielsen, J. (2003). Usability 101: Introduction to Usability. Retrieved 20 June 2012, from <http://useit.com/alertbox/20030825.html>
- Rocha, N., Teixeira, A., Pacheco, O., Queirós, A., Oliveira, C., Pereira, C. & Martins, A. (2013). Desenvolvimento e Avaliação Integrada de Serviços AAL Inovadores - Uma Abordagem Living Lab. In *CISTI'2013 - 8ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. Lisboa
- Rubin, J. & Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. Indianapolis: John Wiley & Sons.
- Weinhold, T., Oettl, S. & Bekavac, B. (2012). Heuristics for the Evaluation of Library Online Catalogues. In Katsirikou, A. & Skiadas, C. (Eds.), *New Trends in Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, 425-433. Chania: World Scientific Publishing Co.
- Yamaoka, T. & Tukuda, S. (2011). A Proposal of Simple Usability Evaluation Method and its Application. In Wang, A. (Ed.), *Ergonomics for All: Celebrating PPCOE's 20 years of Excellence*, Vol. 11, 63-66. Taiwan: CRC Press.

Análisis de usabilidad de cooperativas del sector de la fruta y aceite en el área de Lleida

Toni Granollers Saltiveri¹, Eduard Cristóbal Fransi², Yolanda Montegut Salla²

antoni.granollers@udl.cat, ecristobal@aegern.udl.cat, ymontegut@aegern.udl.cat

¹ GRIHO research group. Escola Politècnica Superior. Universitat de Lleida. España.

² Dept. de Administración de Empresas. Fac. de Derecho y Economía. Universitat de Lleida. España.

DOI: 10.4304/risti.11.45-59

Resumen: El presente artículo muestra el proceso, la investigación y los resultados de un análisis de usabilidad en los sitios web de las cooperativas agroalimentarias del sector frutícola y oleícola de la provincia de Lleida. El estudio nace de la necesidad de analizar el estado de la presencia y uso de Internet en general y de la web en particular para una industria vital para la citada provincia. Ambos sectores, aceite y fruta dulce, son de vital importancia para la economía de esta zona.

La evaluación del espacio zonal de la página de inicio de la web y la evaluación heurística son las técnicas de evaluación utilizadas, pues ambas se adaptan a la amplia muestra a analizar. Una vez identificados los problemas y errores se aportan las posibles mejoras o soluciones a los problemas detectados.

Palabras-clave: Usabilidad, evaluación heurística, evaluación del espacio zonal, cooperativas agrarias.

Abstract: This article shows the process, the research and the results of a usability analysis carried out in a set of fruit and olive-growing websites cooperatives. The study comes from the need of analyzing the presence and the use of the Internet and the Web for this vital industry in the province of Lleida (Spain). Both sectors, olive-oil and sweet fruit, are of vital importance to the economy of this area. The evaluation of the homepage spatial distribution of the site and the heuristic evaluation are the used techniques. Both cater to the large sample to be analyzed. Once the problems and errors have been identified, the possible improvements or solutions to the problems identified are proposed.

Keywords: Usability, evaluation, agricultural cooperatives.

1. Introducción

La aparición de Internet y el desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), ha originado grandes cambios en la sociedad en general y en las

empresas en particular, dando lugar a la llamada Sociedad de la Información. Se considera como un nuevo paradigma social que ofrece una gran oportunidad, en la medida que la mayoría de las personas se encuentren conectadas a través de cualquier dispositivo electrónico a los sistemas de telecomunicaciones, y más concretamente a Internet (Banegas, 2001; Laudon y Traver, 2001; Molla y Heeks, 2007).

Esta situación potencia de una manera casi ilimitada la posibilidad de disponer de información, y lo que aún es más importante, compartir el conocimiento. Dicha posibilidad afecta a todos los ámbitos, tanto a nivel social como económico, convirtiéndose en la expresión de la globalización, modernidad y progreso (Avgerou, 2008; Suárez, 2001).

A pesar de que las TIC están presentes en la actualidad en todos los sectores de producción y en la sociedad en general, el presente estudio se centra en un sector muy específico como es el de las cooperativas agroalimentarias de la provincia de Lleida por dos razones principales:

- En primer lugar debido al peso económico y social que tienen las cooperativas en España. Según la Confederación de Cooperativas Agrarias de España, las cooperativas agrícolas representan una parte importante de la actividad económica en el sector agroalimentario español con una facturación de 18.322 millones de euros en 2010 (Sagarna, 2010). Las cooperativas agroalimentarias agrupan a 2.849 empresas y a 1.012.265 miembros en todo del país. Estas cooperativas proporcionan ocupación a más de 79.567 trabajadores, mayoritariamente en áreas rurales, representando un motor económico, social y cultural en zonas rurales y poco pobladas del país. Este sector representa un 10% del PIB de la economía española (Monzón, 2010). Por otro lado, de las 2.849 cooperativas agroalimentarias, 683 están localizadas en Andalucía, 480 en Castilla-La Mancha, 244 en Cataluña y el resto están repartidas en el resto de las regiones. Por otro lado, Cataluña es la tercera región en importancia con una facturación anual de 10,4% del total. Dentro de Cataluña, Lleida es la principal provincia en el sector agroalimentario catalán.
- En segundo lugar por la importancia que tienen estas entidades como medio para contribuir al desarrollo económico, social y medioambiental, de forma sostenible y responsable, en la medida que su actividad se fundamenta en la utilización de recursos endógenos de la zona, por crear ocupación estable, constituir un factor de progreso en las zonas rurales, conseguir una mejor redistribución de recursos y prestar con más eficacia los servicios de naturaleza social.

Las cooperativas como empresas que actúan en los mercados, no pueden ni deben quedarse atrás. Si dichas entidades quieren conservar un lugar en el mercado y competir exitosamente con el resto de sectores económicos, deben estar en la vanguardia de esta revolución tecnológica (Montegut et al., 2013).

Así pues, nace la necesidad de realizar un estudio relacionado con el uso de las TICs en el contexto descrito. Para ello se diseña un conjunto de acciones, una de las cuales es la realización de un estudio de usabilidad. Analizar la usabilidad es algo que hoy en día ya nadie discute, pues, la usabilidad, es un atributo que como el mismo estándar ISO/IEC

25010:2011 define, forma parte del modelo de calidad de cualquier sistema interactivo, tanto en referencia a la calidad de uso cómo a la calidad del producto en sí mismo.

2. Configuración del análisis

2.1. Conjunto de webs a analizar

En relación a la selección de sitios web a analizar, se ha escogido ámbitos que tienen una significativa importancia en la zona objeto de estudio como es el sector del aceite y el sector de la fruta dulce. Los datos para la determinación de la población real se han obtenido de la Federación de Cooperativas Agrarias de Cataluña.

El total de cooperativas a analizar era de 55. En primer lugar cabe destacar que el estudio se realizó en tan solo 36 de ellas, que eran las que disponían de presencia en Internet, lo cual supone un 65,45% de la muestra. Por sectores, se puede afirmar que de las 33 cooperativas del sector frutícola 19 (57,58%) tenían web y 14 (42,42%) no, y que del sector del aceite, de las 22 cooperativas, 17 (77,27%) disponían de sitio web y 5 (22,73%) no.

Se puede observar que porcentualmente el número de cooperativas que tienen sitio web es considerablemente más importante en el sector del aceite que en el de la fruta. Este hecho se debe en parte a que el sector de la fruta está mucho más agrupado y algunas cooperativas están adheridas a cooperativas de segundo grado. Mientras que el sector del aceite tiende a ser más localizado sin necesidad de mayores agrupaciones. También hay que tener presente que la mayor parte de la fruta es vendida a través de intermediarios a las grandes superficies. Por el contrario, el aceite es vendido en gran parte, directamente por la propia cooperativa.

2.2. Técnicas de evaluación de usabilidad utilizadas

Del conjunto de técnicas para evaluar la usabilidad de un sistema interactivo, para el estudio actual se han escogido la Evaluación Heurística (EH) (Nielsen y Molich, 1990) y la Evaluación de la Página de Inicio (EPI) (Nielsen y Tahir, 2001). Ambas técnicas responden perfectamente a las necesidades del estudio, pues, permiten realizar una evaluación “masiva” en un espacio relativamente corto de tiempo a la vez que no requieren participación directa de usuarios finales, factores determinantes para el estudio que se muestra.

La primera altamente conocida mientras que la segunda no lo es tanto, al menos cómo técnica para evaluar la usabilidad.

2.3. Evaluación heurística

La evaluación heurística (EH) es una de las metodologías de inspección de evaluación de la usabilidad más conocidas y utilizadas. Johnson, Clegg y Ravden (1989) fueron los creadores de la metodología y Molich y Nielsen (1990) quienes realmente la difunden. Esta técnica, no requiere participación directa de usuarios finales, es un método más rápido y económico que las técnicas participativas, y es muy adecuado para el contexto

web (Karoulis y Pombortsis, 2004). Esquemáticamente, el procedimiento de la EH consiste en:

- Preparación. El administrador de la evaluación escoge el conjunto de heurísticas más adecuado para evaluar la interfaz en cuestión. Elige también los evaluadores que posteriormente puntuarán cada una de las reglas y, finalmente, selecciona los factores de severidad para que todos los evaluadores puntúen las heurísticas con el mismo rango de valores.
- Evaluación. Los evaluadores, tras una primera toma de contacto con la interfaz a evaluar, puntúan cada una de las heurísticas utilizando los factores de severidad previamente establecidos.
- Síntesis final. Una finalizadas las evaluaciones individuales, se realiza una reunión conjunta para sintetizar los resultados. En esta fase, adquiere mayor importancia la discusión de aquellas heurísticas que han sido puntuadas de forma distinta para llegar a un consenso y obtener así los resultados finales, los cuales principalmente serán de tipo cualitativo.

Evaluación de Páginas de Inicio (EPI)

Objetivamente, la bibliografía no redefine la técnica EPI como técnica de evaluación de la usabilidad. Sin embargo Nielsen y Tahir (2001), asumiendo que la página inicial de un sitio web es la más relevante, definen una técnica o metodología útil para evaluar las páginas de inicio de los sitios web. Dicha técnica evaluar la interfaz partir de analizar la distribución del espacio de la misma.

Concretamente, cuando se analiza la interfaz de una página de inicio de un sitio web, se puede observar que ésta dispone de una zona dedicada a la bienvenida, otra a la navegación, otra muestra el contenido textual, etc. Así pues, con esta técnica se determinan unos valores de ocupación estándar (o medios, o aceptables) que cada página de inicio debería dedicar a cada una de las zonas anteriores. Estos valores (porcentuales) deben fijarse para cada evaluación concreta.

Una vez determinadas las zonas y sus correspondientes valores de ocupación ideales, se evaluar cada homepage comparando la ocupación de cada zona respecto a dichos valores de referencia. Como resultado se obtiene un conjunto de valores que permite saber cuánto se distancian las interfaces analizadas respecto a los valores preestablecidos, evidenciando puntos fuertes y débiles de cada interfaz.

3. Resultados obtenidos

3.1. Con la Evaluación Heurística

La EH se ha realizado utilizando la primera parte del repositorio abierto Open-Heredeux (Masip et al., 2011; 2012) mediante la herramienta online de dicho proyecto. Una de las principales características de Open-Heredeux es que dispone de una base de datos que proporciona el conjunto de heurísticas que más adecuado para cada situación. En nuestro caso, cómo pretendemos evaluar la faceta “usabilidad” de un

“sitio web con un alto componente de comercio electrónico”, la herramienta nos proporcionó el conjunto de heurísticas de la tabla 1.

Tabla 1: Listado de reglas heurísticas a comprobar en el conjunto a analizar.

Bloque 1: facilidad de uso	Bloque 6: flexibilidad – eficiencia de uso, diseño minimalista e iconos
1. ¿Se proporciona únicamente información imprescindible para realizar cada tarea?	1. ¿El sistema es eficiente de acuerdo con el uso que se hace del mismo?
2. ¿Las tareas que ofrece el sistema son todas fáciles de aprender y realizar?	2. ¿Se utilizan los colores con discreción?
3. ¿Se presenta la información en el orden que se tiene que utilizar?	3. ¿Tienen todos los iconos un diseño simple?
4. ¿Todas las tareas e informaciones son familiares para el usuario?	4. ¿Se distinguen los iconos del fondo del sistema interactivo?
Bloque 2: control del usuario	5. ¿Los iconos son concretos y familiares?
1. ¿El usuario puede en todo momento avanzar y retroceder libremente por el sistema interactivo?	Bloque 7: diálogo
2. ¿Son menús amplios en lugar de profundos?	1. ¿Se utiliza un vocabulario familiar?
Bloque 3: consistencia	2. ¿No se encuentran términos pertenecientes a ningún tipo de argot?
1. ¿Aparecen todos los elementos iguales de la misma manera o con el mismo formato en todo el sistema interactivo?	3. ¿Se ofrece toda la información de forma consistente? ¿Correctamente gramaticalmente y con estructuras consistentes?
2. ¿Aparecen todos los elementos iguales agrupados y situados en el mismo sitio?	4. ¿Las frases son cortas y simples?
3. ¿Aparecen los mismos colores en todo el sistema interactivo?	5. ¿Aparecen las ideas principales al principio de los textos?
4. ¿Tienen todas las ventanas y páginas un título?	6. ¿Se evita la repetición de contenido?
5. ¿Existe la posibilidad de realizar scroll vertical y horizontal en todas las ventanas?	7. ¿Tiene una URL comprensible?
Bloque 4: contenidos – imágenes, información	Bloque 8: navegación
1. Imágenes Etiquetadas: ¿Las imágenes están etiquetadas y aparece su título al pasar por encima con el ratón?	1. ¿Indican los enlaces claramente hacia donde apuntan con un título apropiado para que el usuario pueda intuir la respuesta del sistema frente a su acción?
2. ¿Se evitan los elementos animados?	2. ¿Aparece el área de navegación principal en un lugar relevante de manera que es fácil y rápido de localizar?
3. ¿Se ha cuidado la resolución de las imágenes para que no se vean pixeladas y su visualización es correcta?	3. ¿Aparecen los elementos del área de navegación agrupados de manera que los elementos parecidos queden unos junto a otros?
4. ¿La información está suficientemente actualizada? (fecha de publicación)	4. ¿Se utiliza para denominar las opciones del menú términos fácilmente identificables?

5. ¿Aparecen las noticias en un lugar destacado de la web, con vínculo a la noticia en el titular, y un claro resumen del contenido de la noticia?	5. ¿La totalidad de elementos del área de navegación está visible sin que el usuario haga ninguna interacción?
6. ¿Hay información clara de los datos para contactar con el responsable de la interfaz (teléfono, mail, etc)?	6. Si vuestro sitio web incorpora una función de carrito de la compra, ¿aparece un vínculo hacia él en la página de inicio.
Bloque 5: carga de memoria	Bloque 9: protección de datos
1. ¿Los elementos más importantes están resaltados?	1. El proceso de identificación es simple, consistente y transmite seguridad?
2. ¿No aparece más información de la imprescindible que pueda distraer o molestar al usuario?	2. Los caracteres correspondientes a la contraseña aparecen directamente ocultos en el formulario de identificación?
3. ¿La primera palabra de cada menú es la más importante?	Bloque 10: internacionalización
4. ¿Comienzan los datos en la parte superior izquierda?	1. ¿Aparece la fecha y hora de la última actualización de contenido?
5. ¿No hay aglomeración de información en ninguna zona(todo se ve claro y preciso)?	2. ¿Aparece la opción de multi-idioma?

La evaluación, realizada por dos evaluadores experimentados (en el anexo B del trabajo realizado por Ortiz (2011, pp. 158-244) pueden consultarse todas las evaluaciones heurísticas realizadas) evidenció las siguientes características.

La facilidad de uso, de forma general, puede considerarse como buena, sobre todo respecto a las tareas y la familiaridad de la información para el usuario.

En general, los elementos más importantes están bien resaltados, sin zonas con exceso de elementos ni más información de la imprescindible. A pesar de que en algunos casos se han detectado textos demasiado largos, el vocabulario es familiar para el tipo de usuario destinatario.

En muchos casos, la navegación por un mismo sitio web abre nuevas instancias del navegador, dificultando las acciones habituales de avance o retroceso.

Otro error frecuente ha sido la muy mala resolución de imágenes. Las cuales, además, están sin etiquetar y abusando de incómodos elementos animados.

Asimismo, la fecha de la última actualización o algún dato indicativo de la actualidad de la información, son datos que suelen estar desactualizados, restando veracidad en noticias o precios. Más grave es un significativo número de webs con noticias totalmente desactualizadas.

Bastantes sitios muestran URLs difíciles de recordar. En las páginas que requieren un proceso de identificación para acceder a una parte del contenido, se ha visto que no utilizan protocolos seguros o que no esconden los caracteres para la contraseña.

3.1. Con la EPI

Como se ha mencionado, el segundo estudio de usabilidad del conjunto de webs analizado se ha realizado con la herramienta desarrollada en el grupo GRIHO para

realizar este tipo de análisis (Laudon y Traver, 2001) y siguiendo las indicaciones de J. Nielsen y Tahir (2001).

Un caso como ejemplo



Figura 1: Homepage mostrando superpuesto los rectángulos que indican la distribución de las diferentes zonas. Cada color indica un determinado tipo de información.

La imagen de Figura 1 muestra la página principal de una de las cooperativas estudiadas con las zonas marcadas. A partir de estas distribuciones espaciales, la herramienta proporciona los gráficos de análisis de porcentajes de ocupación de cada zona y un gráfico de comparación respecto a los valores ideales determinados.

Este análisis particular permite deducir que los porcentajes de bienvenida, navegación y autopromoción de esta página web se ajustan bastante a los valores de referencia preestablecidos. En cambio, el contenido textual queda algo lejos. No tiene contenido audiovisual, publicidad y deja bastante espacio sin utilizar.

Del estudio se puede comentar, además, que no destaca por su calidad de diseño visual. Aun así en la página principal se puede encontrar mucha información en lo referente a la cooperativa. Es una de las pocas webs de este sector, que introduce un buscador.

La URL del sitio web, www.paraguayo.com, no tiene nada a ver con el nombre de la cooperativa, sino que hace referencia a una clase de melocotón.

Todo ello, finalmente, permite realizar con poco esfuerzo y tiempo dedicado, la serie siguiente de recomendaciones de mejora:

- Cambiar el títulos de la barra de navegación que traen por nombre, confecciones y Global Gap, haciéndolos más intuitivos.
- Diferenciar con márgenes o colores diferentes, la cabecera, la barra lateral de navegación, el cuerpo y el pie de página.
- Juntar más la barra de navegación y el cuerpo con la cabecera, por tal de no dejar tanto espacio en blanco.

- El vínculo que trae por nombre ver mapa, se podría cambiar por “cómo llegar”, por ejemplo.
- Cambiar el nombre que tiene actualmente la URL por el nombre de la cooperativa con la finalidad de que esta sea más fácil de recordar.
- No realiza comercio electrónico.

Evaluación del conjunto analizado

Como punto inicial, el responsable del análisis determina las zonas que cada homepage tendrá y los correspondientes valores porcentuales de referencia. En el presente estudio, y tomando los valores definidos en el trabajo de Banegas (2001), han sido los que podemos ver en la tabla 2.

Para cada página del conjunto a analizar, los pasos a seguir son:

- Realizar una captura de la página principal.
- Marcar las distintas zonas (esta acción es realizada manualmente con la herramienta aportada por Griho, 2010). Este paso se realiza marcando mediante rectángulos las distintas zonas de la interfaz (tal y como se puede observar en la Figura 1). Este paso es de vital importancia, pues a partir de este marcado, la herramienta puede realizar los cálculos posteriores.
- Se calculan dos gráficos, uno de tipo porcentual de cada zona y uno comparativo del gráfico obtenido anteriormente respecto el ideal (valores de referencia).
- Resumen de la homepage.
- Relacionar los errores y las recomendaciones de mejora necesarias.

Tabla 2: Zonas a analizar en cada interfaz y los valores de referencia utilizados.

Zona	Valor de referencia
<i>Identidad y bienvenida</i>	20%
<i>Navegación</i>	20%
<i>Contenido textual</i>	40%
<i>Contenido audiovisual</i>	5%
<i>Publicidad y patrocinio</i>	5%
<i>Autopromoción</i>	5%
<i>Redes sociales</i>	3%
<i>Sin utilizar</i>	2%

Análisis respecto a la distribución de las zonas

En la tabla 3 puede observarse que aparte de la media hay otra fila que muestra los valores de la media sin los casos extremos. La primera, como su nombre indica, muestra el valor de la media de la ocupación de cada zona y la segunda es la misma media pero sin tener en cuenta los “valores extremos”. Se entienden “valores extremos”

para cada categoría aquellos que, bien por exceso bien por defecto, difieren por encima del 50% del valor “ideal”. Por ejemplo, si para una determinada categoría el valor ideal es 20% es descartan aquellos valores inferiores al 10% y los superiores al 30% ($20 \pm (50\% \text{ de } 2)$).

Tabla 3: Valores del espacio zonal de las páginas de inicio del conjunto de webs analizado. Los valores de referencia se corresponden con los valores de la tabla 2.

	Media	Media sin extremos	Valor de referencia
Identidad y bienvenida	18,80%	17,84%	20,00%
Navegación	15,35%	17,87%	20,00%
Contenido textual	22,85%	28,82%	40,00%
Contenido Audiovisual	0,00%	4,70%	5,00%
Publicidad y patrocinio	0,00%	2,79%	5,00%
Auto-promoción	7,01%	4,67%	5,00%
Redes sociales	0,00%	0,00%	3,00%
Sin utilizar	27,52%	0,00%	2,00%

Esto se ha realizado así para tener otra medida comparativa que nos ayude a evitar aquellos casos (extremos) que desvirtúan la media y, consecuentemente, restan consistencia a los valores obtenidos (en Ortiz, 2011, pp. 34-35, puede consultarse cuales fueron las cooperativas descartadas para los casos extremos y para cada categoría).

Los siguientes gráficos muestran los valores medios de cada zona (Figura 2, izquierda) y los valores medios sin los casos extremos (Figura 2, derecha).

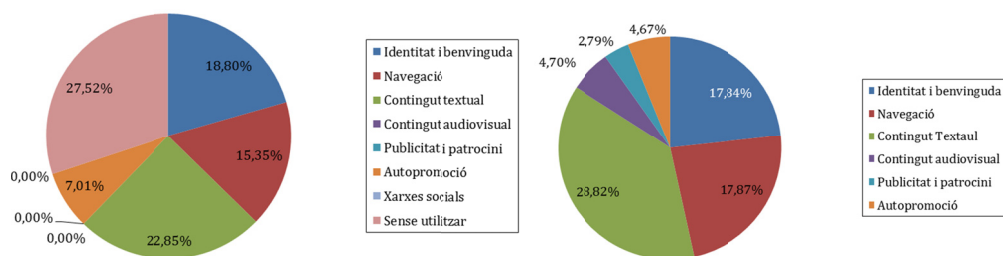


Figura 2: Representación gráfica de los valores medios de cada zona (izquierda) y Representación gráfica de los valores medios sin los extremos de cada zona (derecha).

Y el gráfico de barras de la Figura 3 nos permite observar gráficamente las diferencias existentes entre los valores ideales respecto a ambas medias.

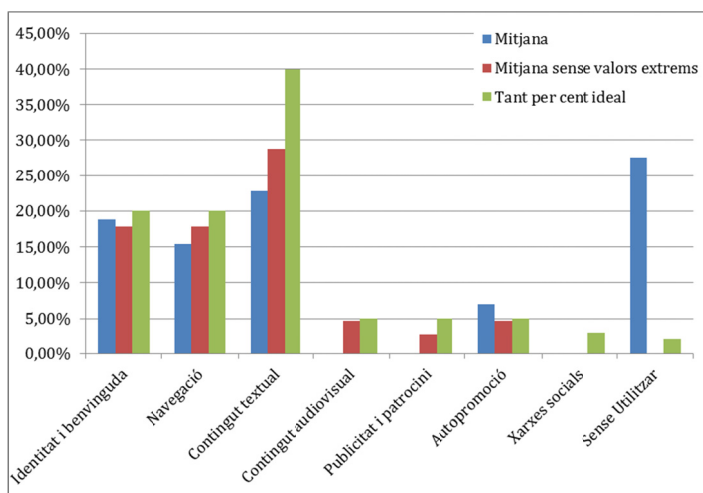


Figura 3: Representación en gráfico de barras de los valores comparados de la tabla 3.

Discusión

Como se observa, las únicas zonas cuyos valores están cercanos a los ideales son “identidad y bienvenida” y “autopromoción”. En el primer caso, la mayoría de las páginas analizadas disponen de una buena cabecera que muestra claramente el nombre de la cooperativa junto a su logotipo, los cuales ocupan cerca del 20% de la ocupación de la página. Respecto la autopromoción, se observa que casi todas las homepages introducen los datos administrativos de la cooperativa junto a otros sellos de calidad con la finalidad de promocionarse externamente.

Respecto a la navegación, la media resultante queda ligeramente por debajo del valor de referencia. En gran parte, este hecho es debido al alto porcentaje de espacio sin utilizar que tienen la mayoría de webs. En cambio el valor del contenido textual dista mucho del ideal. Se observa que solo dos de cada tres páginas tienen contenido textual en forma de noticias de la cooperativa, una breve historia o un texto de presentación simple. Por contra, una de cada tres no tiene nada, substituyendo este contenido a base de fotografías, más indicativos de autopromoción o simplemente espacio sin utilizar. Esta es la zona en la que el valor dista más del ideal.

Al mismo tiempo, observamos un elevado porcentaje de espacio sin utilizar en la mayoría de las páginas, espacio que bien podría ocuparse con otros propósitos.

Finalmente, se observan tres zonas (“contenido audiovisual”, “publicidad” y “patrocinio y redes sociales”) con una media de 0,00%, lo cual nos demuestra la poca madurez del sector analizado en el uso de este tipo de recursos.

Errores detectados con más frecuencia

- Mucho espacio sin utilizar: casi todas las páginas analizadas tienen este valor por encima del valor de referencia, es el error más frecuente.

En muchos casos, este error podría solucionarse simplemente con un texto de presentación o una reseña histórica de la cooperativa en la parte central. También podrían introducirse fotografías o contenido audiovisual.

- Títulos de secciones inadecuados: se detecta un elevado número de títulos de secciones inadecuados y/o confusos (no queda claro dónde puede llevar un clic sobre ellos). Esto crea confusión, bien sea porqué induce a secciones erróneas, bien sea, porqué queden secciones importantes por visitar.
- No mostrar los datos administrativos de la empresa: es habitual acceder a la homepage en busca de los datos administrativos (dirección, teléfono, correo electrónico, etc.) de la empresa. Se ha detectado que en bastantes casos esta información no existe en la página principal, siendo necesaria una navegación por el sitio para poder encontrar dichos datos.
- URL's inadecuadas: durante el estudio se ha comprobado un elevado número de páginas que no utilizan el nombre de la cooperativa como dirección URL. Esto sucede mayormente en las cooperativas del sector del aceite, destacando, además, que utilizan la marca que comercializan, dificultando el recuerdo de la URL (es más fácil recordar la cooperativa por su nombre que no por la marca que comercializa).

Este factor adquiere todavía mayor relevancia, pues esto hace disminuir considerablemente la probabilidad de éxito en los buscadores web.

- Títulos inadecuados o inexistentes en páginas del sitio: muchas páginas descuidan poner un título adecuado a cada sección del sitio. En estos casos, el navegador muestra una dirección nula de la información de la página o una dirección que no indica nada (y generalmente muy larga).

El título de la sección proporciona una información inteligible para el navegador que indirectamente ayuda al usuario a identificar en qué lugar de la estructura de información se encuentra en cada momento. Esta información puede acompañarse, además, del propio nombre de la cooperativa, aumentando todavía más su visibilidad.

4. Discusión de los resultados

A continuación se procede a destacar los principales errores detectados tras el análisis realizado después de utilizar ambas técnicas (EPI y EH).

En primer lugar se observa que la mayoría de las páginas dejan mucho espacio sin utilizar y casi ninguna de ellas dispone de publicidad, de contenido audiovisual ni interacción con las redes sociales. Los factores anteriores favorecen la desactualización de la información presentada.

Por el contrario, las zonas dedicadas a “identidad y bienvenida” y “autopromoción” sí que se ajustan a los valores de referencia (o ideales); la mayoría de webs muestran una buena cabecera con el nombre y el logotipo representativo de la cooperativa, mostrando, además, los datos administrativos y los sellos de calidad disponibles con la intención de transmitir mayor confianza al cliente.

Los porcentajes de las zonas de navegación y contenido textual quedan por debajo de los ideales. En gran parte, esto se debe al alto porcentaje de espacio sin utilizar.

Uno de los errores que se repiten con más frecuencia son los nombres inadecuados de algunos vínculos o nombres de secciones, no son intuitivos y son difíciles de deducir cuál es su destino u objetivo. Este hecho aumenta considerablemente la probabilidad de que ciertas secciones del sitio web queden sin ser visitadas. Algo parecido sucede con algunas URL's que se corresponden con el producto que se comercializa y no el de la propia cooperativa, dificultando su recuerdo.

El análisis de los resultados obtenidos con la EH demuestra que la mayoría de sitios web analizados son fáciles de usar. En general, no presentan una cantidad enorme de contenidos, sobre todo en las del sector de la fruta, pues se limitan a mostrar una pequeña presentación de la cooperativa y algunos de sus productos.

Sí que se comprueba que ninguna página de las analizadas etiqueta las imágenes. Este hecho suele ser importante, aunque para el caso de la muestra la afectación respecto la usabilidad no es muy destacable pues muchas de dichas imágenes cumplen más bien una función decorativa.

La seguridad de las webs con opción para identificarse o que ofrecen servicio de venta queda en entredicho. No se enmascaran los caracteres de la contraseña así cómo ninguna ofrece una conexión de transferencia de datos segura (https).

Para finalizar, se ha detectado un elevado grado de desactualización. Se encuentran contenidos, noticias, precios, etc. introducidos desde hace mucho tiempo, repercutiendo negativamente en la credibilidad de la empresa.

5. Conclusiones

El análisis de las cooperativas en el contexto analizado ha permitido realizar las siguientes conclusiones:

- Las cooperativas del sector de la fruta cuidan menos su sitio web que las de aceite. Se localizan además un conjunto importante de webs que se han quedado obsoletas, desactualizadas o no tienen porque están adheridas a asociaciones de cooperativas mayores que comercializar su producto.
- La fruta es un producto cuya venta al por mayor es más importante que en el caso del aceite y en el que intervienen más intermediarios. Esta característica se refleja en aspectos de las correspondientes web en detalles como la carencia de elementos de fidelización de clientes y un bajo nivel de cooperativas que plantean realizar venta directa por Internet mediante comercio electrónico.
- El sector oleícola, por el contrario, es un producto que se comercializa más al por menor que la fruta, consecuentemente el número de cooperativas que disponen de página web es notablemente más elevado. Se observa además que el diseño es más minucioso y cuidado así como la actualización de la información mostrada (tienen una mayor necesidad de captar clientes y de mantener los que ya lo son). Aun así, también son escasas las cooperativas que realizan comercio electrónico.
- En general, las páginas web de este tipo de entidades están más destinadas a informar al usuario sobre aspectos de la cooperativa como su historia,

presentación, instalaciones, qué productos vende o cómo los vende que no dirigidas a utilizar la plataforma TIC para vender propiamente el producto.

- Así pues, las webs analizadas, al no tener una cantidad importante de contenidos para mostrar, se puede concluir que de forma genérica muestran un grado de usabilidad elevado. Aunque cabe recalcar una vez más la necesidad de actualizar los contenidos en la gran mayoría (denotando un efecto bastante común: se realiza una inversión inicial para el diseño y puesta en servicio del sitio web pero su mantenimiento es residual o nulo).

Respecto al propio uso de las técnicas utilizadas, nuestra experiencia nos permite transmitir las siguientes conclusiones:

- En el presente trabajo hemos podido comprobar la utilidad demostrada de la técnica de la HE. Sin embargo, la técnica EPI es introducida desde hace mucho tiempo pero poco utilizada. A raíz de los resultados obtenidos, aseguramos que se trata de una técnica significativamente útil.
- Puede dudarse de si los valores de referencia (los valores porcentuales, ver Tabla 2) son apropiados o no. Incluso puede pensarse que no todos los sistemas web pueden regirse por este tipo de valores que definen la distribución espacial. Sin embargo, este trabajo aflora que el principal beneficio de utilizar este tipo de técnicas no está en los valores en sí mismos sino en la cantidad de detalles a que, como evaluador, se ve obligado a analizar dentro de cada interfaz. Detenerse en analizar cada pixel de la interfaz y decidir cuál es su misión dentro de la misma es un ejercicio de análisis difícilmente asumible con otras técnicas.
- Ambas técnicas resultan ser muy apropiadas en grandes conjuntos de webs a analizar, más aún si el conjunto de usuarios todavía es más extenso. Además, un grupo reducido de evaluadores puede realizar el análisis mediante ambas técnicas.
- Para finalizar, el único punto negativo de la EPI radica en que solo está pensada para analizar la página de inicio de un sitio web. Si bien es cierto que dicha página es la principal, a nadie se le escapa que cada vez más es necesario analizar el sitio por completo y no tan solo su homepage.

Finalmente comentar, como línea futura de trabajo y con la finalidad de comunicar las implicaciones en la gestión de esta investigación, se tiene la intención de elaborar una guía práctica para el desarrollo y la mejora de los sitios web de las cooperativas de los sectores analizados. Asimismo, también se ha planteado la aplicación de este análisis de usabilidad en otros sectores cooperativos como el de cereales o el vitivinícola, para contrastar los resultados y aumentar su impacto en la gestión empresarial.

6. Referencias

- Avgerou, C. (2008). Information systems in developing countries: a critical research review. *Journal of Information Technology*, 23, 133–146.
- Banegas, J. (2001). Efectos de las tecnologías de la información y comunicación en la vida empresarial. *Revista Instituto de Estudios Económicos*, 1 & 2. 415-440.

- González, M.P., Lorés, J., Pascual, A.; Granollers, A. (2006). Evaluación heurística de sitios web académicos Latinoamericanos. *Interacción*. pp. 143-153.
- Griho (2010). *Herramienta de evaluación de la usabilidad de las páginas de inicio en páginas web*. Disponible en: <http://www.grihotools.udl.cat/upi>
- ISO/IEC 25010:2011. *Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models*.
- Johnson, G.I.; Clegg, C.W.; Ravden, S.J. (1989). Towards a practical method for user interface evaluation. *Applied Ergonomics*, 20(4), pp. 255-260.
- Karoulis, A. Pombortsis, A. (2004). *The Heuristic Evaluation of Web-Sites Concerning the Evaluators' Expertise and the Appropriate Criteria List*. Informatics in Education, 2004, Vol. 3, No. 1, 55-74
- Kemp E.; Setungamudalige D. T. (2006). *A resource support toolkit (R-IDE): supporting the DECIDE framework*. Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's international Conference on Computer-Human interaction: Design Centered HCI ACM. - New York . - Vol. 158. - pp. 61-66.
- Laudon, K.; Traver C. (2001). *E-commerce: Business, technology, society*. Boston: Addison-Wesley.
- Masip, L., Oliva, M. & Granollers, T. (2011). *OPEN-HEREDEUX: open heuristic resource for designing and evaluating user experience*. Proc. 13th IFIP TC 13 intl. Conf. on Human-computer interaction - (INTERACT'11), P. Campos, N. Nunes, N. Graham, J. Jorge and P. Palanque (Eds.), Part IV. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011 pp. 418-421.
- Masip, L.; Oliva, M.; Granollers, T. (2012). *Repositorio Abierto de Heurísticas*. XIII Congreso Interacción 2012. Elche, España.
- Molla, A.; Heeks, R. (2007). Exploring E-Commerce Benefits for Businesses in a Developing Country. *Information Society*, 23 (2), 95-108.
- Montegut Y.; Cristóbal E.; Gómez Adillón, M. J. (2013). "La implementación de las TIC en la gestión de las cooperativas agroalimentarias: el caso de la provincia de Lleida". *REVESCO: Revista de Estudios Cooperativos*. nº 110, Primer Cuatrimestre 2013, pp. 223-254
- Monzón, J. L. (2010). *Las grandes cifras de la economía social en España*. Ed. CIRIEC-España. Valencia.
- Mur, C. (2007). *Diseño e implementación de un gestor para realizar evaluaciones heurísticas*. Trabajo Final de Carrera. DIEI. Universidad de Lleida.
- Nielsen, J.; Tahir, M. (2001). *Homepage Usability: 50 Websites Deconstructed*. New Riders.
- Nielsen, J., Molich, R. (1990). *Heuristic evaluation of user interfaces*. En: CHI '90: Proc. SIGCHI conf. on human factors in computing systems, pp. 249-256

- Ortiz, X. (2011). *Anàlisi d'usabilitat de les cooperatives de fruita i oli de Lleida*. Trabajo Final de Carrera, ETIG. Universidad de Lleida. Disponible en: <http://www.recercat.cat/handle/2072/202286>
- Pallás, C. (2010). “Desarrollo de una herramienta para gestionar la Usabilidad en las páginas de inicio”. Final de Carrera, ETIG. Universidad de Lleida.
- Sagarna, J. (2010). *Macromagnitudes del cooperativismo agroalimentario español*. OSCAE (Observatorio Socioeconómico del Cooperativismo Agroalimentario Español). Disponible en: <http://www.agro-alimentarias.coop>
- Squac Grupo Accusa (2012). *Herramienta de soporte para las evaluaciones herurísticas*. Marzo. <http://squac.iti.upv.es/blog/category/AccUsa>.
- Suárez, A. (2001). *Nueva Economía y Nueva Sociedad*, Madrid, Prentice-Hall Ed.

Molecule: Sistema de organização e visualização de Tags

José Martins ¹, Isabel Azevedo ²

Josenuno7@hotmail.com, ifp@isep.ipp.pt

¹ Instituto Superior de Engenharia do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4200-072, Porto, Portugal

² Instituto Superior de Engenharia do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4200-072, Porto, Portugal

DOI: 10.4304/risti.11.61-75

Resumo: Diversas plataformas permitem que os utilizadores rotulem recursos com *tags* e partilhem informação com outros utilizadores. Assim, foram desenvolvidas várias formas de visualização das *tags* associados aos recursos, com o intuito de facilitar aos utilizadores a pesquisa dos mesmos, assim como a visualização do *tag space*. De entre os vários conceitos desenvolvidos, a nuvem de *tags* destaca-se como a forma mais comum de visualização. Este documento apresenta um estudo efetuado sobre as suas limitações e propõe uma forma de visualização alternativa. Sugere-se também uma nova interpretação sobre como pesquisar e visualizar informação associada a *tags*, diferindo assim do método de pesquisa direta do termo na base de dados que atualmente é maioritariamente utilizado. Como resultado desta implementação, obteve-se uma solução viável e inovadora, o sistema Molecule, para vários dos problemas associados à tradicional nuvem de *tags*.

Palavras-chave: *tag*; nuvem de *tags*; *tag space*; similaridade; sinónimo; tradução; visualização de *tags*.

Abstract: Several platforms allow users to tag resources and share information. Over time various forms of tags visualization have been developed in order to facilitate the visualization of the tag space and the search and retrieval of resources. The tag cloud stands out as the most common form of tags visualization. This paper presents a study carried out on their limitations and proposes an alternative. It also suggests a new interpretation on how to search and view information associated with tags, thus differing from the method of direct search term in the database that is currently used mostly. As a result of this interpretation, a viable and innovative system was achieved, Molecule, that overcome some of the problems associated with the traditional tag cloud.

Key-words: tag; tag cloud; tag space, similarity; synonymous; translation; tags visualization.

1. Introdução

Por definição, *tags* são palavras atribuídas por utilizadores para anotar e caracterizar vários tipos de recursos na *Web*. Trata-se, na prática, de rotular informação de forma simples e intuitiva, recorrendo a uma ou mais palavras-chave. Assim, podemos dizer que permitem melhorar e facilitar o acesso a recursos, pois estes já foram previamente caracterizados e “indexados” pelo utilizador, com palavras que ele próprio associa e relaciona com os itens em questão, facilitando assim futuras pesquisas e a recuperação de informação (Ellhussein, 2012). O termo folksonomia refere-se a forma de indexação resultante da atribuição de *tags* pelos utilizadores aos recursos.

Dadas as vantagens notórias de se colocar *tags* associadas a informação (também designado por *tagging*) para a pesquisa e recuperação da mesma, este tipo de sistemas generalizou-se e foi adotado e implementado com sucesso em diversas plataformas *Web* como o Delicious (<https://delicious.com>) e o Ebay (<http://www.ebay.com>). Desta forma, consegue-se mais facilmente organizar e partilhar diversos recursos *on-line* como livros, fotografias, vídeos, publicações de blogues, músicas, entre outros (Peters, 2009).

O resultado destas e outras implementações foi a possibilidade dos utilizadores terem acesso a um repositório de recursos rotulados, também designado de *tag space*, que pode ser pesquisado e explorado de diversas formas pela comunidade de utilizadores e que resulta do conjunto de todas as *tags* de todos os utilizadores, associados aos recursos do sistema em questão.

Para possibilitar a navegação e pesquisa no *tag space*, as plataformas que proporcionam este tipo de serviço necessitam de modelar uma interface gráfica para a sua comunidade de utilizadores. A visualização de informação envolve a utilização de representações visuais abstractas para melhorar a cognição (Ware, 2004). Interfaces visuais eficazes permitem a interação com grandes volumes de dados de forma rápida e eficaz, potenciando a descoberta de características que podem não ser tão evidentes numa apresentação tabular, por exemplo.

Assim, começaram a surgir formas de visualização de *tags* que permitem aos utilizadores rapidamente verificarem como as *tags* são utilizadas numa determinada plataforma. Em algumas, o número de *tags* é elevado, o que inviabiliza a apresentação de todas as *tags* que foram atribuídas por todos os utilizadores.

De entre várias formas de visualização de *tags* surgidas, destaca-se a nuvem de *tags* como a mais comum. Esta não é mais do que uma lista dos rótulos mais populares, normalmente organizados por ordem alfabética e com diversos tamanhos de letra e cores para evidenciar quais as *tags* mais populares. Embora seja a forma mais conhecida de visualização, existem muitas outras alternativas e variações para a modelação do *tag space* numa interface. Essas alternativas são também relevantes e, dependendo do contexto ou utilizador, podem revelar-se mais úteis e apropriadas.

Não obstante, uma característica comum a todas é o facto de que, ao contrário da pesquisa por palavra-chave numa caixa de texto, que requer que o utilizador formule as suas necessidades de informação, a pesquisa por *tag* numa nuvem de *tags* permite que o utilizador reconheça a informação enquanto visualiza a mesma, dado esta ser-lhe

logo apresentada sobre a forma de rótulos, não tendo assim necessidade de formular a pesquisa para poder ver os primeiros resultados.

Assim, propõe-se neste artigo uma forma alternativa de visualização de *tags* integrada no sistema Molecule. São utilizadas múltiplas vistas, o que é particularmente indicado quando uma única seria demasiado complexa e cognitivamente exigente para os utilizadores. Baldonado et al. propuseram, entre outras, a regra da diversidade para o uso de várias vistas (Baldonado, Woodruff, & Kuchinsky, 2000). Segundo esta regra deve-se utilizar mais do que uma vista quando existem múltiplos atributos, perfis, modelos ou níveis de abstração. Nestas situações uma única visão dos dados pode requerer demasiado esforço de assimilação para a compreensão da multiplicidade dos dados.

Após esta primeira secção onde se faz uma introdução e contextualização ao tema, segue uma secção onde são apresentados alguns problemas associados a utilização de nuvens de *tags*. Na terceira secção apresentam-se algumas nuvens de *tags* que permitem a visualização das *tags* de forma mais rica. Na quarta secção descreve-se o sistema Molecule e as suas características, finalizando-se com a apresentação de algumas conclusões e trabalho futuro a realizar nos próximos meses.

2. Limitações Conhecidas aos Sistemas que Utilizam Nuvens de Tags

Apesar das inúmeras vantagens referidas no capítulo anterior, existem também alguns problemas associados à utilização de nuvens de *tags*. Em sistemas que utilizam nuvens de *tags*, verifica-se que o utilizador é sugestionado a pesquisar sempre os mesmos termos, pois estes aparecem destacados na forma de visualização, o que origina uma inclinação para a sua escolha. Como normalmente estes sistemas baseiam a escolha da amostragem de resultados no número de vezes que os termos foram utilizados, a nuvem de *tags* irá tendencialmente mostrar sempre os mesmos resultados, dado serem estes teoricamente os mais populares.

Assim, há uma limitação da amostragem do *tag space*, uma vez que apenas são mostradas as *tags* mais utilizadas, que poderão ou não, ser as mais indicadas para a pesquisa que um utilizador pretende.

Adicionalmente, existe uma restrição clara no espaço visual de amostragem e, também devido a esse facto, a característica descrita no parágrafo anterior tem outra relevância, pois existe uma redução ainda maior no número de elementos no espaço de amostragem que, por si só, já é bastante limitado e pouco ou nada variado. Estando estes sistemas normalmente baseados na colaboração da comunidade que integra os mesmos, existem também diversas desvantagens inerentes a este facto.

Uma das mais notórias pode ser entendida se se pensar que cada utilizador é livre de rotular os recursos como bem entender, levando a que dois utilizadores, embora possam potencialmente estar a atribuir o mesmo significado, utilizem dois termos sinónimos, mas como não existe qualquer ligação direta entre os mesmos, irá consequentemente ocorrer uma diversificação e aumento da granularidade do *tag space*. Por conseguinte, as pesquisas tornam-se menos eficazes, pois existe uma dispersão dos recursos por termos sinónimos, mas sem ligação aparente. Assim, por

exemplo, se um utilizador pesquisar pela palavra carro, terá resultados diferentes se pesquisar pela palavra automóvel. Embora ambos os rótulos tenham o mesmo significado, como estão associados a recursos diferentes, a pesquisa não irá retornar a união dos resultados, mas apenas o conjunto derivado de um deles.

O mesmo se passa se for feita uma reflexão ao nível de tradução de termos. Um determinado utilizador pode escolher rotular um recurso em inglês, enquanto um outro pode querer rotular um outro recurso com o mesmo significado, mas em português. Assim, se por exemplo pesquisarmos por carro, ou por car, embora ambos os termos tenham sido utilizados para rotular o mesmo tipo de recursos, não será retornada na pesquisa a união dos resultados, mas apenas um deles. Note-se que a utilização de termos em várias línguas é comum em várias plataformas mundialmente conhecidas. Assim, muitas vezes os utilizadores atribuem *tags* não apenas escritas na língua inglesa mas também na sua língua nativa. Mais uma vez assiste-se a um aumento da granularidade do *tag space*, sem que sejam apresentadas vantagens resultantes desse fenómeno.

Outro problema também comum e presente neste tipo de sistemas, que surge na linha dos dois anteriormente apresentados, é a “repetição” de termos semelhantes, ou seja, existirem dois termos que diferem apenas, por exemplo, na conjugação entre o singular e o plural. O termo automóvel e o termo automóveis são de facto termos diferentes, embora queiram potencialmente significar o mesmo, mas como não existe qualquer espécie de mapeamento entre eles, é impossível, numa pesquisa, retornar o universo dos recursos de ambos os termos, mas apenas do pesquisado. Esta característica não se estende só a plural/singular, mas a uma infinidade de casos como erros ortográficos. Note-se que a propensão para existência de erros em *tags* é mais elevada que nos sistemas de indexação tradicionais (Hammond, Hannay, Lund, & Scott, 2005). Também é comum a utilização de diferentes separadores entre palavras como “race_car” ou “race car”. Neste último exemplo, embora ambos os termos signifiquem exactamente o mesmo, por terem sido escritos de maneiras diferentes, nunca será mostrado o resultado de ambos mas, mais uma vez, apenas o conjunto de resultados para o termo pesquisado.

A expressão *tag gardening* refere-se ao reajuste das *tags*, tal como a jardinagem permite reajustar plantas. Uma das atividades do processo é justamente lidar com as variantes ortográficas das *tags* (Weller & Peters, 2008). Um sistema de *tagging* pode ser melhorado através das considerações das variações de escrita (Hess, Maass, & Dierick, 2008).

Assim, neste tipo de sistemas é natural assistir-se a uma dispersão dos recursos, pois cada utilizador pode rotular os mesmos como entender, ficando comprometida, desde logo, a eficácia de retornar posteriormente os recursos. Acresce a estes factos ainda o problema de os recursos serem erradamente rotulados, tanto de forma propositada, como devido, por exemplo, a diferenças no significado entre o utilizador que atribui o termo e o utilizador que o pesquisa.

A Tabela 1 ilustra os problemas apresentados anteriormente na plataforma Ebay, mostrando a diferença de número de resultados retornados, entre os diversos termos.

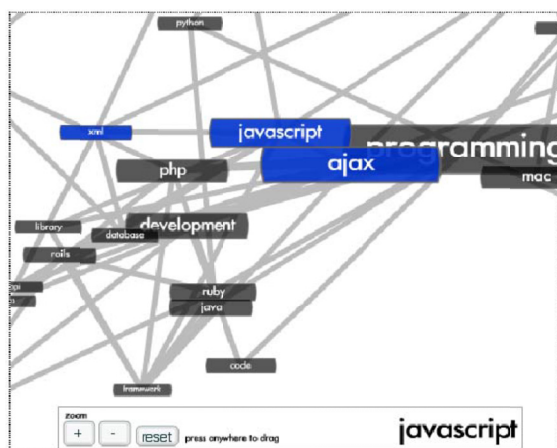


Figura 2 – Tag map

Sanchez-Zamora e seus colegas vão além da análise de frequência de *tags* e de coocorrência de *tags*. Propõem a visualização de *tags* numa rede semântica que considera também relações entre *tags* como, por exemplo, a sinonímia (Sanchez-Zamora & Llamas-Nistal, 2009).

O trabalho descrito neste artigo tem uma abrangência maior e pretende contornar também outras limitações das nuvens de *tags* e dos sistemas que utilizam *tags*, conforme se descreve na secção seguinte.

4. Molecule – Sistema de Organização e Visualização

Considerados os problemas apresentados anteriormente, e com o objetivo de diminuir a dimensão dos mesmos, mas ao mesmo tempo aproveitar as potencialidades da visualização com nuvens de *tags*, nasceu o sistema Molecule, que é apresentado nesta secção.

Tal como uma molécula é composta por átomos, e os átomos compostos por electrões, o sistema Molecule é, na verdade, a combinação de vários termos, permitindo a visualização de dados relacionados, formando assim uma molécula de informação conectada.

O sistema baseia-se em tecnologia *Web* de forma a potenciar a facilidade de acesso, e está acessível no endereço <http://molecule.dei.isep.ipp.pt/>.

Esta aplicação, tal como a maioria deste tipo de sistemas, utiliza vários formulários para a inserção dos conteúdos como os recursos, rótulos e associação de rótulos a recursos. No entanto, contrariamente às restantes plataformas, aquando do registo de um novo rótulo, o sistema vai procurar automaticamente tanto sinónimos, como traduções, como termos similares, inserindo-os automaticamente e de forma interligada.

Não obstante, é dada a opção ao utilizador de gerir estas ligações, através de interface gráfica, caso os termos ou ligações geradas automaticamente não se revelem de alguma forma corretas, ou queira criar novas associações, como pode ser visto na Figura 3.



Figura 3 – Menu de gestão de traduções

A plataforma usa o recurso a três sistemas distintos para criar os termos e as ligações de forma automática. Para traduções o sistema faz pedidos ao serviço Google Translate, para obter traduções de um dado termo nas línguas portuguesa, inglesa, alemã, espanhola e italiana.

De notar que não é usada a API do Google Translate, que recentemente deixou de ser gratuita, mas sim um pedido http directo, o qual é tratado na resposta, sendo inseridos na plataforma Molecule apenas termos e ligações entre termos novos. O número de línguas, embora limitado a estas cinco, poderá ser facilmente aumentado. O sistema Molecule utiliza apenas estas cinco línguas porque, para já, o único intuito é a demonstração de conceito.

Desta forma, para o termo original, assim como para cada tradução, o sistema vai fazer um pedido ao serviço Big Huge Thesaurus (disponível em <http://words.bighugelabs.com>), para que este retorne sinónimos para o termo em questão. Note-se que este serviço baseia-se no serviço WordNet (Miller, 1995), mas considera também outras fontes de informação. O pedido é submetido através da API JSON do sistema, que retorna uma lista de termos, que é tratada e introduzida na plataforma, criando-se assim todas as ligações entre os termos sinónimos. Atualmente o sistema Molecule estabelece sinónimos apenas para a língua inglesa. Mais uma vez, esta limitação não é impeditiva de, futuramente, a inserção de sinónimos ser alargada a outras línguas, bastando para tal, conectá-lo a outros serviços que permitam a aquisição de informação para outras línguas.

Assim, dada a geração automática de um enorme volume de *tags* a partir de uma única, associadas desde logo entre elas, são resolvidas outras questões intrinsecamente ligadas à inserção manual de *tags* pelo utilizador. Com este *tag space*, e não sendo

permitida a duplicação de *tags* no mesmo, a probabilidade do utilizador usar uma *tag* previamente introduzida é muito elevada. Este comportamento leva a que todas as desvantagens provenientes da duplicação de termos como, por exemplo, por erros ortográficos, singular/plural, entre outras, fiquem virtualmente eliminados, uma vez que o utilizador irá tendencialmente recorrer a uma *tag* que foi previamente inserida de forma automática e devidamente mapeada, para rotular um determinado recurso.

Tal não acontece, por exemplo, na plataforma Amazon.com, que é uma loja *online* utilizada por pessoas de diferentes países e nem todas fluentes na língua inglesa, assim como em várias outras plataformas. Em Amazon.com existem 278 produtos aos quais foi atribuída a *tag* “excelent”¹ (*tag* com um erro ortográfico), 148 produtos com a *tag* “excelente”² (*tag* possivelmente escrita noutra língua como o português) e 5.382 produtos com a *tag* “excellent”³ (*tag* escrita na língua inglesa). Mas as *tags* “excelent” e “excelente” não aparecem como *tags* usualmente utilizadas conjuntamente com a *tag* “excellent”, pelo que os sistemas discutidos na secção III não conseguiriam lidar bem com situações deste tipo, para o qual o sistema Molecule foi também pensado.

Assim, no sistema Molecule, a dispersão de termos no *tag space*, e consequentemente a dispersão de recursos, por falta de relações pré estabelecidas entre *tags*, é também atenuada porque, por exemplo, embora um utilizador possa estar a usar um sinónimo ou tradução de um outro termo já referenciado, ambos serão retornados no universo da pesquisa, uma vez que o sistema compreende que se tratam da mesma coisa, ou de assuntos relacionados. Desta forma, os resultados obtidos na Tabela 1 seriam bastante diferentes e virtualmente verificar-se-ia o mesmo número de ocorrências nos termos “carro”, “automóvel”, “automóveis” e “car”.

Mesmo assim, e apenas aplicando estas medidas, continuar-se-ia a obter resultados distintos em termos semelhantes como “race car” e “race_car”. Isto acontece porque, por exemplo, um utilizador teria introduzido manualmente o rótulo “race_car” não utilizando o previamente introduzido “race car”, nem fazendo o mapeamento manual. Para colmatar este problema, o Molecule está preparado para efetuar comparações entre termos semelhantes.

No momento do registo de uma nova *tag*, esta, suas traduções, e sinónimos, são comparados com todas as já existentes, e se um pré determinado coeficiente de similaridade for obtido, será criada uma relação de similaridade entre a *tag*, e a *tag* comparada.

Acresce que o sistema Molecule, numa pesquisa em que não seja retornada nenhuma correspondência com o *tag space* ou recursos, efectua uma pesquisa em tempo real, procurando encontrar similaridades entre o termo e as *tags* já armazenadas, retornando os resultados similares num único átomo.

Estes processos são feitos através do recurso ao algoritmo de Levenshtein. Em 1965 Vladimir Levenshtein criou um algoritmo de cálculo de distâncias entre dois termos que

¹ http://www.amazon.com/tag/excelent/products/ref=tag_dh_istp

² http://www.amazon.com/tag/excelente/products/ref=tag_dh_istp

³ http://www.amazon.com/tag/excellent/products/ref=tag_dh_istp

calcula o número de modificações necessárias para transformar um termo num outro (Levenshtein, 1965). Através da utilização deste algoritmo, o sistema Molecule mede a similaridade entre dois termos.

Assim, em casos como os termos “race car” e “race_car”, será possível encontrar os recursos referentes a ambos, dado que é estabelecida uma relação de similaridade entre os vários termos da base de conhecimento, tanto no momento da sua introdução, como no caso de uma pesquisa em que nenhum termo é retornado.

Desta forma, começa a tornar-se clara a escolha do termo Molecule para o nome da plataforma, uma vez que esta usa diversos sistemas distintos (átomos) que, por sua vez têm diversas *tags* associadas (electrões), e tudo se interliga num único sistema de informação relacionada (molécula).

Não obstante, existe outro motivo para a escolha do nome. Este prende-se com a interpretação visual que o sistema Molecule gera, resultante do seu *tag space*.

Ao entrar no Molecule o utilizador poderá efetuar a pesquisa dos recursos por campo de texto, ou por um átomo inicial carregado com os termos mais utilizados, similar à nuvem de *tags* tradicional na sua funcionalidade, materializando-se este numa esfera 3D (átomo) como visível na Figura 4.

Para além desta informação, é sempre visível o número de recursos associados a uma determinada *tag* em qualquer um dos modos de visualização do Molecule, variando o seu tamanho mediante esse número.

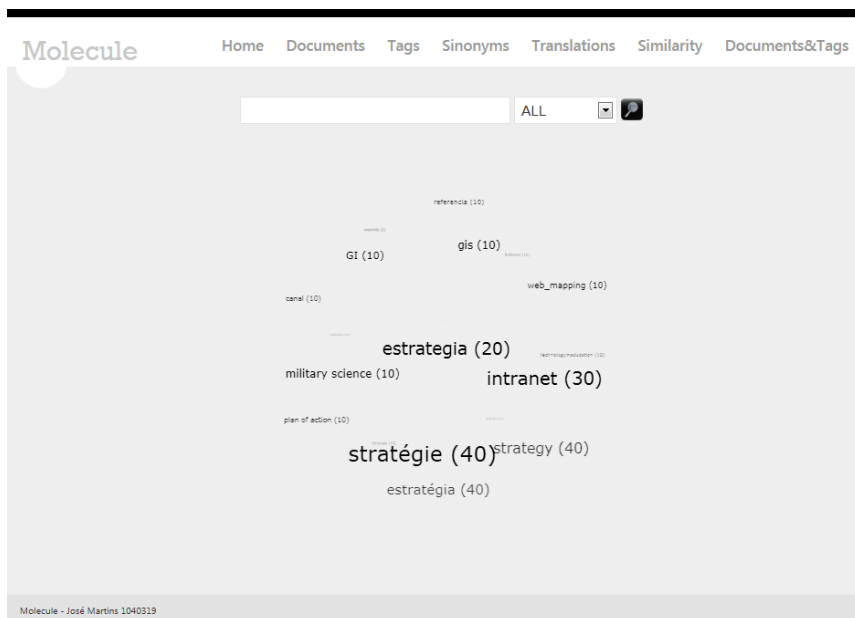


Figura 4 – Vista inicial após autenticação

Quando o utilizador realizar uma pesquisa pelo campo de texto, ou pelo átomo inicial, observará (Figura 5) a formação de uma “molécula”, caso seja encontrada correspondência entre o termo e o *tag space* do sistema, aparecendo então todos os recursos associados, que são listados posteriormente.

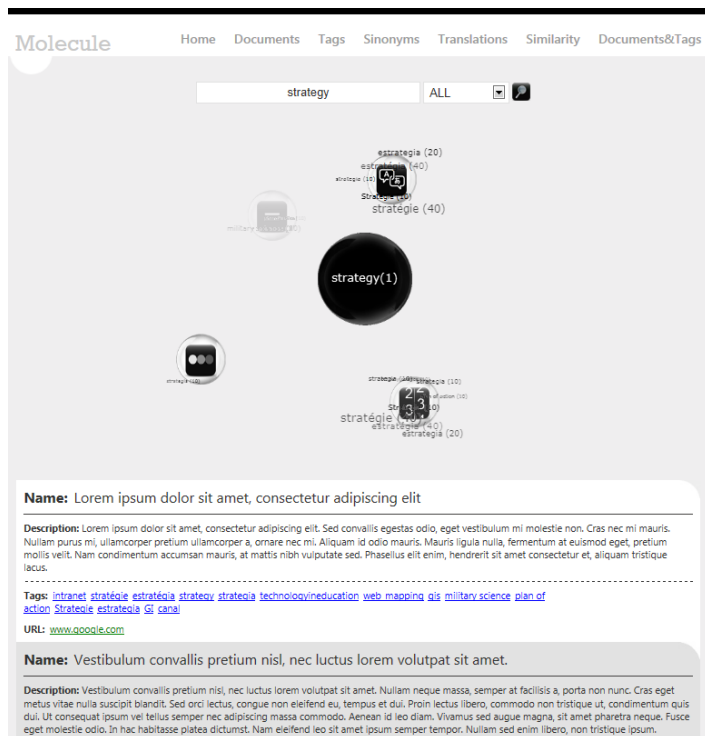


Figura 5 – Resultado gerado pelo Molecule para o termo “strategy”

Por forma a evitar que o número de resultados retornado seja muito grande, dado o mesmo ser resultante da recolha de várias fontes de conhecimento, é possível ao utilizador ainda filtrar que tipo de resultados quer ver apresentados, aquando da pesquisa (Figura 6). Se todos (*ALL*), ou seja, se o conjunto de resultados do termo, dos seus similares, das suas traduções e dos seus sinónimos. Se apenas os resultados diretamente relacionados com o termo (*Search only*), ou com as traduções do termo (*Translations*), ou com as similaridades do termo (*Similar*s), ou por fim com os sinónimos do termo (*Synonyms*).

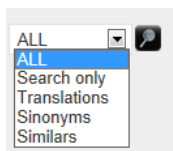


Figura 6 – Opções de pesquisa de resultados no Molecule

Após pesquisa com sucesso, a molécula formada tem em cada um dos seus átomos uma representação de cada uma das diferentes particularidades de pesquisa existentes no sistema Molecule, estando representadas essas particularidades através de diferentes ícones, para melhor identificação do átomo em questão. Ficam visíveis quais os termos mais utilizados ao nível de traduções num dos átomos, enquanto noutro átomo estarão os termos mais utilizados ao nível de sinónimos, noutro os termos mais utilizados ao nível de similaridade, e por fim, os termos mais utilizados absolutos relacionados com a procura, formando assim a molécula referente ao termo inicialmente pesquisado que está contido num átomo central.

Caso não seja possível fazer qualquer mapeamento com o *tag space*, então o Molecule tentará encontrar relações de similaridade geradas em tempo real entre o termo pesquisado e todos os previamente introduzidos como referido anteriormente.

Da resultante desta pesquisa entre termos será gerado um átomo de similaridade do termo procurado (Figura 7), tendo como eletrões todos os termos em que a similaridade foi estabelecida.



Figura 7 – Átomo gerada para o termo estratégia_

Com este conceito de visualização, o sistema Molecule consegue evitar a limitação ao nível da variedade do universo do espaço de amostragem, tão característica noutros sistemas como as nuvens de *tags*, dado não mostrar apenas os recursos rotulados exatamente com um termo específico, mas também todos os recursos e *tags* que de alguma forma se encontram ligados/mapeados ao mesmo.

A molécula apresentada é, na verdade, o resultado das várias interpretações do termo, oferecendo assim ao utilizador, uma maior escolha. Este facto traduz-se, também, num aumento exponencial e claro da probabilidade de sucesso, em caso de diferenças ao nível semântico, da interpretação do termo usado pelo utilizador que pesquisa e do utilizador que rotulou a informação. Desta forma, o utilizador que pesquisa pode rapidamente encontrar o que realmente procurava, pois tem acesso visual directo a várias outras interpretações/opções para o termo e, portanto, pode muito rapidamente identificar uma outra alternativa e, dessa forma, explorar e/ou refinar a sua pesquisa,

umentando assim a taxa de sucesso da mesma, não estando restringido só a resultados directos.

Outra das características intrínsecas a esta forma de visualização de rótulos é o grande aumento do número de conceitos retornados, uma vez que cada átomo (excetuando o central) é uma “esfera” de termos.

O conceito de esfera de termos, permite que os termos que estão intrinsecamente ligados, estejam dispersos por um determinado espaço 3D, e portanto, ao ser acrescentada uma dimensão, torna-se claro que irá forçosamente existir um aumento da área disponível para alojar termos, em comparação à área disponível numa “normal” nuvem de *tags* (2D), e portanto como podemos ver na Figura 5, existe potencialmente um espaço muito maior de amostragem, em comparação com a nuvem de *tags* habitual.

Assim, o utilizador pode ver os vários termos dispersos pela esfera, podendo rodá-la para navegar na mesma e ver em maior plano um determinado termo.

Acresce a este facto que cada molécula é constituída por quatro átomos, sendo que todos estes rodam por sua vez á volta do átomo principal e estático que é o termo pesquisado, ficando ainda disponível um maior espaço para a amostragem de informação.

Desta forma, fica demonstrado que a interpretação que o sistema Molecule faz da modelação gráfica do *tag space* é um grande passo em frente no que diz respeito às restrições do espaço de visualização, pois permite a disponibilização de muito mais espaço de informação, quando comparado aos sistemas tradicionais de nuvens de *tags*.

Para além de todas as suas mais-valias funcionais, o sistema Molecule é caracterizado, também, por uma grande atratividade para os seus utilizadores, resultante não só do seu visual inovador, derivado do seu conceito de modelação gráfica dos termos, mas também por convidar o utilizador a interagir com ele, de uma forma muito intuitiva e natural, dado todo o movimento de termos e de átomos possível, que o cativa a usá-lo de um modo recorrente.

Esta modelação gráfica recorre à tecnologia Silverlight, através de 3 modelações diferentes mediante se é pretendido carregar o átomo inicial (Figura 4), a molécula (Figura 5) ou ainda um átomo com termos relacionados (que ocorre quando nenhum termo é encontrado e é feita uma procura de similaridade por todos os termos como descrito anteriormente e visível na Figura 7).

O sistema Molecule, mais precisamente as suas diferentes modelações gráficas, servem-se de um serviço *Web* para carregarem os seus átomos de termos, sendo este serviço público, e portanto, podendo ser integrado em diversos sistemas e, assim, reutilizado e reaproveitado em diversas plataformas, mesmo se estas não implementam o mesmo número de “átomos” ou a mesma forma de visualização que o sistema nativo.

Esta solução de carregamento por serviço *web* permite, também, que seja virtualmente infinito o número de termos que podem ser carregados para cada átomo ou serviço, uma vez que recebe por parâmetro em cada um dos seus métodos o número de termos a devolver (ordenando pelos mais utilizados), ficando apenas limitado pelo bom senso do seu utilizador, dado que não existem limitações ao nível da quantidade de

informação que poderá ser passada, como poderiam existir, por exemplo, se utilizada uma solução de passagem de dados por parâmetros.

5. Conclusão e Trabalho Futuro

Através das *tags* que atribuem a diferentes recursos, os utilizadores apresentam a sua própria visão, com a utilização de uma linguagem que não é considerada uniforme, pois a própria cultura e o nível de conhecimento variam de utilizador para utilizador. Esta forma de indexação mais alargada reflete os termos geralmente aplicados pelos utilizadores dos recursos ou não das pessoas que os criaram ou disponibilizaram. Isto pode ser visto como uma desvantagem mas simultaneamente permite que as pessoas possam beneficiar dessa variação semântica e linguística. No entanto, e para que isso seja possível, é necessário que os sistemas de visualização de informação adotados permitam capturar essa diversidade, sem sobrecarga cognitiva dos seus utilizadores.

O trabalho apresentado neste artigo vem colmatar diversos dos problemas característicos dos sistemas de *tags*, nomeadamente da forma de visualização normalmente mais utilizada, a nuvem de *tags*, sugerindo uma solução inovadora para a visualização de *tags*, que considera 4 perspetivas, cada uma visível num átomo diferente:

- Tradução – As traduções do termo em diferentes línguas;
- Sinónimos – Os diferentes sinónimos do termo na língua inglesa;
- Similares – Os diferentes termos similares ao termo em questão;
- Mais utilizados – As *tags* utilizadas mais vezes em conjunto com o termo inicialmente considerado (a abordagem considerada habitualmente nas nuvens de *tags*);

Dada a sua capacidade de conexão com outras plataformas, o sistema Molecule, vem ainda permitir que os seus serviços sejam consumidos por terceiros, caracterizando-se assim como um sistema útil e de partilha de informação.

A grande maioria das *tags* utilizadas atualmente no sistema Molecule foi obtida de um grande conjunto de dados utilizados num sistema de bookmarking social (<http://delicious.com>) de Setembro de 2007 a Janeiro de 2008, e disponibilizado no âmbito de um trabalho (Wetzker, Zimmermann, & Bauckhage, 2008) que o analisou, estando prevista a importação de muitas mais, limitada pelo número de utilizações (mensais) dos serviços que o Molecule usa para gerar informação, e que levará a que seja possível quantificar, no futuro, a diferença de retorno nos resultados de pesquisa entre o Molecule e o sistema original.

Estão previstos também diversos melhoramentos ao sistema, por forma a tornar o mesmo ainda mais eficaz, mais partilhável, mais completo e mais seguro. Assim, ao nível da performance, será revista a rapidez de inserção e pesquisa do sistema, através da introdução de vários *workers* em *background* obtendo-se, dessa forma, um aumento na rapidez de execução dessas tarefas, nomeadamente na inserção de novas *tags*, não ficando estas pendentes das respostas dos serviços de sinónimos e tradução. Ao nível da segurança será adicionado ao sistema uma infra-estrutura de partilha de

chaves pública, de forma a que a troca de informação entre o sistema Molecule e sistemas que usem os seus serviços web seja confidencial, autenticada e não repudiável. Por fim, será planeada a interligação entre o sistema Molecule a diversos serviços que proporcionem conhecimento ontológico, levando assim à geração de um sexto átomo na molécula visual, permitindo aumentar ainda mais a eficácia da pesquisa do sistema.

Referências

- Baldonado, M. Q. W., Woodruff, A., & Kuchinsky, A. (2000). Guidelines for using multiple views in information visualization (pp. 110–119). Presented at the Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces.
- Elhussein, M. (2012). A Descriptive Model for Arabic-English Cross-Lingual Tagging. Presented at the The International Conference on Communications and Information Technology (ICCIT-2012), Hammamet, Tunisia.
- Hammond, T., Hannay, T., Lund, B., & Scott, J. (2005). Social Bookmarking Tools (I): A General Review. *D-Lib Magazine*, 11(4). Retrieved from <http://www.dlib.org/dlib/april05/hammond/04hammond.html>
- Hess, A., Maass, C., & Dierick, F. (2008). From Web 2.0 to Semantic Web: A Semi-Automated Approach. Presented at the 1st International Workshop on Collective Semantics: Collective Intelligence & the Semantic Web (CISWeb 2008), Tenerife, Spain.
- Levenshtein, V. (1965). Binary Codes for Correcting Deletions, Insertions, and Reversals. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 163(4), 845–848.
- Miller, G. A. (1995). WordNet: A Lexical Database for English. New Horizons in Commercial and Industrial Artificial Intelligence. *Communications of the ACM*, 38(11), 39–41.
- Peters., I. (2009). *Folksonomies indexing and retrieval in Web 2.0*. De Gruyter.
- Sanchez-Zamora, F., & Llamas-Nistal, M. (2009). Visualising tags as a network of relatedness. Presented at the The 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.
- Shaw, B. (n.d.). Utilizing Folksonomy: Similarity Metadata from the Delicio.us System. Retrieved from <http://www.metablake.com/webfolk/web-project.pdf>
- Stefaner, M. (2007, June). *Visual tools for the socio-semantic web* (Master's thesis). University of Applied Sciences Potsdam.
- Ware, C. (2004). *Information Visualization: Perception for Design*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Weller, K., & Peters, I. (2008). Seeding, Weeding, Fertilizing. Different Tag Gardening Activities for Folksonomy Maintenance and Enrichment (pp. 110–117). Presented at the Proceedings of I-Semantics '08, International Conference on Semantic Systems, Graz, Austria.

Wetzker, R., Zimmermann, C., & Bauckhage, C. (2008). Analyzing social bookmarking systems: A del.icio.us cookbook. Mining Social Data (MSoDa) Workshop Proceedings, pp. 26–30. ECAI 2008.

Desenvolvimento e avaliação de um interface com o utilizador para um sistema de escalonamento

Jesus Piairo, Ana Madureira, João Paulo Pereira, Ivo Pereira

jesuspiairo@gmail.com, amd@isep.ipp.pt, jjp@isep.ipp.pt, iaspe@isep.ipp.pt

GECAD - Knowledge Engineering and Decision Support Research Center, Institute of Engineering – Polytechnic of Porto (ISEP/IPP), Porto, Portugal

DOI: 10.4304/risti.11.77-91

Resumo: Este artigo descreve o processo de desenvolvimento e avaliação de um interface com o utilizador para um sistema de escalonamento. Pretende-se disponibilizar ao utilizador, além de uma forma gráfica e interativa de definir problemas de escalonamento, uma forma interativa de visualizar e adaptar um plano de escalonamento. A concretização destes objetivos foi alcançada através de um protótipo modular desenvolvido com base numa metodologia centrada na avaliação de usabilidade: Metodologia em Estrela. De modo a avaliar a usabilidade do protótipo, realizou-se uma sessão de avaliação que permitiu não só avaliar a facilidade de utilização, mas também observar as diferentes formas de interação proporcionada por cada participante.

Palavras-chave: Sistemas de Escalonamento, Interação Humano-Computador, Desenvolvimento de interfaces com o utilizador, Avaliação de Usabilidade.

Abstract: This paper describes the development and evaluation process of a user interface for a scheduling system. It is intended to provide the user with a graphical and interactive way in order to define a scheduling problem as well as an interactive way to visualize and adapt a scheduling plan. The realization of these goals was achieved through a modular prototype whose development was based on a methodology focused on the usability evaluation: the star life cycle. In order to evaluate the usability prototype an evaluation session was made, allowing not only the ease of use evaluation, but also observing the different interaction forms provided by each participant.

Key-words: Scheduling Systems, Human-Computer Interaction, User Interface Development, Usability Evaluation.

1. Introdução

O processo de escalonamento consiste na afetação de operações a recursos disponíveis. Neste processo é necessário ter em conta um conjunto de restrições como a disponibilidade de recursos, capacidade de produção e metas de produção a alcançar (Pinedo, 2009). Um sistema de escalonamento contribui para a tomada de decisão estratégica de uma organização, reforçando a sua competitividade.

O presente trabalho surge da necessidade de criar um interface com o utilizador para um sistema de escalonamento existente. Surgem assim dois objetivos a alcançar: o primeiro objetivo é permitir, de uma forma gráfica e interativa, a definição de um problema de escalonamento; o segundo objetivo é permitir visualizar e adaptar, de uma forma interativa, o plano de escalonamento.

Para atingir os objetivos foi necessário estudar e seleccionar uma metodologia que permitisse o desenvolvimento de um interface centrado no utilizador. A metodologia eleita foi a Metodologia em Estrela (Hix e Hartson, 1993), uma vez que esta se centra na avaliação de usabilidade.

Esta metodologia permitiu o desenvolvimento de um protótipo que foi submetido a uma sessão de avaliação com o intuito de avaliar a sua usabilidade. Esta avaliação representa a fase conclusiva do primeiro ciclo iterativo da Metodologia em Estrela.

Em termos de estrutura, após a Introdução, este artigo apresenta a secção dedicada à interação entre humano e computador onde são apresentados os conceitos que sustentam este trabalho.

Na secção seguinte, Análise do Problema, são identificadas as análises que contribuem para a contextualização e compreensão do problema e que permitem a construção do modelo de interação.

A secção Protótipo é dedicada à descrição dos módulos que fazem parte do protótipo desenvolvido. É feita uma análise detalhada às suas principais características e funcionalidades.

Não menos importante, a secção Avaliação de Usabilidade é dedicada à avaliação da facilidade de utilização do protótipo. É apresentada a metodologia utilizada, forma como foi conduzida a sessão de avaliação, os resultados obtidos e a interpretação dos mesmos.

Por fim, na secção Conclusões e Trabalho Futuro é realizada a apreciação do trabalho desenvolvido e são apresentadas as perspetivas de trabalho futuro.

2. Interação entre Humano e Computador

A interação entre um utilizador e um sistema computacional interativo define-se como o processo de comunicação entre estes dois elementos e que é gerido por um terceiro elemento preponderante: o interface (Piairo, 2012).

O interface assume-se como uma fronteira entre o humano e o computador. Permite representar o comportamento de um sistema computacional interativo e proporciona ao utilizador os meios necessários para controlar ou operar esse mesmo sistema (Meech, 1999).

A área de investigação que estuda o processo de comunicação entre humano e computador designa-se por Interação Humano-Computador (HCI) (Hewett *et al.*, 1996). Enquanto área de investigação multidisciplinar, a principal preocupação e contribuição da HCI é proporcionar ao utilizador um meio adequado através do qual possa interagir com um sistema computacional interativo.

Neste contexto, a HCI identifica dois conceitos que devem ser considerados no desenvolvimento de um sistema computacional interativo: funcionalidade e usabilidade (Karray *et al.*, 2008). O primeiro conceito é definido como o conjunto de ações ou serviços disponibilizados aos utilizadores. Relativamente ao conceito de usabilidade, este é definido como a eficiência e adequabilidade na concretização de determinados objetivos por determinados utilizadores (Karray *et al.*, 2008). A definição de usabilidade de um sistema computacional alterou-se ao longo tempo devido à melhor compreensão da interação entre humano e computador e dos fenómenos que rodeiam esse processo de comunicação. Uma das mais conhecidas definições de usabilidade foi apresentada por Nielsen (1993): *“a usabilidade apresenta múltiplos componentes e é tradicionalmente associada a cinco atributos: facilidade de aprendizagem, eficiência, facilidade de memorização, reduzida taxa de erros, e satisfação de utilização”*.

Num sistema computacional interativo evidenciam-se dois componentes principais: o componente funcional, também designado por computacional, é responsável pela concretização de tarefas; o componente comunicacional, mais conhecido como interface, é responsável pela gestão do processo de comunicação entre o sistema e o utilizador (Hix e Hartson, 1993). Do ponto de vista do utilizador, o interface representa todo o sistema.

2.1. Desenvolvimento do interface

O processo de desenvolvimento de um interface é composto por duas partes: componente de interação e componente de software. O componente de interação define o comportamento do interface. O componente de software fornece os meios para implementar o código que instancia o componente de interação (Hix e Hartson, 1993).

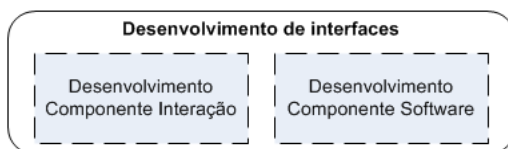


Figura 1: Processo de desenvolvimento de um interface

Apesar dos componentes serem desenvolvidos em diferentes domínios (o componente de interação ocorre no domínio comportamental enquanto o componente de software ocorre no domínio da construção), ambos são necessários e igualmente importantes na definição do grau de usabilidade do sistema.

A fim de desenvolver o componente de interação foi necessário adotar uma metodologia para tal. A metodologia selecionada designa-se por Metodologia em Estrela (Hix e Hartson, 1993). Esta metodologia permite o desenvolvimento de interfaces centrados no utilizador uma vez que se centra na avaliação contínua ao longo de todo o processo de desenvolvimento. Como consequência, os resultados de cada atividade são avaliados antes de se iniciar a atividade seguinte.

A designação Metodologia em Estrela deve-se à sua forma em estrela. As pontas da estrela não estão ordenadas ou ligadas segundo uma sequência. O que significa que o

processo de desenvolvimento, na teoria, pode ser iniciado em qualquer ponto da estrela (Hix e Hartson, 1993). No centro da estrela encontra-se o processo de avaliação de usabilidade.

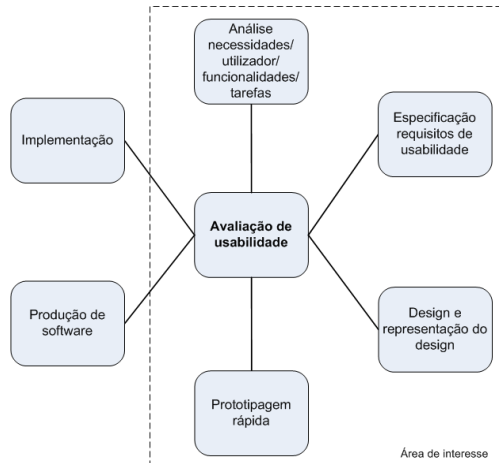


Figura 2: Metodologia em Estrela

Esta metodologia inclui as seguintes atividades: Análise do sistema, das tarefas, de funcionalidades, do utilizador; Especificação dos requisitos de usabilidade; *Design* e representação do *design*; Prototipagem rápida; e Avaliação de usabilidade. É necessário referir que as cinco fases contidas na área de interesse são as fases necessárias para a criação e avaliação de um protótipo de um interface para um sistema de escalonamento.

3. Análise do problema

A fase de Análise representa o ponto de partida do processo de desenvolvimento do interface. Foram realizadas as seguintes análises: outros sistemas de escalonamento, sistema de escalonamento existente, utilizador, tarefas e funcionalidades. A informação resultante da fase de análise é posteriormente “vertida” num modelo de interação durante a fase de *Design* e representação do mesmo.

O estudo e análise dos sistemas de escalonamento *JD Edwards EnterpriseOne Production Scheduling* (Oracle, 2007), *Sistrade Scheduling* (Sistrade, 2009) e *Lekin* (Pinedo *et al.*, 2002) tiveram como objetivos: a identificação dos objetos empregues na interação e das funcionalidades valorizadas pelos utilizadores; e a compreensão das formas de interação e comparação das formas de representação disponibilizadas por cada um dos sistemas. Nestes sistemas, o plano de escalonamento é representado através de um diagrama de *Gantt*, onde os retângulos representam tarefas. As diferentes colorações e comprimentos permitem dotar cada um dos retângulos com diferentes significados (diferentes tarefas com diferentes tempos de processamento, por exemplo). Ao nível da interação a principal funcionalidade disponibilizada é o *drag and drop* de tarefas, funcionalidade que permite movimentações horizontais

(antecipação ou atraso do início de tarefa) e movimentações verticais (migração de tarefas entre máquinas paralelas). É dado um especial ênfase à representação gráfica dos resultados (planos de escalonamento) por parte destes sistemas. Ou seja, existe um maior investimento na visualização e interação com os resultados em detrimento da definição dos dados de entrada. Em termos práticos isto pode significar em algumas situações um maior consumo de tempo na definição do problema de escalonamento em comparação com a análise do plano de escalonamento resultante.

Este trabalho procura equilibrar o investimento em termos de visualização e interação entre a entrada de dados (problema de escalonamento) e os resultados (plano de escalonamento).

As análises do sistema de escalonamento existente, dos potenciais utilizadores, das tarefas a realizar e das funcionalidades a disponibilizar tiveram como objetivo compreender e contextualizar o problema identificado. Este conjunto de análises permitiu especificar os requisitos de usabilidade. No entanto, é necessário referir que a especificação dos requisitos de usabilidade não está confinada à fase de análise, ou seja, alguns requisitos foram identificados ou alterados em fases posteriores. A informação recolhida e elaborada ao longo de toda a fase de Análise permitiu construir o modelo de interação.

O modelo de interação, elaborado na fase de *Design* e representação do *design*, identifica os objetos com os quais os utilizadores irão interagir. Foram identificados os seguintes objetos de interação: operações, tarefas e precedências.

A concretização da fase de *Design* é o ponto de partida para o desenvolvimento de um protótipo do interface. O desenvolvimento de um protótipo permitirá avaliar todo o trabalho de análise.

4. Protótipo

O sistema recebe como entrada de dados um problema de escalonamento através do interface com o utilizador e processa essa informação com a finalidade de obter um plano de escalonamento como resultado. Este resultado é disponibilizado graficamente ao utilizador através de um diagrama de *Gantt* com o qual o utilizador pode interagir.

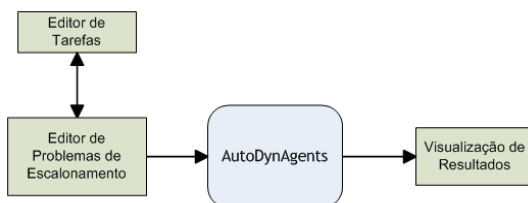


Figura 3: Visão Global do Sistema

A Figura 3 ilustra a visão global do sistema. O módulo Editor de Tarefas e o módulo Editor de Problemas de Escalonamento são responsáveis pela definição do problema de escalonamento (entrada de dados) enquanto o módulo de Visualização de Resultados é

responsável pela representação e interação com o plano de escalonamento (saída de resultados).

4.1. Editor de Tarefas

O Editor de Tarefas (Piairo, 2012) (Piairo *et al.*, 2013) permite, de uma forma gráfica e interativa, definir ou editar uma sequência de operações. Esta sequência define a ordem pela qual as operações devem ser processadas (Figura 4).

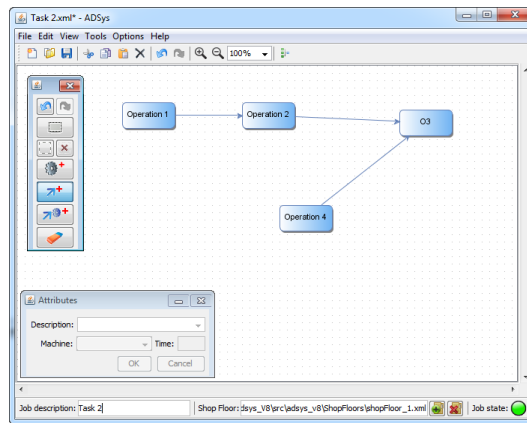


Figura 4: Editor de Tarefas

Uma operação pode ter como precedente uma outra operação ou um conjunto de operações. Cada uma das operações possui três atributos: descrição, identificação da máquina onde é processada e tempo de processamento.

O utilizador pode inserir, remover, seleccionar, mover e redimensionar operações e precedências. Ao utilizador são disponibilizadas as seguintes funcionalidades: cortar, copiar e colar, *undo* e *redo*, *zoom in* e *zoom out*, e *auto-layout*. Esta última funcionalidade destaca-se pela sua utilidade, uma vez que permite a estruturação automática das operações de acordo com os seus respetivos níveis.

De modo a assegurar a correta definição de uma tarefa, foi desenvolvido um mecanismo de validação em tempo real. O mecanismo permite que qualquer alteração promovida pelo utilizador na sequência de operações seja validada instantaneamente. No caso de insucesso numa validação, a coloração do objeto que provocou a falha é alterada e é disponibilizada uma mensagem *tooltip* para que o utilizador possa identificar e compreender a causa do insucesso. São realizadas as seguintes validações: **operações isoladas** – uma tarefa com mais do que uma operação não deve conter operações isoladas (operação sem qualquer relação de precedência com outra qualquer célula); **precedências** – uma precedência deve estar associada a uma operação de origem e a uma operação de destino e entre uma operação de origem e uma operação de destino deve existir apenas uma precedência (repetição de precedências); **atributos da operação** – todos os atributos da operação devem ser devidamente definidos (descrição, tempo de processamento e identificação da máquina); **operações finais** – uma tarefa apenas deve conter uma operação final; **ciclos** – numa tarefa não é

permitida a existência de ciclos (conjunto de operações que formam um rede fechada);
descrição da tarefa – deve ser definida uma descrição para a tarefa.

4.2. Editor de Problemas de Escalonamento

O Editor de Problemas de Escalonamento (Pairo, 2012) (Pairo *et al.*, 2013) permite, de uma forma gráfica e interativa, definir ou editar um problema de escalonamento. Um problema de escalonamento corresponde a um conjunto de tarefas a serem realizadas num determinado período de tempo (Figura 5).

O utilizador pode seleccionar, inserir, remover, mover e redimensionar as tarefas. Cada uma das tarefas é caracterizada por quatro atributos: data de lançamento, data de entrega, prioridade e quantidade. São disponibilizadas as funcionalidades: cortar, copiar e colar, *undo* e *redo*, *zoom in* e *zoom out*.

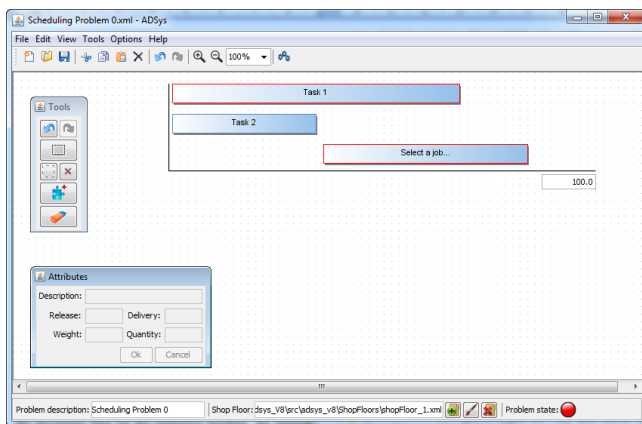


Figura 5: Editor de Problemas de Escalonamento

O utilizador pode seleccionar, inserir, remover, mover e redimensionar as tarefas. Cada uma das tarefas é caracterizada por quatro atributos: data de lançamento, data de entrega, prioridade e quantidade. São disponibilizadas as funcionalidades: cortar, copiar e colar, *undo* e *redo*, *zoom in* e *zoom out*.

O utilizador pode aplicar dois tipos de movimentos às tarefas: movimentos horizontais e movimentos verticais. Relativamente aos primeiros, quando o utilizador move horizontalmente uma tarefa, a sua data de lançamento e de entrega são alteradas, enquanto a sua duração se mantém inalterada. No caso em que o utilizador opte por redimensionar a tarefa (apenas o redimensionamento horizontal é permitido), uma das datas, lançamento ou entrega, é alterada, assim como a duração da tarefa. Relativamente aos movimentos verticais, o utilizador pode trocar de posição uma ou várias operações em simultâneo. Existem algumas ações que alteram a posição das tarefas: remover uma tarefa - o espaço da operação removida é ocupado por uma outra tarefa de modo a não existirem espaços livres; inserir uma tarefa – uma nova tarefa é sempre inserida imediatamente abaixo da última tarefa.

O valor máximo da escala temporal pode ser alterado pelo utilizador, o que provoca uma adaptação automática das dimensões dos objetos à nova escala.

Tal como acontece no módulo anterior, para o módulo Editor de Problemas de Escalonamento foi também desenvolvido um mecanismo de validações em tempo real para orientar o utilizador ao longo do processo de definição do problema de escalonamento. São realizadas as seguintes validações: **gama operatória** – uma tarefa deve ter associada uma gama operatória; **estado da gama operatória** – a gama operatória associada à tarefa pode ter sido validada com sucesso ou insucesso; **atributos da tarefa** – todos os atributos das tarefas devem ser devidamente definidos (data de lançamento, data de entrega, prioridade e quantidade); **valor máximo da escala temporal** – deve ser um número inteiro maior que zero; **descrição do problema de escalonamento** – deve ser definida uma descrição para o problema de escalonamento.

4.3. Editor de Visualização de Resultados

O Editor de Visualização de Resultados (Piairo, 2012) permite a visualização do plano de escalonamento e interação entre o utilizador e as operações das tarefas constituintes do plano de escalonamento (Figura 6). Esta interação permite o ajustamento do plano às necessidades do utilizador e/ou criação de cenários alternativos.

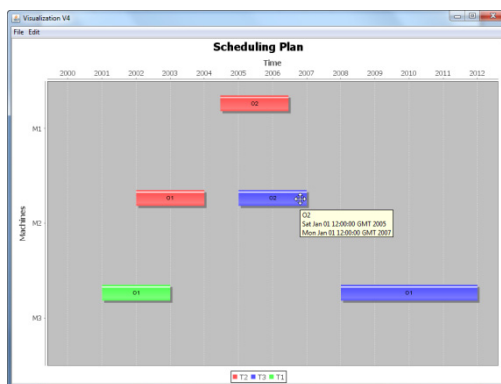


Figura 6: Editor de Visualização de Resultados

As alterações promovidas pelo utilizador podem ser classificadas como movimentos horizontais e movimentos verticais. Os movimentos horizontais consistem na alteração da posição de uma operação dentro da mesma máquina. Isto permite antecipar ou retardar o início do processamento de uma determinada operação. Para estes movimentos são realizadas duas validações: sobreposições de operações – não são permitidas sobreposições de operações na mesma máquina; operações antecessoras – a data de início de uma operação não deve ser inferior à data de conclusão da operação antecessora. Relativamente ao movimento vertical, este implica a migração de uma determinada operação para uma máquina diferente da inicial. Esta possibilidade assume interesse no caso de máquinas paralelas ou de avarias.

5. Avaliação de usabilidade

Esta secção descreve a metodologia utilizada na avaliação de usabilidade do protótipo desenvolvido e apresenta os resultados obtidos durante a sessão de avaliação assim como a respetiva análise.

5.1. Metodologia

Com o intuito de avaliar a facilidade de utilização do interface desenvolvido foi preparado um guião baseado em (Pereira, 2004). Não menos importante, pretendia-se também a construção de um documento com os comentários e sugestões de melhoria recolhidos durante a sessão de avaliação.

O guião teve um papel orientador dos participantes durante a sessão de avaliação e é composto por quatro elementos: introdução, questionário inicial, teste de eficiência e questionário final. A introdução procura contextualizar os participantes de modo a que possam compreender o propósito do sistema e da sessão de avaliação, das tarefas a executar durante a sessão, e o tipo de perguntas apresentadas; o questionário inicial, preenchido antes da realização do teste de eficiência, procurar traçar o perfil dos participantes e avaliar a sua atitude perante sistemas de escalonamento; o teste de eficiência é caracterizado por um conjunto de tarefas referência que os participantes devem realizar com o objetivo de definir um problema de escalonamento específico, permitindo deste modo a observação de diferentes formas de interação; o questionário final, preenchido após o teste de eficiência procura obter a opinião dos participantes relativamente aos aspetos específicos da interação e às funcionalidades disponibilizadas. Adicionalmente são solicitados aos participantes comentários e sugestões de melhoria.

Na sessão de avaliação estiveram presentes 10 participantes. Todos os participantes possuem experiência em sistemas de escalonamento, experiência adquirida em contexto profissional e/ou académico. A definição do número necessários de participantes para a sessão de avaliação baseou-se em (Virzi, 1992). Segundo este, uma sessão de avaliação com apenas 5 participantes permite identificar cerca de 80% dos problemas de usabilidade. No caso de estarem pelo menos 10 participantes na sessão de avaliação será possível identificar 90% dos problemas de usabilidade.

5.2. Sessão de avaliação

A sessão de avaliação teve início com a receção dos participantes e entrega do guião da sessão de avaliação. De seguida foi realizada uma introdução ao interface com o utilizador a ser avaliado e aos objetivos da sessão. Após a contextualização dos participantes o questionário inicial foi preenchido.

O passo que se seguiu foi o teste de eficiência. Neste teste, era solicitado aos participantes a definição de um problema de escalonamento baseado em (Madureira, 2003). O problema de escalonamento é composto por 7 tarefas com diferentes data de lançamento e entrega, prioridades e quantidades. Para cada tarefa, os participantes deveriam definir e associar uma sequência de operações (gama operatória). Era necessário a definição de 5 tarefas com 8 a 11 operações, cujos atributos também deveriam ser definidos pelos participantes.

Para cada participante foi registado o tempo gasto na correta definição do problema de escalonamento.

Por fim, e após o teste de eficiência, os participantes preencheram o questionário final, onde eram questionados sobre os diversos aspetos de interação e funcionalidades disponibilizadas pelo interface avaliado.

5.3. Resultados

Segue-se a apresentação dos resultados obtidos através do questionário inicial e final e a respetiva interpretação desses resultados.

As respostas obtidas nos questionários foram classificadas segundo uma escala de valores inteiros entre -3 (valor mínimo) e +3 (valor máximo). O valor médio zero é um valor neutro.

No questionário inicial, com o intuito de avaliar a sua atitude relativamente a um sistema de escalonamento, os participantes foram questionados sobre a facilidade de uso e utilidade de um sistema de escalonamento na realização de três tarefas: programação e controlo da produção, distribuição de tarefas e afetação de recursos (Figura 7).

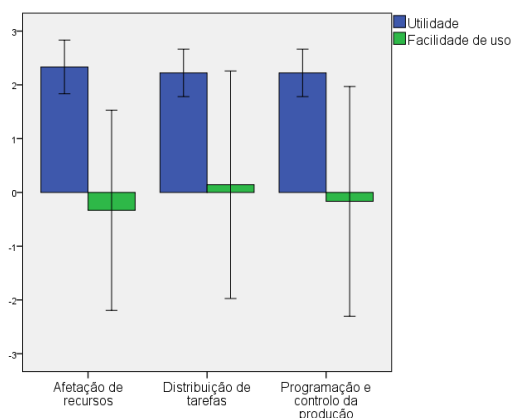


Figura 7: Classificação média e desvio de padrão relativamente à facilidade de uso e à utilidade de um sistema de escalonamento

A tarefa “afetação de recursos” obteve a maior classificação média, sendo por isso a tarefa onde um sistema de escalonamento pode ser especialmente útil. Por outro lado, os participantes reconhecem a complexidade das tarefas, classificando a mesma tarefa como sendo das mais difíceis de realizar.

Relativamente ao principal propósito de um sistema de escalonamento, entre a maximização da utilização de recursos, a redução dos tempos mortos e a otimização do processo de produção, os participantes atribuíram a maior classificação média à primeira e última finalidade (Figura 8).

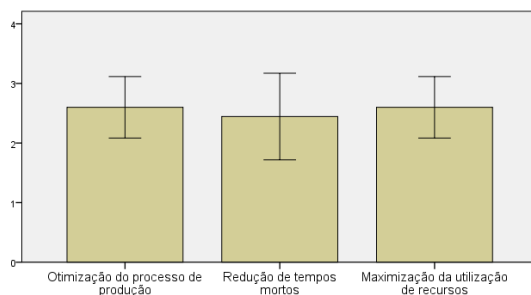


Figura 8: Classificação média e desvio de padrão da finalidade de um sistema de escalonamento

Ao longo do teste de eficiência o tempo despendido por cada participante na definição do problema de escalonamento foi registado (Figura 9). Em termos médios foram necessários cerca de 33 minutos para os participantes definirem corretamente o problema de escalonamento. O tempo máximo foi cerca de 41 minutos enquanto o tempo mínimo foi cerca de 24 minutos de 33 minutos. Como esperado, os participantes com maior experiência neste tipo de sistema, os especialistas/peritos, registaram os menores tempos de conclusão.

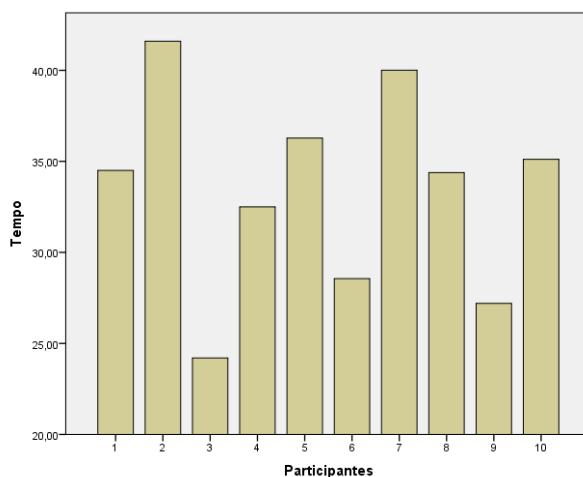


Figura 9: Tempo despendido por participante na definição do problema de escalonamento

No questionário final, era solicitado aos participantes a sua opinião relativamente a um conjunto de aspetos de interação do interface disponibilizado para avaliação. Em termos de preferência por um dos dispositivos de interação, rato e teclado, foi com naturalidade que se verificou que a preferência dos participantes recaiu sobre o rato (Figura 10).

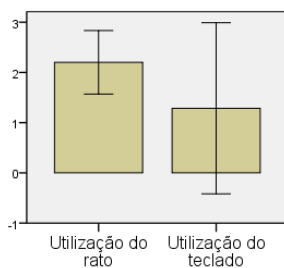


Figura 10: Classificação média e desvio de padrão da facilidade de interação oferecida pelos dispositivos rato e teclado

A Figura 11 ilustra a classificação média obtida dos vários aspetos de interação do Editor de Problemas de Escalonamento. Embora todos os aspetos tivessem obtido classificações positivas, a facilidade de utilização das funções Cortar, Copiar e Colar, assim como a definição do valor máximo da escala temporal destacam-se por terem obtido a classificação máxima. A identificação de erros através da coloração dos contornos dos objetos e a alteração das datas de lançamento e entrega via manipulação com o rato são os aspetos a melhorar.

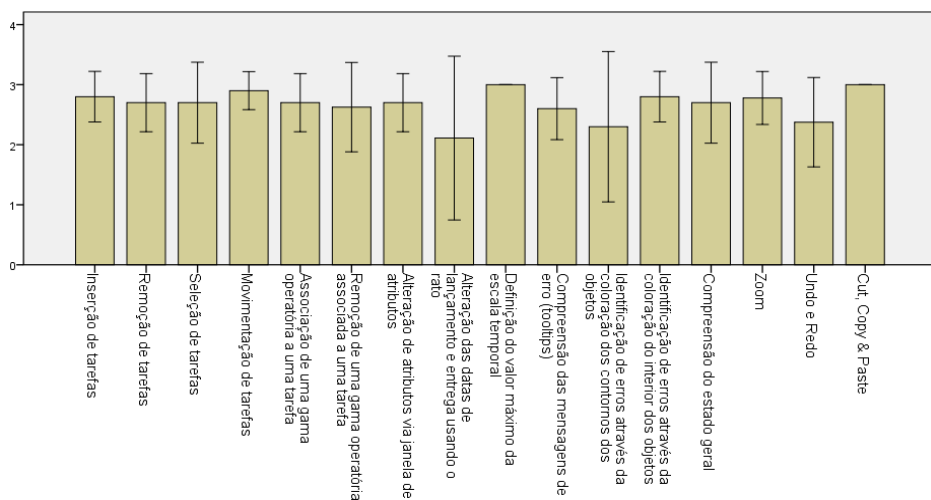


Figura 11: Classificação média e desvio de padrão dos aspetos interativos do Editor de Problemas de Escalonamento

A Figura 12 ilustra a classificação dos vários aspetos de interação do módulo Editor de Tarefas. As funcionalidades Cortar, Copiar e Colar, e *Auto-Layout* obtiveram a classificação máxima, sendo por isso as mais fáceis de usar. Os restantes aspetos também obtiveram classificações positivas, apesar de inferiores.

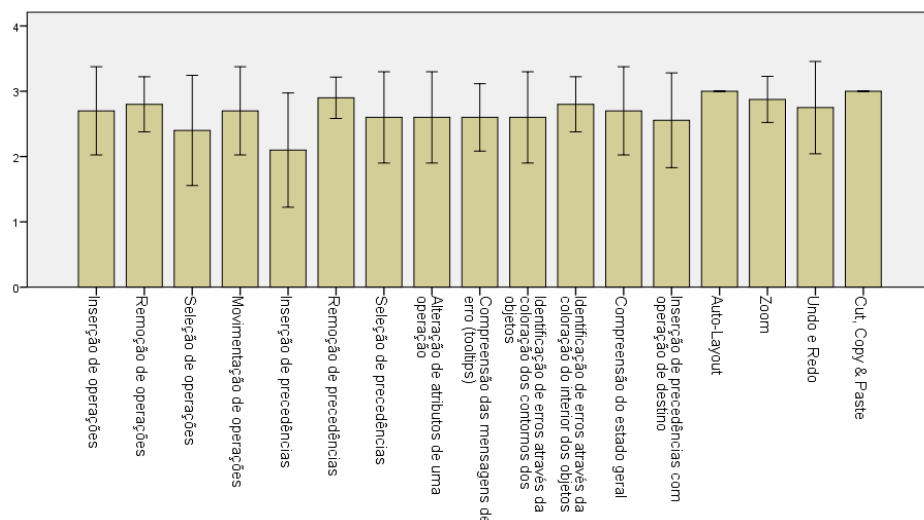


Figura 12: Classificação média e desvio de padrão dos aspetos interativos do Editor de Tarefas

Em termos globais, os participantes avaliaram positivamente o interface nos seus vários aspetos: estrutura geral, funcionalidades disponibilizadas, articulação entre módulos e facilidade de uso.

Ao analisar a Figura 13, pode-se observar que os participantes classificaram o interface como sendo suficiente, adequado e familiar relativamente à definição de problemas de escalonamento.

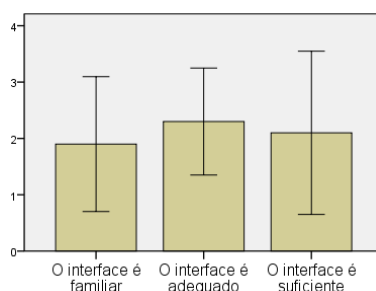


Figura 13: Classificação média e desvio de padrão relativamente à apreciação global do protótipo na definição de um problema de escalonamento

Após a avaliação dos vários aspetos interativos do interface, os participantes foram capazes de apresentar comentários e sugestões de melhoria. Aqui ficam alguns exemplos:

- Armazenamento automático das alterações realizadas nos atributos das operações e tarefas;

- Seleção de todo o conteúdo de um campo. Isto permite evitar o duplo clique na seleção de valores;
- Seleção automática de uma operação ao ser inserida.

6. Conclusões e Trabalho Futuro

A concretização dos objetivos definidos para este trabalho traduziu-se no desenvolvimento de um interface centrado no utilizador para um sistema de escalonamento. Representa o primeiro ciclo iterativo da Metodologia em Estrela.

Este trabalho apresenta duas grandes contribuições. A primeira passa pela definição de um problema de escalonamento de uma forma gráfica e interativa através dos módulos Editor de Problemas de Escalonamento e Editor de Tarefas. O mecanismo de validação em tempo real permite orientar o utilizador ao longo do processo de definição identificando visualmente erros e eventuais falhas ocorridas. A segunda contribuição baseia-se na visualização e interação com os planos de escalonamento. A interatividade proporcionada ao utilizador permite a adaptação dos planos de escalonamento e a criação de cenários alternativos.

A avaliação de usabilidade do protótipo permitiu avaliar a facilidade de interação proporcionado pelo mesmo aos participantes. A criação de um guião revelou-se importante e necessária na organização e coordenação da sessão de avaliação. Em termos de apreciação global, conclui-se que os participantes avaliam positivamente o protótipo nos seus vários aspetos interativos: estrutura geral, articulação entre módulos, facilidade de utilização e utilidade das funcionalidades disponibilizadas. Isto reflete a avaliação positiva da forma gráfica e interativa na definição de um problema de escalonamento.

As perspetivas de trabalho futuro baseiam-se na implementação das melhorias identificadas na sessão de avaliação, na otimização da articulação entre módulos e no refinamento do mecanismo de validação em tempo real.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade – COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito dos projetos FCOMP-01-0124-FEDER-PEst-OE/EEI/UI0760/2011 e PTDC/EME-GIN/109956/2009

Referências

- Hewett, T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., Perlman, G., Strong, G. e Verplank, W. (1996). ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction.
- Hix, D., Hartson, H. R. (1993). Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product & Process. John Wiley & Sons, inc.

- Karray, F., Alemzadeh, M., Saleh, J. A., Arab, M. N. (2008). Human-Computer Interaction: Overview on State Art. *International Journal on Smart Sensing and Intelligence*.
- Meech, J. F. (1999). Contextualizing User Interfaces for Complex Systems. PhD's Thesis, Birmingham University.
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. AP Professional.
- Oracle (2007). JD Edwards EnterpriseOne Production Scheduling.
www.oracle.com/us/media/1/e1-scm-ds-production-scheduling-065817.pdf
- Madureira, A. M. (2003). Aplicação de Meta-Heurísticas ao Problema de Escalonamento em Ambiente Dinâmico de Produção Discreta. Tese Doutorado, Universidade do Minho.
- Pereira, J. P. (2004). Interação Caligráfica Ambígua em Sistemas Computacionais de Modelação. Tese Doutorado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Piairo, J. E. F. (2012). Desenvolvimento de Interface Inteligente para Suporte à gestão e Controlo de Produção. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Piairo, J., Madureira, A., Pereira, J. P., Pereira, I. (2013). A User-centered Interface for Scheduling Problem Definition. *Advances in Information Systems and Technologies, Advances in Intelligent Systems and Computing*, volume 206, pp. 661-671, Springer Berlin.
- Pinedo, M. (2009). Planning and Scheduling in Manufacturing and Services. Springer-Verlag, New York.
- Pinedo, M., Chao, X., Leung, J., Feldman, A., Sadathorn, N., Kreipl, S., Singer, M., Vazacopoulos, A. e Yang, Y. (2002) LEKIN – Flexible Job-Shop Scheduling System. <http://community.stern.nyu.edu/om/software/lekin/>
- Sistrade (2009). Sistrade Scheduling.
www.sistrade.pt/pt/Doc_PDF/Sistrade_ERP_Scheduling.pdf
- Virzi, R. A. (1992). Refining the Test Phase of Usability Evaluation: How Many Subjects Is Enough? *Human Factors* Vol.34 N°4.

Sistema para Rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando Interfaz Cerebro-Computador y Realidad Aumentada

Juan Esteban Arango¹, Julián Cárdenas Mazo¹, Alejandro PeñaPalacio¹

juaross71@eia.edu.co, alcamaz62@eia.edu.co, pfjapena@eia.edu.co

¹ Escuela de Ingeniería de Antioquia-Grupo GISMOC, 055428, Envigado, Colombia.

DOI: 10.4304/risti.11.93-106

Resumen: En el presente trabajo, se utilizó un dispositivo BCI comercial, el Emotiv EPOC, el cual es un neuroheadset inalámbrico de alta resolución para la adquisición de señales EEG, para desarrollar una herramienta con detección inteligente de patrones neuronales paralela a la del desarrollador para la implementación de una aplicación que combina la Realidad Aumentada (AR). La aplicación pensada como posible tratamiento del Dolor del Miembro Fantasma (PLP) en pacientes amputados. El desarrollo del motor de clasificación permitió tener un mayor control sobre los parámetros del procesamiento y detección de patrones en las señales, donde se obtuvo hasta un 82.1% de clasificación. Estas señales neuronales detectadas de un sujeto, se utilizan para descifrar su intención de cerrar o abrir un modelo virtual de una mano o de una prótesis adherida al muñón real a través del entorno AR, brindando retroalimentación visual al paciente. Lo que contribuiría a reducir neurológicamente el PLP.

Palabras-clave: Interfaz Cerebro-Computador; Realidad Aumentada; Rehabilitación; PLP; Reconocimiento Inteligente de Patrones.

Abstract: In this study, we used a commercial BCI device, the Emotiv EPOC, which is a high-resolution wireless neuroheadset for EEG signal acquisition, to develop an intelligent pattern detection tool parallel to the developer's one to implement an application that combines Augmented Reality (AR). The application was developed as a possible treatment of phantom limb pain (PLP) in amputees patients. The classification engine development has allowed greater control over processing parameters and signal pattern detection, which yielded up to 82.1% of classification. These detected neural signals from a subject, were used to decode its intention of closing or opening a virtual model of a hand or prosthesis attached to the real stump through the AR environment, providing visual feedback to the patient. This, would neurologically help reduce the PLP.

Key-words: Brain-Computer Interface; Augmented Reality; Rehabilitation; PLP; Intelligent Pattern Recognition.

1. Introducción

El síndrome del miembro fantasma, surge entre las personas que han sufrido una amputación de uno de sus miembros. Tras este suceso, la persona tiende a tener la sensación de aún contar con su miembro ausente (Flor et al., 1995). Este síndrome por lo general acarrea tres síntomas: Sensación del miembro fantasma, dolor del muñón y dolor del miembro fantasma. El primer síntoma se da en casi todos los casos y es raramente un problema clínico, el segundo síntoma recae en el proceso de curación del muñón; mientras que un tercer síntoma, se centra en el del dolor del miembro fantasma, el cual es el más difícil de tratar. Este problema, se genera porque la persona amputada presenta sensaciones somato-sensoriales de que su miembro ausente está allí y está paralizado, y ante la necesidad de moverlo para dar a entender a su cerebro que efectivamente cuenta con él, desarrollan síntomas de ansiedad ante la incapacidad de hacerlo. Esto de forma crónica y de forma repetida, genera dolor en las personas.

Hay estudios que reportan que cerca del 60-80% de las personas con amputación presentan el dolor del miembro fantasma en algún momento (Nikolajsen & Jensen, 2001), mientras otros reportan que el porcentaje real es de menos del 10% ya que hay una correlación alta entre la cantidad de personas y su edad, pues aunque no se conoce a ciencia exacta su origen, proponen que el dolor se debe dar por la organización de las neuronas en la corteza motora del cerebro y entre más edad tenga la persona más organizada tiene una estructura nerviosa en su cerebro dedicada al uso de dicho miembro, y menor es la plasticidad cerebral para reemplazar el uso esas neuronas (Flor et al., 1995).

Las Interfaces Cerebro-Computador por su parte, son sistemas que decodifican las señales neuronales generadas intencionalmente por un sujeto, para traducirlas en órdenes para el computador, con el fin de conducir un actuador. Aunque no es una tecnología nueva, en los últimos años ha evolucionado a pasos agigantados (Martinovic et al., 2012; Sanchez & Principe, 2007; Wu, Chabanon, Heidelberg, Li, & Wang, 2012). Entre los diferentes enfoques que se le ha dado a estos sistemas, se han hecho avances desde la comprensión de las funciones cognitivas, hasta la conexión humana con entornos reales y virtuales a partir del pensamiento. En la decodificación del *motor imagery* a partir de las señales de EEG, se han desarrollado varias aplicaciones para el control de prótesis motoras, vehículos, entre otros (Hazrati & Erfanian, 2010; Sancho Rieger et al., 2008; Schwartz, Cui, Weber, & Moran, 2006).

En la literatura se pueden encontrar varios enfoques para el tratamiento de este síndrome complejo. Uno de los tratamientos no médicos utilizados por muchos terapeutas consiste en el principio de *Bio-feedback* (Nikolajsen & Jensen, 2001). El más popular de este tipo de terapia es la caja-espejo creado por Ramachandran, el cual consiste en colocar un espejo en el medio de una caja, donde el paciente introduce ambos miembros: el amputado y el sano, en la cual el paciente moviendo la mano logra crear la ilusión en el espejo que su extremidad ausente se está moviendo simultáneamente (Ramachandran & Rogers-Ramachandran, 1996). Los resultados han mostrado que este tratamiento ayuda a reducir significativamente la sensación del miembro fantasma y en consecuencia su dolor. Otros autores han utilizado tecnologías de realidad virtual y aumentada con el mismo principio, utilizando sensores en el miembro sano para crear la ilusión de movimiento del miembro opuesto, dando la

información visual al cerebro que el movimiento de la extremidad sana es la misma del miembro fantasma (Cole, Crowle, Austwick, & Slater, 2009; Desmond, O'Neill, De Paor, McDarby, & MacLachlan, 2006; McGregor & Dixon, 2011).

Este trabajo se centra en el desarrollo de una aplicación de alto impacto utilizando un sistema BCI portátil y asequible, combinado con una aplicación de realidad aumentada orientada a resolver un problema específico en rehabilitación de un síndrome común que la mayoría de los pacientes con amputaciones de extremidades sufren. El enfoque propuesto en este trabajo, difiere de otros en que el movimiento de la extremidad que falta no es controlado por otro elemento del cuerpo, más sí por sus propias señales neurofisiológicas moduladas por sus pensamientos, tal como se genera en un miembro sano, a partir del neuroheadset utilizado. El sistema posee una interacción del sujeto con la realidad aumentada y un sistema de calificación de estas señales que representan la sensación de movimiento en la prótesis virtual desarrollada. El desarrollo del motor de clasificación permitió tener un mayor control sobre los parámetros del procesamiento y detección de patrones en las señales, donde se obtuvo hasta un 82.1% de clasificación de los patrones generados con intención de movimiento. Estas señales neuronales detectadas de un sujeto, se utilizan para descifrar su intención de cerrar o abrir un modelo virtual de una mano o de una prótesis adherida al muñón real a través del entorno AR, brindando retroalimentación visual al paciente. Lo que contribuiría a reducir neurológicamente el PLP.

2. Metodología

Para llevar a cabo el sistema de rehabilitación mediante la utilización de interfaces BCI y realidad aumentada, se llevó a cabo en primer lugar un proceso de selección riguroso para determinar cuál era el mejor sistema para la adquisición de señales EEG entre una serie de productos comerciales disponibles utilizados para tal fin, de modo que cumplan con las necesidades del proyecto. En una siguiente etapa, o etapa de reconocimiento y de apropiación del equipo en cuanto a la formación de patrones mentales necesarios para controlar una aplicación. La facilidad y eficacia del sistema se midió en un primer acercamiento utilizando distintos sujetos siguiendo un protocolo de prueba. Después de ello, se propuso una integración de la BCI con una aplicación de realidad aumentada, con el fin de tratar de forma efectiva y alternativa el síndrome de dolor del miembro fantasma.

2.1. Sistema de Adquisición de señales EEG

Para la adquisición de las señales EEG, se realizó la selección de un sistema a partir de los sistemas actuales de adquisición de señales EEG. Comercialmente existen varios tipos de hardware con características diferentes, que se ajustan a distintas necesidades y aplicaciones. Entre los más representativos del mercado se destacan cuatro de ellos debido a su calidad, precio y popularidad en el campo de la investigación académica. Los productos pre-seleccionados fueron: g.BCIsys con g.USBamp de g.tec (G.tec, 2011) producidos en Austria, EEG Powerlab Data Acquisition System (ADInstruments, 2012) producido en Nueva Zelanda, Emotiv EPOC EEG (Emotiv, 2012) producido en Australia y Neurosky Mindwave (Neurosky, 2012) producido en Estados Unidos.

Los criterios de evaluación para estos sistemas, se enfocaron en su capacidad, asequibilidad en el mercado, resolución, portabilidad, muestreo, compatibilidad, fiabilidad, flexibilidad y escalabilidad, entregando a cada criterio un peso específico asignado subjetivamente según las necesidades particulares del proyecto (ver Tabla 1).

Tabla 1 – Criterios de Evaluación para la Selección del Sistema de Adquisición

Criterios	Detalle
<i>Capacidad</i>	Cantidad de canales de adquisición.
<i>Asequibilidad</i>	Precio, Distribución local, Promoción
<i>Portabilidad</i>	Usabilidad, alámbrico/inalámbrico, tipos de electrodos
<i>Resolución</i>	Espacial y el número de bits de la señal de lectura.
<i>Muestreo</i>	Frecuencia de adquisición, amplificación y filtrado
<i>Compatibilidad</i>	Facilidad de integración con distintas plataformas de software.
<i>Fiabilidad</i>	Marca, garantía, trabajos realizados, referencias
<i>Flexibilidad</i>	Tipo de sensores y señales que puede adquirir
<i>Escalabilidad</i>	Librerías y funcionalidades que permitan procesar en diferentes etapas las señales, ya sean desde su obtención como señales puras hasta ya clasificadas.

Las cuatro alternativas se clasificaron con base a estos parámetros, utilizando para ello un sistema de calificación de 0 a 5 puntos como se muestra en la Tabla 2 y la Figura 1. De esta etapa, el Emotiv EPOC (Adelson, 2011) fue clasificado como el mejor dispositivo, ya que este cumplía ampliamente con los requisitos mínimos para el desarrollo de este trabajo, por lo que se eligió para el desarrollo de la aplicación.

Tabla 2 – Evaluación de Sistemas de Adquisición EEG

Criterios	Pesos	Alternativas de Equipos			
		g.USBamp	Powerlab	EmotivEPOC	Neurosky
<i>Capacidad</i>	10%	5,0	5,0	4,0	1,0
<i>Asequibilidad</i>	20%	1,0	1,0	4,0	5,0
<i>Portabilidad</i>	18%	1,0	1,0	4,5	5,0
<i>Resolución</i>	5%	5,0	4,5	4,5	5,0
<i>Muestreo</i>	5%	5,0	4,5	3,5	3,0
<i>Compatibilidad</i>	15%	4,5	2,0	4,5	5,0
<i>Fiabilidad</i>	10%	5,0	4,5	5,0	4,5
<i>Flexibilidad</i>	5%	5,0	5,0	4,0	2,0
<i>Escalabilidad</i>	12%	5,0	1,0	5,0	5,0
Total Ponderado	100%	3.41	2.45	4.39	4.25

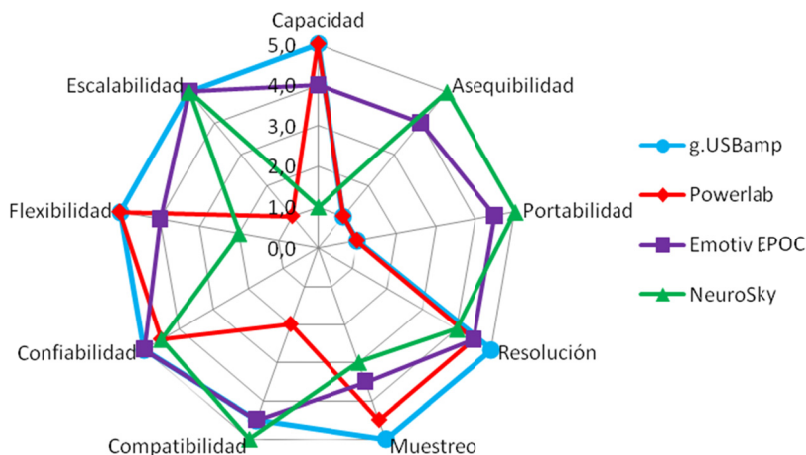


Figura 1 – Evaluación de Sistemas de Adquisición EEG

De lo anterior, se puede observar que el dispositivo Emotiv EPOC, es un neuroheadset inalámbrico de alta resolución para la adquisición y procesamiento de señales EEG. El registro se realiza a través de 14 canales correspondientes a 14 electrodos secos colocados en la parte superior de la cabeza de acuerdo al sistema 10-20 de posicionamiento de electrodos para EEG, ilustrado en la Figura 2.

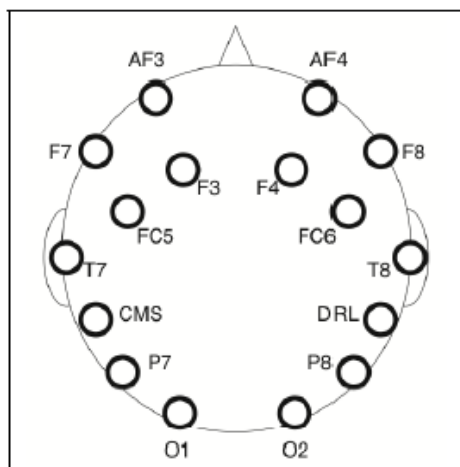


Figura 2 – Posicionamiento de los electrodos del Emotiv EPOC (Emotiv, 2012)

2.2. Procesamiento de la señal

En esta etapa, se realizó el procesamiento de señales a partir del dispositivo EEG seleccionado. Este sistema en su hardware y software, cuenta con unidades de pre-

procesamiento y procesamiento para el reconocimiento de los diferentes estados o representaciones mentales del usuario. Este hardware posee tres filtros: un filtro pasa baja con un corte a 85 Hz, un filtro pasa alta con un punto de corte a 0,16 Hz y un filtro rechaza bandas en 50 y 60 Hz. Su tasa de muestreo es de 2048 Hz, pero se reduce a 128 Hz para la transmisión inalámbrica. El software consta de tres suites de detección, que se detallan en la Tabla 3. El neuroheadset también tiene un API (Application Programming Interface) para desarrolladores, la cual permite programar eventos (llamados EmoEvents) en base a los que patrones o estados que se detecten (EmoStates). Estos estados o representaciones mentales reflejan los gestos del usuario, las emociones y los pensamientos.

Para el funcionamiento del Emotiv, un usuario debe realizar un proceso de entrenamiento para reproducir y controlar determinados patrones o EmoStates que se utilizan como comandos en diferentes aplicaciones como cursor de mouse, teclados deletreadores o juegos. Este entrenamiento es obligatorio para cada usuario y su dificultad varía particularmente entre usuarios.

Tabla 3 – Suites de detección y estados que permite detectar el Emotiv EPOC

Suite	Descripción	Estados (EmoStates)
<i>Expressiv</i>	Permite detectar gestos faciales.	Blink, Wink Left, Wink Right, Look Left, Look Right, Eyebrow Raised, Furrow, Smile, Clench, Laugh, Smirk Left, Smirk Right
<i>Affectiv</i>	Permite detectar estados emocionales del sujeto	Excitement Short Term, Excitement Long Term, Engagement Boredom
<i>Cognitiv</i>	Permite detectar estados cognitivos a partir de los pensamientos del sujeto	Neutral, Push, Pull, Lift, Drop, Left, Right, Rotate Left, R. Right, R. Clockwise, R. Counterclockwise, R. Forward, R. Backward, Disappear

2.3. Caracterización del sistema

El dispositivo Emotiv está fabricado como una plataforma cerrada, la cual permite desarrollar aplicaciones para manipular señales EEG sin requerir de conocimientos previos en neurociencias, fisiología o ingeniería. Para un funcionamiento más avanzado, el usuario de este dispositivo solo requiere de conocimientos básicos de programación para acceder a los estados de las suites de detección, mediante la API que el fabricante pone a disposición. Por esta razón se procedió a realizar una caracterización del sistema en el modelo de detección de estados cognitivos. Esta caracterización se realizó utilizando máquinas de vector soporte (SVM) sobre patrones espaciales comunes (CSP) (Arango Ossa & Cárdenas Mazo, 2012). Aunque la caracterización solo permite hasta el momento el reconocimiento de dos estados cognitivos off-line, esta aproximación permitirá en un futuro poder desarrollar un algoritmo que permita la detección de múltiples estados cognitivos, y tener la libertad de implementarlo en plataformas móviles.

2.4. Diseño de Experimentos

Para el diseño de experimentos, se planteó un protocolo de pruebas para examinar la capacidad y usabilidad del BCI por diferentes usuarios, y así mismo para obtener datos importantes acerca de las variables que pueden afectar el rendimiento del sistema. Seis sujetos entre ellos hombres y mujeres diestros (20-25 años de edad) participaron en este estudio. Este número fue identificado por diferentes investigadores, los cuales han obtenido resultados interesantes al realizar experimentos con esta cantidad de participantes (Bradberry, Gentili, & Contreras-Vidal, 2010; Waldert et al., 2008). Los sujetos para participar, firmaron un consentimiento informado. Las pruebas se realizaron siguiendo las recomendaciones formuladas en el BBCI Workshop: Advances in Neurotechnologies, Berlin 2009 (Müller & Blankertz, 2009).

Las pruebas se dividieron en dos fases: en una primera fase, el sujeto fue entrenado durante diez minutos sin retroalimentación visual, y se le pidió representar mentalmente dos estados cognitivos: un estado neutral, y la imaginación del movimiento de cierre de la mano ayudado de un monitor que enseñaba una secuencia aleatoria que el sujeto debía reproducir. Durante este proceso, el motor del Emotiv llevo a cabo un proceso de aprendizaje sobre cada estado: neutral y cierre de la mano, este último asignado a una EmoState específico. En este punto, la capacidad del sujeto para replicar el estado solicitado fue evaluado, esto gracias a la retroalimentación visual de la prótesis virtual al moverse o no. Adicionalmente, se le solicitó al participante que entrenara durante 10-15 minutos el sistema, para que luego reprodujera una secuencia de 60 estados, esto con el fin de medir la tasa de éxito en el reconocimiento. En la segunda fase del experimento, la cual fue similar a la primera, en vez de dos estados se hizo con tres estados cognitivos: el estado neutral, la imaginación de cierre de la mano, y la imaginación de apertura de la mano. En esta etapa el entrenamiento se hizo entre 20 a 30 minutos.

2.5. Integración para la Aplicaciones

El objetivo de la realidad aumentada (AR), consiste en aumentar la percepción de lo que realmente se ve, mediante la adición de modelos virtuales 3D integrados al entorno real que se reproduce a través de dispositivos de visualización. Hay varios programas desarrollados que permiten la creación de aplicaciones de AR, como ARToolKit, AR-media, SLARTToolkit y D'Fusion Studio para nombrar unos pocos. Para el caso particular de este trabajo, se optó por la utilización del D'Fusion Studio de Total Immersion, esto gracias a su robustez, flexibilidad y licenciamiento gratuito para uso no comercial.

El funcionamiento de esta aplicación se muestra en la Figura 3, en donde los patrones entrenados por el usuario de la BCI son la entrada a la interfaz de AR, y cada patrón se convierte en un comando para controlar el movimiento de la mano virtual. Modelo que se superpone sobre el muñón del paciente amputado, dando la ilusión de que la mano virtual modelada pertenece realmente al paciente.

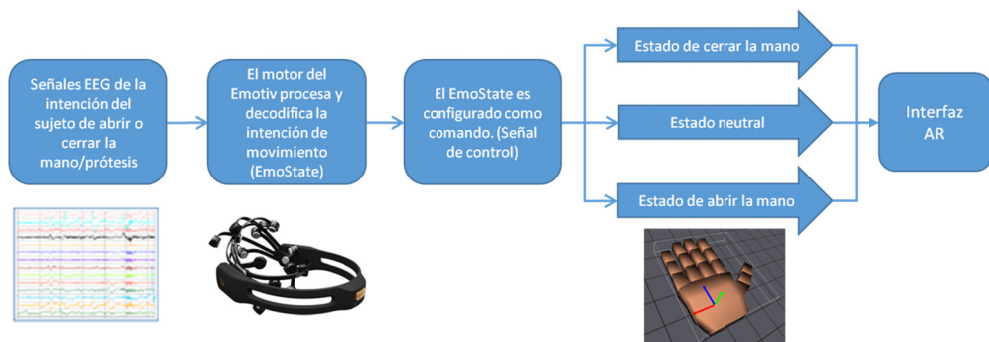


Figura 3 – Diagrama del sistema integrado del equipo BCI con el entorno AR.

2.6. Realidad Aumentada

En un típico esquema de AR, hay algunos elementos esenciales. En primer lugar, se necesita un dispositivo de captura de vídeo para grabar el entorno real; aquí, la cámara y la iluminación son muy importantes. Para la captura del video, se utilizó una cámara inalámbrica móvil de alta definición, y un entorno de iluminación controlado utilizando lámparas incandescentes habituales de laboratorio. La forma en que los modelos reales y virtuales interactúan, es por medio del reconocimiento de imágenes de marcadores específicos en el entorno de grabación. Estos marcadores pueden ser códigos bidimensionales a blanco y negro, como un código QR, o imágenes muy características con texturas. Para el caso particular de este proyecto, el interés se centró en el reconocimiento del muñón de un paciente amputado, razón por la cual se diseñó un calcetín especial que cualquier paciente pudiera vestir y que el software lograra identificar. Para tal efecto, se probaron imágenes de calcetines con diferentes texturas. Para la representación del muñón, se realizó un molde de yeso de un antebrazo distal amputado para utilizar en la etapa de desarrollo (véase la Fig. 4). El modelo virtual 3D desarrollado para esta aplicación, fue una mano humana modelada y animada en software CAD (ver Fig. 5).

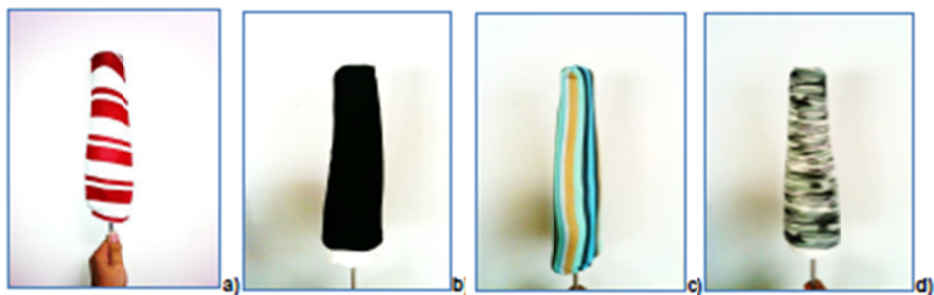


Figura 4 – Marcadores para el entorno AR. Medias con diferentes texturas sobre un modelo en yeso del muñón de un brazo con amputación.

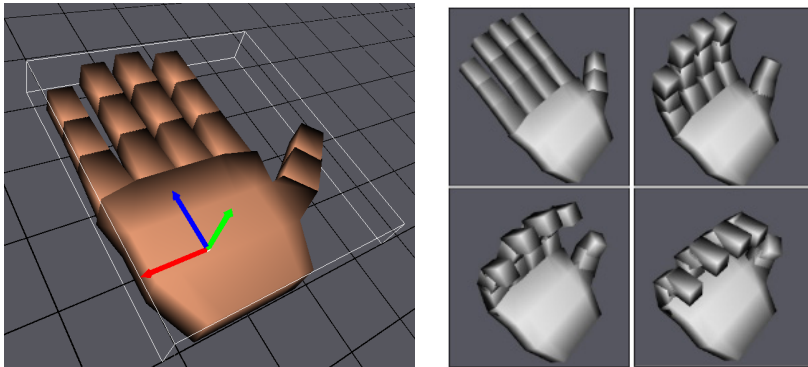


Figura 5 – Modelo 3D de una mano. Con simulación de movimiento de abrir y cerrar.

3. Resultados

Para lograr que un paciente manipule su miembro fantasma, en este caso, que logre manipular el modelo virtual que el sistema de realidad aumentada le muestra como parte de su propio cuerpo, necesita varias horas de entrenamiento para controlar los patrones que representan cada movimiento en términos de las señales EEG, tal como lo evidencian los experimentos. Como se muestra en la Figura 6a, con sólo 20 minutos de entrenamiento, un usuario está en capacidad de controlar dos estados diferentes, la representación neutral y de otro tipo, con un promedio de 80,5% de precisión. Para el caso de varios estados, como en el caso del entrenamiento para tres estados diferentes, representaciones neutrales y dos más, el nivel de precisión se redujo significativamente (Ver Fig. 6b). Sólo 2 de 6 usuarios que utilizaron la BCI, lograron controlar el movimiento con una precisión cercana al 100%, pero los otros 4 fallaron en el intento.

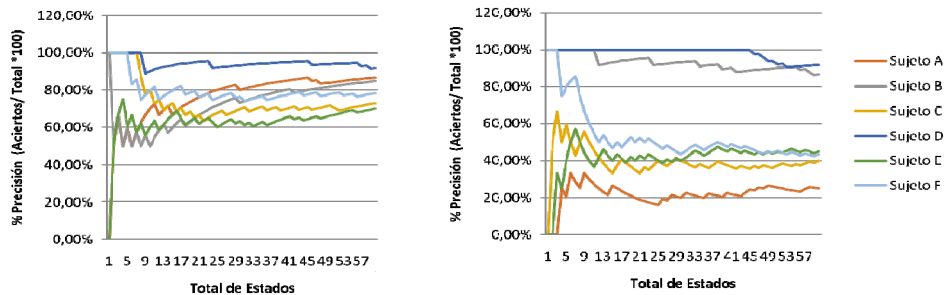


Figura 6 – Resultados del experimento realizado con 6 sujetos. a) Manejo de un sólo Estado. b) Manejo de dos Estados.

De esta manera, se pudo evidenciar que la eficacia y facilidad de uso del sistema depende de diferentes variables entre las que se cuentan: la cantidad de estados entrenados, entre mayor cantidad de estados que el usuario desee controlar, más difícil es su uso; la capacidad de cada usuario de crear mentalmente una representación totalmente exclusiva de otra; el nivel de concentración en donde el usuario debe estar enfocado en utilizar el BCI; y la frustración, la cual en un principio es difícil de usar y

puede generar episodios de estrés en el paciente y disminuir la precisión que se requiere para el reconocimiento.

Para la integración con la tecnología de Realidad Aumentada se probaron diferentes marcadores, utilizando para ello cuatro diferentes tipos de calcetines. Cada calcetín aportaba una textura diferente al algoritmo de reconocimiento de imágenes del software de AR. Los mejores resultados se obtuvieron con el calcetín que se muestra en la figura 4d. Con éste, es posible obtener una detección más flexible y potente del muñón del paciente amputado o el modelo de yeso para la prueba en este caso.

Para proporcionar funcionalidad al sistema, cada sujeto en particular realizó un proceso de entrenamiento de las representaciones mentales hasta alcanzar un dominio de los patrones que pudiera reproducir fielmente, estos patrones se configuraron para ser las entradas al mecanismo propuesto. Los resultados del modelo son un sistema que brinda retroalimentación visual del miembro amputado a los usuarios, de una forma interactiva y similar al movimiento natural. Dicho *bio-feedback* ha sido crucial en terapias de reducción del dolor del miembro fantasma (Chan et al., 2007). Es por esto que el sistema desarrollado se propone como tratamiento de este complejo síndrome. Además, este sistema como tratamiento proporciona información visual de un miembro amputado artificial, que a diferencia de los métodos convencionales no requiere que la extremidad opuesta esté sana y funcional, pues el dominio del movimiento se hace a través de los estados cognitivos.



Figura 7 – Demostración del sistema funcional.

En la figura 7, se enseña cómo funciona la aplicación mediante una documentación fotográfica del sistema, y se evidencia cómo los resultados son positivos. En el producto final, el usuario puede ver recreada virtualmente, en tres dimensiones y en tiempo real

su mano amputada, consiguiendo además controlarla voluntariamente con la modulación de sus pensamientos.

4. Discusión

En este trabajo se presenta un posible tratamiento para el dolor del miembro fantasma en personas con amputación de miembros. La solución propuesta integra una interfaz cerebro-computador, que traduce las representaciones mentales en comandos de control para una prótesis virtual, y una interfaz de AR a cargo de la visualización y la animación de la prótesis virtual. Esto permite que un sujeto tenga un control cognitivo de dicha prótesis, y una retroalimentación visual más real de movimiento de su extremidad ausente. Es un sistema interactivo que tiene potencial de uso en clínicas, hospitales y laboratorios, e incluso dada su portabilidad, este puede ser utilizado como sistema de rehabilitación en el hogar. Igualmente, este desarrollo arrojó como resultado una herramienta para entrenar a un sujeto que se encuentre en proceso de utilizar una verdadera prótesis neural con o sin BCI, configurando la entrada real en este software.

El sistema desarrollado puede ser utilizado para reconocer el muñón por su geometría en lugar de una imagen de la textura de la media. Por su parte, el tratamiento se puede adaptar para utilizarlo en amputaciones de extremidades inferiores, mientras que el modelo virtual, puede ser más realista mediante el uso de texturas que puedan replicar el color de la piel, las uñas, y los poros, y tienen la posibilidad de ser utilizados en pacientes con diferentes colores de piel.

En la etapa de diseño y desarrollo de la aplicación, que abarca múltiples campos del conocimiento, permitirá que en trabajos futuros se pueda validar el tratamiento, llevando a cabo experimentos con pacientes reales con extremidades amputadas, utilizando para ello métricas objetivas que permitan cuantificar la reducción en la sensación y el dolor en los pacientes con síndrome del miembro fantasma.

5. Conclusiones

De acuerdo con la metodología propuesta, se obtuvo un sistema en el que un paciente con amputación de uno de sus miembros puede aprender a manipular a intención una prótesis virtual con la ayuda de la BCI, lo que consigue transmitir a sus sentidos la sensación de que el modelo simulado es parte de sí mismo gracias al uso de la tecnología AR. Esto, con el fin de lograr que el movimiento sea voluntario y natural.

Los resultados de los experimentos, mostraron que el sistema de rehabilitación propuesto es relativamente fácil de utilizar por personas sanas, con tiempos de entrenamiento que rondan los 30 minutos. Para estudios futuros esto se puede corroborar con un tiempo de entrenamiento mayor, y el posible tratamiento tiene que ser probado en personas que realmente sufren del dolor del miembro fantasma.

Este tratamiento se puede extender a pacientes con amputación o discapacidad motora de la extremidad opuesta, ya sea en los miembros superior o inferior, a diferencia de los tratamientos actuales, ya que los tratamientos existentes, requieren que la extremidad opuesta esté saludable para recrear el movimiento de la extremidad fantasma. En el

caso de la caja espejo, la extremidad libre de amputación ayuda a conseguir una imagen especular óptica, mientras que en el caso de terapias por realidad virtual y aumentada, se utiliza comúnmente un guante especial que transmite el movimiento a la extremidad virtual.

Esta es la primera aplicación desarrollada que combina estas dos tecnologías emergentes, la Interfaz Cerebro Computador y Realidad Aumentada en el campo de la medicina y la salud, ya que la experiencia más cercana en este tipo de sistemas, es utilizada para guiar la navegación de robots (Kansaku, Hata, & Takano, 2010).

El uso de estas dos tecnologías por separado o en conjunto, tienen gran potencial de contribución en aplicaciones dirigidas a ayudar a las personas en situación de discapacidad, como una herramienta de accesibilidad. Para la rehabilitación, la comunicación, el uso de un ordenador o de diferentes dispositivos externos.

Este trabajo es un acercamiento interesante a las terapias de rehabilitación de nueva generación, en las que se utilicen herramientas de interfaces interactivas que faciliten a los pacientes interactuar activamente con los sistemas ya sea para diagnóstico, terapia o entretenimiento. En la medida en que se optimice esta comunicación, mejores dispositivos y aplicaciones surgirán en el proceso.

Referencias bibliográficas

- Adelson, M. (Princeton U. (2011). *Emotiv Experimenter. An experimentation and mind-reading application for the Emotiv EPOC*. Princeton. Retrieved from <http://compmem.princeton.edu/experimenter/>
- ADInstruments. (2012). About ADInstruments | ADInstruments. Retrieved from <http://www.adinstruments.com/company/about>
- Arango Ossa, J. E., & Cárdenas Mazo, J. (2012). *ALGORITMO INTELIGENTE PARA MANIPULACIÓN DE ACTUADORES POR MEDIO DE INTERFAZ CEREBRO COMPUTADOR (BCI)*. Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Bradberry, T. J., Gentili, R. J., & Contreras-Vidal, J. L. (2010). Reconstructing three-dimensional hand movements from noninvasive electroencephalographic signals. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 30(9), 3432–7. doi:10.1523/JNEUROSCI.6107-09.2010
- Chan, B. L., Witt, R., Charrow, A. P., Magee, A., Howard, R., Pasquina, P. F., Heilman, K. M., et al. (2007). Mirror therapy for phantom limb pain. *The New England journal of medicine*, 357(21), 2206–7. doi:10.1056/NEJMc071927
- Cole, J., Crowle, S., Austwick, G., & Slater, D. H. (2009). Exploratory findings with virtual reality for phantom limb pain; from stump motion to agency and analgesia. *Disability and rehabilitation*, 31(10), 846–54. doi:10.1080/09638280802355197.
- Desmond, D. M., O'Neill, K., De Paor, A., McDarby, G., & MacLachlan, M. (2006). Augmenting the Reality of Phantom Limbs: Three Case Studies Using an Augmented Mirror Box Procedure. *JPO Journal of Prosthetics and Orthotics*, 18(3), 74–79. doi:10.1097/00008526-200607000-00005

- Emotiv. (2012). Emotiv Software Development Kit. Retrieved from <http://emotiv.com/developer/SDK/UserManual.pdf>
- Flor, H., Elbert, T., Knecht, S., Wienbruch, C., Pantev, C., Birbaumer, N., Larbig, W., et al. (1995). Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature*, 375(6531), 482–4. doi:10.1038/375482a0
- G.tec. (2011). Products Catalogue. *G.Tec.* Retrieved from <http://www.gtec.at/Download/Product-Brochures/g.tec-Product-Catalogue>
- Hazrati, M. K., & Erfanian, A. (2010). An online EEG-based brain-computer interface for controlling hand grasp using an adaptive probabilistic neural network. *Medical engineering & physics*, 32(7), 730–9. doi:10.1016/j.medengphy.2010.04.016
- Kansaku, K., Hata, N., & Takano, K. (2010). My thoughts through a robot's eyes: an augmented reality-brain-machine interface. *Neuroscience research*, 66(2), 219–22. doi:10.1016/j.neures.2009.10.006
- Martinovic, I., Davies, D., Frank, M., Perito, D., Ros, T., & Song, D. (2012). On the Feasibility of Side-Channel Attacks with Brain-Computer Interfaces. *Security'12 Proceedings of the 21st USENIX conference on Security symposium* (pp. 34–34). California: USENIX Association Berkeley, CA, USA ©2012.
- Mcgregor, G., & Dixon, B. (2011). From Mirror Therapy to Augmentation Holger Regenbrecht Elizabeth Franz Simon Hoermann The Information Science Discussion Paper Series.
- Müller, K.-R., & Blankertz, B. (2009). Machine Learning and Signal Processing Tools for BCI. *BBCI Workshop: Advances in Neurotechnologies, Berlin 2009*. Berlin. Retrieved from http://videolectures.net/bbcio9_blankertz_muller_mlaspl/
- Neurosky. (2012). NeuroSky - Brainwave Technology. Retrieved from <http://www.neurosky.com/>
- Nikolajsen, L., & Jensen, T. S. (2001). Phantom limb pain. *British journal of anaesthesia*, 87(1), 107–16. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22349560>
- Ramachandran, V. S., & Rogers-Ramachandran, D. (1996). Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 263(1369), 377–86. doi:10.1098/rspb.1996.0058
- Sanchez, J. C., & Principe, J. C. (2007). *Brain-Machine Interface Engineering. Synthesis Lectures on Biomedical Engineering* (Vol. 2, pp. 1–234). doi:10.2200/S00053ED1Vo1Y200710BME017
- Sancho Rieger, J. (Junta D. de la S. E. de N. (SEN)), Waldert, S., Pistohl, T., Braun, C., Ball, T., Aertsen, A., Mehring, C., et al. (2008). Neural control of motor prostheses. *Neuron*, 32(1), 480–94. doi:10.1016/j.neuron.2008.10.037
- Schwartz, A., Cui, X., Weber, D., & Moran, D. (2006). Brain-Controlled Interfaces: Movement Restoration with Neural Prosthetics. *Neuron*, 52(1), 205–220. doi:10.1016/j.neuron.2006.09.019

- Waldert, S., Preissl, H., Demandt, E., Braun, C., Birbaumer, N., Aertsen, A., & Mehring, C. (2008). Hand movement direction decoded from MEG and EEG. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, 28(4), 1000–8. doi:10.1523/JNEUROSCI.5171-07.2008
- Wu, M. M., Chabanon, B., Heidelberg, G., Li, S., & Wang, A. (2012). Brain Control. *NJ Governor's School of Engineering & Technology* 2012.

Crítérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, propriedade da AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (<http://www.aisti.eu>).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, propiedad de la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

Lo envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (<http://www.aisti.eu>).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

Chamada de Artigos

Encontra-se aberto até ao dia 10 de outubro o período de submissão de artigos para o décimo segundo número da RISTI, o qual será publicado durante o próximo mês de Dezembro.

Este número é subordinado à temática dos Sistemas e Tecnologias de Informação para Organizações Virtuais, Colaborativas e em Rede e pretende integrar contribuições originais e relevantes nas suas dimensões tecnológica, organizacional e social.

Os tópicos recomendados incluem os abaixo listados, contudo serão bem-vindos outros tópicos relacionados com o tema e aqui não incluídos:

- Requisitos dos modelos organizacionais virtuais, em rede e colaborativos
- Soluções emergentes de apoio a estes modelos organizacionais
- Sistemas ubíquos
- *Cloud computing*
- *Extended ERPs* em organizações virtuais e em rede
- Integração de sistemas no âmbito de organizações virtuais e em rede
- Mercados eletrónicos
- Alinhamento entre estratégia, tecnologia, organizações e pessoas
- Adequação de soluções aos requisitos e expectativas das organizações
- Ambientes colaborativos
- Confiança y confidencialidade
- Estudo de casos e boas práticas

Os artigos devem ser escritos em Português ou Espanhol. Para informações sobre dimensão, normas de formatação e processo de submissão, agradecemos a consulta do Portal da AISTI: <http://www.aisti.eu>

Llamada de Artículos

Se encuentra abierto hasta al día 10 de octubre el período de envío de artículos para el 12º número de la RISTI, el cual será publicado durante el próximo mes de Diciembre.

Este número está subordinado a la temática de los Sistemas y Tecnologías de Información para Organizaciones Virtuales, Distribuidas y en Red y pretende integrar contribuciones originales y relevantes en sus dimensiones tecnológica, organizacional y social.

Los tópicos recomendados incluyen los abajo listados, pero serán bienvenidos otros tópicos relacionados con el tema y aquí no incluidos:

- Requisitos de los modelos organizacionales virtuales, en rede y colaborativas
- Soluciones emergentes de apoyo a estos modelos
- Sistemas ubicuos
- *Cloud computing*
- *Extended ERPs* en organizaciones virtuales y en rede
- Integración de sistemas en lo contexto de organizaciones virtuales y en rede
- Mercados Electrónicos
- Alineamiento entre estrategia, tecnología, organizaciones y personas
- Adecuación de soluciones a los requisitos y expectativas de las organizaciones
- Ambientes colaborativos
- Confianza y confidencialidad
- Estudio de casos y mejores prácticas

Los artículos deben ser escritos en portugués o español. Para obtener información sobre longitud, reglas de formato y proceso de envío, por favor consulte el Portal de la AISTI: <http://www.aisti.eu>

Os asociados da AISTI recebem a RISTI gratuitamente, por correio postal. Torne-se associado da AISTI. Preencha o formulário abaixo e envie-o para o e-mail aisti@aisti.eu

Los asociados de la AISTI reciben la RISTI por correo, sin costo alguno. Hazte miembro de la AISTI. Rellena el siguiente formulario y remítelo al e-mail aisti@aisti.eu



Formulário de Associado / Formulario de Asociado

Nome/Nombre: _____

Instituição/Institución: _____

Departamento: _____

Morada/Dirección: _____

Código Postal: _____ Localidade/Localidad: _____

País: _____

Telefone/Teléfono: _____

E-mail: _____ Web: _____

Tipo de Associado e valor da anuidade:

☐ Individual - 25€

☐ Instituição de Ensino ou I&D/Institución de Educación o I&D - 250€

☐ Outro (Empresa, etc.) - 500€

NIF/CIF: _____

Data/Fecha: ____/____/____ Assinatura/Firma: _____



Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação



Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

Apoio



ACADEMY PUBLISHER

<http://www.academpublisher.com/>

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR